



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA,
EN INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.**

Andoni Alexis Arriaga Grajeda

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA,
EN INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ANDONI ALEXIS ARRIAGA GRAJEDA

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRAS, EN INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2006.

Andoni Alexis Arriaga Grajeda



Guatemala, 23 de abril de 2015.
REF.EPS.DOC.323,04.2015.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

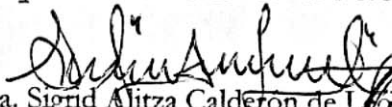
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Andoni Alexis Arriaga Grajeda**, Carné No. 200113558 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S.A.**


En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 23 de abril de 2015.
REF.EPS.D.187.04.2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Andoni Alexis Arriaga Grajeda** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

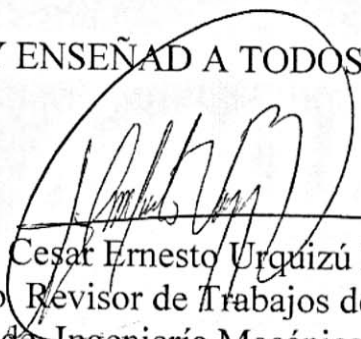
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Andoni Alexis Arriaga Grajeda**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2015.

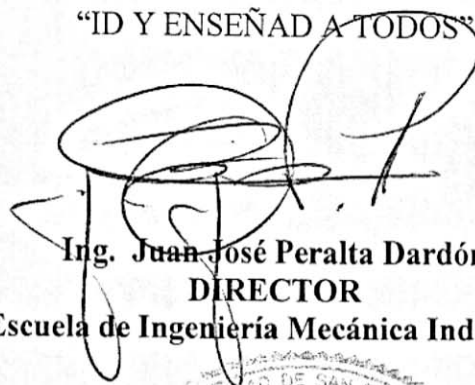
/mgp



REF.DIR.EMI.174.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA, EN INVERSIONES DE DESARROLLO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Andoni Alexis Arriaga Grajeda**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

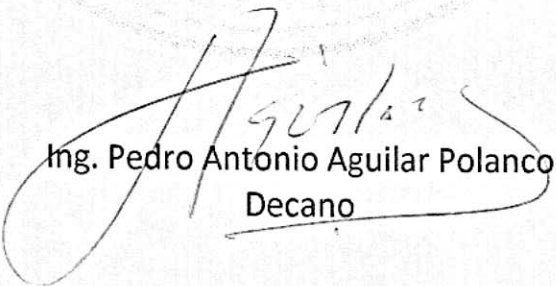


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 469.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MANEJO INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA, EN INVERSIONES DE DESARROLLO, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Andoni Alexis Arriaga Grajeda,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser parte fundamental de mi vida y darme la oportunidad para alcanzar este sueño.
- Mis padres** Por creer en mí y apoyarme durante todo este camino, por ser mi inspiración y ese motor que me llevó a alcanzar esta meta.
- Mi esposa** Por ser la fuerza que me motiva hoy en día, por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.
- Mis hermanas** Por confiar en mí, por brindarme su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por permitirme recorrer este largo camino y alcanzar una meta más en mi vida.
- Mi familia** Porque cada uno de ustedes estuvo en el momento preciso durante toda esta etapa de mi vida, y porque jamás voy a olvidar que cuando necesité de su ayuda siempre estuvieron para tenderme su mano.
- Facultad de Ingeniería** Por todo el conocimiento que me brindaron, mismo que hoy en día me permite desenvolverme en el ámbito profesional.
- Mi asesora** Inga. Sigrid Calderón de León, por su comprensión, ayuda, paciencia y apoyo, el cual fue fundamental para culminar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.1. Historia y antecedentes de la empresa	1
1.1.1. Visión.....	5
1.1.2. Misión	5
1.2. Ubicación.....	6
1.3. Estructura organizacional	7
1.4. Descripción general del proceso de extracción de aceite en INDESA	10
2. ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES Y PÉRDIDAS DE ALMENDRA POR RACIMO DE FRUTA PROCESADO.....	17
2.1. Análisis Foda de la situación actual.....	17
2.2. Descripción de proceso del departamento de palmistería de la planta	18
2.2.1. Descripción del proceso de extracción del aceite de palmiste	20
2.2.2. Diagramas de flujo de proceso y de recorrido	22
2.2.3. Empaque y distribución del producto.....	25
2.3. Diagnóstico de la situación actual en el proceso	26

2.3.1.	Investigación del porcentaje ideal de almendra que debe obtenerse por cada racimo de fruta fresca.....	28
2.3.2.	Determinación del flujo de materia obtenido por cada tonelada de fruta fresca procesada en las prensas.....	30
2.4.	Determinación de puntos críticos de pérdida de almendra	36
2.4.1.	Recopilación de información	37
2.4.1.1.	Estructuración de reportes para la toma de mediciones de pérdida de almendra	38
2.4.1.2.	Clasificación de datos por sector de proceso.....	39
2.4.1.3.	Organización de datos basado en el material obtenido en el proceso de clasificación.....	40
2.4.2.	Representación gráfica estadística de datos obtenidos.....	43
2.4.2.1.	Histogramas	44
2.4.2.2.	Medición de productividad.....	45
2.4.2.3.	Medición de pérdidas	47
2.4.3.	Diagnóstico de causas de pérdida de almendra en el departamento de palmistería	48
2.4.3.1.	Diagrama de causa y efecto.....	49
2.4.3.2.	Diagrama de Pareto	52
2.4.3.3.	Hojas de control	53
2.4.3.4.	Interpretación de resultados de los diagramas.....	54

2.5.	Determinación de la situación actual de los equipos del proceso.....	57
2.5.1.	Descripción de la maquinaria y el equipo del departamento de palmisteria	58
2.5.1.1.	Tarjetas del equipo	59
2.5.2.	Descripción y análisis de las condiciones actuales de operación de la maquinaria	61
2.6.	Determinación de las causas y los puntos de pérdida de almendra y nuez en el departamento de palmisteria	62
3.	IMPLEMENTACIÓN DE CORRECCIONES EN EL PROCESO PRODUCTIVO PARA UN MANEJO ADECUADO DE NUEZ Y ALMENDRA, EN EL DEPARTAMENTO DE PALMISTERÍA.....	67
3.1.	Análisis de los resultados obtenidos.....	67
3.2.	Descripción del procedimiento tomado para el correcto manejo de nuez y almendra	68
3.3.	Implementación de una reducción de pérdidas, mediante una adecuada clasificación de nuez y almendra, en el departamento de palmistería	80
3.3.1.	Descripción del o los instrumentos	81
3.3.2.	Propuesta de instrumentación a utilizar y la elección del mismo	81
3.3.3.	Manipulación y mantenimiento del instrumento	82
3.3.3.1.	Tarjeta de registro del equipo	83
3.3.3.2.	Documentación del cuidado y manejo del o los instrumentos de medición	84

3.4.	Implementación de correcciones en la maquinaria para el manejo ideal de la materia prima y reducción de pérdidas de almendra y nuez, en el departamento de palmistería.....	88
3.4.1.	Descripción de las modificaciones y reajustes efectuados en el manejo de la almendra y la nuez	89
3.4.2.	Descripción de los beneficios que trae el manejo integral del proceso	93
3.4.2.1.	Beneficios del proyecto	94
3.4.2.2.	Síntesis y resumen gerencial para directivos de la planta de procesamiento de aceite de INDESA ...	95
3.5.	Costos	97
3.5.1.	Costos vinculados con la implementación de la mejora del equipo	98
3.5.2.	Proyección de utilidades generadas por la mejora del procedimiento en el proceso.....	100
4.	PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE DESECHOS GENERADOS EN EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA.....	103
4.1.	Descripción de la situación actual	103
4.2.	Descripción de los desechos sólidos generados por el departamento de mantenimiento de la empresa	104
4.2.1.	Descripción de cualidades y cantidades de los desechos generados por el mantenimiento.....	106
4.2.2.	Descripción de los daños ambientales que causan los distintos desechos sólidos.....	108
4.3.	Propuesta de un plan para el manejo de desechos	109

4.3.1.	Selección del plan de reducción de desechos que se adapta mejor a la planta extractora.....	110
4.3.2.	Selección de materiales a recolectar	111
4.3.3.	Determinación de la reutilización que se le dará a los desechos.....	112
4.3.4.	Establecimiento de un sistema para recolectar y almacenar los desechos	113
4.3.5.	Establecimiento de metas generales y específicas para el plan	115
4.4.	Desarrollo de un presupuesto vinculado al plan de manejo de desechos	116
CONCLUSIONES		117
RECOMENDACIONES		119
BIBLIOGRAFÍA.....		121
ANEXOS		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa ubicación INDESA.....	6
2.	Organigrama	9
3.	Área de recepción	10
4.	Área de tolvas	11
5.	Área de esterilización	11
6.	Área de volteo	12
7.	Área de desfrutación	13
8.	Área de extracción	14
9.	Prensado de aceite	14
10.	Área clarificación.....	15
11.	Departamento de palmistería.....	19
12.	Diagrama de flujo departamento palmistería.....	22
13.	Diagrama de flujo departamento de palmistería.....	23
14.	Diagrama de recorrido departamento palmistería	24
15.	Imagen del molino de llenado de harina.....	25
16.	Cuadro porcentaje de componentes de frutos obtenidos por racimo de fruta	29
17.	Primer punto de análisis.....	31
18.	Primer punto de análisis transporte de fibra, para determinar su peso	31
19.	Caída de nuez ciclón de fibra.....	32
20.	Salida quebrador de nuez de palma.....	33
21.	Segundo punto llenado de nuez para determinar su peso	34

22.	Salida de ciclón de cascarilla	35
23.	Resumen gráfico balance de materia	42
24.	Histograma estudio diámetro de clasificación ideal.	44
25.	Comportamiento índice productivo quebrador 1	45
26.	Comportamiento índice productivo quebrador 2	46
27.	Pérdidas de nuez y almendra sistema separación neumático	47
28.	Pérdidas de almendra y cuesco sistema separación neumático	48
29.	Diagrama causa efecto tambor clasificador	49
30.	Diagrama causa efecto quebrador	50
31.	Diagrama causa efecto clasificador de almendra y cuesco	51
32.	Pareto causas de pérdida almendra y nuez.....	52
33.	Hoja de control para el manejo de la nuez y almendra	53
34.	Tarjeta técnica clasificador silo de nuez	60
35.	Tarjeta técnica quebrador de nuez	60
36.	Tarjeta técnica clasificador almendra y cuesco	61
37.	Pérdidas de aceite separador fibra y nuez.....	64
38.	Pérdidas de aceite separador almendra y cuesco	64
39.	Descripción técnica del puesto de analista	70
40.	Procedimiento para el análisis de la pérdida en la columna de separación fibra	71
41.	Flujograma del procedimiento de análisis de la columna de separación de fibra	72
42.	Procedimiento de análisis de pérdida en la columna de separación de cuesco	74
43.	Flujograma del procedimiento de análisis en la columna de separación de cuesco	75
44.	Procedimiento de análisis de pérdida en el transportador de almendra.....	77

45.	Flujograma procedimiento de análisis en el transportador de almendra	78
46.	<i>Check list</i> de inspección del puesto de trabajo	80
47.	Hoja técnica medidor de flujo	83
48.	Descripción procedimiento medición de flujos	85
49.	Flujograma procedimiento medición de flujos	86
50.	Gráfico distribución de diámetros de nuez en silo de almacenaje.....	89
51.	Descripción desplazamiento columna separación	90
52.	Reporte análisis clasificador neumático	91
53.	Reporte análisis clasificador de nuez y quebradores	92
54.	Tabla resumen costos del proyecto	99
55.	Análisis beneficio - costo.....	101
56.	Situación actual de los desechos	103
57.	Encuesta manejo de desechos	105
58.	Porcentaje de distribución tipo de desechos en planta	106
59.	Porcentaje de desechos que más se reciclan	107
60.	Frecuencia con que se reutilizan los desechos de la planta	107
61.	Cuadro sobre información de la degradación de los desechos.....	108
62.	Desechos más usados en la planta	112
63.	Propuesta para ubicación de desechos sólidos	114
64.	Presupuesto propuesto para manejo de desechos en la extractora de INDESA.....	116

TABLAS

I.	Análisis Foda situación INDESA	17
II.	Flujos balance de materia	37
III.	Resumen de porcentajes de pérdida en ciclón cascarilla.....	40
IV.	Análisis eficiencia porcentual de quebrador 1	41

V.	Análisis eficiencia porcentual de quebrador 2.....	41
VI.	Porcentaje de pérdidas ciclón de fibra	42
VII.	Porcentaje de reducción de pérdidas por reducción de área en clasificador.....	94
VIII.	Porcentaje de reducción de pérdidas por ubicación de <i>damper</i>	95

GLOSARIO

Anemómetro	Dispositivo mecánico que sirve para medir la velocidad o la fuerza del de un fluido, comúnmente se utiliza para medir el flujo de un fluido.
Balance de materia	Los balances de materia permiten conocer los caudales y las composiciones de todas las corrientes de un sistema. En un proceso en el que tienen lugar cambios, el balance de materia informa sobre el estado inicial y final del sistema.
Cenipalma	Centro líder, de excelencia con reconocimiento internacional, encargado de realizar investigaciones pertinentes en cuanto a la palma africana se refiere.
Centrifugas	Máquina que separa los distintos componentes de la mezcla de aceite y lodo, por la acción de la fuerza centrífuga.
Ciclón	Los ciclones generalmente son dispositivos mecánicos utilizados en la recolección neumática de polvos generados en las industrias y como separadores por tamaño de partículas.

Cuesco	Residuos generados por la rotura de la nuez, generalmente se compone en su mayor porcentaje de cáscara de nuez.
Damper	Término utilizado para designar a una pequeña compuerta que regula el flujo de aire que sale del escape de un ventilador.
Digestor	Tanque cilíndrico vertical encamisado, calefaccionado con vapor y con un agitador central de paletas, utilizado para macerar la fruta del aceite y facilitar la extracción.
Esterilizador	Cilindro de gran magnitud provisto de un par de rieles internos, en ellos los racimos de fruta fresca, son sometidos a la acción del vapor de agua para ablandar la pulpa de la fruta y separar la almendra de esta.
Índice de productividad	Se utiliza como medio para medir el progreso de la productividad y no es más que el cociente entre lo que se produce realmente y lo ideal
Palmiste	Término usado para referirse a la almendra extraída de la palma.
Quebrador	Máquina utilizada para quebrar de manera eficiente la cáscara, evitando la quiebra de la nuez.

Raquis	Tallo sobre el cual se encuentran distribuidos todos los frutos de la palma.
Válvula rotativa	Elemento mecánico encargado de dosificar la alimentación de materia de algún dispositivo, fabricadas con acero inoxidable o acero al carbono.
Ventilador	Se utilizan para mover aire u otros gases de un lado a otro. Se hace comunicándole energía la gas mediante el rotor, con el cual se crea una diferencia de presión y se produce una corriente.

RESUMEN

La extracción de aceite de palma africana en nuestro país es un proceso industrial relativamente reciente, implementado en el mercado productivo guatemalteco como parte de una evolución en el mercado agrícola de cultivo tradicional, y como una respuesta a la gran apertura económica que se está generando en la actualidad, por lo que la mejora de la productividad de este proceso carece de un soporte técnico, investigativo y tecnológico.

Es por esto que se necesita dentro de la empresa de un análisis y ajuste del flujo de producción y de pérdida dentro del proceso, especialmente en el área de palmisteria, ya que de los dos tipos de aceite que genera el proceso es el que genera mayor rentabilidad para la empresa, por su alta cotización dentro del comercio, tanto a nivel nacional como internacional.

Para lograr la mejora en la productividad del proceso, se debe de identificar los puntos críticos de flujo y pérdida, generar propuestas para una mejora, implementarlas, y verificar si las modificaciones surtieron el efecto deseado. Por lo que es necesario iniciar una fase de diagnóstico, utilizando herramientas de calidad y productividad comparando lo real con lo ideal, para luego generar soluciones al problema y comprobarlas, por esto y con base a los requerimientos del proyecto detectados dentro del diagnóstico.

Con esto se pretende identificar las causas mecánicas o humanas de la pérdida de aceite, y dar un soporte a los problemas existentes. Optimizando el proceso de producción con el proyecto y generando una mayor rentabilidad para la organización.

OBJETIVOS

General

Reducir, la cantidad de aceite perdido en el proceso, mediante un manejo integral de pérdidas de nuez y almendra, para hacer más rentable el proceso de producción de aceite en la planta de extracción de Inversiones de Desarrollo, S.A.

Específicos

1. Determinar las condiciones actuales de operación, mediante el cálculo del flujo de materiales y pérdidas en el proceso, para establecer un parámetro contra el cual se evidencie la mejora.
2. Identificar las áreas en las que se genera mayor pérdida de almendra y nuez, utilizando herramientas de calidad y productividad, para proponer acciones de mejora en puntos concretos.
3. Definir un proceso de manejo de pérdidas, documentando mediante procedimientos todas las actividades necesarias, para controlar y mantener condiciones de operación idóneas en la planta de extracción.
4. Establecer condiciones adecuadas de operación de los equipos, indicando las correcciones que se deben realizar en estos, para reducir de una manera integral los porcentajes de pérdida en todo el proceso.

5. Determinar la viabilidad el proyecto, plasmando el impacto económico de las mejoras propuestas, para demostrar que el uso de herramientas de ingeniera siempre viene acompañado de una mejora en todos los aspectos.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en un análisis sobre el manejo de pérdidas de palmiste en una extractora de aceite de palma, se analiza el proceso productivo del aceite de palmiste en general, y se determinan los puntos álgidos del proceso de clasificación de materia. El análisis inicia con el desarrollo de un balance de materia y determinación de pérdidas, en él se describen los sectores analizados y la forma en que se desarrolló cada uno de los análisis.

En la fase de diagnóstico, se estudia cada uno de los datos identificados en el análisis de la situación de la planta extractora, con la ayuda de herramientas para el análisis de calidad como histogramas, diagramas de causa y efecto y diagramas de Pareto, determinando las causas y los lugares en donde se desarrolla la pérdida por mal manejo de almendra y nuez en la extractora de INDESA.

Luego de determinar que las causas del mal manejo se deben a la mala clasificación de la nuez y la almendra, se procedió a implementar y documentar las correcciones y acciones ejecutadas en el sistema de clasificación de almendra y nuez, en los quebradores de nuez y en la columna neumática de clasificación de cuesco y almendra.

Como un aporte a la extractora, se incluye una propuesta de un plan de manejo de desechos generados por el mantenimiento de la maquinaria; esto incluye técnicas de cuantificación de desechos, clasificación de desechos, manejo y disposición final de los mismos.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Historia y antecedentes de la empresa

El proyecto Inversiones de Desarrollo, S. A. fue concebido por Juan U. Maegli y Rodolfo Lambour Méndez, y fue así como en 1997 comenzaron a plasmarlo generando condiciones para el cultivo en la finca Pataxte y El Chapín, ubicada en el municipio de El Estor Izabal. El proyecto buscaba explotar el cultivo de la palma africana, por el alto índice de utilidad que genera la producción de aceite, la versatilidad y adaptación de la palma para su cultivo, y por los distintos subproductos que se pueden obtener de dicho aceite.

De la palma se pueden obtener básicamente tres productos comerciales: el aceite de palma, el aceite de palmiste y la torta de palmiste. El aceite de palma es el segundo más consumido a nivel mundial. También puede ser utilizado en la elaboración de productos de panadería, confitería, heladería, salsas; en la producción de leche condensada y leche en polvo, entre otros.

El segundo de estos productos, el aceite de palmiste, se aplica industrialmente como aceite láurico, en la elaboración de productos de panadería y confitería, entre otros. Finalmente, el tercer producto comercial la torta de palmiste que se utiliza como alimento animal y como combustible sólido en generadores de vapor.

Los aceites de palma y de palmiste se usan también para la manufactura de productos no comestibles como detergentes biodegradables, jabones, grasas para la protección de tanques y tubería que operan al descubierto, velas, cosméticos, jabones metálicos para la fabricación de grasas lubricantes, barnices y tintas, secadores metálicos destinados a la producción de pintura, y ácidos para lubricar fibras en la industria textil, entre otros.

Con la versatilidad del aceite de palma se podrían abarcar distintos mercados, sin embargo, el fin primordial del proyecto era el de fungir como complemento de Grasas y Aceites, S. A. empresa hermana, es por eso que actualmente Inversiones de Desarrollo, S. A. realiza la extracción de aceite rojo y de palmiste, y con el mismo satisface la demanda de grasas y aceites en la producción del aceite comestible.

El proyecto se inició en el ámbito agrícola en 1997 cuando los ingenieros Rodolfo Lambour y Carlos Marroquín, comenzaron con el montaje del primer vivero de palma localizado en la finca El Chapín; las semillas de dicho primer vivero fueron proporcionadas por la compañía costarricense ASD; ya bien establecido el vivero y con las condiciones adecuadas del terreno, se inició con el cultivo de 20 hectáreas de palma africana, para ello se contó con la ayuda de aproximadamente 20 personas y la supervisión de ambos ingenieros.

Con un año transcurrido en el proyecto la empresa carecía de una gran infraestructura, entre lo que se pueden mencionar unas pocas viviendas de madera, para los empleados, potreros y corrales, entre otros. En este año se amplió el área de cultivo pasando de 20 a 1 000 hectáreas, siempre dentro de la finca El Chapín.

En el plan de cultivo se estimó que en un período de tres años se tendría cultivada un área de 4 000 hectáreas; las mismas se distribuyeron de la siguiente manera: en 1998 se cultivaron las primeras 1 000 hectáreas, luego en 1999 se cultivaron 2 000 hectáreas más. Y finalmente fue en el año 2000 cuando se cultivaron las últimas 1 000 hectáreas.

Con el inicio de las primeras cosechas, fue en el 2001 que la parte industrial del proyecto se comenzó a gestar; se inició con la ubicación de la planta en la finca Pataxte, debido a la facilidad de acceder a esta finca y a que geográficamente se encuentra ubicada en la parte central del área cultivada. Ya ubicada, se comenzó con el montaje de la planta extractora de aceite, contó con el período de junio de 2001 a diciembre de 2002.

El montaje y la puesta en marcha de la planta, se realizó en un período aproximado de año y medio; se trabajó un turno solamente y se involucraron unas 30 personas, todo esto bajo el mando del Ingeniero Julio César Lázaro. La planta inició la extracción de aceite rojo con una prensa de 10 toneladas métricas por hora y la extracción de aceite de palmiste con una prensa de 2 toneladas métricas por hora, utilizando en la extracción de palmiste el sistema de doble prensado.

Actualmente, INDESA cuenta con 5 fincas propias y 2 alquiladas, todas ellas abarcan un área de cultivo de aproximadamente 6 000 hectáreas, de estas tierras un 85 % son utilizadas para el cultivo de la palma africana en sus distintas variedades y un 15 % son bosques y humerales; cada una de ellas es administrada por un ingeniero agrónomo, quien centraliza su información respectiva en las oficinas que se ubican en la finca Pataxte.

En el ámbito social Inversiones de Desarrollo, S. A. es una empresa que contribuye con el desarrollo de las comunidades aledañas, ya que genera fuentes de empleo a un sinnúmero de pobladores, tanto en el área agrícola como en el área industrial, entre las comunidades relacionadas con INDESA se pueden mencionar: Selempín, Chapín Abajo, Chapín Arriba, Balandra, Guaritas, Boca Ancha, San Pablo I, Semuy II, San Pablo II, Pancalá, Semococh, El Estor, Chinebal, Segur, Izabalito, Playa Dorada, Playa Pataxte, Mariscos, Manguitos, entre otras.

Durante nueve años, el proyecto de INDESA ha crecido de una manera sorprendente, tanto en el área agrícola como industrial, de contar únicamente con 20 personas para el montaje. Actualmente, la planta opera con 50 personas por turno y tiene una capacidad de proceso de 50 toneladas por hora de aceite rojo y 10 toneladas por hora de aceite de palmiste; también genera un promedio de 50 sacos de harina por día; además en el campo la cantidad de gente contratada fácilmente es veinte veces más grande que el personal de la planta.

El proyecto de INDESA debido a la buena planificación en su concepción y a la excelente administración ha superado las expectativas de los socios capitalistas de la empresa, por lo que tiene planeado la adquisición de más tierras para cultivo cerca de la franja transversal del norte. El aumento de fruta en el campo vendrá acompañado de una elección entre dos opciones en el área industrial; una es el montaje de una nueva planta extractora en la finca Panacté, y la segunda consiste en una ampliación de la planta actual, específicamente, ampliando las dimensiones del equipo de cocido, el montaje de prensas con mayor capacidad de extracción de aceite rojo, más prensas de extracción de aceite de palmiste y raquis, y el montaje de otro equipo de volteo de fruta en el área de desfrutación, recolección y transporte de los racimos de fruta fresca.

1.1.1. Visión

Consolidarse como el productor y distribuidor número uno de aceite de palma africana dentro del mercado nacional y centroamericano.

Los valores que promueve son:

- Agradecimiento al promover el desarrollo social, económico y educativo de todas las comunidades vinculadas con el grupo de trabajo.
- Responsabilidad a través de una producción limpia que minimiza el impacto de los recursos naturales.
- Compromiso a buscar la mejora continua, a través de una gestión en donde la calidad esté presente en todas las actividades que conforma el proceso productivo de la compañía.
- Voluntad al buscar generar crecimiento en todo país mediante la descentralización de sus recursos productivos.
- Equidad, pues brinda oportunidad y trabajo a cualquier guatemalteco sin excepción alguna, respetando el hecho de que el país es multicultural y plurilingüe.
- Compañerismo al promulgar el apoyo mutuo como uno de los pilares de la compañía.

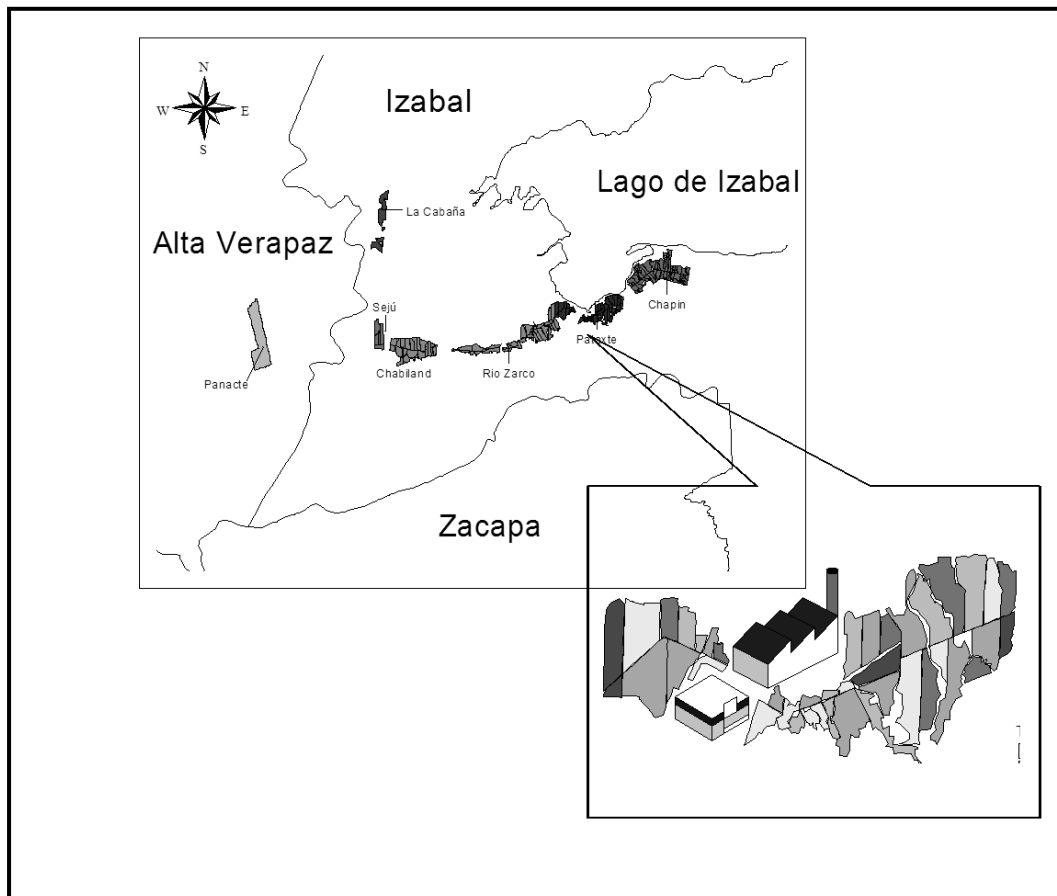
1.1.2. Misión

Proveer aceite de palma africana al mercado nacional, mediante una gestión sostenible, segura y de alta calidad, a través de una gama completa de aceites y sus derivados; todo esto siempre de la mano de un desarrollo de la gente y el cuidado del medio ambiente.

1.2. Ubicación

Inversiones de Desarrollo, S. A. tiene ubicada su planta extractora en la finca Pataxte, El Estor Izabal, aproximadamente a 270 kilómetros al noreste de la ciudad capital. En la figura 1 se describe de manera detallada la ubicación de las fincas que forman parte de INDESA.

Figura 1. Mapa ubicación INDESA



Fuente: investigación de campo.

En el gráfico también se puede observar la ubicación de la finca Panacté; es acá en donde se podría ejecutar el proyecto de la nueva planta extractora, la misma absorberá la producción de fruta de las fincas Panacté, Sejú y La Cabaña.

1.3. Estructura organizacional

La empresa cuenta con una estructura organizacional de tipo funcional, dentro de la cual ningún superior tiene autoridad total sobre los subordinados, el encargado del funcionamiento de esta estructura tanto en la división agrícola como en la división industrial es el Lic. Rodrigo Erales, quien ocupa la posición de gerente general; la estructura fue concebida de esta manera, ya que para este tipo de negocio es muy importante lograr mayor especialización a todo nivel.

Ubicados en el área administrativa, la planta extractora se encuentra bajo el mando del ingeniero químico Samuel Barba, quien ha estado a cargo de la misma por tres años; es auxiliado a su vez por los ingenieros: Ludwing Aristondo jefe de proceso, Clara Oliva jefa de seguridad industrial y Ángel Rosa, jefe de mantenimiento.

Los turnos de trabajo regularmente se organizan de la siguiente manera: el primer turno cumple un período de 7:00 am. a 4:00 pm. y sábado hasta el medio día; el segundo turno labora de las 4:00 pm. hasta terminar de procesar toda la fruta que ingresa diariamente; en promedio laboran de ocho a diez horas por día, esto cuando la empresa aún no ha llegado a la época de temporada alta, la cual inicia a mediados de junio y finaliza los primeros días de septiembre.

Cada turno cuenta con un supervisor de proceso y un encargado de mantenimiento, los cuales tienen a su cargo a unos 60 trabajadores; ellos se encargan de coordinar las acciones del personal, el flujo de materia prima y el despacho del producto terminado en la planta extractora; además, por su parte el encargado de mantenimiento programa todo el mantenimiento preventivo que se llevará a cabo y coordina el mantenimiento correctivo en la planta extractora.

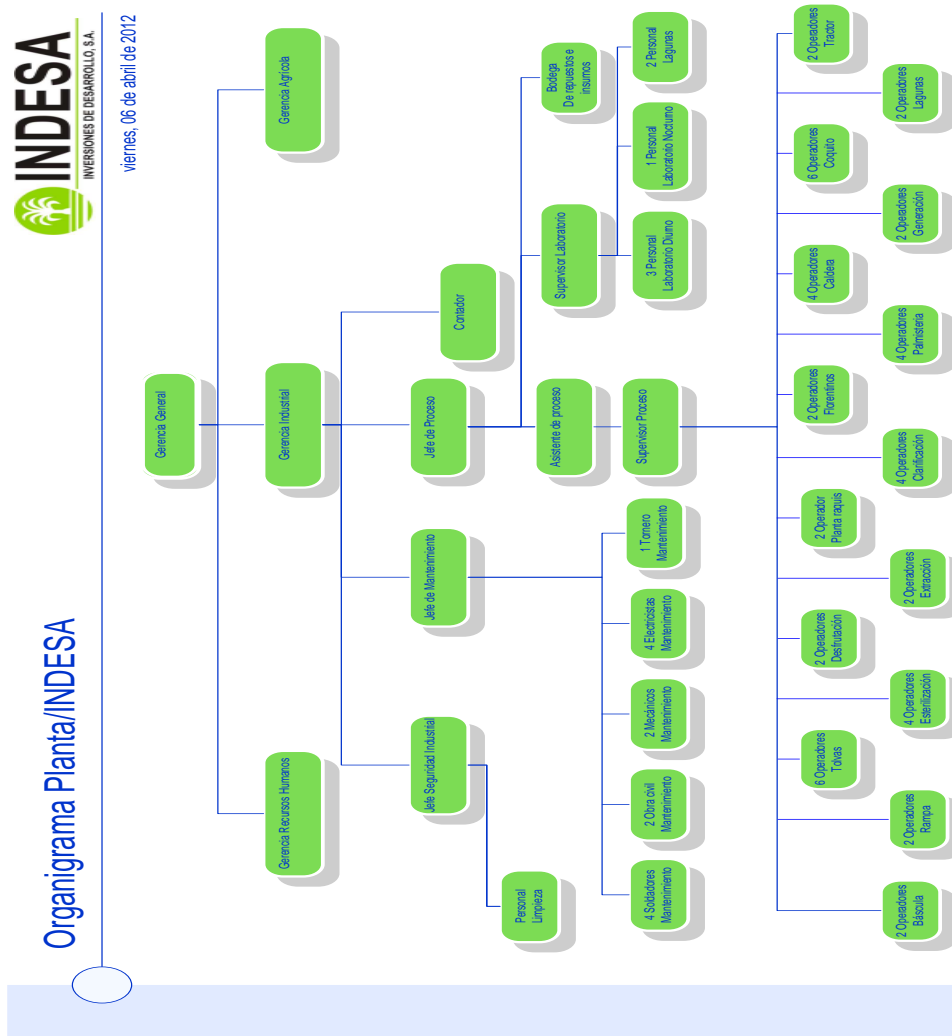
Cada puesto de trabajo se encuentra regularmente a cargo de dos miembros: un operario y un auxiliar del mismo; quienes debido a las características del proceso y de la maquinaria que se utiliza, únicamente se encargan que el equipo mantenga condiciones de operación, y si en dado caso existiese alguna falla, es el departamento de mantenimiento el encargado de solventar la misma. La mayoría de la fuerza laboral de la planta extractora proviene de las siguientes comunidades: la playa Pataxte, El Estor, Chapín, Mariscos y Playa Dorada, entre otras.

El área agrícola funciona como un ente totalmente independiente de la planta extractora, y es el ingeniero Carlos Marroquín el encargado de su manejo; este es auxiliado por un gerente administrativo, quien gestiona toda la logística de las fincas, un jefe de investigación y desarrollo, un encargado de informática, un encargado de recursos humanos y los distintos administradores que se ubican en cada una de las fincas de INDESA.

Cada administrador lleva el mando de su respectiva finca y es auxiliado por un contador independiente, quien se encarga del pago de los jornaleros, transportistas y el caporal; debido a la lejanía entre una finca y otra cada una cuenta con su propia infraestructura, su propio servicio de seguridad, recursos humanos y logísticos.

En época de temporada alta suele darse un incremento en el número de personas que laboran, tanto en el área operativa como en la de mantenimiento, ya que se requiere de un mayor número de colaboradores para cumplir con los requerimientos de producción, si bien la cantidad de colaboradores se incrementa, la estructura permanece intacta, pues las funciones dentro de la misma no varían.

Figura 2. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

1.4. Descripción general del proceso de extracción de aceite en INDESA

El proceso inicia en el área de recepción, es acá donde los camiones fruteros ingresan a la planta y son pesados en una báscula Delaere Weighting Systems, para luego descargarlos con un sistema hidráulico de 7 toneladas de capacidad; dicho sistema levanta el camión y descarga los racimos en unos depósitos denominados tolvas.

Figura 3. Área de recepción



Fuente: elaboración propia, área de recepción y descarga de camiones INDESA.

La siguiente etapa del proceso se lleva a cabo en la denominada área de tolvas; acá el operador carga vagonetas de 5.5 toneladas, abriendo y cerrando compuertas accionadas hidráulicamente, ya llenas cada una de estas vagonetas se movilizan de un carril a otro por medio de una mesa de transferencia y se desplazan hacia clarificación, a través de los rieles, con la ayuda de un par de cabestrantes.

Figura 4. **Área de tolvas**



Fuente: elaboración propia, área de tolvas para carga de vagonetas INDESA.

El proceso de extracción del aceite tiene su punto medular en el área de esterilización, pues esta determina en gran medida el porcentaje de extracción de aceite. Actualmente INDESA cuenta con tres esterilizadores horizontales marca Kejuruteraan Wang Yuen, cada uno con cuenta con una capacidad de 86 metros cúbicos, en ellos los racimos se cocinan a una presión máxima de 310 KPa y 145 °C, aprovechado el vapor de baja presión generado en la caldera, el aumento de presión es gradual, pues no es aconsejable que la fruta sea cocida desde un inicio a 310 KPa.

Figura 5. **Área de esterilización**



Fuente: elaboración propia, área de esterilización de fruta INDESA.

Está comprobado que una buena cocción permite el desprendimiento de los frutos de los racimos; también produce una deshidratación de las almendras contenidas dentro de las nueces, facilitando su recuperación posterior. Además, dependiendo de la variedad, tamaño y grado de madurez de la fruta, se deben establecer parámetros de presión y tiempo en el ciclo de cocimiento.

Luego de 90 minutos de cocción aproximadamente, el operador elimina los efluentes de la cocida y desfoga el remanente de presión que queda en el equipo, para por último transportar por medio de un par de cabestrantes las vagonetas hacia la siguiente etapa.

En la etapa de desfrutación el operador traslada las vagonetas con fruta cocida que viene del área de esterilización hacia la estación de volteo, es aquí donde el contenido de las mismas se deposita en una banda transportadora que se encarga de llevar los racimos hacia dos tambores desfrutadores, lugar donde se da la separación mecánica de los frutos por el constante golpeteo de los racimos en una serie de placas ubicada aleatoriamente dentro del tambor desfrutador.

Figura 6. **Área de volteo**



Fuente: elaboración propia, área de volteo de vagonetas INDESA.

Con esto se logra que la fruta se desprenda de los racimos y la pulpa de las nueces; INDESA cuenta únicamente con una estación de volteo pues las dimensiones de esta se adecuan al nivel de producción actual. Por último, la fruta es transportada hacia la siguiente estación por medio de un sistema compuesto por un tornillo sin fin y un par de elevadores de cadena y cangilones.

Figura 7. **Área de desfrutación**



Fuente: elaboración propia, área de desfrutación de racimos INDESA.

La etapa de extracción cuenta con dos fases: la primera de ellas, se denomina fase de digestión, la fruta es macerada en un tanque cilíndrico vertical encamisado, calefaccionado con vapor y con un agitador central de paletas. Para un mejor mezclado es importante que el digestor esté siempre lleno, acá en el digestor el operador verifica que la presión del vapor suministrado a la fruta sea de 300 KPa y la temperatura de este se mantenga en 95 °C.

Figura 8. **Área de extracción**



Fuente: elaboración propia, área de digestores de producto INDESA.

La segunda fase es el prensado; acá se extrae mecánicamente por medio de prensas el aceite contenido en el mesocarpio, el operador de prensas controla que la presión aplicada a la masa proveniente del digestor extraiga la mayor cantidad de aceite y no rompa nueces o almendras; si esta operación se realiza de manera correcta la dilución de prensas tendrá un rango de un 30 a un 35 % de agua. Además, tanto en la fase de digestión como en la fase de prensado, se controla que los brazos del digestor, los tornillos del prensado, la canasta, y los conos de las prensas no presenten un desgaste.

Figura 9. **Prensado de aceite**



Fuente: elaboración propia, área de prensas de extracción de aceite INDESA.

En la clarificación se busca purificar el aceite extraído de las prensas, ya que este contiene impurezas (agua, arena, pedazos de nuez, fibras, etc.) y estas deben ser removidas. En INDESA la clarificación se hace a través de decantación natural, así se remueven las impurezas y el agua del aceite, así se da estabilidad al producto terminado.

Figura 10. **Área clarificación**



Fuente: elaboración propia, tanque de clarificación de aceite INDESA.

En esta etapa, el operador de esta área revisa la operación de las mallas de los tamices vibradores, evita que exista mayor presencia de lodos en el aceite; limpia los cepillos rotativos de las centrifugas para facilitar el trabajo de recuperación de estas, y evita rebalses tanto de lodo como de aceite, para minimizar el aceite en el efluente líquido.

Por último, el clarificador trabaja con una presión de 300 KPa, se suministra agua caliente a 95 °C, se mantiene el aceite por lo menos de 4 a 5 horas dentro del clarificador, y se busca tener el mínimo de purgas y rebalses manteniendo la capacidad de centrifugado; es seguro que el aceite generado en esta etapa es materia prima ideal para ser enviada a las refinerías, donde lo hacen apto para el consumo humano.

2. ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES Y PÉRDIDAS DE ALMENDRA, POR RACIMO DE FRUTA PROCESADO

2.1. Análisis Foda de la situación actual

Al aplicar herramientas de análisis es posible establecer una perspectiva real de la situación productiva de INDESA, aplicando la técnica del análisis Foda, se define qué acciones se deben tomar para corregir todas aquellas deficiencias presentes en la pérdida de nuez y almendra dentro del proceso; de qué manera se van a aplicar los cambios donde sea factible, y con qué instrumentos se va a minimizar la pérdida.

Tabla I. Análisis Foda situación INDESA

Estrategia basada en Matriz Foda	Fortalezas F ₁ . Amplio conocimiento del proceso de extracción del aceite de palmiste. F ₂ . Ya se cuenta con datos para determinar la situación actual del proceso productivo. F ₃ . No existe una gran resistencia al cambio. F ₄ . Se cuenta con el apoyo económico de los altos mandos para realizar los cambios pertinentes. F ₅ . Se desea mejorar el control del proceso y minimizar las pérdidas de almendra. F ₆ . Se cuenta con datos de donde se puede realizar el análisis de pérdidas.	Debilidades D ₁ . Carencia de mano de obra altamente capacitada a nivel técnico. D ₂ . Carencia de infraestructura vial adecuada. D ₃ . Carencia de herramienta y equipo para mantenimientos y reparaciones. D ₄ . Falta de información de algunos equipos que forman parte del proceso.
Oportunidades O ₁ . Mayor demanda debido al desarrollo de nuevas aplicaciones para el aceite de palmiste. O ₂ . Producto con mayor crecimiento comercial a nivel internacional. O ₃ . Bajo número de competidores a nivel local. O ₄ . Las condiciones climáticas del país son altamente apropiadas para el cultivo de la palma africana. O ₅ . Aumento del sector industrial en la región en donde se encuentra ubicada actualmente la extractora.	O₁-F₂ Basados en la data del proceso actual, se debe trabajar en un proyecto de mejora para ampliar la capacidad de producción y satisfacer la demanda creciente. O₁-F₆ Para garantizar la satisfacción de la demanda y mejorar el proceso productivo, se debe implementar mejoras en lo equipos haciendo uso de herramientas de calidad. O₂-F₅ Estandarizar y optimizar los procesos de manera que el resultado de dichas acciones se refleje en un precio competitivo que le permita a la compañía posicionarse de una mejor manera en el mercado, tomando como base las tendencias de crecimiento a nivel comercial del producto.	O₂-D₁ Aumentar la competitividad de la compañía al capacitar y brindarle al personal las herramientas necesarias para elevar su nivel técnico y productivo. O₁-D₄ Garantizar la satisfacción de la demanda reduciendo los tiempos de paro, mediante un plan de mantenimiento preventivo que incluya a todos lo equipos que forman parte del proceso productivo.
Amenazas A ₁ . Alta dependencia de las fluctuaciones de precios en el mercado internacional. A ₂ . Carencia de distribuidores y fabricantes de maquinaria a nivel local. A ₃ . Campo reducido de personal capacitado para el desarrollo de nuevos proyectos de palma africana dentro del país.	A₂-F₁ Aprovechar el conocimiento en el proceso de extracción dando entrenamiento y asignando nuevos proyectos de mejora a estudiantes universitarios, con ello la compañía será capaz de enfrentar la poca disponibilidad de personal capacitado en esta industria. A₂-F₅ Establecer un plan prudencial de reabastecimiento de repuestos, tomando en cuenta la carencia de distribuidores de a nivel local, buscando con esto reducir al mínimo las perdidas productivas.	A₁-D₂ Mejorar la infraestructura vial basado en prioridades, tomando en cuenta las necesidades de la compañía y la disponibilidad del efectivo, ya que los precios del aceite están sujetos a las fluctuaciones del mercado internacional.

Fuente: elaboración propia.

El Foda indica que la compañía posee información sobre el proceso productivo del aceite; sin embargo, en nuestro país estudios sobre pérdidas de palmiste son escasos o prácticamente nulos. Esta falta de material bibliográfico hace más difícil la ejecución de un proyecto de reducción de pérdidas en la planta extractora.

Además, si bien existe poca resistencia al cambio y buena predisposición de las autoridades por reducir las pérdidas de la planta, factores como la falta de mano de obra capacitada, falta de equipo e infraestructura son recursos que limitarán de cierta manera la ejecución el proyecto. Por ello, la existencia de un gran número de oportunidades como el desarrollo de nuevas aplicaciones para el aceite de palmiste y la creciente demanda a nivel internacional, son razones de alta importancia para buscar reducir al mínimo las pérdidas.

2.2. Descripción de proceso del departamento de palmistería de la planta

El área de palmistería está considerada como un complemento de la extractora de aceite, ya que es acá donde se procesa el aceite de palmiste que se obtiene de la almendra fruto de la palma; si bien el aceite de palmiste no resulta ser tan comercial como el aceite rojo, sí tiene bastantes atributos tanto económicos como de aplicación, razón por la cual este también se extrae; además debido a que su composición química es completamente diferente a aquella del aceite de palma; este debe manufacturarse de forma independiente al proceso del aceite rojo.

Figura 11. **Departamento de palmistería**



Fuente: elaboración propia, separador de nuez y fibra INDESA.

Este es el departamento más reducido de la planta, ya que ocupa un área aproximada de 150 metros cuadrados y absorbe aproximadamente el 8 % del total de la fuerza laboral; esta área de proceso es coordinada por el supervisor de planta quien tiene a su cargo tanto en este departamento como el de extracción de aceite rojo; en este departamento básicamente se ejecutan tres procedimientos para la extracción del aceite de palmiste: la extracción y adecuación de la almendra, la extracción del aceite de palmiste y la extracción de harina de palmiste.

En cada una de estas tres estaciones, las operaciones son ejecutadas por dos trabajadores; un operario y el asistente de este; en este departamento hay un sinnúmero de problemas que van desde la falta de interés en la salud ocupacional, la carencia de personal calificado, hasta la falta de equipo y herramientas de trabajo; sin embargo, acá el principal problema productivo reside en el mal manejo de la nuez, lo que genera una pérdida considerable de aceite de palmiste

2.2.1. Descripción del proceso de extracción del aceite de palmiste

Para el caso particular de INDESA, el proceso que conlleva todo lo necesario para acondicionar la nuez, extraer de ella la almendra, y realizar la extracción del aceite y harina de palmiste, se puede fragmentar de la siguiente manera: inicia con la preparación de las nueces, las cuales en su recorrido por una serie de tornillos sin fin se secan para aflojar las almendras y así lograr un buen descascarillado de las semillas; luego, la torta compuesta por fibras y nueces se introduce en un despericarpador, donde mediante el insuflado de una corriente de aire caliente procede por gravedad a separar las nueces, que se pulen y secan antes de ser almacenadas en un silo.

Partiendo de un contenido de humedad en las nueces no mayor del 11 %, un ventilador marca Phoenix insufla a través de un ducto una gran cantidad de aire caliente a gran velocidad llevando las nueces hacia el silo; las mismas son clasificadas según su tamaño en un tambor con orificios de distinto calibre para luego ser introducidas en dos molinos trituradores, los cuales a través de golpes por alta velocidad de rotación logran la rotura de la cáscara. En el mercado industrial y comercial a la almendra obtenida de la ruptura se le conoce con el nombre palmiste.

Luego, la mezcla resultante de almendras y cáscara se pasa a través de dos columnas neumáticas dispuestas paralelamente, en ambas columnas; un ventilador genera una succión exagerada de aire, la cual al pasar a través de un ciclón que reduce la velocidad con la cual el aire a contracorriente, separa la cáscara de la almendra y la deposita en un transportador que tiene como destino final la caldera. En dichas columnas, por gravedad las almendras caen a un sistema de transporte hacia el silo de almendra.

El secado de la almendra que proviene de los quebradores pretende que su rango de humedad en los silos esté entre el 6 y el 7 %; esto para facilitar el trabajo de las prensas de palmiste y permitir un largo y seguro almacenaje; en esta operación lo único que se hace es inyectar vapor con un equipo compuesto de un serpentín y un ventilador.

En el prensado, la almendra proveniente de los silos se carga en tolvas que alimentan 6 prensas de marca Wang Yueng; en dichas prensas al moler la almendra por medio de dos tornillos que rotan dentro de una canasta se logra la extracción del aceite de palmiste, tratando de reducir la cantidad de aceite remanente en la harina de palmiste; la almendra prensada se pasa a través de otra prensa colocada en serie con la anterior, a este sistema de extracción se le conoce como doble prensado. Finalmente, el aceite de palmiste se inyecta a presión a través de filtros permeables, para eliminar los pequeños sedimentos de harina y lodo.

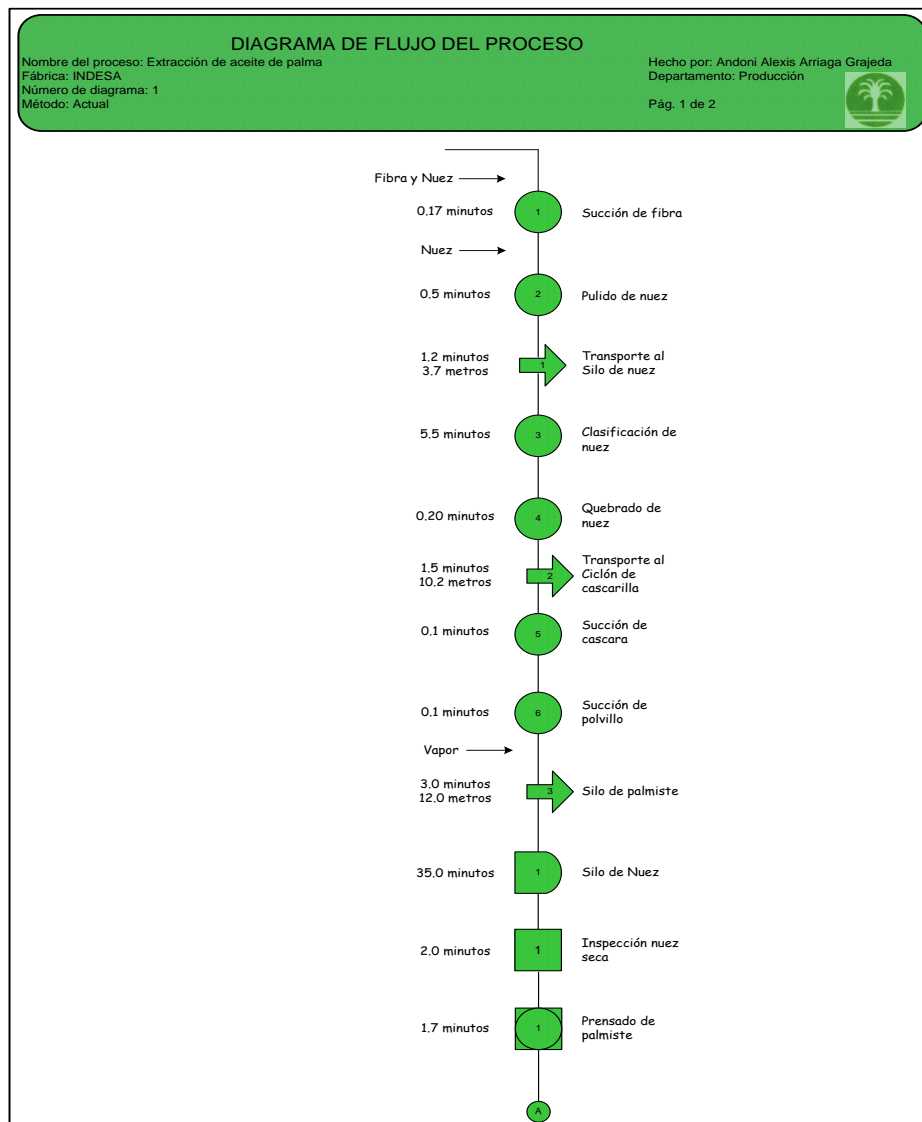
Todo el procedimiento descrito se complementa con los diagramas de flujo del proceso y de recorrido correspondientes a las figuras doce a catorce del siguiente apartado; los mismos detallan tiempos y distancias recorridas desde la descarga de la fruta en las rampas hasta la extracción del aceite de palmiste.

En el departamento de palmisteria, se genera la extracción de la harina; es aquí donde el material prensado proveniente de las prensas se refina con la ayuda de un molino en mallas, con orificios de aproximadamente 3 mm de diámetro, para luego embalsarse con el menor contenido de humedad en costales que van desde 90 hasta 110 libras de peso.

2.2.2. Diagramas de flujo de proceso y de recorrido

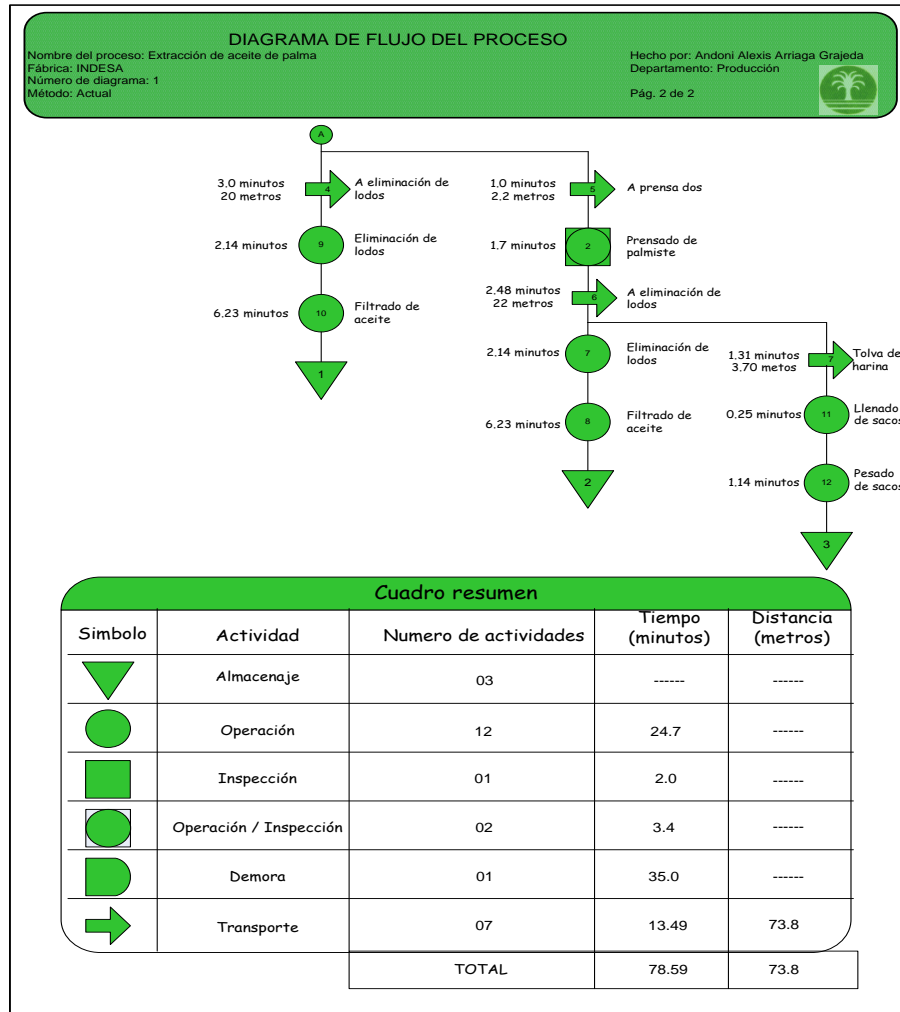
Las etapas de producción desarrolladas en el departamento de palmistería fueron descritas anteriormente; dicha información se complementa con los siguientes diagramas de flujo de proceso y recorrido:

Figura 12. Diagrama de flujo departamento palmistería



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

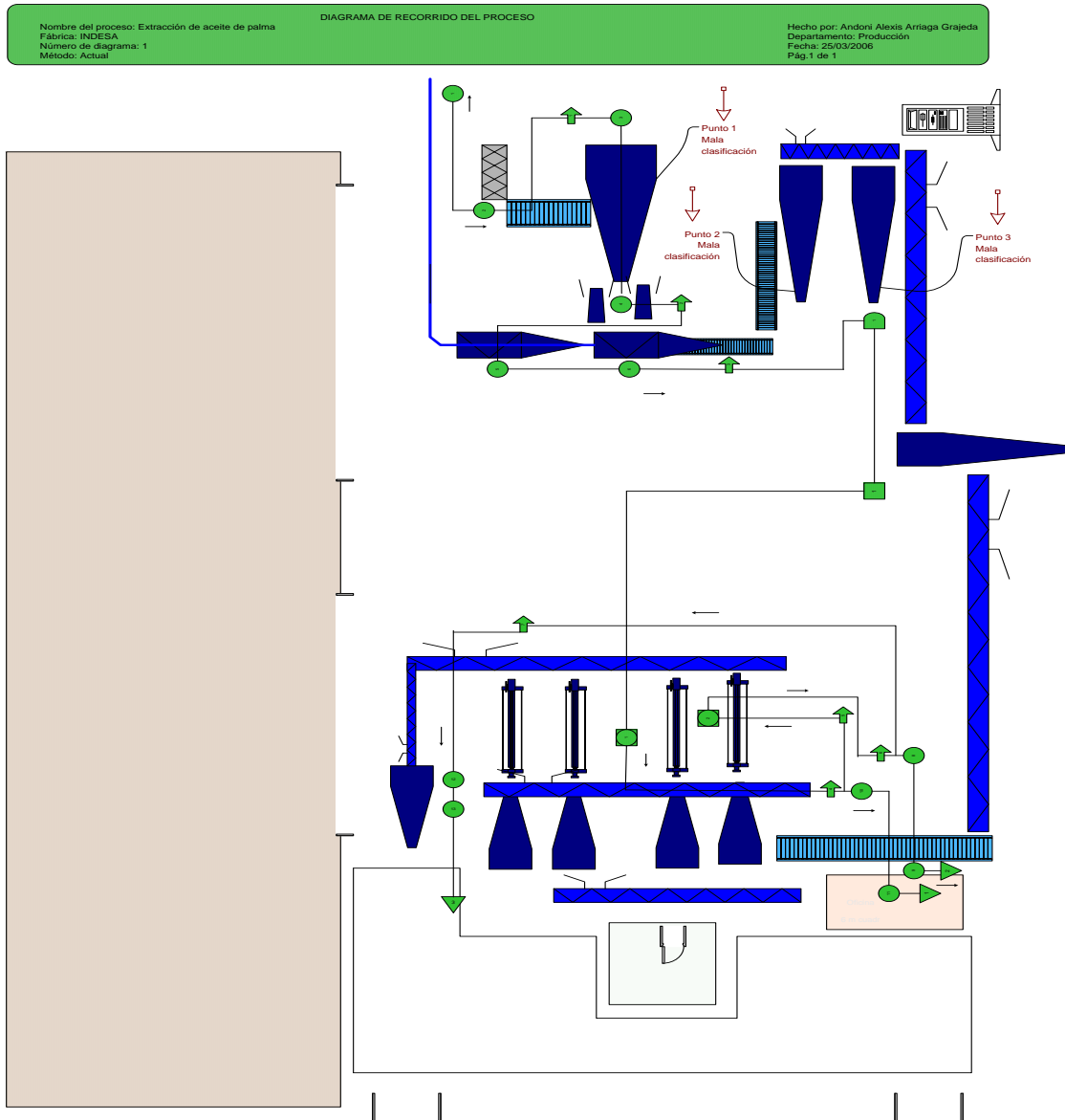
Figura 13. Diagrama de flujo departamento de palmistería



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

La empresa no cuenta con ningún tipo de diagrama o esquema que sirva como base para el desarrollo de análisis en los distintos puntos productivos del proceso de extracción; con el diagrama se evidencia una demora que tiene una duración de aproximadamente 35 minutos, período que toma para que la nuez almacenada en el silo, pase por los quebradores; esto es un indicio de una sobrecarga de los quebradores y por consiguiente un cuello de botella para el proceso.

Figura 14. Diagrama de recorrido departamento palmistería



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Los tres puntos acotados en la parte superior del diagrama indican dónde reside el problema de inadecuada clasificación de almendra; acá se encuentran montados tres clasificadores neumáticos que luego de su montaje no se les ha practicado ningún tipo de calibración en lo que a clasificación respecta.

2.2.3. Empaque y distribución del producto

El proyecto de Inversiones de Desarrollo, S. A. es un sistema integrado verticalmente, ya que vincula producción, transporte y la venta del aceite de palma. La mayor parte de la producción se comercializa directamente con la planta extractora y en ocasiones con otras extractoras; además el siguiente papel en la cadena de producción es ocupado en este caso por Grasas y Aceites, S. A., ya que ellos se encargan de llevar el aceite al consumidor final.

En el departamento de palmistería, se generan dos tipos de producto: el aceite de palmiste que proviene de la almendra y la harina de palmiste que proviene de los residuos de almendra prensada. Como el aceite de palmiste de INDESA no es un producto que llegue directamente al consumidor final, no es colocado en ningún empaque determinado, únicamente se almacena en tanques para ser despachado a la hora de realizar una venta; lo único que se tiene preestablecido para la distribución es que el cisterna encargado del transporte no exceda de un peso de 25 toneladas métricas.

Figura 15. Imagen del molino de llenado de harina



Fuente: elaboración propia, área de tolva de llenado de sacos de harina.

La harina de palmiste, por ser el único producto de la extractora que si llega directamente al consumidor final, luego de pasar por los molinos de harina del departamento de palmisteria se empaqueta en sacos que van desde las 90 hasta la 110 libras, estos se almacenan en áreas determinadas de acuerdo con su peso y el nivel de demanda que tenga. INDESA, en la mayoría de los pedidos, utiliza un camión únicamente; sin embargo, en ocasiones cuando el pedido sobrepasa el nivel de carga del camión se utiliza una rastra para el despacho del pedido.

2.3. Diagnóstico de la situación actual en el proceso

Actualmente gran parte de las industrias buscan plasmar resultados a través de procedimientos productivos y el aseguramiento de la calidad, la eficiencia en la organización de la planta tiene también un pilar fundamental en los sistemas de control de pérdidas y de calidad; debido a que INDESA es una empresa relativamente joven carece totalmente de información histórica que permita determinar cuál es el rumbo por el cual se encamina; sabiendo que en todo proceso productivo existen deficiencias la empresa desea identificar puntos críticos de productividad y pérdida de almendra y nuez.

Este diagnóstico de la situación productiva en INDESA se llevó a cabo empleando métodos de análisis que conllevan balances de materia, y manejo de pérdidas de almendra y nuez previamente admitidos, ejecutados y utilizados en extractoras colombianas entre las cuales se encuentran Manuelita, S. A. y Agroince Ltda. Y Cía. Sca., en ellos se encuentra estipulado en qué parte del proceso se debe de aplicar el análisis, así también se indican tiempos y métodos para realizarlo; todo esto proveniente de una presentación que recopila información de un congreso realizado por Cenipalma donde se detallan algunos aspectos importantes del procesamiento de aceite de palma.

El diagnóstico efectuado en INDESA se basa en un estudio denominado manejo integrado de pérdidas de aceite y almendra, el cual fue realizado por los ingenieros Jairo Prada, Alvaro Moreno, Laubher Álvarez miembros de Manuelita, S. A., y el Ing. Guido Sierra integrante de Cenipalma; este estudio fue ejecutado en la planta beneficio de Manuelita, S. A. y basa su diagnóstico en tres fases de desarrollo.

El proyecto ejecutado en INDESA adaptó dichas fases a las necesidades presentes en la extractora en dicho momento; la primera fase consta de un muestreo periódico de aproximadamente 3 a 4 veces por día, el cual deja ver el grado de relación existente entre las pérdidas de almendra y nuez y los cambios de presión del aire que circula por las columnas neumáticas, tanto para la clasificación fibra nuez como para la de nuez almendra, dos procesos que vinculan material totalmente distinto, pero que en la mayoría de los casos se ven afectados por un parámetro similar como la variación de presión en la succión de la columna; dicha relación cobra importancia al presentarse un alto porcentaje de pérdida de aceite por presencia de almendra en el cuesco incinerado en la caldera.

En la segunda fase del diagnóstico, se identifican condiciones óptimas de prensado y clasificación, debido a que identificar condiciones idóneas de prensado conlleva un período demasiado prolongado; para el proyecto ejecutado en INDESA se efectuará únicamente un análisis estadístico de la información recabada en la primera fase.

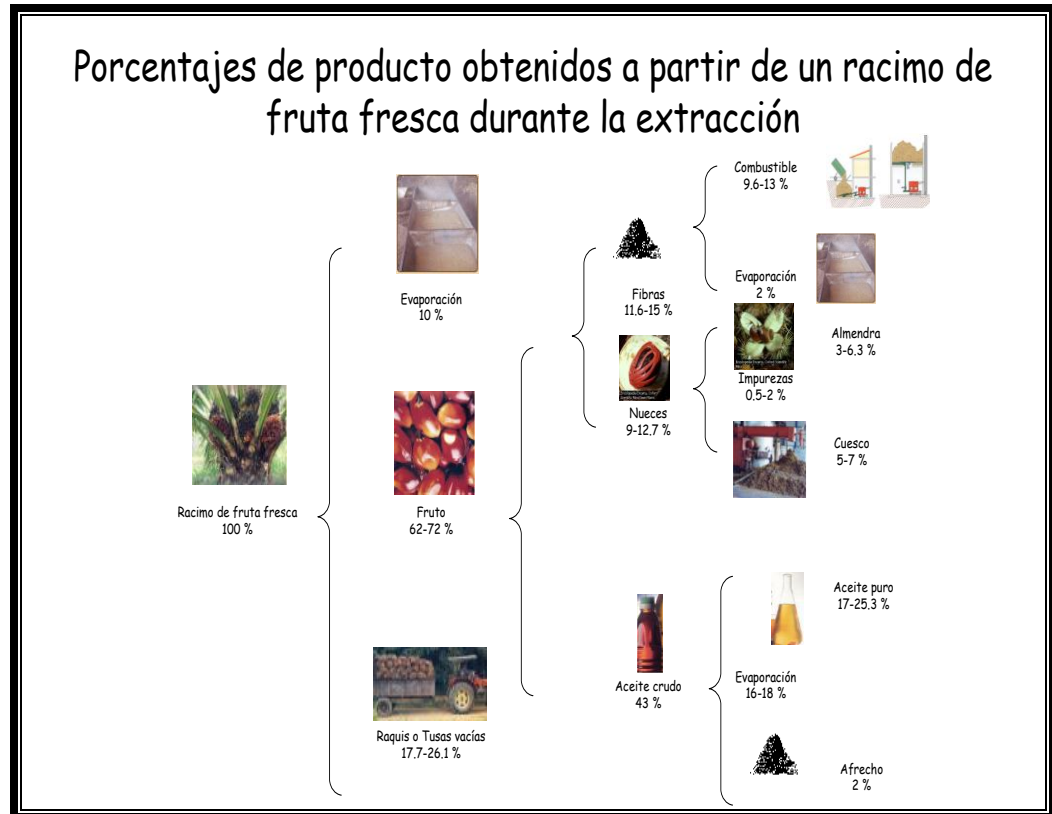
En esta fase se emplearán histogramas con el objetivo de elaborar un modelo matemático de pérdidas; dicho modelo toma como patrones la pérdida detectada el costo monetario de dicha pérdida y la capacidad productiva del equipo a analizar; con estas variables y el modelo plenamente definido, es posible identificar el punto óptimo económico. La tercera fase del diagnóstico es un período de monitoreo y seguimiento detenido de los procedimientos y la información recabada, en períodos de aproximadamente seis meses, en él se verifican todos aquellos muestreos realizados en la planta beneficio durante las dos fases anteriores a esta.

Se pretende que INDESA genere sus propios datos para hacer una comparación entre condiciones actuales y futuras, y así identificar problemas, comprobarlos y generar soluciones al respecto, enfocados principalmente al área de palmisteria. Se sabe además que existen deficiencias en palmisteria, porque se han identificado indicios de pérdidas de almendra y nuez, por mala clasificación.

2.3.1. Investigación del porcentaje ideal de almendra que debe obtenerse por cada racimo de fruta fresca

Tomando datos proporcionados por la dirigencia de la planta extractora acerca de estudios relacionados con pérdidas de aceite y la unificación de criterios en cuanto a las mismas, se tiene como guía y control de los distintos departamentos en toda la planta; por cada racimo de fruta fresca procesado se deben obtener los resultados presentados en el siguiente recuadro, estos datos fueron proporcionados por el Ing. Samuel Barba, y provienen de una conferencia de Cenipalma sobre manejo de plantas extractoras de aceite :

Figura 16. **Cuadro porcentaje de componentes de frutos obtenidos por racimo de fruta**



Fuente: Cenipalma. *Datos generales sobre la palma*. p. 25.

Si bien estos resultados pueden variar de una planta a otra, son parámetros muy útiles para determinar qué tan productivo es el proceso de la planta extractora; estos datos han ido siendo determinados, utilizados y actualizados con el correr de los años por las distintas extractoras alrededor del mundo, con ellos se ve que el departamento de palmistería de INDESA tiene ciertas deficiencias, ya que no cumple con el porcentaje de aceite y almendra obtenida por racimo de fruta fresca.

2.3.2. Determinación del flujo de materia obtenido por cada tonelada de fruta fresca procesada en las prensas

La decisión de llevar a cabo las mediciones de flujo de materia fue tomada debido a que no se posee ningún dato con el cual se pueda cuantificar el nivel de pérdida dentro de la extractora; dicha decisión fue concertada con la gerencia de la división industrial; con esto se procedió a coordinar dichas acciones con los supervisores de proceso de las áreas de prueba seleccionadas; con ellos se analizó si las pruebas que se realizarían no afectaban de manera significativa al proceso, y si lo hacían ver, de qué otra manera se podía realizar la medición sin retirar gente de puestos clave en el desarrollo de las operaciones del proceso o causar paros por caídas de presión.

El primer punto de análisis de pérdida seleccionado fue el sector de escape de fibra a la salida del ciclón desfibrador; debido a que la falta de esta afecta el suministro de combustible que se acumuló a la entrada del alimentador de la caldera cierta reserva de fibra; esto para no interrumpir el suministro de combustible durante la prueba. Resuelto ese problema y con la autorización del operador de la caldera, se procedió a extraer fibra dentro de una bodega totalmente vacía y limpia en un lapso de 20 minutos.

Para la ejecución de dicha medición se contó con la ayuda de 7 trabajadores, quienes ejecutaban las siguientes funciones; dos se encargaban de continuar con el suministro de combustible de la caldera, otro estaba encargado de abrir y cerrar la compuerta de salida durante la prueba; otros dos se encargaban de distribuir la fibra en toda la bodega, el analista llevaba el control del tiempo de la prueba y se aseguraba de que el suministro de fibra fuese exacto.

Figura 17. **Primer punto de análisis**



Fuente: elaboración propia, área salida de prensas de extracción.

Con la bodega llena, se procedió a pesar toda la fibra almacenada dentro de la bodega, para ello se requirió el uso de una retrocargadora CASE 580 y de cuatro trabajadores, los cuales estaban encargados del llenado del cucharón de la máquina para que esta fuese pesada en la báscula; debido a la gran cantidad de fibra acumulada durante los 20 minutos era necesario que la máquina hiciese unos 8 viajes por prueba realizada. Luego de determinar la cantidad de fibra acumulada durante ese período únicamente restaba calcular el flujo de materia expresado en toneladas métricas por hora.

Figura 18. **Primer punto de análisis transporte de fibra para determinar su peso**



Fuente: elaboración propia, área de depósito de fibra para alimentación de caldera.

El segundo punto de análisis seleccionado fue ubicado a la salida de nuez del ciclón desfibrador, la ejecución de dicha prueba no representaba ningún problema para el proceso de extracción, por lo que únicamente se notificaba a el supervisor y se coordinaba con el operador su ejecución; en dicha salida se acumulaba dentro de toneles plásticos toda la nuez que era separada de la fibra en la columna de aire; se trabajaba igualmente en un lapso de 20 minutos con un área totalmente exenta de nuez y fibra para no afectar el resultado de la prueba.

Figura 19. Caída de nuez ciclón de fibra



Fuente: elaboración propia, cilindro de separación de cascara y nuez.

Para la ejecución de dicho análisis se contó con la ayuda de 4 trabajadores, quienes se desempeñaban de la siguiente manera: dos estaban a cargo del llenado de los toneles y de abrir y cerrar la compuerta de salida, y un tercero era el encargado de realizar el cambio y traslado de los toneles ya llenos; el analista llevaba el control del tiempo de la prueba y se aseguraba de su correcta ejecución; dichos toneles también eran pesados y trasladados con

la ayuda de la retrocargadora, ya con estos datos se procedía con el cálculo el flujo de nuez expresado en toneladas métricas por hora.

El tercer punto de análisis seleccionado fue ubicado a la salida de los quebradores, en donde se acumula la mezcla triturada antes de ser clasificada; debido a que la falta de cascarilla se afecta de igual manera, el suministro de combustible se hizo necesario acumular cierta reserva de esta en la misma área donde se acumulaba la fibra; esto para no interrumpir el suministro de combustible durante la prueba, con la autorización del supervisor y la ayuda del operador de palmistería se procedió a extraer la mezcla de almendra y cuesco en un área totalmente vacía y limpia en un lapso de 15 minutos.

Figura 20. **Salida quebrador de nuez de palma**



Fuente: elaboración propia, área de extracción de almendra.

Para la ejecución de dicho análisis, se contó con la ayuda de 4 trabajadores, quienes se desempeñaban de la siguiente manera: dos se encargaban de almacenar en sacos toda la mezcla triturada que se acumulaba durante el análisis; un tercero, el operador de palmistería, era el encargado de accionar y detener el quebrador, y el analista llevaba el control del tiempo de la

prueba y calculaba con una pesa comercial el peso de cada uno de los sacos llenos, ya con estos datos se procedía con el cálculo el flujo de mezcla triturada.

El análisis fue el mismo tanto para el quebrador de nuez grande como para el quebrador de nuez pequeña, ya que la operación de ambos se realizaba de igual manera; no era posible el cálculo del flujo de ambos quebradores funcionando al mismo tiempo, debido a que el elevador de mezcla triturada no contaba con la capacidad para realizar el transporte de tanta carga; además como un factor adicional existía una limitante en el funcionamiento de un quebrador y es que la alimentación de este no podía ser regulada por desperfectos en la resistencia variable que, controla el nivel de vibración en el alimentador, es por esto que se determinó calcular el flujo de cada uno de esto de manera separada.

Figura 21. **Segundo punto llenado de nuez para determinar su peso**



Fuente: elaboración propia, área de llenado de sacos de nuez quebradores de planta.

El cuarto y último punto de análisis seleccionado fue el sector de alimentación de la caldera a la salida del ciclón de cascarilla, debido a que igualmente al sacar la cascarilla de esta salida el suministro de combustible se vería afectado; era necesario que durante el análisis se coordinara dicha acción

con el supervisor de turno, el operador de palmistería y de caldera, para así proceder a extraer cascarilla durante un periodo de 15 minutos.

Para la ejecución de dicho análisis, se contó con la ayuda de 6 trabajadores, quienes dentro del análisis participaban así: dos se encargaban de almacenar en sacos toda el cuesco extraído; el supervisor era el encargado de verificar que no existiese una caída de presión en la caldera; si se daba este caso, el operador de caldera tendría que suministrar más fibra a la caldera a través del alimentador que proviene del retorno; en palmisteria el operador estaba encargado de accionar y detener el ventilador del ciclón de cascarilla y el quebrador; el analista llevaba el control del tiempo de la prueba y calculaba con una pesa comercial el peso de cada uno de los sacos llenos de cuesco; ya con estos datos se procedía con el cálculo el flujo de mezcla cuesco.

Figura 22. **Salida de ciclón de cascarilla**



Fuente: elaboración propia, área de salida de aire ciclón de fibra.

En la mayoría de los análisis, se buscó que el tiempo para su realización fuese lo suficientemente prudente para no afectar el proceso de producción y que cada uno de estos se realizase en varias ocasiones, buscando con ello la representatividad de los mismos. El tiempo y la forma en que fueron desarrollados todos estos análisis de flujo de materia, estaba sujeto a condiciones de operación imperantes dentro la extractora, es por ello que dichos análisis se adaptan únicamente a las necesidades de INDESA.

2.4. Determinación de puntos críticos de pérdida de almendra

Tomando como base las actividades cotidianas del proceso, los análisis y las consultas realizadas tanto a los encargados de la planta como a los operarios del departamento de palmistería se han determinado algunos puntos del proceso en donde se genera pérdida de nuez y almendra, y las razones de por qué se eligieron dichos puntos.

Tomando en cuenta el flujo del producto a lo largo de la red del proceso, se sabe que el primer dispositivo en donde se genera pérdida de nuez y almendra, es en la columna neumática de separación de nuez y fibras, ya que el contenido del material que sale por la válvula rotativa del ciclón de fibra idealmente debe contener únicamente fibra, cosa que no sucede puesto que a simple vista se detecta presencia de nuez y almendra en la fibra.

Otro punto de posibles causas de pérdida de almendra, se detectó en los quebradores de nuez, pues al analizar la mezcla triturada se puede ver la presencia de nueces enteras y almendras trituradas, si bien los quebradores no van a dar un 100 % de almendra entera, el porcentaje contenido en dicha mezcla debe de ser mayor que el que se presenta en la actualidad. Además una inadecuada rotura de la nuez no contribuye a una correcta clasificación posterior.

Continuando con el proceso, se tiene que en la segunda columna de aire que forma parte del sistema de clasificación de cascarilla existe pérdida de almendra principalmente; el contenido del material que sale por dicha válvula rotativa idealmente tendría que ser cuesco y fibra rezagada del ciclón de fibra y sin embargo esto no sucede.

Un caso similar se tiene en la columna de aire encargada de eliminar el polvillo y partes de cuesco diminutas que no fueron separadas en la columna de cascarilla; se ha determinado que también se puede hallar presencia de almendra quebrada en la salida de la válvula rotativa ciclón de polvillo.

2.4.1. Recopilación de información

Luego de ejecutar los distintos análisis de flujo, el presente proyecto recopiló una serie de datos, los cuales se plasman en el siguiente recuadro: todo lo aquí presente es resultado de muestreos diarios durante un período aproximado de dos meses y medio a tres meses, con esta información ya posible tener una visión general del proceso.

Tabla II. **Flujos balance de materia**

	Datos promedio TM/hora	Valor máximo	Valor mínimo
Flujo Ciclón de Cascarilla	1,4051	1,5883	1,1686
Flujo Quebrador 1	3,2367	4,5040	1,3919
Flujo Quebrador 2	2,3453	2,9792	1,6690
Flujo Ciclón de Fibra	4,9356	6,4937	2,2314
Flujo Flujo Nuez	4,5536	6,4937	3,23

Fuente: elaboración propia.

Con la tabla se tiene una noción del nivel productivo del departamento de palmisteria y extracción de aceite, con ella se cuantifica la pérdida no solo en el ámbito porcentual sino que además se determina cuántas toneladas de almendra son incineradas en la caldera, y a cuánto asciende dicha pérdida semanal, mensual y anualmente. Es así que suponiendo que el 10 % de la muestra tomada a la salida del ciclón de cascarilla es almendra el proceso en un turno de 8 horas diarias tiene una merma de 1,12 toneladas métricas, si el precio de la tonelada de aceite de palmiste actualmente es de USD\$ 650 por tonelada, la pérdida asciende a USD\$ 436,80 dólares por turno.

2.4.1.1. Estructuración de reportes para la toma de mediciones de pérdida de almendra

Hoy en día toda empresa que tiene una producción masiva de productos o servicios de cualquier índole cuenta con documentación en cada una de las actividades de producción, desarrollo, control. Además, el control del proceso es un factor importante en lo que respecta a un aumento de productividad; en INDESA el propósito de implementar controles de pérdidas de almendra es el de dar a las autoridades la potestad para tomar decisiones que regulen el proceso y crear estándares de producción en cada una de las operaciones.

Sin embargo, la empresa no cuenta con ningún tipo de documento o formato que permita realizar dichos análisis ya que todo se maneja de manera empírica; esto genera desde una desventaja pues no existe ningún tipo de información histórica que pueda dar una pauta de cómo ha ido evolucionando la empresa con el correr de los años, entre las desventajas de no contar con estos recursos se pueden mencionar:

- Desconocimiento del nivel de productividad de la empresa.
- Desconocimiento de posibles focos de pérdida o merma en el proceso productivo.
- Bajo control sobre las actividades y operaciones de los empleados.
- Incapacidad de poder realizar mejoras dentro de la empresa.
- Faltantes por pronósticos errados al no conocer cual es el factor de pérdida del proceso.
- No se puede garantizar el aceite procesado y se cuenta con un bajo nivel de calidad dentro de la organización.

2.4.1.2. Clasificación de datos por sector de proceso

En todo el proceso de extracción de aceite de palmiste la materia sufre alteraciones, por lo que si una operación exige la presencia de un alto porcentaje de nuez, otra exigirá condiciones totalmente distintas, dependiendo de donde se analice la operación; así se determinarán cuáles son las causas de la mejora o el deterioro en la extracción; todo proceso de manufactura genera un sin fin de problemas y solo se puede determinar cuáles son las medidas a tomar si se lleva a cabo un control total sobre él.

En INDESA se tiene la desventaja, que el supervisor no cuenta con las herramientas para cuantificar problemas en el proceso y no sabe a quién asignar responsabilidades ni a quién acudir en caso de alguna alteración en determinado sector de operación; además de ello al departamento de mantenimiento se le dificulta la tarea de identificar y controlar problemas en los equipos y maquinaria, por lo que los paros regularmente en INDESA son demasiado prolongados.

La falta de clasificación no solo afecta el área productiva; también es imposible la planificación del mantenimiento del equipo, pues no se puede establecer quiénes serán los encargados de realizar el mantenimiento, de verificar las existencias en la bodega de repuestos, así como fechas exactas de lubricación y cambio de piezas en la maquinaria. Se sabe que la empresa cuenta con dos departamentos de extracción de aceite, mas no se cuenta con un desarrollo logístico y documental que permita clasificar los datos por sector del proceso.

2.4.1.3. Organización de datos basado en el material obtenido en el proceso de clasificación

Con la desventaja que en la empresa no se tiene un control pleno del proceso productivo, se llevaron a cabo ciertos controles, y se procedió a realizar pruebas puntuales para cuantificar el problema del porcentaje de pérdida; cada prueba se realizó siguiendo criterios de análisis previamente establecidos y cada cuadro indica dónde fueron realizados estos.

Todos los datos que aparecen en este inciso son un resumen de 90 pruebas puntuales realizadas durante un período aproximado de tres meses, la cuantificación de las pérdidas de almendra fue realizada paralelamente con el análisis de flujo de materia; junto con estos recuadros al final se presenta un cuadro resumen donde se indica el flujo promedio de todas las pruebas y los porcentajes de pérdida en cada punto de control del proyecto.

Tabla III. Resumen de porcentajes de pérdida en ciclón cascarilla

Datos promedio			
Ciclón de Cascarilla	Datos promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Almendra entera	1,62	5,32	0,22
Almendra partida	11,68	23,04	6,63
Nuez entera	0,09	0,78	0,00
Nuez partida	1,42	2,54	0,60

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla refleja que en el ciclón de cascarilla se tiene una pérdida del 13,30 % en almendra y el 1,51 % en nuez; actualmente en INDESA se labora en turnos de 12 horas, estos datos indican que la pérdida asciende a 2,25 toneladas de almendra por turno, lo que equivale a USD\$ 877,5 en este punto.

Tabla IV. **Análisis eficiencia porcentual de quebrador 1**

Datos promedio			
Quebrador 1	Datos promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Nuez entera	2,09	4,84	0,00
Nuez partida	9,37	16,70	0,80
Almendra entera	25,74	33,90	14,10
Almendra partida	12,23	18,30	5,66

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Análisis eficiencia porcentual de quebrador 2**

Datos promedio			
Quebrador 2	Datos promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Almendra entera	24,5527	30,5000	14,10
Almendra partida	13,9860	19,5600	10,00
Nuez entera	2,5313	10,6000	0,00
Nuez partida	8,4200	14,8600	3,74

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la tabla IV y V evidencian que existe un mal desempeño en el quebrador número uno y dos, pues hay una alta presencia de almendra partida, nuez entera y nuez partida luego de la rotura; esto trae consigo problemas posteriores en el clasificador neumático, pues las nueces enteras en la mayoría de los casos pueden atorar la válvula rotativa o se mezclan con la almendra bien clasificada, generando un mayor desgaste de las canastas y los tornillos de las prensas de extracción de aceite de palmiste; finalmente todas las almendras y nueces mal quebradas son succionadas automáticamente por el clasificador neumático hacia la caldera.

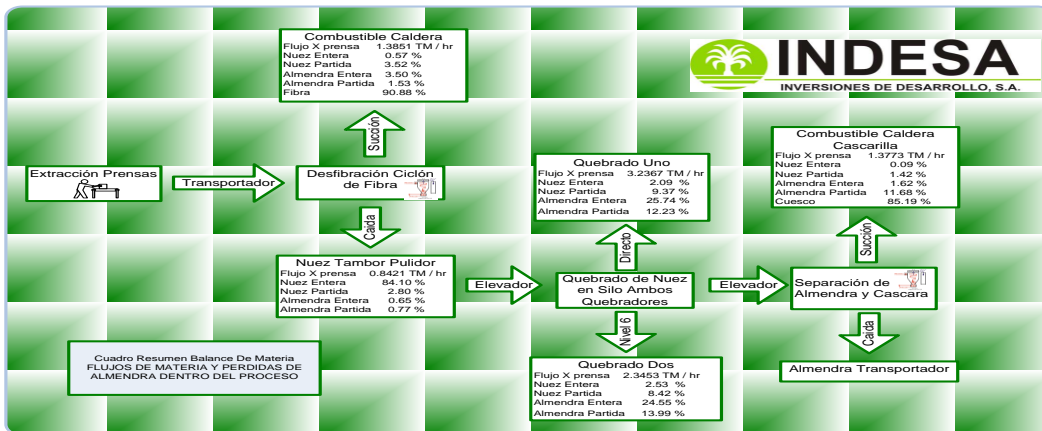
Tabla VI. **Porcentaje de pérdidas ciclón de fibra**

Datos promedio	Datos promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Ciclón de fibra			
Almendra entera	3,50	8,70	0,00
Almendra partida	1,54	5,80	0,00
Nuez entera	0,58	2,37	0,00
Nuez partida	3,52	7,90	0,47
Flujo por prensa 10 TM	1,3851	1,6234	1,1157

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla refleja que en el ciclón de fibra se tiene una pérdida del 5,04 % en almendra y el 4,10 % en nuez; actualmente en INDESA se labora en turnos de 12 horas, estos datos indican que la pérdida asciende a 3,13 toneladas de almendra por turno, lo que equivale a USD\$ 1 223,83 en este punto.

Figura 23. **Resumen gráfico balance de materia**



Fuente: elaboración propia.

Por último, este cuadro resume los datos de las tablas presentadas anteriormente; las flechas indican el flujo que sigue la materia dentro del proceso, y cada cuadro muestra los valores de pérdida y los flujos que corresponden a cada punto del proceso.

2.4.2. Representación gráfica estadística de datos obtenidos

Para alcanzar un mejor desempeño se requiere que todas las actividades productivas del proceso de extracción tengan un mayor o menor grado de exactitud. La cantidad de pérdidas no contabilizadas adecuadamente; en INDESA significa gastos económicos importantes para la empresa, y son una desventaja pues representan costos elevados en su tratamiento o disposición.

Debido a que no existe ningún tipo de información gráfica estadística es imposible reducir o mermar la generación de pérdidas, no se puede examinar cada operación en el contexto global del proceso, ni identificar su origen y cantidad, consecuencia de esto los problemas operativos son incontables y no existe indicio alguno de posibles soluciones o mejoras.

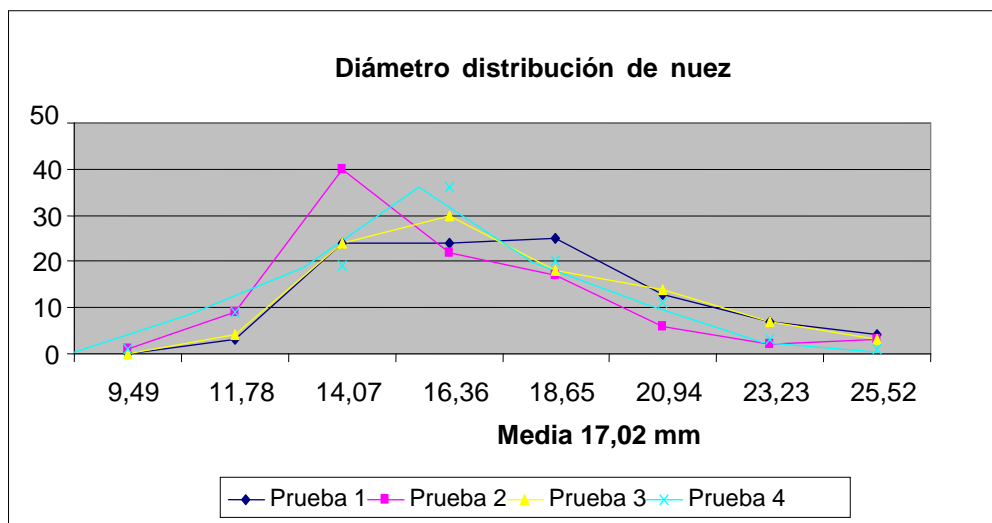
Un examen de las desventajas en las operaciones de la empresa requiere de balances de masa y energía; para este caso en particular, se obtuvo después de observar, medir, registrar datos y realizar el análisis de muestras de insumos, por un lado, y de productos, subproductos, residuos y desechos, por otro; todo ello ya fue realizado y documentado anteriormente.

Por ello, para representar todas estas desventajas se empleará una serie de gráficos estadísticos, como sustituto a las tablas, y como una importante herramienta para el análisis de los datos, se emplean gráficos, ya que en ocasiones es el medio más efectivo no solo para describir y resumir la información, sino también para analizarla.

2.4.2.1. Histogramas

El histograma fue aplicado para identificar el problema que existe en la clasificación de la nuez grande respecto de la nuez chica, la razón es que luego de casi cinco años de proceso las características de la nuez en cuanto a tamaño se han ido modificando; abajo se puede observar una distribución de comportamiento normal pues no presenta ninguna tendencia hacia algún tipo de tamaño en particular; sin embargo, las condiciones de operación del clasificador actual indican que existe un problema dentro de la clasificación, pues mientras la gráfica indica que una distribución adecuada se daría almacenando nueces por debajo de los 17 mm, en una parte del silo y mayores en la otra.

Figura 24. **Histograma estudio diámetro de clasificación ideal**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica muestra que en INDESA el clasificador actual realiza la repartición a partir de los 14 mm, es decir, que la empresa actualmente genera una sobrecarga sobre el depósito de nuez grande; aproximadamente la nuez se almacena en una proporción de 60 para una parte del silo y 40 para la otra.

2.4.2.2. Medición de productividad

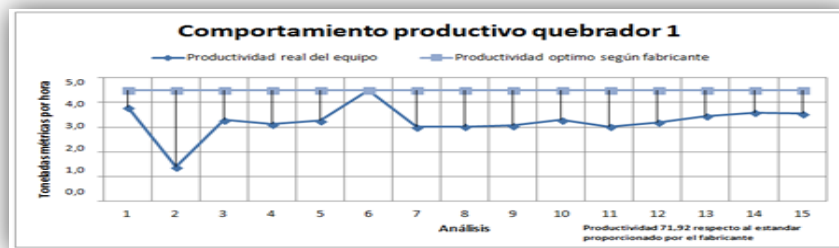
Con el fin de medir las deficiencias de uno de los equipos que más inciden en las pérdidas dentro del proceso de palmisteria se utilizó un índice de productividad como punto de comparación:

$$P = (\text{toneladas/mes}) / (\text{núm. turnos por día} \times \text{horas por turno} \times 22 \text{ días mes})$$

$$P = 1\,139,32 \text{ toneladas} / 2 \text{ turnos} \times 8 \text{ horas/día} \times 22 \text{ días/mes} = 3,23 \text{ ton /hh}$$

Se usó la productividad medida durante el período de los muestreos aleatorios del sistema productivo de INDESA, y se comparó contra el estándar de productividad que el fabricante proporciona como referencia. Es así que para el quebrador número uno, el fabricante indica en sus pruebas que un quebrador de 5 toneladas métricas por hora trabaja óptimamente cuando su índice de productividad no está por debajo del 90 % de su capacidad; sin embargo, el gráfico siguiente muestra una tendencia de comportamiento bastante constante e indica que el quebrador en las condiciones normales del día a día trabaja a un 64,73 % de su capacidad.

Figura 25. Comportamiento índice productivo quebrador 1



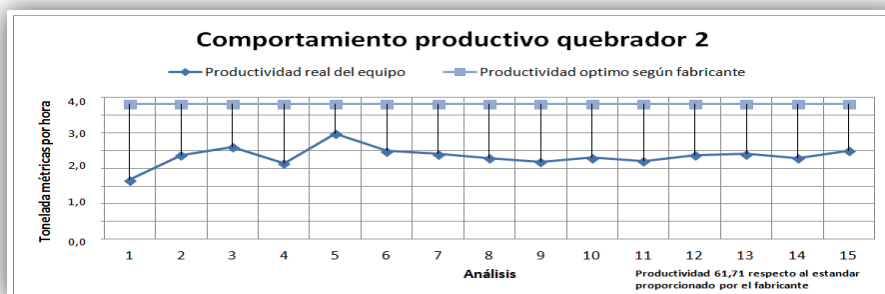
Fuente: elaboración propia.

El gráfico 25 no es más que una evidencia de que existen deficiencias en el quebrador, siendo esto cierto es muy probable que uno de estos daños sea causante además de una inadecuada rotura, y por ende una mala clasificación.

El análisis del quebrador número dos se ejecutó de la misma forma, pues se comparó el índice de productividad del quebrador con el estándar de productividad patrón. Con la salvedad de que el quebrador número dos es de menor capacidad y el fabricante indica que un quebrador de 4 toneladas métricas por hora trabaja óptimamente cuando su índice de productividad no está por debajo del 95 %; a continuación se presenta el gráfico 26 de rendimiento de dicho quebrador.

$$P = 825,54 \text{ toneladas} / 2 \text{ turnos} \times 8 \text{ horas/día} \times 22 \text{ días/mes} = 2,34 \text{ ton /hh}$$

Figura 26. **Comportamiento índice productivo quebrador 2**



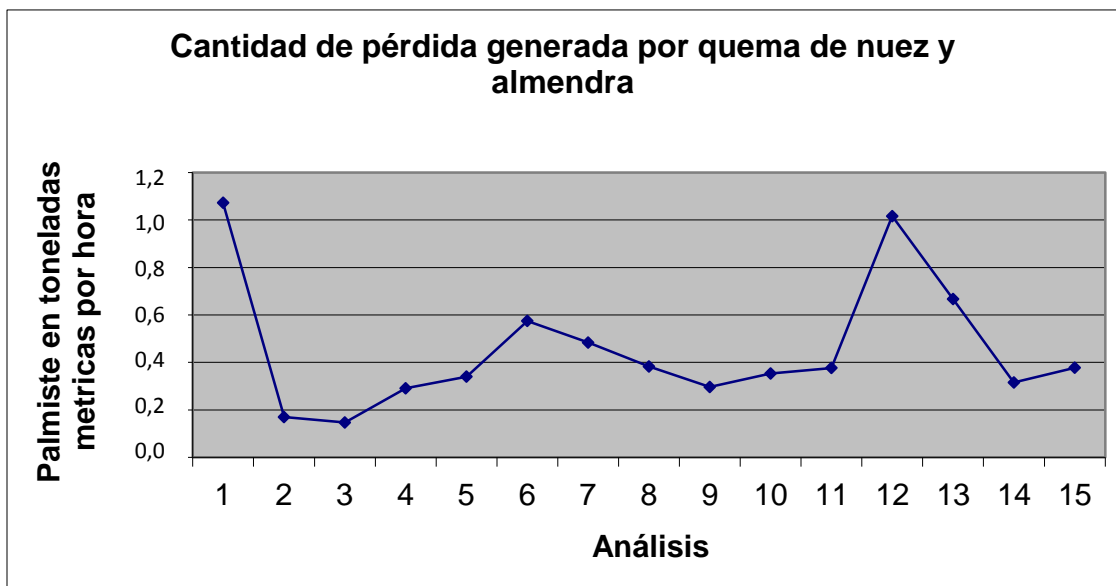
Fuente: elaboración propia.

Se ve pues que acá también existen deficiencias pues el gráfico del quebrador dos muestra al igual que en el quebrador uno una tendencia de comportamiento bastante constante al romper este a un 64,73 % de su capacidad, que el quebrador trabaje un 30,27 % por debajo de su capacidad mínima es una clara señal de problemas en el equipo; es muy posible que la inadecuada clasificación sea consecuencia clara de una disminución en la capacidad de rotura del equipo.

2.4.2.3. Medición de pérdidas

Los gráficos de los quebradores indicaron un bajo nivel de rotura; sin embargo, además de este problema se tiene una presencia de nuez y almendra en el área de alimentación de la caldera, tomando en cuenta el flujo de materia tanto en el equipo de separación de fibra y nuez como en el equipo de separación de almendra y cuesco; se puede observar en los dos gráficos de pérdidas en los sistemas de separación neumático, que el equipo tiene un comportamiento defectuoso, pues en promedio se ve que en la columna de separación de fibra se tienen pérdidas de 0,45 toneladas métricas por hora.

Figura 27. **Pérdidas de nuez y almendra sistema separación neumático**

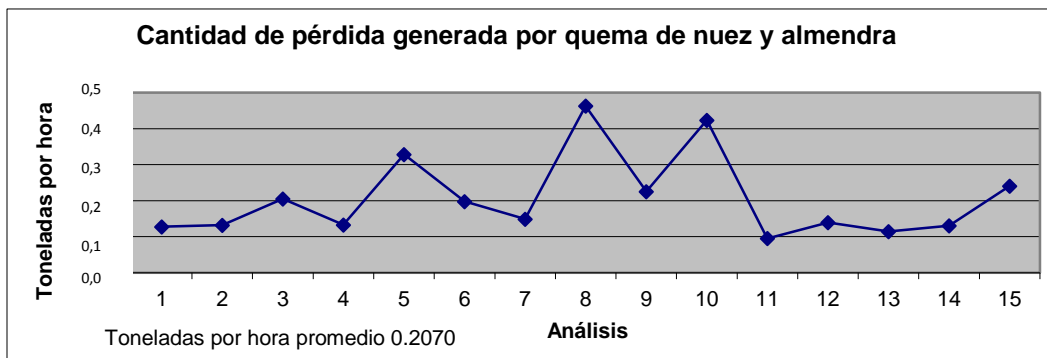


Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los puntos de la gráfica se encuentran por encima de las 0,30 toneladas, por hora, lo que a la empresa le representa diariamente como mínimo un costo de USD\$ 2 340,00 por turno de 12 horas de labor diaria; de aquí se observa la necesidad de realizar un chequeo de la columna de succión.

El mismo comportamiento se ve en esta gráfica; sin embargo, la cantidad de merma es menor, debido a que en su paso a través del proceso la cantidad de materia que fluye se ve disminuida, y además en esta columna el aire succiona a menor presión.

Figura 28. **Pérdidas de almendra y cuesco sistema separación neumático**



Fuente: elaboración propia.

La pérdida como mínimo en un turno de 12 horas es de USD \$780,0 puesto que ningún punto del gráfico se encuentra por debajo de 0.10 toneladas métricas, el problema reside en que la pérdida en ese lapso de tiempo tendría que ser el 10 % de dicha cantidad.

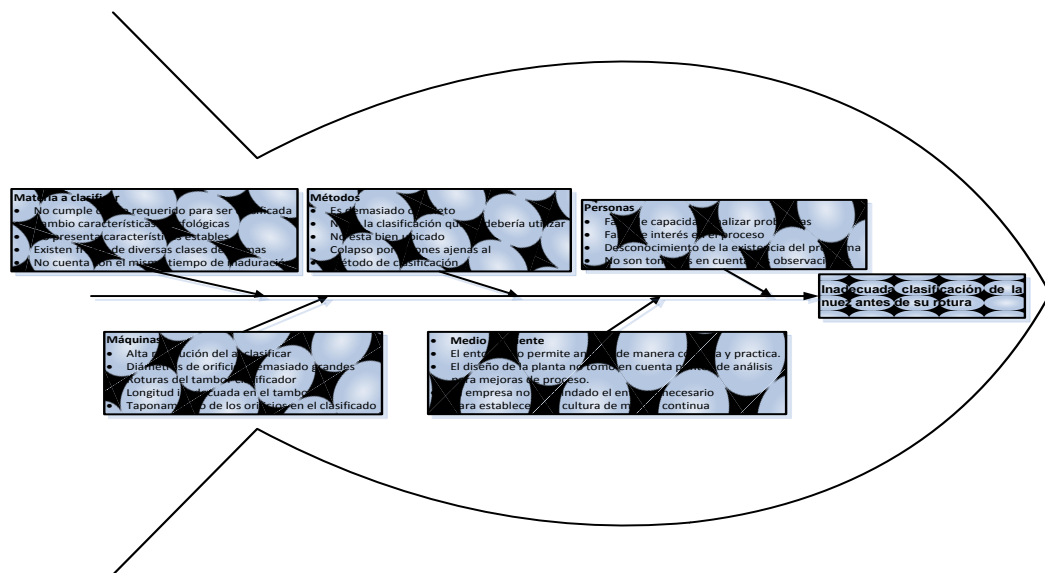
2.4.3. Diagnóstico de causas de pérdida de almendra en el departamento de palmistería

Las evaluaciones de las pérdidas de producción en INDESA son un indicador de la falta de eficiencia del proceso y ponen de manifiesto el mal desempeño las máquinas de esta sección. Los siguientes apartados reflejan resultados de un análisis estricto y confiable, bajo herramientas para la mejora de la calidad, dada la necesidad de estandarizar las prácticas; de manera que pueda validarse o definirse un procedimiento alternativo estadísticamente válido.

2.4.3.1. Diagrama de causa y efecto

Si bien fueron detectados varios puntos de pérdida de almendra y nuez en todo el proceso, para no entorpecer el desarrollo del mismo, el análisis de los problemas se basará en lo que respecta únicamente a la clasificación, la rotura de la nuez, y la clasificación del cuesco y la almendra. Se eligió utilizar esta herramienta, ya que las características de esta la hacen adecuada para identificar posibles causas del problema; el primer diagrama hace referencia al tambor clasificador.

Figura 29. Diagrama causa efecto tambor clasificador

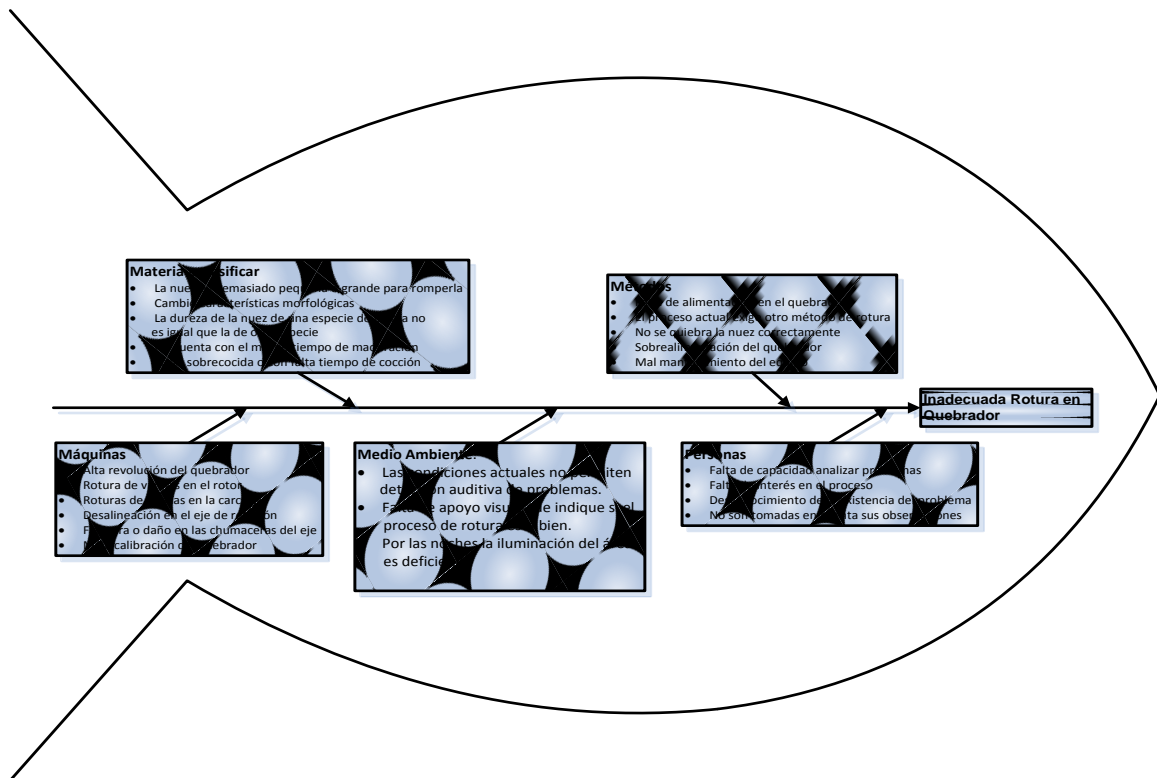


Fuente: elaboración propia.

Luego de una lluvia de ideas, se concluyó que el método de clasificación de la maquinaria en esta parte del proceso está mal ejecutado, debido a que con el correr de los años las características morfológicas de la fruta cambiaron; así también se detectó que es necesario el cambio o reparación del clasificador actual, debido a que su deterioro es considerable.

Siguiendo con el flujo unilateral del proceso, el segundo análisis fue enfocado en los problemas que hay en el equipo de rotura del departamento de palmistería; para efectos del presente diagrama se define como principal problema la inadecuada rotura en los quebradores.

Figura 30. Diagrama causa efecto quebrador

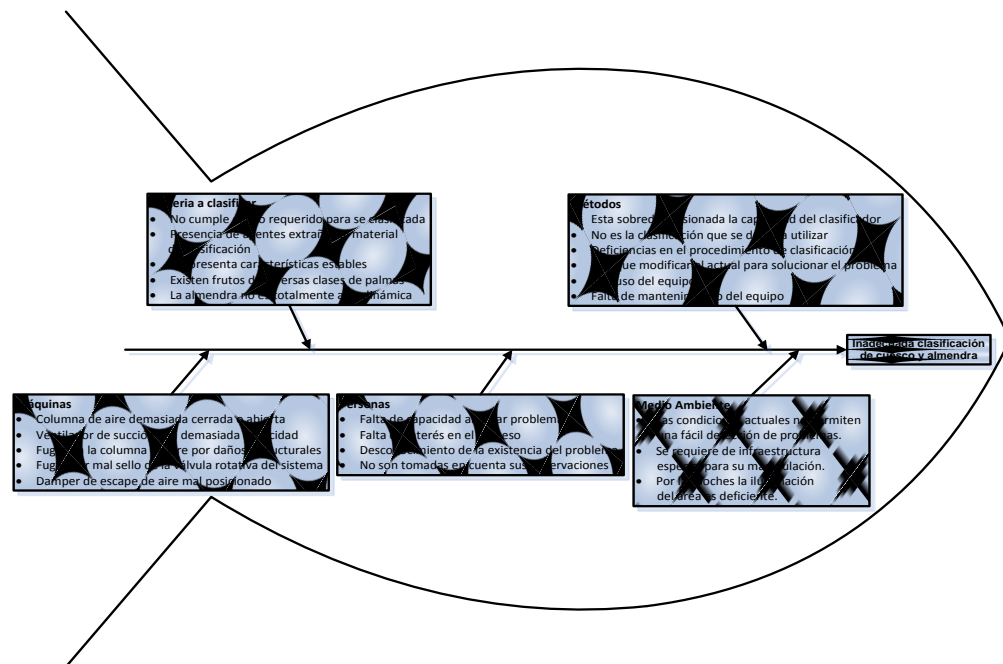


Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el diagrama, se puede concluir que el mal desempeño de ambos quebradores se debe a que el método de rotura actual no está siendo funcional, debido al deterioro de las varillas y los platos de rotura del equipo, así también se puede mencionar que esto se debe a la falta de mantenimiento periódico y de equipo necesario para monitorear el desempeño del mismo, tanto a nivel de calidad como de productividad.

Finalmente, se definió como último punto de análisis el área de las columnas neumáticas; acá se planteó como problema principal una inadecuada clasificación de cuesco y almendra en los clasificadores; actualmente el equipo presenta fugas en las tuberías por daños en su estructura, debido al mal manejo; a continuación se detallan varias de las causas que más condicionan el mal funcionamiento en ambas columnas.

Figura 31. **Diagrama causa efecto clasificador de almendra y cuesco**



Fuente: elaboración propia.

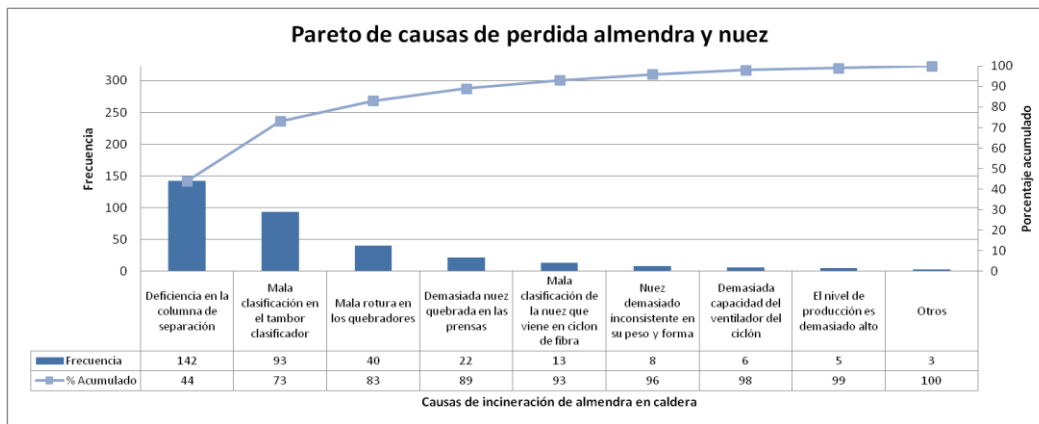
Por último, se puede concluir de acuerdo con el diagrama, que de momento nadie en la planta conoce el punto en el que el equipo rinde de manera idónea, pues actualmente existe una excesiva presión de succión, que trae como consecuencia la presencia de almendra en el transportador que alimenta la caldera, así también se puede mencionar que dentro del manejo integral propuesto se encuentra la definición del punto idóneo de succión del equipo.

2.4.3.2. Diagrama de Pareto

Se emplea el diagrama de Pareto como una herramienta para identificar el orden de prioridades sobre las cuales se debe enfocar la mejora, y definir cuáles son los problemas más grandes que aquejan actualmente los procesos; el gráfico que a continuación se presenta evidencia que el 80-20 para este caso en particular, se centra en tres puntos en específico:

- Deficiencia en las columnas de separación
- Inadecuada clasificación en el tambor clasificador
- Inadecuada rotura en los quebradores

Figura 32. Pareto causas de pérdida almendra y nuez



Fuente: elaboración propia.

En conclusión, con ayuda del gráfico se puede establecer que si se quieren reducir los porcentajes de merma actuales, se debe enfocar la atención en optimizar actividades como: la clasificación de producto en las columnas neumáticas, poner a punto y adecuar los parámetros del tambor clasificador, y reparar los quebradores de nuez, pues el deterioro de los mismos es causa de mala rotura.

Así también es necesario trabajar en conjunto con el departamento de mantenimiento para que todos estos equipos sean incluidos dentro de un plan de mantenimiento preventivo, esto con el objetivo de garantizar la disponibilidad de los repuestos y el buen funcionamiento de los equipos, reducir los tiempos de paro por mantenimiento correctivo, y mantener los niveles de productividad dentro de los parámetros de rendimientos establecidos por el fabricante.


2.4.3.3. Hojas de control

La empresa tiene el problema que no existe ningún tipo de documentación con la cual se pueda llevar el control de los muestreos de pérdidas del proceso, durante el desarrollo del proyecto se utilizó el siguiente formato; sin embargo, es necesario que la empresa tenga la documentación adecuada para futuros controles, además de la carencia de dichos documentos tampoco hay un empleado que se encargue de documentar y analizar estos datos, por lo que si no se tiene un control del proceso de pérdida será imposible llevar un historial de todas las anomalías y el comportamiento de la producción.

Figura 33. Hoja de control para el manejo de la nuez y almendra

Hoja Control Calidad Manejo de Pérdidas de Nuez y Almendra

Encargado: _____ Hora: _____ Fecha: / /

<p>Ciclón de Fibra:</p> <ul style="list-style-type: none"> % Fibra % Nuez entera % Nuez partida % Almendra entera % Almendra partida <p>Mezcla Quebrador 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> % Nuez entera % Nuez partida % Almendra entera % Almendra partida <p>Observaciones:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>		<p>Ciclón de Cascarilla:</p> <ul style="list-style-type: none"> % Cuesco % Nuez entera % Nuez partida % Almendra entera % Almendra partida <p>Mezcla Quebrador 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> % Nuez entera % Nuez partida % Almendra entera % Almendra partida
--	--	---

Fuente: elaboración propia.

2.4.3.4. Interpretación de resultados de los diagramas

Creado un vínculo de todos los datos de flujo de materia, de pérdida de nuez y almendra con herramientas para el control de calidad como histogramas, diagramas de causa y efecto y diagramas de Pareto, se puede plantear una interpretación de todos los problemas detectados en el transcurso del proyecto; con esto no solo se logrará conocer condiciones actuales sino que además se da la pauta para un control de calidad en el manejo futuro.

Con el primer histograma se pretendía ver si las características del fruto en cuanto tamaño y cantidad permanecían constantes durante un lapso de 3 años, y corroborar si la distribución de la nuez en el clasificador era todavía la correcta de acuerdo con los diámetros preestablecidos por el fabricante. Partiendo de dicho histograma, se determinó lo siguiente:

- El clasificador contaba con diámetros de aproximadamente 15 mm como rango divisorio entre la nuez grande y la pequeña; este ya no es válido en las condiciones actuales.
- Al aplicar un nuevo estudio, se observó un comportamiento normal en cuanto a la forma en que se distribuye la almendra, sin embargo el problema está en que este no coincide con el utilizado al inicio de las operaciones de la empresa.
- El tamaño de la nuez que se creía que era el adecuado al inicio de operaciones en la planta no prevalece en las condiciones actuales.

- El margen de distribución actual no es equitativo, pues el 65 % se distribuye en una parte del silo y el 45 % en la otra.
- No existe personal para hacer los análisis respectivos.

Luego del análisis de desempeño de los sistemas de rotura de almendra se ratificó: como era de esperar que ningún equipo funciona al ciento por ciento; todos estos equipos no cuentan con un alto desempeño y presentan un comportamiento uniforme, del 30 % debajo de su nivel óptimo; la información planteada en los gráficos se interpreta de la siguiente manera:

- El equipo de separación fibra nuez y cuesco almendra no funcionan plenamente, pues sus índices de productividad son de 67,23 % y 77,37 % respectivamente; ambos presentan averías.
- El quebrador de nuez grande funciona 18,08 % por debajo de su nivel de operación óptimo.
- El quebrador de nuez pequeña funciona 33,29 % por debajo de su nivel de operación óptimo.
- Todos los equipos mantuvieron durante el análisis patrones de comportamiento similar; sin embargo ninguno estuvo cerca de un buen nivel de operación.
- Se puede corroborar que el bajo desempeño de los equipo es causa de un deterioro avanzado, por falta de planes de mantenimiento adecuados.

- El proceso no tiene y requiere que al menos quincenalmente se analicen condiciones productivas en cada uno de ellos.
- Establecidos patrones de rendimiento se puede hacer un cálculo de pérdidas de almendra y nuez, en el se busca a través de la información del flujo de materia marcar un ritmo de pérdida por cada hora de proceso en la planta extractora; los resultados obtenidos resaltan problemas que exigen inspecciones y análisis más profundos en ciertas áreas de manejo de almendra y nuez.
- El equipo de separación fibra y nuez genera una pérdida de 0,4574 toneladas métricas por hora de almendra y nuez y 0,1829 toneladas métricas por hora de aceite.
- El equipo de separación almendra y cuesco genera una pérdida de 0,2070 toneladas métricas por hora de almendra y nuez y 0,0828 toneladas métricas por hora de aceite.
- La existencia de pérdidas tan elevadas exige un análisis más profundo en cuanto a las estaciones de manejo de nuez y almendra.
- Por razones puramente operativas y administrativas, el proyecto solo se enfocará en tres razones de pérdida específicas.

Los tres puntos tratados en el análisis de causa y efecto son las áreas de manejo en donde el proyecto será enfocado; se tomará en cuenta la mala distribución de nuez grande y pequeña, el mal quebrado de la nuez, y la adecuada clasificación en la columna de aire. Las razones y causas de los problemas ya se dan a conocer en los diagramas; los efectos de cada uno de

estos son generar problemas en el punto siguiente, existiendo un vínculo bastante profundo entre los tres.

Finalmente, el diagrama de causa y efecto corrobora lo que se presenta en el histograma de diámetros de clasificación; a simple vista puede interpretarse que las nueces no se reparten de manera equitativa empleando el actual clasificador.

El siguiente Pareto demuestra que los tres puntos a tomar en cuenta en el proyecto son causantes de pérdida en un 70 %, aproximadamente; solo las modificaciones pertinentes darán validez a lo planteado en el proyecto; sin embargo, es necesario que en futuras ocasiones se asegure la existencia de todas aquellas herramientas y repuestos necesarios.

2.5. Determinación de la situación actual de los equipos del proceso

La maquinaria solo puede trabajar productivamente si se conserva en buen estado de funcionamiento, mediante un mantenimiento adecuado, inspección continua y un suministro regular de repuestos. Desgraciadamente, en INDESA no se cuenta con la infraestructura necesaria para apoyar estas acciones.

Razón por la que la vida activa de la maquinaria empleada en la extractora se ha acortado al punto que su lapso de uso se ha reducido y el número de averías generadas está por encima de lo normal. A menudo, la maquinaria no ha tenido la suficiente disponibilidad de repuestos para el mantenimiento de rutina, permitiendo solamente la reparación parcial de averías. El problema reside en que la bodega de mantenimiento no puede abastecer los repuestos necesarios para mantener la maquinaria en funcionamiento.

La empresa cuenta con poca identificación de los empleados para con la misma, por lo que si se pretende que todos los equipos desde el área de rampa hasta el molino de extracción de harina funcionen adecuadamente, es necesario crear una mayor conciencia acerca del cuidado y conservación de la maquinaria.

2.5.1. Descripción de la maquinaria y el equipo del departamento de palmistería

En el departamento de palmistería existe una infinidad de equipo complementario que no tiene ningún vínculo con el proyecto, por lo que la descripción de la maquinaria se basará en los problemas primordiales del departamento de palmistería, y esencialmente tomará en cuenta a los siguientes tres equipos:

- El sistema de separación neumático mal calibrado: consta de un ciclón, el cual es esencialmente una cámara de sedimentación en la que la aceleración gravitacional se sustituye por la aceleración centrífuga. Esta última aceleración la adquieren las partículas debido a la geometría del ciclón y la succión generada por un ventilador Phoenix de 25 hp; por último el sistema cuenta con una columna 0,1976 metros cuadrados de área, la columna posee tres paredes fijas y una cuarta ajustable; el cuerpo de esta columna está hecho de hierro fundido.
- Los quebradores de nuez: ambos se encuentran dañados; sin embargo, se puede decir que estos están compuestos por una carcasa cilíndrica de medio metro de diámetro 0,62 metros de alto y 0,53 metros de profundidad, esta es protegida en todo su contorno interior por una serie de varillas fijas; dentro de la misma se ubica la parte dinámica del quebrador, esta consta de

tres platos circulares atravesados por varillas similares a las de la carcaza, los tres platos se encuentran montados sobre un eje y un par de cojinetes radiales; en ambos quebradores, un motor eléctrico genera la rotación a través de una faja de transmisión que conecta la polea del motor con la del rotor del quebrador.

- El clasificador es un cilindro de acero de aproximadamente un metro de diámetro y metro y medio de largo, que en su centro es atravesado por un eje de acero macizo de dos metros de largo y 30 mm de diámetro, el cilindro y el eje se encuentran unidos por cuatro barras posicionadas perpendicularmente a ambos; para lograr la clasificación de la nuez el cilindro cuenta con perforaciones de 15 mm en todo su contorno, además a 0.30 metros paralelo al cilindro; cuenta con un plato del mismo material, el cual impide que la nuez pequeña sea almacenada en la fracción del silo de nuez grande.

2.5.1.1. Tarjetas del equipo

A continuación se presenta la tarjeta técnica donde se da a conocer información acerca de los equipos críticos en el manejo de almendra y nuez en el departamento de palmistería; en ellas se proporciona información importante sobre los componentes mecánicos de la maquinaria, los componentes eléctricos y el proveedor de todos ellos.

Figura 34. Tarjeta técnica clasificador silo de nuez



Fuente: elaboración propia.

La tarjeta está estructurada de la siguiente manera: cuenta con un encabezado en el que se da el nombre del equipo y a qué departamento pertenece; un contenido que detalla toda la información técnica del equipo y sus equipos complementarios y una fotografía en la cual se observan las características estructurales del mismo. Así también se presenta la tarjeta del tambor pulidor y se puede observar la información en los quebradores de nuez y en la columna de clasificación neumática.

Figura 35. Tarjeta técnica quebrador de nuez



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Tarjeta técnica clasificador almendra y cuesco



Fuente: elaboración propia.

Las tres tarjetas describen los tres equipos críticos del departamento. Debido a que no existe documento alguno que proporcione dicha información, todo esto es resultado de la consulta de las placas de los equipos y de los manuales del fabricante de alguno de ellos; en los tres se evidencia la necesidad de adquirir los repuestos fuera del país, grave problema si se toma en cuenta el tiempo que toman en venir desde Asia hasta Centroamérica.

2.5.2. Descripción y análisis de las condiciones actuales de operación de la maquinaria

Luego de describir los equipos en los cuales se enfocará la mejora del proyecto, fue necesario indicar cuáles son las falencias con las que cuenta cada uno de ellos; en el tambor clasificador de nuez se ubicaron 3 abolladuras de tamaño considerable; el problema está en que estas afectan de manera importante el proceso de clasificación puesto que buena parte de la nuez grande está siendo almacenada en la fracción de nuez pequeña; así también se encontró que los orificios del contorno del clasificador no son los adecuados, puesto que a lo largo del tiempo han perdido uniformidad.

Los quebradores de nuez tienen el problema de que arrojan un gran porcentaje de almendra partida dentro de la mezcla triturada, porcentaje que no se ajusta a las especificaciones proporcionadas por el fabricante; además las fajas de transmisión están deterioradas y los platos y las varillas de rotura del rotor y el estator hacen falta o algunas de ellas están totalmente desgastadas.

El procedimiento que le sigue al quebrado de la nuez es la clasificación de la misma, fue acá donde evaluó la pérdida y por estudios realizado en otras extractoras se sabe que en un 90 % de los casos el problema de la mala clasificación se debe a que el área por donde corre el aire del ventilador no es la adecuada o la fuerza de succión del ventilador no está bien regulada; aunado a este problema se encontraron escapes de aire tanto en la columna como en los ductos que conducen el cuesco a la caldera.

2.6. Determinación de las causas y los puntos de pérdida de almendra y nuez en el departamento de palmistería

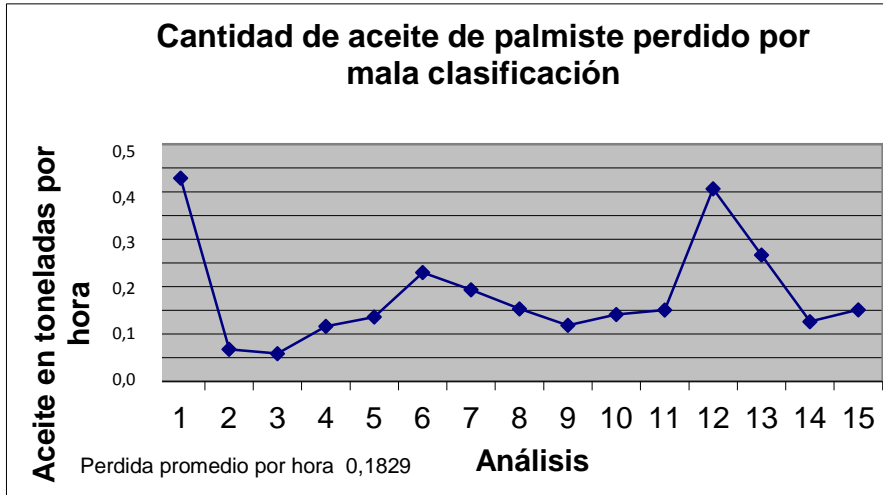
El estudio de esta parte del proyecto se llevó a cabo en un lapso de seis semanas y como aporte a la empresa en él se identificaron muchos de los motivos por los cuales existen pérdidas en ciertos equipos del departamento de palmistería principalmente se enumeraron las siguientes causas:

- Inadecuada distribución en el clasificador de nuez y almendra por:
 - Abolladuras en el tambor clasificador de nuez
 - Falta de uniformidad en los orificios de clasificación
 - Cambios en la distribución de la nuez
- Mala rotura de nuez en los quebradores por:
 - Desgaste y fallas en las distintas barras del rotor de quebrador
 - Desgaste y fallas en la barras estáticas del quebrador

- Las barras que conforman el rotor del quebrador no estaban completas
 - Desgaste pieza a la entrada del alimentador del quebrador
 - Desgaste en la fajas que conectan al motor eléctrico con el rotor del quebrador
- Inadecuada clasificación en la columna de aire:
 - Exceso de velocidad en los ciclones
 - Escapes o fugas de aire a lo largo de toda la columna
 - *Damper* de salida de aire mal posicionado
 - Área de clasificación demasiado reducida
 - Presencia de cuesco con humedad
 - Entradas de aire falso en la uniones de los ductos de los ciclones de cáscara y finos
 - Deterioro de las válvulas rotativas a la salida del ciclón

La mayor pérdida de almendra, se detectó en el ciclón de cascarilla, causada por la ineficiencia en la columna de aire por fugas de aire excesivas, así como mala calibración de las dimensiones de esta. En otros casos se determinó la entrada de aire falso, principalmente en las válvulas de descarga y en las uniones de los ductos de los ciclones de cáscara y finos, donde las válvulas ya no hacían el sello mecánico, lo que hacía imposible graduar correctamente la velocidad del aire. Con los siguientes dos gráficas, se muestra cuál es el nivel de pérdida en la planta extractora, tanto en la columna de separación fibra nuez como en la de separación almendra cuesco.

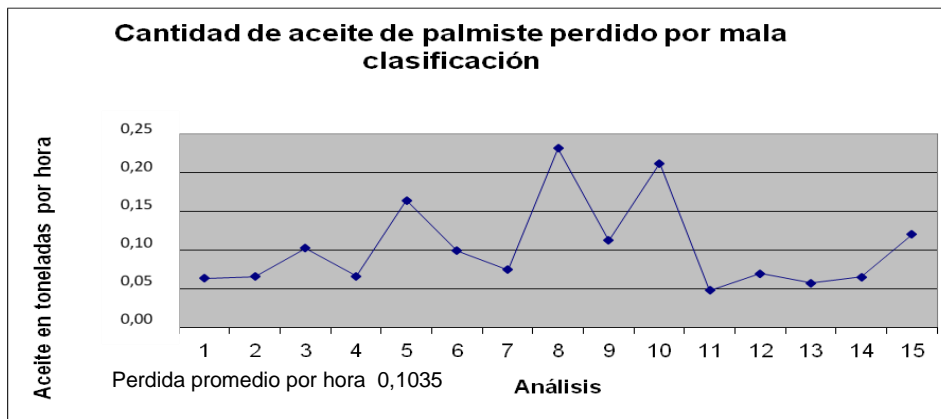
Figura 37. Pérdidas de aceite separador fibra y nuez



Fuente: elaboración propia.

El primer gráfico presenta un promedio de pérdida no menor a los 0,1829 toneladas de aceite por hora, si se sabe que la tonelada de palmiste ronda entre los 650 y 660 dólares se tiene que en un día de producción se pierden aproximadamente unos USD\$ 1 426,62, cifra poco alentadora dentro de cualquier empresa del ramo industrial.

Figura 38. Pérdidas de aceite separador almendra y cuesco



Fuente: elaboración propia.

El mismo caso se tiene para la columna de clasificación cuesco almendra, solo que acá se reduce por la mitad la pérdida debido a que el nivel de materia que fluye por dicha columna es significativamente menor; sin embargo, se espera que con la propuesta planteada dentro del proyecto exista una alta probabilidad de que el flujo de aire en dichas columnas minimice la merma hasta en un 50 %; esto se logrará ya sea ampliando el área de succión o sustituyendo los motores de los ventiladores de succión por otros de menor capacidad, siendo la primera propuesta la más factible.

3. IMPLEMENTACIÓN DE CORRECCIONES EN EL PROCESO PRODUCTIVO PARA UN MANEJO ADECUADO DE NUEZ Y ALMENDRA, EN EL DEPARTAMENTO DE PALMISTERÍA

3.1. Análisis de los resultados obtenidos

Descritos los principales problemas en el capítulo anterior, se determinó que por mal manejo de nuez y almendra el nivel de pérdida en extracción actual ronda aproximadamente por las 0,2864 toneladas por hora; por ello, se propone la creación de objetivos cualitativos y cuantitativos que regulen el manejo de aquí en adelante. La propuesta requiere de métodos de análisis para la mejora del proceso.

Además se le asignará a cada operador de área responsabilidades y se le brindarán los conocimientos teóricos y prácticos para responder; cada uno de ellos deberá ser capaz de medir efectos nocivos en el manejo y llevar su control respectivo. Los primeros cambios a corto plazo se ejecutarán en un período de un mes; con ello se sentarán las bases para mejoras posteriores.

El proyecto busca que los tres equipos que causan la mayor pérdida sean puestos a trabajar dentro de un nivel de operación aceptable; por cada equipo se remitirá un informe semanal de las operaciones en cuanto al manejo de pérdidas se refiera; para incorporar mejoras en las condiciones existentes, reducir costos y obtener un rendimiento aceptable, esto traerá consigo que el índice de productividad aumente y se incrementen los ingresos de la empresa, puesto que habrá un control más estricto sobre los niveles de pérdida de aceite dentro la planta extractora de aceite.

3.2. Descripción del procedimiento tomado para el correcto manejo de nuez y almendra

Un manejo correcto requiere de una evaluación adecuada, por ello el proyecto propone utilizar los siguientes procedimientos de evaluación de pérdidas como una herramienta de monitoreo, con ellas el encargado del proceso podrá darse una perspectiva del comportamiento del proceso. Debido a que todos los muestreos deben poseer cierto grado de representatividad, el contenido de las evaluaciones propuestas para este proyecto tomó como base parámetros de pérdidas de trabajos realizados en otras extractoras, pero adaptadas a las necesidades particulares de INDESA.

Se observó que el ventilador desfibrador puede arrastrar con la fibra nueces enteras o almendras rotas; las primeras, por lo general nueces pequeñas provenientes de racimos jóvenes; por ello es aconsejable que se realicen estos análisis a la salida del ciclón de fibra, se tome una muestra cada hora y se acumule durante un turno; después de haber mezclado bien la muestra se debe extraer únicamente 1 kg, para separar las nueces de las almendras, pesarlas y ponderar la pérdida como porcentaje en peso.

Para la columna de separación de cuesco y almendra se debe ejecutar algo similar, pues la mezcla compuesta por almendra, cáscara, polvo y nueces sin romper pasa a una columna neumática; acá es arrastrada por una corriente de aire, y al igual que en el primer caso, a la salida del clasificador se debe tomar una muestra cada hora, mezclarla y pesar 1 kg. del acumulado del turno; se separan las almendras de las nueces presentes, y finalmente se propone proceder a ponderar el porcentaje de pérdida utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pérdida} = \text{peso de almendra en gramos} \times 100 / 1000$$

Luego de su paso por la primera columna, los finos de esta mezcla son arrastrados por otra corriente de aire; estos finos o polvo pueden presentar pérdidas de almendra por arrastre, de ahí que acá también es necesario un análisis idéntico al de la primera columna de separación.

La empresa debe realizar el muestreo para los análisis de almendra, tomando a cada hora una pequeña cantidad de la mezcla contenida en el sistema de transporte del silo de almendra; esta debe acumularse en un recipiente cada hora durante un turno de la jornada de trabajo; este análisis no requiere de ningún aparato, a excepción de un martillo y un lugar para triturar algunas nueces enteras que se encuentren en la mezcla; luego de todo esto se propone ejecutar lo siguiente sobre 1 kg. de muestra pesada exactamente; se deben determinar las cantidades de almendra contenidas como:

- Almendras enteras (Ae)
- Almendras partidas (Ap)
- Almendras adheridas a las cáscaras (Ac)
- Almendras contenidas en nueces enteras (An)

Con estos datos se debe proceder a calcular el porcentaje de almendra pérdida con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ almendra pérdida} = (Ae+Ap+Ac+An)/1000 * 100$$


Para todos los análisis el proyecto dicta una norma que indica que los parámetros de pérdida de almendra tolerables son:

- 1 % en fibras
- 1 % en polvo antes de separación

- 4 % en cáscaras

Todas estas evaluaciones fueron realizadas durante el desarrollo de la investigación, todo con el fin de generar bases para un control futuro dentro de la planta; es por ello que la empresa debe aplicar los procedimientos propuestos anteriormente, tanto en los muestreos como en la cuantificación de pérdidas; además, como soporte a todos estos análisis y para simplificar a la empresa el proceso de inducción en el puesto de analista de pérdidas, se propone que la empresa utilice la siguiente descripción del puesto; en ella se detallan, destrezas funciones, habilidades y experiencias requeridas para el puesto.

Figura 39. Descripción técnica del puesto de analista

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PUESTO 	
TÍTULO DEL PUESTO:	Analista de pérdidas del almendra
ÁREA CONTROL CALIDAD:	Departamento Palmisteria
JEFE INMEDIATO SUPERIOR:	Supervisor de turno
SUBALTERNOS:	Todos operadores del depto. de palmisteria
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO	
<p>Es un puesto de análisis y monitoreo de calidad, responsable directo después del supervisor de turno, de todas las actividades y operaciones vinculadas con la reducción pérdidas de almendra y aceite en la extractora, además es el encargado de informar al departamento de mantenimiento de cualquier anomalía que afecte directamente la calidad de el proceso de palmisteria.</p>	
ESPECIFICACIONES DEL PUESTO	
EDUCACIONALES: saber leer y escribir, mínimo carrera de nivel medio culminada, de preferencia tener 4to. Año aprobado en la carrera de ingeniería Industrial, Mecánica, o Mecánica industrial.	
EXPERIENCIA: tener conocimientos acerca de las distintas herramientas sobre el control de calidad o haber laborado dos años como mínimo en una plaza similar.	
HABILIDADES: para emitir órdenes y dar instrucciones a los miembros del departamento de palmisteria. Para ejecutar de manera correcta y pronta diagnósticos acerca de la situación productiva de la extractora.	
DESTREZAS: manejo matemático analítico de situaciones de pérdida, manejo de los distintos documentos de control de calidad utilizados en su labor diaria, manejo de ordenes de mantenimiento o reparación de maquinaria.	
ROLES: garantizar que el nivel de pérdida lo mas pequeño posible, en ausencia del supervisor de turno este debe apoyarlo, asumiendo sus responsabilidades en ese momento.	
FUNCIONES: sustituye al supervisor de producción en su ausencia. Apoyar a el departamento de control de calidad de la empresa. Auxiliar al departamento de mantenimiento al ser fuente de información sobre posibles anomalías en la maquinaria. Mantener buena comunicación entre la dirigencia de la planta y el departamento de palmisteria.	

Fuente: elaboración propia.

Con la presente descripción se busca dar a la empresa referencias e información suficiente para realizar la elección adecuada para el puesto de analista de pérdidas.

Además de esto, se propone que la empresa utilice el siguiente manual para los procedimientos de análisis de pérdida; en él se detalla la definición, objetivos, descripción y flujogramas de los procedimientos descritos anteriormente. El siguiente recuadro plasma la información sobre los objetivos y la descripción del procedimiento de pérdida en la columna de separación de fibra y nuez.

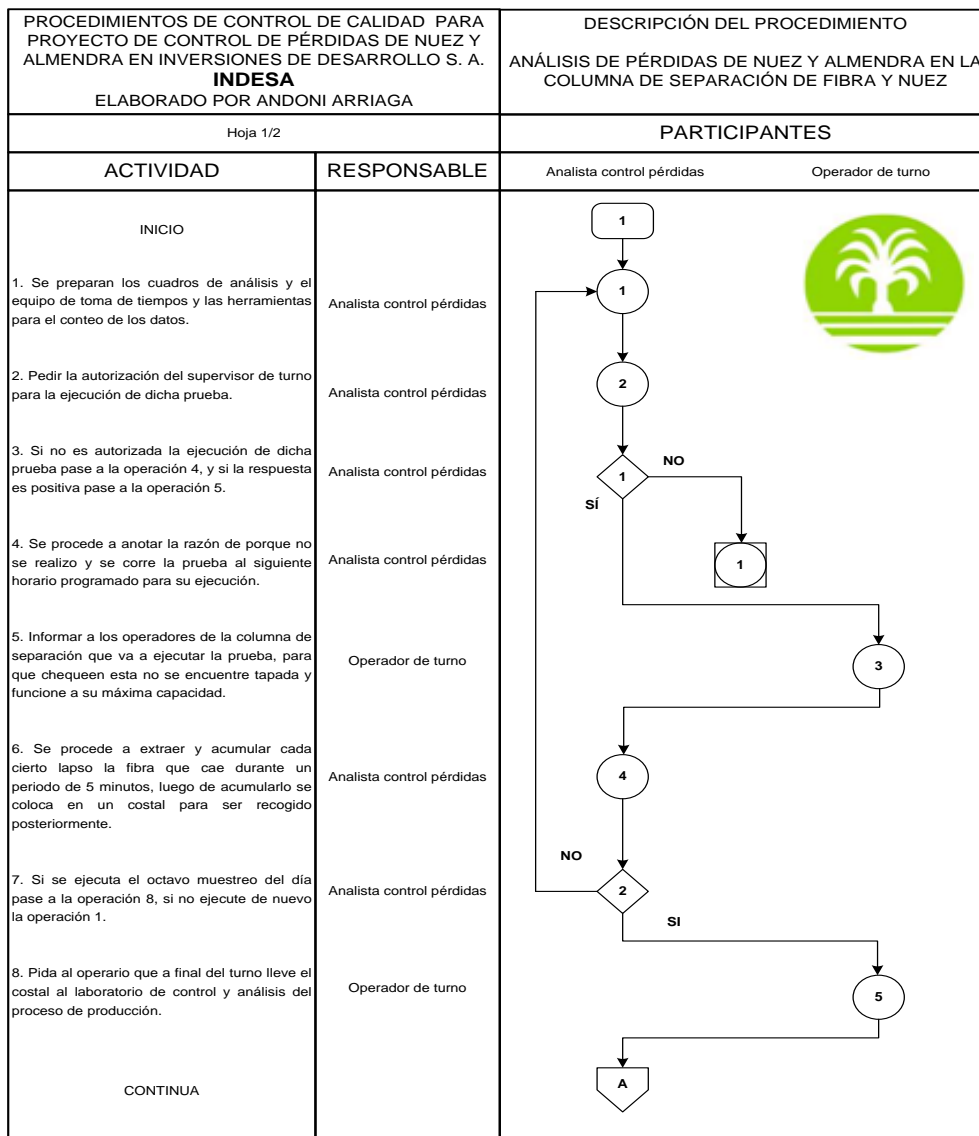
Figura 40. **Procedimiento para el análisis de la pérdida en la columna de separación fibra**

ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LA COLUMNA DE SEPARACIÓN DE FIBRA Y NUEZ	
<p>Objetivo del procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar y garantizar un correcto análisis de pérdidas para que a final de mes se tengan resultados representativos que encaminen a el procedimiento indicado. - Analizar las causas de pérdidas de almendra y nuez y desarrollar soluciones a corto plazo, altamente eficientes de manera que en el proceso se haga una mejora continua. 	
Responsable	Descripción del procedimiento
Analista control pérdidas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se preparan los cuadros de análisis y el equipo de toma de tiempos y las herramientas para el conteo de los datos. 2. Pedir la autorización del supervisor de turno para la ejecución de dicha prueba. 3. Si no es autorizada la ejecución de dicha prueba pase a la operación 4, y si la respuesta es positiva pase a la operación 5. 4. Se procede a anotar la razón de porque no se realizo y se corre la prueba al siguiente horario programado para su ejecución. 5. Informar a los operadores de la columna de separación que va a ejecutar un muestreo, para que chequeen esta no se encuentre tapada y funcione a su máxima capacidad. 6. Se procede a extraer y acumular cada cierto lapso la fibra que cae durante un periodo de 5 minutos, luego de acumularlo se coloca en un costal para ser recogido posteriormente. 7. Si se ejecuta el octavo muestreo del día pase a la operación 8, si no ejecute de nuevo la operación 1. 8. Pida al operario que a final del turno lleve el costal al laboratorio de control y análisis del proceso de producción. 9. Mezcle la muestra dentro del costal y pese en la balanza únicamente un kilogramo para ser analizado. 10. Separe fibra, nuez entera, nuez partida, almendra entera y almendra partida y péselos, para expresar la pérdida, como un porcentaje en peso. 11. Llene las casillas de las pérdidas registradas durante el día y anote cualquier tipo de anomalía notificada por el operario o vista durante los muestreos. 12. Si ha llenado las casillas de pérdidas y de observaciones por un mes pase a la operación 13. si no repita el procedimiento a partir de la operación 8. 13. Realice un histograma de pérdidas con los datos acumulados identifique a que mes pertenece y durante que turno se realizo. 14. Analice los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia a la baja o a la alza en cuanto a pérdidas. 15. Si presenta alguna tendencia identifique las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	

Fuente: elaboración propia.

Como un complemento a la información sobre procedimiento de pérdidas de nuez en la columna de separación fibra nuez, se presentan los siguientes dos flujogramas; estos dan un panorama gráfico del procedimiento, así como información de quién es el responsable del desarrollo de cada actividad.

Figura 41. **Flujograma del procedimiento de análisis de la columna de separación de fibra**



Continuación de la figura 41.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA PROYECTO DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S. A. INDESA ELABORADO POR ANDONI ARRIAGA		DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LA COLUMNA DE SEPARACIÓN DE FIBRA Y NUEZ	
Hoja 2/2		PARTICIPANTES	
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Analista control pérdidas	Operador de turno
<p>CONTINUA</p> <p>9. Mezcle la muestra dentro del costal y pese en la balanza únicamente un kilogramo para ser analizado.</p> <p>10. Separe fibra, nuez entera, nuez partida, almendra entera y almendra partida y péselos, para expresar la pérdida, como un porcentaje en peso.</p> <p>11. Llene las casillas de las pérdidas registradas durante el día y anote cualquier tipo de anomalía notificada por el operario o vista durante los muestreos.</p> <p>12. Si ha llenado las casillas de pérdidas y de observaciones por un mes pase a la operación 13, si no repita el procedimiento a partir de la operación 9.</p> <p>13. Realice un histograma de pérdidas con los datos acumulados identifique a que mes pertenece y durante que turno se realizo.</p> <p>14. Analice los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia a la baja o a la alza en cuanto a pérdidas.</p> <p>15. Si presenta alguna tendencia identifique las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.</p> <p>FIN</p>	<p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p>	<pre> graph TD A{{A}} --> 6((6)) 6 --> 2[2] 2 --> 7((7)) 7 --> 3{3} 3 -- NO --> 6 3 -- SI --> 8((8)) 8 --> 3[3] 3 --> 9((9)) 9 --> 2[2] </pre>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Con dichos flujogramas, se busca que la empresa cuente con un soporte documental acerca de todas aquellas actividades vinculadas con la reducción de pérdidas; ambos son una guía sobre las actividades desarrolladas en el análisis de pérdidas de almendra.

El aporte del manual continúa con el análisis de pérdidas de nuez y almendra en la columna de separación de cuesco y finos; acá de igual manera se detallan los objetivos del procedimiento y se da una descripción de cada actividad, debidamente numerada en orden secuencial adecuado a la actividad.

Figura 42. **Procedimiento de análisis de pérdida en la columna de separación de cuesco**

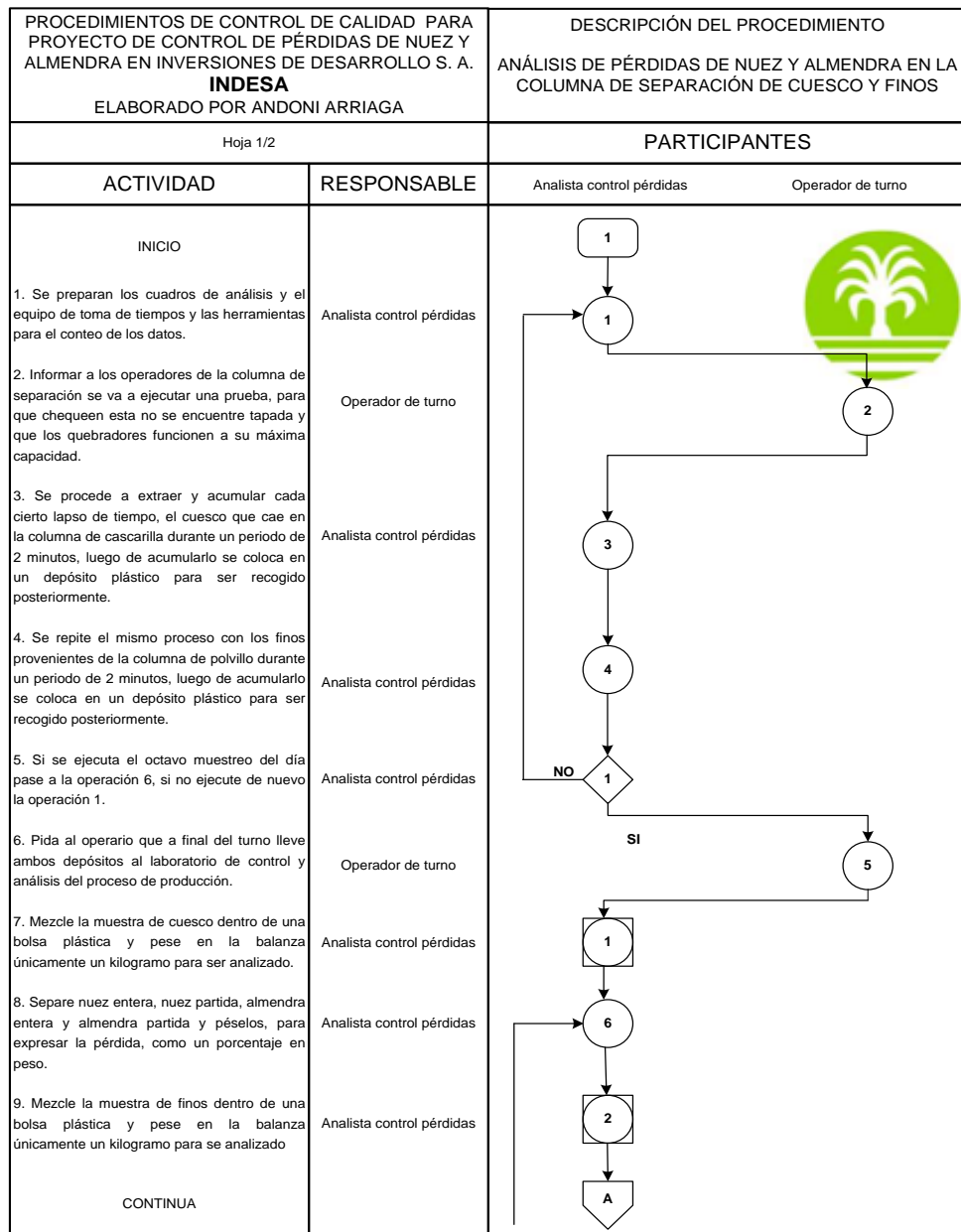
ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LA COLUMNA DE SEPARACIÓN DE CUESCO Y FINOS	
<p>Objetivo del procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar y garantizar un correcto análisis de pérdidas para que a final de mes se tengan resultados representativos que encaminen a el procedimiento indicado. - Analizar las causas de pérdidas de almendra y nuez y desarrollar soluciones a corto plazo, altamente eficientes de manera que en el proceso se haga una mejora continua. - Determinar la demanda de combustible sólido necesario para mantener condiciones de presión estables en la caldera de la extractora. 	
Responsable	Descripción del procedimiento
Analista control pérdidas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se preparan los cuadros de análisis y el equipo de toma de tiempos y las herramientas para el conteo de los datos. 2. Informar a los operadores de la columna de separación se va a ejecutar un muestreo, para que chequeen esta no se encuentre tapada y que los quebradores funcionen a su máxima capacidad. 3. Se procede a extraer y acumular cada cierto lapso de tiempo, el cuesco que cae en la columna de cascarilla durante un periodo de 2 minutos, luego de acumularlo se coloca en un depósito plástico para ser recogido posteriormente. 4. Se repite el mismo proceso con los finos provenientes de la columna de polvillo durante un periodo de 2 minutos, luego de acumularlo se coloca en un depósito plástico para ser recogido posteriormente. 5. Si se ejecuta el octavo muestreo del día pase a la operación 6, si no ejecute de nuevo la operación 1. 6. Pedir al operario que a final del turno lleve ambos depósitos al laboratorio de control y análisis del proceso de producción. 7. Mezclar la muestra de cuesco dentro de una bolsa plástica y pese en la balanza únicamente un kilogramo para ser analizado. 8. Separar la nuez entera, nuez partida, almendra entera y almendra partida y péselos, para expresar la pérdida, como un porcentaje en peso. 9. Mezclar la muestra de finos dentro de una bolsa plástica y pese en la balanza únicamente un kilogramo para ser analizado 10. Separar los finos o polvillo, nuez entera, nuez partida, almendra entera y almendra partida y péselos, para expresar la pérdida, como un porcentaje en peso. 11. Llenar las casillas de las pérdidas registradas durante el día y anote cualquier tipo de anomalía notificada por el operario o vista durante los muestreos. 12. Si ha llenado las casillas de pérdidas y de observaciones por un mes pase a la operación 13, si no repita el procedimiento a partir de la operación 6. 13. Realizar un histograma de pérdidas con los datos acumulados identifique a que mes pertenece y durante que turno se realizo. 14. Analizar los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia a la baja o a la alza en cuanto a pérdidas. 15. Cuantificar la pérdida de aceite tomando en cuenta el flujo de materia en dichos puntos y el precio en el comercio internacional de la tonelada de aceite.
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	

Fuente: elaboración propia.

Dicha figura es la secuencia del manual, acá se identifica la actividad de análisis, detallando los objetivos del mismo y los pasos necesarios para ejecutar de manera correcta la evaluación de pérdidas.

La figura 43 es el esquema de los pasos y actividades que se requieren en el procedimiento anterior; la secuencia se basa de forma especial en los formularios que se utilizan para su consecución.

Figura 43. Flujograma del procedimiento de análisis en la columna de separación de cuesco



Continuación de la figura 43.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA PROYECTO DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S. A. INDESA ELABORADO POR ANDONI ARRIAGA		DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LA COLUMNA DE SEPARACIÓN DE CUESCO Y FINOS	
Hoja 2/2		PARTICIPANTES	
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Analista control pérdidas	Operador de turno
<p>CONTINUA</p> <p>10. Separe los finos o polvillo, nuez entera, nuez partida, almendra entera y almendra partida y péselos, para expresar la pérdida, como un porcentaje en peso.</p> <p>11. Llene las casillas de las pérdidas registradas durante el día y anote cualquier tipo de anomalía notificada por el operario o vista durante los muestreos.</p> <p>12. Si ha llenado las casillas de pérdidas y de observaciones por un mes pasar a la operación 13, si no repita el procedimiento a partir de la operación 6.</p> <p>13. Analizar los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia a la baja o a la alza en cuanto a pérdidas.</p> <p>14. Cuantificar y dar a conocer la pérdida de aceite tomando en cuenta el flujo de materia en dichos puntos y el precio en el comercio internacional de la tonelada de aceite.</p> <p>FIN</p>	<p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p> <p>Analista control pérdidas</p>	<pre> graph TD A{{A}} --> 7((7)) 7 --> 3[3] 3 --> D{3} D -- NO --> 7 D -- SÍ --> 8((8)) 8 --> 4[4] 4 --> 2([2]) </pre>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Todos aquellos aspectos técnicos administrativos que con el proyecto se busca alcanzar finalizan en el siguiente procedimiento, con ello, la empresa sabrá a quién compete ejecutar cada operación descrita y cómo las debe de ir ejecutando, ya que el manual lo indica de manera clara.

Figura 44. **Procedimiento de análisis de pérdida en el transportador de almendra**

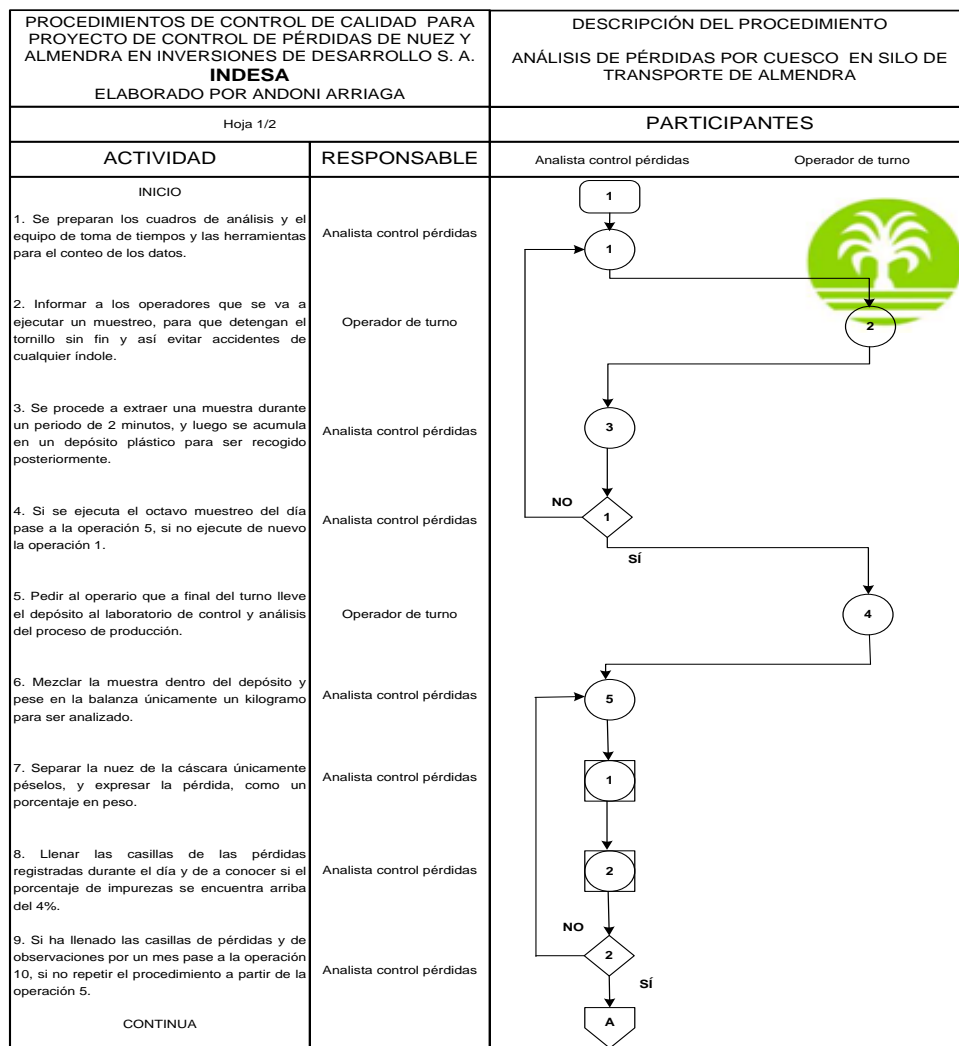
ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN LA COLUMNA DE SEPARACIÓN DE FIBRA Y NUEZ	
<p>Objetivo del procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar mensualmente el nivel de impurezas presente en la almendra ya clasificada para la extracción del aceite. - Conocer la situación del departamento en cuanto a este departamento se refiere y proponer mejoras al sistema de clasificación de almendra. 	
Responsable	Descripción del procedimiento
Analista control pérdidas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se preparan los cuadros de análisis y el equipo de toma de tiempos y las herramientas para el conteo de los datos. 2. Informar a los operadores que se va a ejecutar un muestreo, para que detengan el tornillo sin fin y así evitar accidentes de cualquier índole. 3. Se procede a extraer una muestra durante un periodo de 2 minutos, y luego se acumula en un depósito plástico para ser recogido posteriormente. 4. Si se ejecuta el octavo muestreo del día pase a la operación 5, si no ejecute de nuevo la operación 1. 5. Pedir al operario que a final del turno llevar el depósito al laboratorio de control y análisis del proceso de producción. 6. Mezclar la muestra dentro del depósito y pesar en la balanza únicamente un kilogramo para ser analizado. 7. Separar la nuez de la cáscara únicamente péselos, y expresar la pérdida, como un porcentaje en peso. 8. Llenar las casillas de las pérdidas registradas durante el día y de a conocer si el porcentaje de impurezas se encuentra arriba del 4%. 9. Si ha llenado las casillas de pérdidas y de observaciones por un mes pase a la operación 10, si no repita el procedimiento a partir de la operación 5. 10. Realizar un histograma de las pérdidas con los datos acumulados identifique a que mes pertenece y durante que turno se realizo. 11. Analizar los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable por debajo del 4% o si presenta alguna tendencia a la alza en cuanto a impurezas. 12. Si presenta alguna tendencia identificar las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Operador de turno	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	
Analista control pérdidas	

Fuente: elaboración propia.

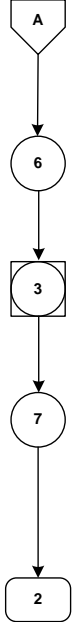

Esta información proporciona una ruta de ejecución válida para cualquier miembro de la planta, con ella la dirigencia de la planta podrá evaluar el desempeño del analista, pues en el manual no existe otro camino para el desempeño de sus actividades.

Adicional a la información sobre descripción de actividades, están los flujogramas de pérdidas por cuesco filtrado en el silo de almendra; con este procedimiento se pretende que la empresa reduzca costes en mantenimiento, debido al desgaste de las canastas y los tornillos por presencia de cuesco y almendra.

Figura 45. **Flujograma procedimiento de análisis en el transportador de almendra**



Continuación de la figura 45.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA PROYECTO DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S. A. INDESA ELABORADO POR ANDONI ARRIAGA		DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE PÉRDIDAS POR CUESCO PRESENTE EN EL SILO DE TRANSPORTE DE ALMENDRA	
Hoja 2/2		PARTICIPANTES	
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Analista control pérdidas	Operador de turno
<p>CONTINUA</p> <p>10. Realizar un histograma de las pérdidas con los datos acumulados identificar a que mes pertenece y durante que turno se realizo.</p> <p>11. Analizar los gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable por debajo del 4 % o si presenta alguna tendencia a la alza en cuanto a impurezas.</p> <p>12. Si presenta alguna tendencia identificar las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.</p> <p>FIN</p>	<p>Analista control de pérdidas</p> <p>Analista control de pérdidas</p> <p>Analista control de pérdidas</p>	 <pre> graph TD A[A] --> 6((6)) 6 --> 3[3] 3 --> 7((7)) 7 --> 2[2] </pre>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Toda esta información aportará a la empresa un instrumento administrativo-operativo en el que se presente la secuencia de procedimientos para la ejecución correcta de las actividades propias del análisis de pérdidas; con ella se logrará normalizar las obligaciones de cada puesto y limitar el área de aplicación y toma de decisiones en cada actividad.

3.3. Implementación de una reducción de pérdidas, mediante una adecuada clasificación de nuez y almendra, en el departamento de palmistería

Cada una de las evaluaciones del manual forman parte del programa de inspección del proceso, sin embargo este tiene que venir acompañado de una mejora de la planeación y la programación del mantenimiento de los equipos, ya que actualmente no se sabe cómo se comportan estos durante el periodo que están en servicio. Por ello se busca que ahora cada operador de los equipos realice inspecciones sencillas con base en el siguiente modelo, en el cual se detallan de manera organizada todas sus actividades; con ello el proyecto pretende que la confiabilidad en los equipos aumente.

Figura 46. **Check list de inspección del puesto de trabajo**

Check List inspección diaria del puesto de trabajo		
Encargado: _____	Hora _____	Fecha: ____/____/____
Equipo: _____	Departamento: _____	
	SÍ	NO
El equipo estaba apagado al inicio del turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El área de trabajo se encontraba limpia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se le notifico sobre algún sonido extraño en el equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El equipo presenta algún daño estructural externamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El equipo presenta algún sonido extraño	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tiene el equipo algún elemento dañado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observa anomalías en el comportamiento del equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se ha lubricado el equipo recientemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tuvo paros en el equipo el día de hoy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observaciones: _____		

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Descripción del o los instrumentos

Como parte del aporte del proyecto y luego de analizar las características del problema, la medición de caudal en las columnas de clasificación es necesaria para optimizar el manejo del equipo, es así que con los caudales de cada una de las columnas se sabrá:

- Conocer el estado de operación del ventilador de succión
- Establecer una posición óptima en el *damp*er de salida del ventilador
- Determinar las dimensiones correctas en la columna de clasificación
- Realización de balance de materia alrededor de un equipo

Con base en prioridades acerca de los medidores de distintas variables físicas como presión, velocidad, densidad, etc., y tomando en consideración la información que se desea obtener acerca de las columnas, el proyecto propone a la empresa optar por la compra de un medidor de flujo compacto y fácil de manejar.

3.3.2. Propuesta de instrumentación a utilizar y la elección del mismo

Se propone que por precio y funcionalidad dentro de la infinidad de medidores de flujo se utilice un anemómetro tipo propela; la precisión en la medición cuenta con un error de $\pm 3 \%$ lo que asegura que el medidor dará un resultado bastante confiable; es ideal pues su rendimiento no se ve afectado por las partículas que presenta el flujo de aire, siendo este el caso de INDESA; además el instrumento tiene un buen desempeño dentro del área severa y rústica a la que será sometido diariamente.

Completando sus múltiples funcionalidades este medidor puede usarse tanto en canales abiertos como cerrados, así como también para líquidos o gases. Es uno de los medidores ideales para mediciones en ductos o túneles, situación que se cumple para el caso de INDESA. Además, tomando en consideración el nivel profesional de los distintos operadores, se propone el uso de este anemómetro pues está construido de manera que puede operar con el flujo en dirección inversa, lo que no es usual en otros tipos de medidores. Por último no se extralimitará la operación del instrumento pues este no sobrepasa el punto máximo de su rango de medición; el valor medio del flujo se encuentra por los 40 km. / hr. y el medidor proporciona un rango de 0,37 a 91 km. / hr.

3.3.3. Manipulación y mantenimiento del instrumento

En cuanto a la manipulación, el anemómetro será utilizado al aire libre en la salida del escape del ventilador; por ello se propone que al realizar la medición esta se haga corriente arriba del medidor y exista una longitud de aproximadamente un metro exenta de codos, válvulas u otros accesorios que puedan ocasionar turbulencia. Además, al hacer la medición el anemómetro debe de colocarse perpendicularmente a la dirección del flujo que se mide.

Se propuso el uso de este medidor pues entre las ventajas que presenta es que son poco afectados por la variación de la densidad del fluido; su manipulación no requiere de inducción alguna pues su uso es relativamente sencillo, representa para la empresa un ahorro pues su costo de adquisición es bastante bajo si se le compara con otro tipo de medidor; además su mantenimiento requiere de una calibración periódica debido al desgaste de las partes mecánicas durante su uso; sin embargo el costo de calibración no es significativo pues los precios de los distintos componentes mecánicos son bastante bajos.

3.3.3.1. Tarjeta de registro del equipo

Se presenta información técnica acerca del medidor, es así que en su lugar de almacenaje deberá identificarse debidamente dicha información, pues el que desee utilizar el equipo deberá de leer la misma y hacerse responsable de retornarlo en buen estado, solo así se garantizará que el equipo se conserve de manera prolongada.

Figura 47. Hoja técnica medidor de flujo

Especificaciones generales

Pantalla	Pantalla LCD de doble función de 4 dígitos (9999 cuentas)
Unidades de medición	m/s (metros por segundo), km/hr (kilómetros por hora), ft/min (pies por minuto), nudos (millas náuticas por hora), mile/hr (millas por hora); Temperatura: °C/°F; Humedad: %RH
Retención de datos	Congela la lectura en la Pantalla LCD al oprimir el botón
Sensores	Sensor de velocidad del aire: Brazo de veletas torcidas con rodamiento de baja fricción; Temperatura: Termistor de precisión; Humedad: Capacitor de película delgada
Registro Máx/Min.	Registra las lecturas más alta y más baja para recuperación posterior
Salida de datos	Interfase serial RS 232 para PC
Temp. de operación	0°C a 50°C (32°F a 122°F)
Humedad de operación	Max. 80% RH.
Fuente de energía	Batería de 9V
Consumo de energía:	Aprox. DC 8.3 mA
Peso	350 g (0,77 lbs)
Dimensiones	Medidor: 180 x 72 x 32mm (7,1x2,8x1,3"); Sonda del anemómetro: 17mm "0,7" Diámetro x 170mm (6,7")
Accesorios	Sondas de Anemómetro/temperatura y RH, batería de 9V, y estuche

Velocidad del aire

Medición	Escala	Resolución:	Precisión
ft/min	80-4921 ft/min	1 ft/min	±(2% + 20ft/min)
m/s	0,4 - 25,00 m/s	0,01 m/s	±(2% + 0,2 m/s)
km/hr	1,4 - 90,0 km/hr	0,1 km/hr	±(2% + 0,2 km/h)
millas/hr	0,9-55,9 millas/hr	0,1 millas/hr	±(2% + 0,2 m/hr)
nudos	0,8 - 48,6 a 48,6 nudos	0,1 nudos	±(2% + 0,2 nudos)

Fuente: Investigación de campo.

En él se da información sobre las dimensionales en las que se presentan las mediciones, los rangos máximos de operación, las partes que conforman el equipo y los márgenes de error con los que trabaja el mismo, entre otros.

3.3.3.2. Documentación del cuidado y manejo del o los instrumentos de medición


Un equipo responderá al 100 % únicamente cuando reciba el cuidado pertinente, por ello en lo que al proyecto respecta para preservar y manipular de manera adecuadamente el anemómetro se propone tomar las siguientes especificaciones:

- Las vibraciones mecánicas son muy dañinas para este tipo de equipos.
- No debe permanecer el transmisor durante un período prolongado en ambientes severos.
- El sensor se debe instalar lo más cerca posible del transmisor.
- Nunca se debe instalar el sensor cerca de la descarga de una bomba.
- Especificar el transmisor de frecuencia para todo tipo de entrada.
- En bajas velocidades aumentar el número de pulsos por revolución.
- Si no se mide directamente en el eje se debe tomar en cuenta la relación adecuada.
- El instrumento no debe ser sometido a condiciones en las que exista alta presencia de humedad, pues existe una alta probabilidad de daños de los componentes electrónicos del mismo.

El proyecto no solo toma en cuenta la compra del anemómetro, si no que además propone el uso del siguiente procedimiento para manejo y cuidado del medidor de caudal, buscando complementar de forma adecuada la propuesta; por lo que a continuación se documenta la siguiente figura.

Figura 48. Descripción procedimiento medición de flujos

MEDICIÓN DE FLUJOS DE AIRE CUIDADO MANEJO Y ALMACENAJE DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN



Objetivo del procedimiento

- Garantizar datos verídicos mediante una correcta manipulación del instrumento de medición de flujos .
- Preservar por un tiempo prolongado la vida útil del anemómetro mediante un uso correcto del instrumento .

Descripción del procedimiento

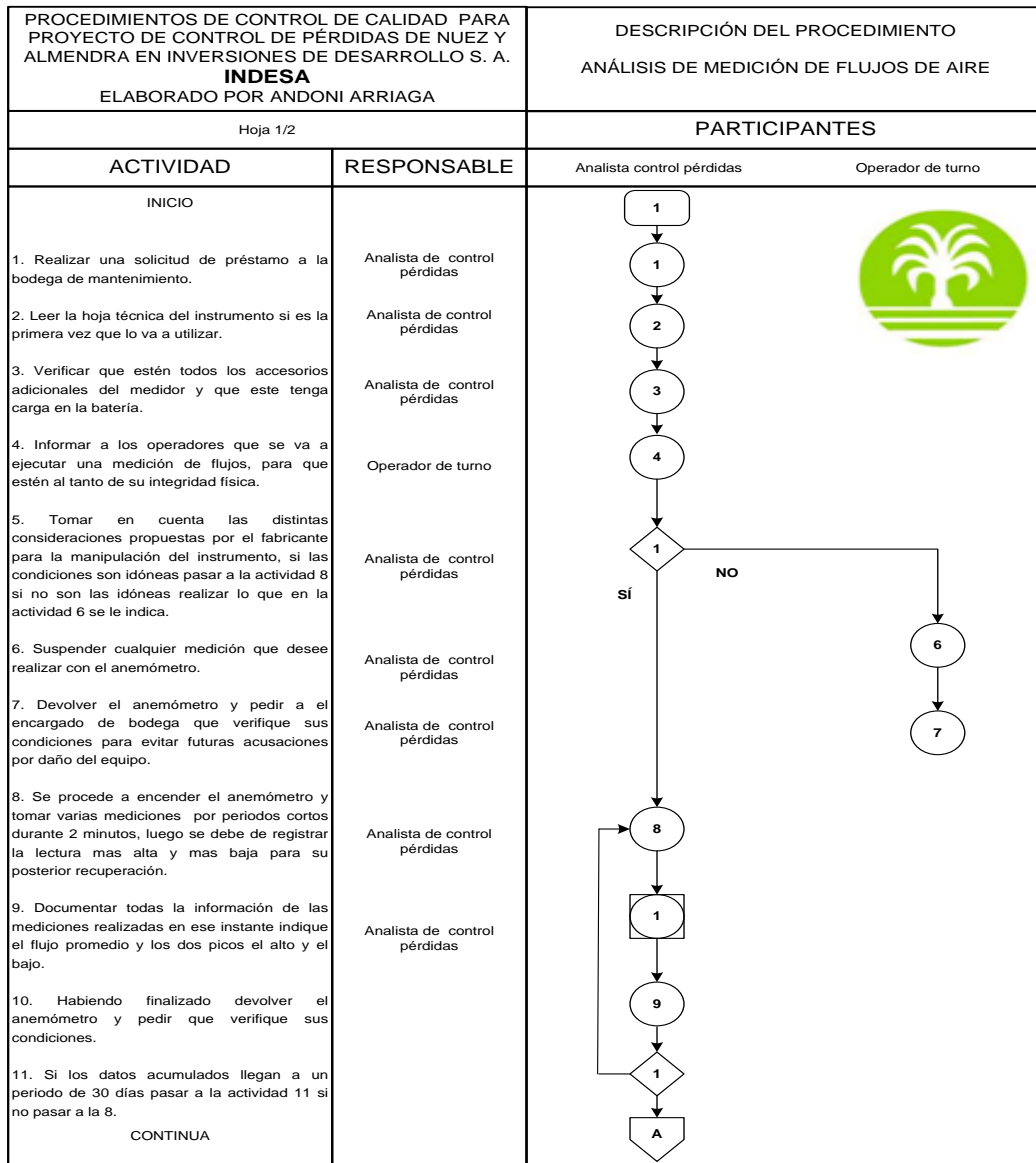
1. Realizar una solicitud de préstamo a la bodega de mantenimiento.
2. Leer la hoja técnica del instrumento si es la primera vez que lo va a utilizar.
3. Verificar que estén todos los accesorios adicionales del medidor y que este tenga carga en la batería.
4. Informar a los operadores que se va a ejecutar una medición de flujos, para que estén al tanto de su integridad física.
5. Tomar en cuenta las distintas consideraciones propuestas por el fabricante para la manipulación del instrumento, si las condiciones son idóneas pasar a la actividad 8 si no son las idóneas realice lo que en la actividad 6 se le indica.
6. Suspender cualquier medición que desee realizar con el anemómetro.
7. Devolver el anemómetro y pedir a el encargado de bodega que verifique sus condiciones para evitar futuras acusaciones por daño del equipo.
8. Se procede a encender el anemómetro y tomar varias mediciones por periodos cortos durante 2 minutos, luego se debe de registrar la lectura más alta y mas baja para su posterior recuperación.
9. Documentar todas la información de las mediciones realizadas; en ese instante indicar el flujo promedio y los dos picos el alto y el bajo.
10. Habiendo finalizado la toma de datos devolver el anemómetro y pedir a el encargado de bodega verificar sus condiciones para evitar futuras acusaciones por daño del equipo.
11. Si los datos acumulados llegan a un periodo de 30 días pasar a la actividad 11 si no pasar a la 8.
12. Realizar un histograma de los flujos acumulados Identificar a que mes pertenece y durante que turno se realizo.
13. Analizar gráficos obtenidos y vea si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia.
14. Si presenta alguna tendencia identificar las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.

Fuente: elaboración propia.

La anterior figura documenta una serie de objetivos y una lista de actividades, estas se presentan en un formato similar al utilizado en los procedimientos anteriores, buscando siempre facilitar el proceso de inducción y documentar todo aquello vinculado a la reducción de pérdidas de almendra y nuez.

La descripción anterior viene acompañada de los siguientes dos flujogramas; en ellos se detalla quién es el encargado de ejecutar cada actividad y la secuencia que cada una de estas debe seguir de principio a fin.

Figura 49. **Flujograma procedimiento medición de flujos**



Continuación de la figura 49.

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA PROYECTO DE CONTROL DE PÉRDIDAS DE NUEZ Y ALMENDRA EN INVERSIONES DE DESARROLLO S. A. INDESA ELABORADO POR ANDONI ARRIAGA		DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO ANÁLISIS MEDICIÓN DE FLUJOS DE AIRE	
Hoja 2/2		PARTICIPANTES	
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Analista control pérdidas	Operador de turno
<p>CONTINUA</p> <p>12. Realizar un histograma de los flujos acumulados, identificar a que mes pertenece y durante que turno se realizo.</p> <p>13. Analizar los gráficos obtenidos y ver si el proceso muestra un patrón estable o si presenta alguna tendencia.</p> <p>14. Si se presenta alguna tendencia identificar las causas y medidas a tomar y hágaselas conocer a la dirigencia de la planta extractora.</p> <p>FIN</p>	<p>Analista de control pérdidas</p> <p>Analista de control pérdidas</p> <p>Analista de control pérdidas</p>	<pre> graph TD A{{A}} --> 10((10)) 10 --> 2[2] 2 --> 11((11)) 11 --> 2_2[2] </pre>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Con estos flujogramas se pretende que el empleado tenga una guía documental sobre la secuencia correcta a seguir para el desarrollo del procedimiento de evaluación y el cuidado del instrumento.

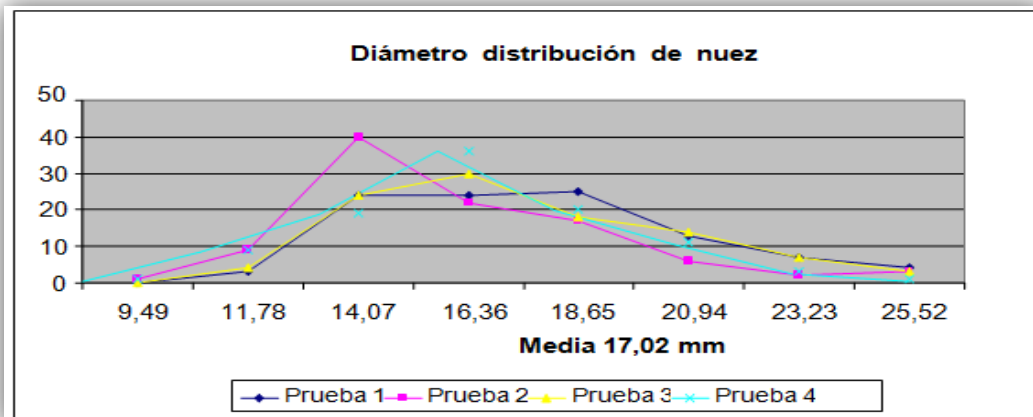
3.4. Implementación de correcciones en la maquinaria para el manejo ideal de la materia prima y reducción de pérdidas de almendra y nuez, en el departamento de palmistería

Es muy factible hacer más productivo el proceso en INDESA solo si se aplican las correcciones que el proyecto propone, pues con ellas se obtendrá un mayor porcentaje de palmiste por racimo de fruta fresca; por ello, ya se determinó cuál es el porcentaje de almendra que se quema actualmente en la caldera y se decidió que se efectúen los siguientes procedimientos.

Como primera acción correctiva, el proyecto propone ejecutar pruebas modificando la posición del *dampers* de salida del ventilador; con ello se logrará identificar un rendimiento óptimo de los clasificadores de almendra y un desgaste mínimo de las canastas de las prensas de coquito; además se debe completar un ciclo de pruebas y generar una curva de pérdidas de almendra que más adelante el proyecto detalla claramente.

La segunda acción correctiva que se propone es una mejora de la clasificación de nuez en el silo antes de que esta ingrese a los quebradores; con ello se reducirá el porcentaje de almendra partida en los quebradores, pues como efecto subsiguiente del cambio de este se hará más eficiente el trabajo de ambos quebradores en el área de palmistería; todo ello será posible únicamente sustituyendo el clasificador actual por uno nuevo con las mismas dimensiones en su estructura, pero con orificios de clasificación de mayor tamaño. Esto se da como consecuencia de una sospecha de un cambio en las dimensiones de la fruta, la cual se corrobora por muestreos realizados en este proyecto y que se resumen en el gráfico de distribución de diámetros que se presenta a continuación.

Figura 50. **Gráfico distribución de diámetros de nuez en silo de almacenaje**



Fuente: elaboración propia.

El presente histograma contiene la representación gráfica de una serie de muestreos, que se realizaron con el objetivo de determinar cuál es el diámetro de la fruta a partir del cual existe una distribución equitativa de producto; en el mismo se ve reflejado que a 17 mm se tendrá una distribución adecuada de la nuez, dicha cifra denota que en la actualidad no existe una distribución adecuada en los silos, pues el diámetro de clasificación que se maneja hoy en día en la operación ronda alrededor de los 15 mm.

3.4.1. Descripción de las modificaciones y reajustes efectuados en el manejo de la almendra y la nuez

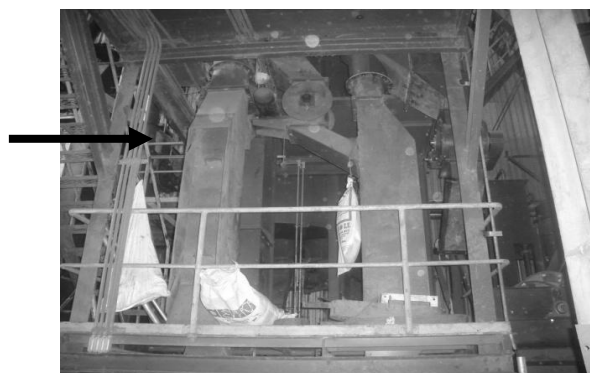
El proyecto logró la autorización de las siguientes mejoras por parte de la empresa, primero en el equipo neumático de clasificación de almendra y cuesco, se modificó la posición de la pared móvil de la columna, ampliándose el área de la columna neumática al máximo, aproximadamente unos 12 centímetros; procedimiento que se realizó con la ayuda de 2 miembros del

departamento de mantenimiento, debido a que la columna posee una guía de desplazamiento, únicamente se requiere aflojar los pernos de las ranuras y luego del movimiento volverlos a apretar.

Para reducir al máximo la pérdida se ejecutó una calibración en la succión de la columna neumática; a la salida del ventilador del ciclón de cascarilla existe una guía para posicionar el *damp*er del ventilador; esta se dividió en 5 partes iguales a lo largo de toda su carrera de movimiento, pasando el *damp*er de una posición totalmente abierta a una totalmente cerrada.

Se cambió de posición el *damp*er del ventilador y se tomaron muestras en los ciclones de cascarilla y polvo, así como también del transportador de almendra en cada una de las posiciones, luego en el laboratorio se analizó cada una de las muestras y se determinó el porcentaje de almendra e impurezas presentes en cada muestra. Con los resultados plasmados y tomando el factor económico como punto de decisión, se propone a INDESA que la columna de succión permanezca abierta al máximo y que el *damp*er se posicione totalmente perpendicular a la salida del flujo, con ello garantizará una menor cantidad de pérdidas por incineración.

Figura 51. **Descripción desplazamiento columna separación**



Fuente: elaboración propia, área de palmistería INDESA.

A continuación se propone utilizar como reporte de mantenimiento el siguiente formato, el mismo es para uso exclusivo de las actividades vinculadas a lo que a reducción de pérdidas se refiere; dicho reporte fue presentado y aprobado por los encargados de operaciones y mantenimiento de la planta, pero para futuros procedimientos puede sufrir las modificaciones que en el área de mantenimiento se consideren necesarias:

Figura 52. Reporte análisis clasificador neumático

INDESA
INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.

Reporte de falla

Datos del equipo:

Tipo: *Clasificador de Almendra* Marca: *Desconocida* Fecha: *08/07/2006*

Asignado a: *Carlos Lemus y Jonathan Juarez* Modelo: *Desconocido* Ficha: *01 - Pal*

Lugar de la avería: *Clasificador de Almendra y Cuesco*

Hora de la avería: *10:00 a.m.*

Estatus del equipo o vehículo:

Operaciones

Puede trasladarse

Descripción de la avería: *Se procedió a desplazar hacia fuera la columna de clasificación con el objetivo de reducir la fuerza de succión en el ciclón, también se ajusto la columna de aire mermar las fugas en ella se empleo un polipasto y dos llaves de 30 mm, adicional a esto se ajusto la posición de la valvula de salida del ventilador de succión con dos llaves de 20 mm.*

Causa de la avería: *La mala clasificación y la excesiva cantidad de almendra quemada en la caldera por mala clasificación*

Para uso Interno

Reporte No. *131* Reportado por *Andoni Arriaga G.*

Recibido en fecha *08/07/2006* Nombre *Ing. Manuel Comparini*

Fuente: departamento de mantenimiento INDESA.

Este es el reporte de la columna de clasificación neumática en él se proporciona información sobre el lugar en donde se encuentra el equipo averiado, la descripción de la avería, quién ejecutó la orden de mantenimiento, entre otros.

El tercer cambio logrado por la propuesta fue la ejecución de mantenimiento correctivo en ambos quebradores; acá se sustituyeron las varillas quebradas y gastadas por otras totalmente nuevas; el mismo caso se repitió con los platos dañados, se cambiaron chumaceras y se alineó el eje durante su montaje, lubricando ambos con grasa multipropósito; luego de armar totalmente el quebrador, se colocó en la posición óptima de quebrado. La propuesta pide que este procedimiento se lleve a cabo cada 6 meses, al igual que al primer cambio; a este también se le realizó un reporte que fue entregado al departamento de mantenimiento.

Figura 53. Reporte análisis clasificador de nuez y quebradores

INDESA
INVERSIONES DE DESARROLLO, S.A.

Reporte de falla

Datos del equipo:

Tipo: *Quebrador de Nuez* Marca: *CB Products* Fecha: *01/07/2006*

Asignado a: *Carlos Lemus y Sergio Quinich* Modelo: *CB King Cracker* Ficha: *01 - Pal*

Lugar de la avería: *Clasificador de Nuez y Quebrador Palmisteria*

Hora de la avería: *4:30 p.m.*

Estatus del equipo o vehículo:

Operando *En reparación* *En espera de repuestos* *En espera de mano de obra* *En espera de presupuesto* *En espera de autorización* *En espera de otros* *Se puede trasladarse*

Descripción de la avería: *Se detectó abolladuras en el clasificador de nuez, por lo que se colocaron 3 parches de 1/8" por 30 x 40 cm en cada uno de los desperfectos, además se detectó rotura de 15 varillas en el rotor del quebrador, 8 varillas en la carcaza, y 2 platos del rotor estas fueron cambiada por varillas ASSAB 705 nuevas se alineó el eje del quebrador y se lubricaron las chumaceras con grasa multipropósito*

Causa de la avería: *La avería en el clasificador se debe a que el constante golpeo de la nuez ha ido generando abolladuras en el mismo, en lo que respecta a los quebradores se debió a que no se tomó en cuenta el cambio de repuestos especificado por el fabricante, se debió esperar al realizar la revisión una buena vez.*

Para uso Interno

Reporte No. *124* Reportado por *Andoni Arriaga G.*

Recibido en fecha *01/07/2006* Nombre *Ing. Manuel Comparini*

Fuente: departamento de mantenimiento INDESA.

En este reporte de los quebradores se detalla información del equipo, el lugar en donde se originó la falla, la descripción y causa de la avería e información para la codificación de dichos reportes.

3.4.2. Descripción de los beneficios que trae el manejo integral del proceso

Los beneficios del proyecto se plasman en las propuestas que documentan y dan herramientas para mejoras de procedimientos, tanto en los distintos análisis como en mantenimiento, desde la puesta en marcha del proyecto se definieron procedimientos y acciones para regular el proceso, y se sentaron las bases para que de ahora en adelante se pueda llevar un historial del manejo de almendra y nuez.

Todos los análisis tendrán un respaldo y se podrán tomar las acciones pertinentes, ya que ahora se cuenta con un parámetro de comparación; además, ahora el proceso cuenta con ciertos procedimientos que hacen uso de herramientas de calidad como diagramas de causa y efecto, histogramas, etc. Por último, se logró la reparación y sustitución de varios equipos como el clasificador de nuez, los quebradores, la introducción de un hidrociclón, entre otros.

Además, se cuenta con el soporte del departamento de mantenimiento que de hoy en adelante monitoreará el accionar del equipo de palmistería en coordinación con los operarios de cada estación, gracias a que el proyecto logró que la dirigencia accediera a que cada equipo sea analizado con mayor frecuencia, siempre y cuando estos cambios o reparaciones se fundamenten en análisis verídicos.

3.4.2.1. Beneficios del proyecto

Durante la implementación de las modificaciones y reajuste en la columna de clasificación, se obtuvieron los siguientes resultados; estos explican cuantitativamente y de manera más elocuente el impacto que tuvo el proyecto; estas modificaciones no se realizaron en la columna de fibra y nuez, debido a que durante este período se desarrolla la temporada alta de la palma, y un fallo en este sistema sí afectaría grandemente al proceso.

Los siguientes gráficos documentan dicha información; en el primer caso se ve que de un 15,39 % de pérdidas con las condiciones iniciales, se logró reducir la misma a un 5,82 %, solo con el simple hecho de proponer un aumento de las dimensiones, se redujo la pérdida del proceso a un 37,81 %.

Tabla VII. **Porcentaje de reducción de pérdidas por reducción de área en clasificador**

Modificando las dimensiones de la columna de cascarilla con el damper totalmente cerrado						
% de pérdida	Antes	Desplazada 3 cm.	Desplazada 6 cm.	Desplazada 9 cm.	Desplazada 12 cm.	Totalmente abierta
Nuez entera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nuez partida	1,35	0,46	0,00	0,00	0,74	0,16
Almendra entera	0,72	0,08	0,16	0,68	0,24	0,00
Almendra partida	13,32	16,36	15,18	15,84	14,18	5,66

Fuente: elaboración propia.

Luego la siguiente tabla documenta cómo los cambios de posición del *damper* reducen el flujo y la presión de succión de la columna; esta reducción viene acompañada de un descenso en la pérdida, pues como se ve, con el *damper* totalmente abierto se tenían mermas en un 26,54 % entre columna de cascarilla y finos, pero con los cambios que el proyecto logró se rebajó dicha merma hasta un 8,51 %; dicho porcentaje se obtuvo con el *damper* colocado perpendicularmente a la dirección del flujo.

Tabla VIII. **Porcentaje de reducción de pérdidas por ubicación de *damper***

Posición damper	% Impureza en almendra	% de almendra en cascarilla	% de almendra en polvillo	% total de almendra en cascarilla y polvillo
Cerrado	21,95	7,00	1,51	8,51
30 ° inclinación	14,00	12,63	3,03	15,67
45 ° inclinación	15,45	19,13	1,43	20,56
60 ° inclinación	10,63	19,03	3,13	22,17
Abierto	10,48	25,40	1,14	26,54

Fuente: elaboración propia.

Si se sabe que el nivel de impurezas debe ser tomado en cuenta en el análisis, el cambio de la tabla anterior indica que el proyecto generó un incremento de 3,52 % en el porcentaje de impurezas del transportador, pero se obtuvo un beneficio mayor al reducir la pérdida en un 40,95 % por almendra no quemada en la caldera, lo que representa un ahorro de USD\$ 1 191,33 por tuno de 12 horas diario.

3.4.2.2. Síntesis y resumen gerencial para directivos de la planta de procesamiento de aceite de INDESA

En las actuales condiciones de la planta extractora se propone una mejora en la clasificación a la entrada del silo de nuez, pues se pretende reducir el porcentaje de almendra partida en los quebradores y hacer más eficiente el proceso de quebrado en el área de palmistería. La causa de la pérdida se identificó en el actual clasificador, pues este presenta daños en su estructura por el uso continuo. El estudio del proyecto propone que un rango correcto de clasificación de nuez se da utilizando orificios de 17 mm en el clasificador, ya que es acá donde se da una distribución balanceada de trabajo en los quebradores.

Dicho estudio consistió en tomar en cuatro ocasiones muestras de nuez al azar antes de que estas ingresaran al tambor clasificador; dicha muestra contaba con 100 nueces de distintos tamaños las cuales fueron clasificadas en distintos rangos con la ayuda de un vernier. Establecidos los rangos se determinó qué porcentaje representaban los distintos tamaños dentro de la muestra; se identificó el punto en que la nuez repartía de manera equitativa en ambos quebradores.

Con el resultado, se determinó que el tambor clasificador actual está seleccionando mal la nuez grande en un 61 %, mientras que en la nuez pequeña se tiene un 20 % de mala clasificación; según las pruebas realizadas, se determinó que el punto exacto en donde se distribuye equitativamente la nuez en el silo es en un diámetro de 17,00 mm, según las condiciones actuales. Por lo que el proyecto propone que con estas dimensiones se fabrique el nuevo tambor pulidor; con él se distribuirá la carga de manera más equitativa entre los quebradores, con un 52 % para la almendra pequeña y un 48 % para la almendra grande.

El cambio del clasificador beneficia pues se hace más productivo el proceso al obtener un mayor porcentaje de palmiste, al reducir el porcentaje de almendra que se quema actualmente en la caldera por el mal ajuste de los clasificadores neumáticos, todo con la ayuda de una curva de pérdidas de almendra en dichos clasificadores.

El proyecto además realizó un análisis en el que se modificaron las condiciones en el equipo neumático de clasificación de almendra y cuesco; se amplió el área de la columna neumática unos 12 cm aproximadamente y se fue variando el *dampner* de una posición totalmente abierta a una totalmente cerrada.

Además, como aporte a la organización se realizaron muestreos en los ciclones de cascarilla y polvo, como también del transportador de almendra de cada una de las posiciones; luego en el laboratorio se analizó cada una de las muestra y se determinó el porcentaje de almendra e impurezas presente en cada muestra, según la posición del *damper*.

El análisis efectuado determinó que INDESA contaba con una pérdida de 25,40 % de almendra en los ciclones de cascarilla y polvillo y un 10,48 % de impurezas en la almendra de los silos de secado; con base en la curva se propone que el rendimiento ideal de la clasificación de almendra se obtiene al posicionar el *damper* en la segunda de las marcas ubicadas en su carrera de movimiento.

Con el cambio en el punto de operación elegido en la curva, se tiene que el proceso tendrá una pérdida aproximada de 15,67 % de almendra y generará una impureza de un 14,00 %; sin embargo, genera un beneficio, pues se logra un ahorro aproximado de USD\$ 20 967,41 mensualmente, por almendra no quemada en la caldera.

3.5. Costos

El proyecto busca reducir costos mediante la detección, prevención y eliminación sistemática del mal uso de recursos; este requirió de inversiones demasiado fuertes pues los recursos necesarios para los análisis se encontraban disponibles dentro de la empresa; dentro de ellos se pueden mencionar: transporte, recurso humano, instrumentos de medición y análisis, y la más importante, el apoyo de la administración de la planta.

Con el apoyo de los supervisores y el personal operativo, el proyecto logró dar a conocer los costes generados por una mala calidad a consecuencia de un mal manejo de almendra y nuez; solo hasta esa fecha se pudo determinar la manera en que se comportaba el proceso; se dieron a conocer índices de operación de los equipos y se identificaron grandes deficiencias en el proceso, al determinar que se quemaban 0,2864 toneladas de aceite por hora, cifra bastante significativa si se toma en cuenta que una tonelada de aceite de palmiste ronda por los USD\$ 660,00.


El proyecto es demasiado bondadoso, pues no requiere de gran inversión, ya que el mayor porcentaje de costos se concentra en el departamento de mantenimiento; el equipo vinculado con el manejo como el nuevo clasificador, el cambio de varilla, platos y fajas en el quebrador, y la reparación de las fugas de aire en el sistema generó la mayoría de los egresos como sucede en la mayoría de los casos; sin embargo, tomando en cuenta los beneficios posteriores todos esos costes en repuestos y maquinaria representan una verdadera inversión, ya que con ellos se tiene un proceso más productivo.

3.5.1. Costos vinculados con la implementación de la mejora del equipo

Gran porcentaje de los costos del proyecto estaban distribuidos en gastos de repuestos y mano de obra por mantenimiento incurrido por la implementación, y por papelería y formas en lo que respecta al análisis de la situación del proceso de manejo de almendra y nuez; todos estos datos provienen en su mayoría de la bodega de repuestos, pues aquí es donde se reparten todos los insumos de la planta extractora.

Las cifras que se manejan a continuación representan estimados de los costos de los repuestos y los insumos, debido a que toda la información sobre las compras de la extractora se encuentra centralizada en el departamento de compras de INDESA; además, dicha información se maneja de forma confidencial; en el siguiente recuadro se presentan los costos clasificados por actividad en lo que al proyecto se refiere.

Figura 54. **Tabla resumen costos del proyecto**

RESUMEN COSTE ESTIMADO DEL PROYECTO		
		
Costos por análisis de la situación actual:		
Mano de obra:	Costos:	
Ayudantes cálculo balance de materia		Q. 8 400,00
Operador retrocargadora		Q. 1 200,00
Analista laboratorio		Q. 3 000,00
Analista del proyecto		Q. 6 000,00
Equipo e insumos:	Costos:	
Formatos y papelería		Q. 200,00
Combustible		Q. 2 000,00
Depósitos para almacenaje		Q. 350,00
Bolsas para análisis		Q. 50,00
Cronómetro		Q. 150,00
Balanza comercial		Q. 800,00
Otros		Q. 2 500,00
Costos por implementación de mejora en el manejo de nuez y almendra:		
Mano de obra:	Costos:	
Mecánicos mantenimiento		Q. 6 000,00
Analista laboratorio		Q. 1 500,00
Analista del proyecto		Q. 6 000,00
Equipo y repuestos:	Costos:	
Clasificador nuevo		Q. 8 000,00
Juego de varillas ASSAB 705		Q. 1 500,00
Juego de platos Acero suave		Q. 2 000,00
Lata de grasa multipropósito		Q. 200,00
Faja tipo V		Q. 150,00
Sellador espuma Spandex		Q. 200,00
Depreciación herramienta		Q. 600,00
Tornillos, pernos, etc.		Q. 50,00
TOTAL:		Q. 50 850,00
<small>Lo enunciado en este recuadro es un estimado los valores pueden tomarse únicamente como una referencia</small>		

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Proyección de utilidades generadas por la mejora del procedimiento en el proceso

Si bien se describen beneficios cualitativos del proyecto como cuáles son los procedimientos a seguir de hoy en adelante en el proceso de manejo de nuez y almendra o las reducciones en los porcentajes de pérdida antes y después de las modificaciones realizadas, es importante traducir toda esta información en términos económicos que reflejen cómo el uso de herramientas de calidad y control puede generar grandes beneficios.

El proyecto se auxilió de una de las innumerables herramientas de ingeniería, pues empleó un análisis de relación beneficio-costos; esto con el objetivo de demostrar que el proyecto es viable económicamente, y respaldar con ello la ejecución de todos los cambios propuestos por el mismo. El siguiente análisis de beneficio-costos se llevó a cabo considerando los ingresos implícitos que tiene la mejora del proceso productivo, los cuales se determinaron de la siguiente manera:

Ingresos mensuales = toneladas quemadas por hora * horas laboradas al día * Días laborados a la semana * semanas laboradas en el mes * Costo en dólares de una tonelada * factor de obtención de aceite

Ingresos mensuales = 0,1829 toneladas/hora * 18 horas/día * 6 días/semana * 4 semanas/mes * 660 dólares/tonelada * 0,17 aceite puro

Ingresos mensuales = USD 8 865,23 o Q 63 375,75

En el caso de los egresos, estos son considerados como los descritos en la figura 52, con ello se procede a descontar cada uno de estos rubros, con una tasa de descuento del 2,249 % mensual, lo cual se puede apreciar en la siguiente figura:.

Figura 55. **Análisis beneficio - costo**

Mes	Ingresos	Costo/Gastos	Tasa de descuento 2,249 %	VAN Ingresos	VAN Gastos
0	Q -	Q 24 650,00	1,00000	Q -	Q 24 650,00
1	Q -	Q -	0,97800	Q -	Q -
2	Q -	Q -	0,95647	Q -	Q -
3	Q -	Q -	0,93543	Q -	Q -
4	Q -	Q -	0,91484	Q -	Q -
5	Q -	Q -	0,89471	Q -	Q -
6	Q -	Q 26 202,00	0,87502	Q -	Q 22 927,39
7	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,85577	Q 90 285,90	Q 6 675,00
8	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,83694	Q 88 299,16	Q 6 528,12
9	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,81852	Q 86 356,15	Q 6 384,47
10	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,80051	Q 84 455,89	Q 6 243,98
11	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,78289	Q 82 597,45	Q 6 106,58
12	Q 67 375,75	Q 7 800,00	0,76567	Q 80 779,90	Q 5 972,21
Total				Q 512 774,46	Q 85 487,74

Fuente: elaboración propia.

La sumatoria de todos los ingresos y los gastos considerados para determinar la relación beneficio-costos están detallados en el cuadro anterior y con ello se puede proceder a determinar dicha relación mediante la fórmula:

$$RBC = \frac{Q\ 512\ 774,46}{Q\ 85\ 487,74}$$

$$RBC = Q\ 5,99$$

Los resultados de la relación avalan la viabilidad del proyecto; el análisis indica que el mismo tiene para cubrir cada quetzal de los gastos y costos que generen Q 5,99 en ingreso, lo cual manifiesta que el proyecto logrará solventar sus egresos.

4. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE DESECHOS GENERADOS EN EL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA

4.1. Descripción de la situación actual

Como en toda industria, cualquier actividad de mantenimiento, modificaciones o montajes de nueva maquinaria genera un sinnúmero de desechos, entre ellos pueden encontrarse: desechos metálicos, plásticos, vidrio, madera, etc. INDESA no es la excepción, sin embargo, el departamento de mantenimiento no tiene bien definido el tratamiento y la disposición final de los desechos generados por su actividad.

Un ejemplo de esto se tiene a un costado del taller de mantenimiento, en ese lugar la empresa tiene disponible un espacio donde se encuentra la mayoría de los desechos de la maquinaria, lo cual demuestra cierto grado de compromiso con la clasificación de desechos; sin embargo el problema radica en que todos los desechos de cada mantenimiento solamente se tiran unos sobre otros de manera desordenada, además de que estos generan mal aspecto dentro de la extractora.

Figura 56. Situación actual de los desechos



Fuente: área de botadero de desechos INDESA.

Otro factor presente en la empresa es la falta de conciencia sobre el cuidado del medio ambiente; ninguno de los miembros del departamento de mantenimiento se preocupa por el cuidado o preservación de este; en la mayoría de casos se debe a la ignorancia sobre el tema, y a la falta de interés de los directivos de la planta por informar sobre el cuidado del medio ambiente.

Por ello, se pretende proponer un diseño para la reducción de la contaminación generada por el manejo incorrecto de los desechos producidos; se pretende investigar la frecuencia con la que se generan los desechos y proponer una solución viable y sustentable a los miembros encargados del departamento de mantenimiento.

4.2. Descripción de los desechos sólidos generados por el departamento de mantenimiento de la empresa

Toda actividad de mantenimiento, en INDESA genera desechos de todo tipo, sin embargo, se ha puesto de manifiesto que en un buen porcentaje los desechos generados son materiales no orgánicos de origen metálico, la mayoría del equipo utilizado en la extractora está compuesto en gran porcentaje por partes metálicas debido a las extremas presiones y temperaturas con que se trabaja el aceite.

A través de una encuesta, se pretende determinar cantidades y cualidades de todos y cada uno de los desechos generados; el alcance de esta encuesta pretende tomar en cuenta a cada uno de los miembros del departamento de mantenimiento. El adecuado entrenamiento y capacitación del personal constituye el punto primordial para que el plan de manejo de desechos sólidos, se ponga en marcha, pueda ser eficiente y logre su objetivo.

Figura 57. Encuesta manejo de desechos

Encuesta para el manejo y reutilización de desechos generados por el mantenimiento

Objetivo:
La presente encuesta se realiza con la finalidad de determinar cuál es la situación actual en materia de clasificación de desechos generados por mantenimiento. Con la información que se obtenga de esta encuesta, se diseñará una propuesta para el manejo de desechos generados en la compañía.

Instrucciones
Por favor complete la encuesta cuidadosamente, luego señale sus respuestas con una "x" o complete la frase respectiva con una respuesta apropiada.

¿Se genera actualmente se emplea alguna forma de reutilización o reciclaje dentro de la empresa?
Sí No

¿Enumere según usted de qué naturaleza son los materiales que genera el mantenimiento de la empresa?
Metálicos Plásticos Madera Papel Otros

¿Dentro de qué porcentaje se encuentra el desecho que más se genera?
100 % 90 % - 80 % 80 % - 70 % 70 % - 60 % 60 % - 50 % 50 % - o menos

¿Dentro de qué porcentaje se encuentra el segundo desecho que mayor se genera?
100 % 90 % - 80 % 80 % - 70 % 70 % - 60 % 60 % - 50 % 50 % - o menos

¿Cree que estos generan algún daño al medio ambiente?
Sí No

¿Qué materiales son recogidos para la reutilización ?
Describalos (ej. tornillos sin fin, canastas, ejes) _____

¿Qué tan frecuentemente se genera este tipo de desechos?
Diario Semanalmente Quincenalmente Mensualmente

¿Existe un lugar específico para la disposición de los desechos?
Sí No

¿Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿como cree que es apropiada la forma en que se disponen?
Sí No

¿Está bien delimitado el espacio destinado para la disposición de los desechos?
Sí No

¿Se separa los desechos reutilizables de los que no lo son?
Sí No

¿Ha participado en algún programa de reutilización o reciclaje?
Sí No

¿Estaría dispuesto a formar parte de alguno de estos?
Sí No

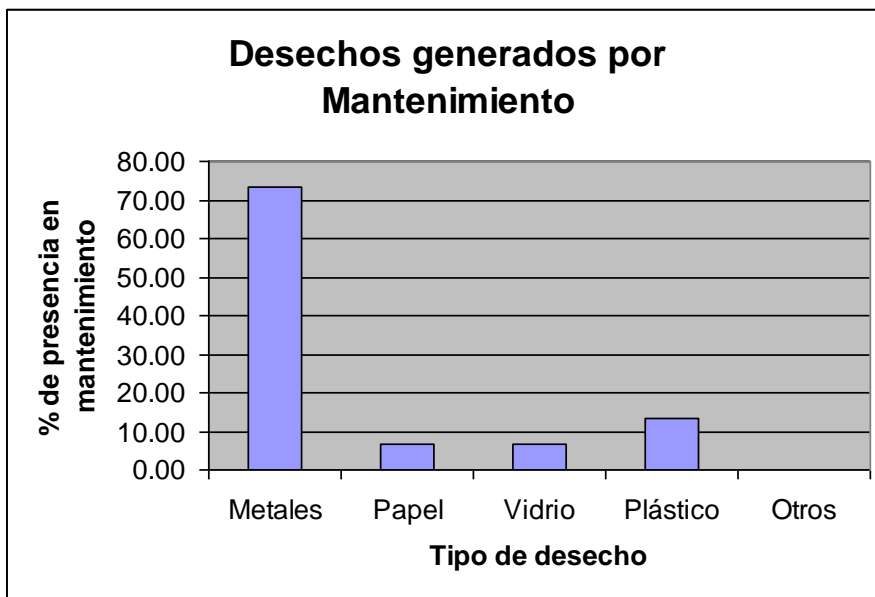
Fuente: elaboración propia.

La encuesta cuenta con una serie de preguntas sencillas que únicamente buscan establecer una tendencia acerca de los desechos que más se generan dentro del mantenimiento de la maquinaria; por ello la misma es de tipo cerrado.

4.2.1. Descripción de cualidades y cantidades de los desechos generados por el mantenimiento

La encuesta ratificó las suposiciones sobre los desechos que se generan por mantenimiento de maquinaria, todos son de tipo no orgánico a excepción del papel y cartón; en el histograma siguiente se puede observar que entre un 60 o 70 % de los desechos son de tipo metálico, luego le siguen los desechos plásticos, vidrio y madera.

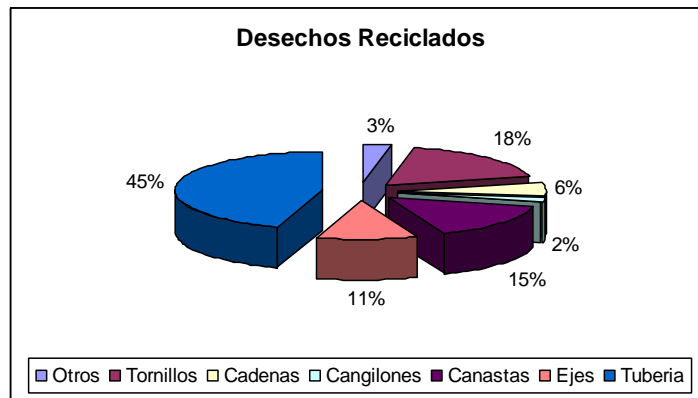
Figura 58. Porcentaje de distribución tipo de desechos en planta



Fuente: elaboración propia.

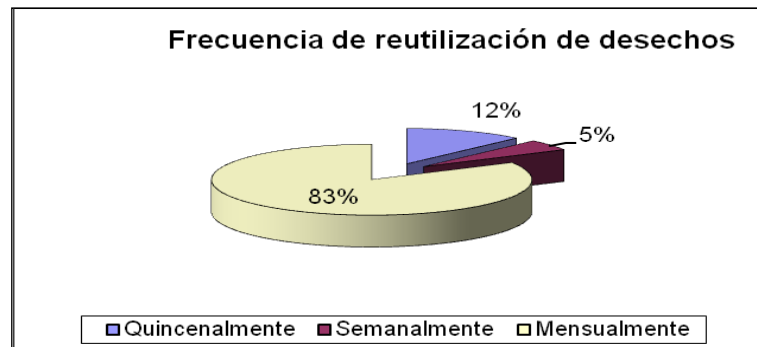
Gracias a la encuesta, se supo que en ocasiones cuando en bodega no se cuenta con repuestos suficientes, algunos materiales como tornillos, canastas o ejes son recogidos para ser reutilizados; esto se hace aproximadamente cada cuatro o seis meses, razón que justifica el buen manejo, ya que una adecuada disposición de los desechos facilitaría enormemente el proceso de búsqueda y reutilización.

Figura 59. **Porcentaje de desechos que más se reciclan**



Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Frecuencia con que se reutilizan los desechos de la planta**



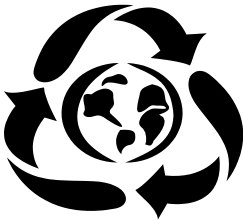
Fuente: elaboración propia.

En relación con la descripción de los desechos del mantenimiento todos son materiales reciclables, ya que poseen la característica de ser transformados en materia prima para otros productos, a excepción del aceite y las grasas usadas en la lubricación. Ambas son consideradas como residuos combustibles ya que pueden arder por acción de un agente exterior, como chispa o cualquier fuente de ignición, y que contiene sustancias, elementos o compuestos que al combinarse con el oxígeno son capaces de generar energía en forma de calor, luz.

4.2.2. Descripción de los daños ambientales que causan los distintos desechos sólidos

Esto es preocupante si se toma en cuenta que el tiempo que el ambiente tarda en degradar los distintos tipos de desechos generados en INDESA; sin tomar en cuenta todo tipo de desecho, excepto el orgánico, está demostrado que todo desecho industrial papel, vidrio, metal, etc. tarda como mínimo de dos a tres años en degradarse. Por ello, si estos desechos no se descomponen fácilmente, se debe tratar la manera de que vuelvan a ser utilizados en procesos productivos como materia prima.

Figura 61. **Cuadro sobre información de la degradación de los desechos**

¿Cuánto tardan en ser absorbidos por la tierra?		
Papeles		2 a 4 semanas
Vidrios		Indefinido
Latas de aluminio		200 a 500 años
Botellas plásticas		500 a 1.000 años
Latas de conservas		50 a 100 años
Tetra-brick		30 a 45 años
Cuero		4 a 5 años

Fuente: Educhile. *Protección de la flora y la fauna*. p. 18.

Los desechos sólidos sin un control adecuado producen afecciones de tres tipos:

- Afecciones estéticas.
- Contaminación del medio ambiente.
- Problemas a la salud humana debido a: vertimiento de desechos tóxicos y peligrosos, afecciones en la salud de los trabajadores y a riesgos indirectos por la procreación de insectos y roedores vectores de enfermedades.

4.3. Propuesta de un plan para el manejo de desechos

Todo generador de residuos sólidos debe diseñar e implementar un plan de manejo de residuos sólidos acorde a las actividades que desarrolle; este debe de ser realista y simple, con una apertura a futuras mejoras en su proceder y estar orientado a la prevención y minimización de riesgos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente. El plan debe ser tan sencillo, de manera que sea fácil identificar las respuestas a preguntas como qué, cómo, cuándo, dónde, por qué, para qué y con quién.

Para iniciar la elaboración del plan, se debe realizar un diagnóstico de la planta extractora, para así identificar los aspectos que no presentan conformidad con la conservación del medio ambiente y establecer de esta manera los ajustes y medidas correctivas pertinentes.

El manejo de los residuos del mantenimiento debe orientarse a minimizar la generación de residuos, mediante la utilización adecuada de insumos, procedimientos con menor grado de aportes a la corriente de residuos y una adecuada clasificación que minimice la cantidad de residuos peligrosos, buscando siempre el aprovechamiento cuando sea técnica, ambiental y sanitariamente viable.

El diseño y ejecución del plan se pondrá en marcha mediante un grupo de gestión, conformado por el personal de mantenimiento y el jefe de esta área; el grupo será el gestor del plan y podrán hacer parte de este, las personas que la empresa considere necesarias. En este grupo el jefe de mantenimiento estará a cargo de mantener la operación, revisión y mejoramiento continuo.

4.3.1. Selección del plan de reducción de desechos que se adapta mejor a la planta extractora

La selección del plan se tomará con base en el diagnóstico actual y en la información cualitativa y cuantitativamente de los residuos generados y en las alternativas de manejo, tales como la reutilización o comercialización que le representan beneficios económicos y ambientales. Para la elaboración del diagnóstico se tomarán en cuenta aspectos como: la generación, la cual abarca información cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos producidos en la planta; identificados por tipo, peso, volumen y procedencia específica. En él se va a determinar no solo la cantidad de residuos sólidos generados en cada uno de los procesos, sino también la calidad; es decir, el estado en el que sale (contaminado, mezclado, entre otros).

Después de prepararse para la ejecución del muestreo se procede a la clasificación de los residuos sólidos de la planta; acá los depósitos o bolsas empleadas para evacuar los residuos de cada uno de los mantenimientos realizados son llevados al área de acopio para su separación y pesaje. Los residuos se disponen en el piso, se separan por tipo de material, se pesan por categoría y se toma nota del resultado; de cada pesaje deben anotarse los detalles que puedan afectar la medición para el análisis final, como: cantidades inusuales, contaminantes, humedad, ente otros.

Actualmente, los residuos de la planta se almacenan en un lugar en específico, pero no se separan adecuadamente, pues no existen áreas de almacenaje por categoría, tampoco cuenta con un sistema de recolección de los desechos, solo al final de cada año estos se venden como chatarra a un ente privado; en conclusión los residuos de la planta se colocan en un botadero.

Con base en las necesidades y el tipo de organización, es recomendable el uso de un plan de reutilización o reciclaje que opere continuamente; esto porque los participantes pueden ver los resultados de sus esfuerzos de recolección semanalmente.

4.3.2. Selección de materiales a recolectar

Para seleccionar los materiales a recolectar, una buena alternativa consiste en tabular los resultados de la caracterización, y definir prioridades basadas en el tipo de desechos, y las cantidades generadas; es muy importante analizar la información por área donde se genera y por tipo de material (papel, cartón, vidrio, entre otros). También es conveniente hacer un análisis porcentual de los resultados, con la participación de cada material en el total de la generación.

Posteriormente a esto, se deben elaborar tablas comparativas para determinar cuánto material recuperable no ha sido aprovechado. Se recomienda graficar los resultados, para identificar los días pico de generación de residuos.

Con los datos obtenidos, se puede proceder a realizar una evaluación de las cantidades que se están recuperando y las que se están desperdiciando; es muy importante para el departamento de mantenimiento saber qué materia prima se encuentra disponible para ser reutilizada en caso de alguna emergencia por falta de algún repuesto.

4.3.3. Determinación de la reutilización que se le dará a los desechos

La segregación de los desechos es la base fundamental del adecuado manejo de residuos; esta consiste en la separación selectiva inicial de los residuos procedentes de cada una de las áreas de trabajo, dándose inicio a una cadena de actividades de reutilización y procesos, cuya eficacia depende de la adecuada clasificación de los residuos.

Para realizar una correcta separación se debe disponer de recipientes adecuados, en el caso del mantenimiento de la maquinaria de la extractora más que el uso de recipientes, la segregación será fijada por áreas específicas para disponer desechos metálicos, vidrio, plásticos, entre otros.

Como la mayoría de los desechos del mantenimiento son de origen metálico el plan de reutilización se enfocará únicamente en aquellos elementos de la maquinaria que no poseen daños estructurales; se dispondrá de tres espacios específicos, uno en donde se pondrá todo aquel desecho ferroso considerado como chatarra, otro en donde los desechos estén contaminados y se consideren desechos peligrosos, y un área en donde estarán todos aquellos desechos aptos para la reutilización.

Figura 62. **Desechos más usados en la planta**



Fuente: botadero de desechos INDESA.

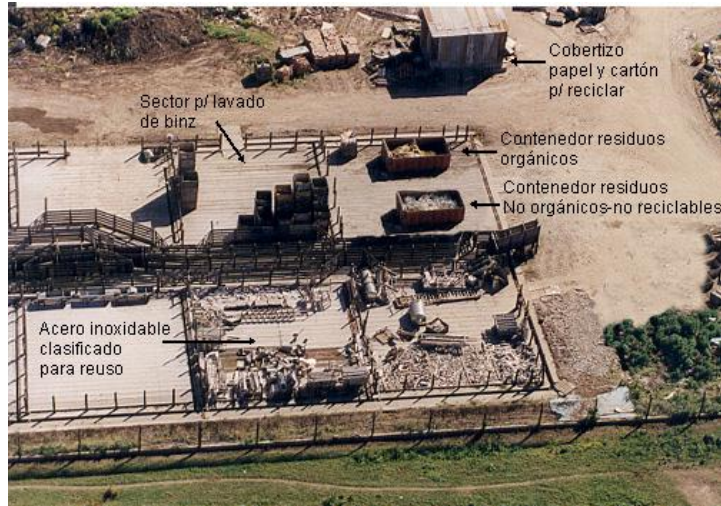
Todos los demás desechos presentes en menor proporción como el vidrio, plástico, madera y papel tendrán, al igual que los desechos reutilizables, un área específica donde serán almacenados y clasificados, pero no con el fin de una reutilización sino únicamente para contribuir con un manejo más fácil de estos en su manejo final. Como al aceite y la grasa en desecho totalmente distinto, a este únicamente se le asignará un lugar determinado para que después de tres meses sea enviado a refinar nuevamente cuando sea posible; si se puede, si no, se asignará a una empresa responsable que trate con estos desechos.

4.3.4. Establecimiento de un sistema para recolectar y almacenar los desechos

Es necesario diseñar rutas de recolección dentro de la planta, asignando a un responsable de esto diariamente; según la distribución de planta, se establecerá un horario en cada área. El tiempo de permanencia de los residuos en los sitios de generación debe ser el mínimo posible, especialmente en áreas donde se generan residuos peligrosos.

Los vehículos a utilizar para el movimiento de residuos serán, ya sea la retrocargadora 580 o el montacargas, dependiendo de la cantidad de material a transportar; se transportarán los desechos en depósitos de material rígido, de bordes redondeados, lavables e impermeables, que faciliten un manejo seguro de los residuos sin generar derrames.

Figura 63. **Propuesta para ubicación de desechos sólidos**



Fuente: TRAPANI Vicente. *Manejo de desechos, Anexo C.* p. 150.

Cada recipiente tendrá un lugar adecuado para el almacenamiento, lavado, limpieza y desinfección de los recipientes y demás implementos utilizados. Los recipientes deben ser lavados, desinfectados y secados cada semana, para un uso en condiciones sanitarias adecuadas.

Para el almacenamiento de residuos se contará con un sitio de uso exclusivo. A la entrada de los lugares de almacenamiento se debe colocar un aviso, identificando claramente el sitio, los materiales manipulados y los criterios de seguridad.

Se consultó con los encargados del manejo de la planta y la administración de las fincas, lográndose determinar que en la región de Izabal no existe ninguna institución o entidad que se encargue del manejo de desechos industriales; además la ubicación geográfica de la planta también dificulta dicho manejo, por lo que cada dos meses serán trasladados todos los desechos almacenados.

El almacenamiento debe reunir las siguientes características:

- Estar localizado dentro de la planta.
- Disponer de espacios por clase de residuo.
- Permitir el acceso de los vehículos que transportarán los residuos
- Disponer de una báscula y llevar un registro para el control de la generación de residuos.
- Contar con un techo para protección de aguas lluvias, iluminación y ventilación adecuadas.
- Equipo de extinción de incendios.
- Elementos que impidan el acceso de vectores, como roedores.

4.3.5. Establecimiento de metas generales y específicas para el plan

El plan como meta general pretende reducir el impacto ambiental generado por las actividades de mantenimiento; como consecuencia de esto se desarrollan los objetivos siguientes:

- Generar mayor conciencia sobre la preservación del medio ambiente.
- Facilitar la reutilización de elementos cuando se presente una emergencia.
- Tener un ambiente de trabajo más agradable dentro de la planta.
- Establecer en un futuro nuevos métodos de reutilización de los desechos.
- Evitar enfermedades en la empresa.
- Establecer un método correcto para el manejo de la basura.
- Hacer más eficientes las actividades del mantenimiento.
- Reducir costos por repuestos de maquinaria.

- Disponer de un lugar específico para almacenar los desechos por mantenimiento.
- Tener un proceso productivo más completo al tomar en cuenta no solo la producción sino que también el medio ambiente.

4.4. Desarrollo de un presupuesto vinculado al plan de manejo de desechos

Como toda actividad empresarial, a la propuesta del manejo de desechos se le debe de asignar un presupuesto para su puesta en marcha; en este se enumeran los pasos necesarios para el manejo de los desechos sólidos en Inversiones de Desarrollo, S.A.

Figura 64. Presupuesto propuesto para manejo de desechos en la extractora de INDESA

Presupuesto para manejo de desechos solidos por manejo de mantenimiento de maquinaria				
GASTOS				
<i>Partida</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>Número de unidades</i>	<i>Costo total</i>	<i>Año 1</i>
A. Personal				
A.1 Encargado de limpieza	Q 2,280.34 / mes	12	Q 27,364.08	Q 27,364.08
A.2 Clasificador de desechos	Q 2,280.34 / mes	12	Q 27,364.08	Q 27,364.08
B. Inversiones				
B.1 Clasificador de plástico y vidrio	Q 15,600.00 / anual	1	Q 15,600.00	Q 15,600.00
B.2 Clasificador de papel, madera, aceite y grasas	Q 15,600.00 / anual	1	Q 15,600.00	Q 15,600.00
B.3 Clasificador de chatarra y material para reciclaje	Q 15,600.00 / anual	1	Q 15,600.00	Q 15,600.00
B.4 Centro de almacenaje	Q 45,000.00 / anual	1	Q 45,000.00	Q 45,000.00
B.5 Mobiliario	Q 14,800.00 / anual	1	Q 14,800.00	Q 14,800.00
C. Costos operacionales				
C.1 Gastos de logística de manejo	Q 400.00 / mes	12	Q 4,800.00	Q 4,800.00
C.2 Equipo de protección para manejo de desechos	Q 500.00 / anual	1	Q 500.00	Q 500.00
D. Costos de administración				
D.1 Papelería y útiles	Q 200 / anual	1	Q 200.00	Q 200.00
D.2 Hojas de control de material reciclado y control de generación de desechos	Q 150 / anual	1	Q 150.00	Q 150.00
Total costos				Q 166,978.16
INGRESOS				
<i>Fuente del ingreso</i>	<i>Total</i>			<i>Año 1</i>
Contribución de la planta productora	Q 80,578.16 / mes	1	Q 80,578.16	Q 80,578.16
Ingreso por venta de desechos reciclables	Q 7,200.00 / mes	12	Q 86,400.00	Q 86,400.00

No se toma en cuenta el costo del terreno puesto que este ya se encuentra disponible, también no existen costos administrativos por personal pues las funciones serán distribuidas entre el personal actual, tanto el agua como la luz son generados por la planta razón por la cual no se incurre en ningún tipo de gasto en estos rubros.

Fuente: ARREOLA ILLESCAS Saúl. Modificado de estudio y análisis de una planta de clasificación de desechos sólidos. p. 87.

CONCLUSIONES

1. La situación actual evidencia que en las columnas de separación de fibra nuez y nuez almendra se quema un aproximado de 0,2864 toneladas por hora; sin embargo, está claro que con las modificaciones y el mantenimiento adecuado a estos equipos, así como un control adecuado de los procesos pueden lograr que esta pérdida sea reducida y tener una recuperación aproximada de USD\$ 20 967,41 mensuales, por almendra no quemada en la caldera de la planta.
2. De acuerdo con el análisis de flujo de materia, los parámetros sobre los cuales se evidenciará la mejora son un flujo de 4,93 toneladas por hora con una pérdida por incineración de 9,14 % en el clasificador de fibra nuez; un flujo de 1,40 toneladas por hora con una pérdida de 14,81 % en el clasificador de nuez almendra, y los flujos de 3,23 toneladas por hora con 21,6 % de pérdida en el quebrador uno y 2,34 toneladas por hora con 22,4 % de pérdida en el quebrador dos; asimismo es necesario que el balance se realice por lo menos dos veces al año, utilizando los patrones indicados en el presente proyecto.
3. Con base en las distintas herramientas utilizadas en este proyecto, se puede establecer que la mayor parte de las pérdidas se concentran en tres puntos específicos: el primero, el tambor clasificador de nuez en el cual la pérdida se genera por una inadecuada distribución de la nuez previo a su rotura; los quebradores de nuez en los cuales se tienen niveles de productividad entre el 20 % y 35 % por debajo de las especificaciones de fábrica y las columnas neumáticas de clasificación,

en donde se incineran más de 0,65 toneladas por hora debido a una mala clasificación.

4. Para un manejo adecuado de pérdidas, como punto primordial se concluye que es necesaria la creación de un rol responsable del análisis y monitoreo de calidad; adicionalmente, cada una de las actividades a seguir, así como sus responsables y los puntos específicos de monitoreo, todo ello con el objetivo que los parámetros de pérdida tolerables se encuentren en 1 % de fibra y 4 % en cuesco.
5. Las condiciones adecuadas para los equipos requieren de una ampliación en los orificios de clasificación a 17 mm, con ello se logra establecer un balance de carga idóneo en ambos quebradores y una reducción en el deterioro de estos; así también un desplazamiento de 15 cm en la columna de separación; una graduación del *dámper* de salida a 30 grados de inclinación permite una reducción de pérdida por almendra incinerada a un 40,95 % respecto de las condiciones iniciales de operación.
6. Para determinar la viabilidad del proyecto, el presente trabajo se apoyó en un análisis de costo-beneficio, en el cual se demuestra que el proyecto tiene por cada quetzal gastado Q 5,99 en ingreso, lo cual manifiesta que el proyecto logrará solventar sus egresos.

RECOMENDACIONES

1. Se definieron los procedimientos y formatos para el control de pérdidas de nuez y almendra, con ello las autoridades de la planta podrán darle el seguimiento respectivo a las oportunidades de mejora detectadas, ya que con la ayuda estas herramientas es posible obtener data histórica de los procesos productivos.
2. Crear de una división de análisis y mejora, pues el proceso de clasificación requiere un monitoreo continuo de las actividades en las áreas que llegasen a presentar deficiencias, por mal manejo de almendra y nuez.
3. Establecer y definir a futuro las nuevas dimensiones y el diseño del tambor clasificador es necesario tomar en cuenta las características morfológicas del fruto de la palma, pues esta al aumentar su nivel de madurez genera frutos con características morfológicas totalmente distintas.
4. Realizar de manera inmediata el mantenimiento y las modificaciones, tanto en el sistema de clasificación de nuez y fibra como en el sistema de clasificación de nuez almendra, pues en ambos puntos se genera pérdidas, por mala calibración del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁVILA RODRÍGUEZ, Mynor Salvador. *Manual de operaciones del programa de organización y capacitación comunitaria (POCC) del fondo de inversión social FIS*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2004. p.240.
2. Centro Industrial de Productividad. *Manual de mantenimiento y refacciones*. 1ª ed. Guatemala: Intecap, 1990. p.89.
3. CHICOJAY COLOMA, Carlos Aníbal. *Operación e instalación de los medidores de flujo de fluidos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986. p.143.
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 1a ed. México: McGraw-Hill, 1998. p.459.
5. GARCÍA MATA, Renato. *Diseño de un programa para el manejo de desechos industriales en Cementos Progreso S.A. planta San Miguel*, Trabajo de graduación, Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. p.59.

6. DURÁN DE LA FUENTE, Hernán. *Gestión Ambientalmente adecuada de Residuos Sólidos*. Chile CEPAL, GTZ. 1997. p.426.
7. PONCE VALENCIA, Marco Vinicio. *Instructivo para elaborar manuales administrativos*, Trabajo de graduación, Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2000. p.266.
8. PRANDO, Raul R. *Manual gestión de la calidad ambiental*. 1a ed. Guatemala: Piedra Santa, 1996. p.172.
9. *Manual gestión de mantenimiento*. 1a ed. Guatemala: Piedra Santa, 1996. p.96.
10. SOISSON, Harold E. *Instrumentación industrial*. 1a ed. Guatemala: Limusa, 1990. p.281.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro cuantificación de desechos sólidos

Nombre de la organización: _____

Fecha: _____

Responsable: _____

Centro generador: _____

Tipo de residuo generado	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Total
Residuos no peligrosos	Kilogramos / día					
Reciclables						
<i>Papel</i>						
<i>Cartón</i>						
<i>Bolsas</i>						
<i>Costal de fibra</i>						
<i>Vidrio verde</i>						
<i>Vidrio blanco</i>						
<i>Chatarra ferrosa</i>						
<i>Chatarra no ferrosa</i>						
<i>TOTAL RECICLABLE</i>						
<i>TOTAL VOL. RECICLABLE (m³)</i>						
Biodegradables						
Residuos de cafetería						
Residuos de corte de material vegetal						
Ordinarios e inertes						
Papel carbón						
Papel higiénico						
Bombillos						
Lámparas de neón						
Espejos						
Residuos de barrido						
<i>TOTAL RECICLABLE</i>						
<i>TOTAL VOL. RECICLABLE (m³)</i>						
Residuos peligrosos						
Listado de residuos peligrosos que genere la organización, de acuerdo con el CRETIVB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, volátil, de riesgo biológico).						
<i>TOTAL RECICLABLE</i>						
<i>TOTAL VOL. RECICLABLE (m³)</i>						
TOTAL DE RESIDUOS GENERADOS POR DIA						

Fuente: Alcaldía Valle de Aburra. *Guía para manejo integral de residuos sólidos*. p. 17.

Anexo 2. Cuantificación de desechos generados por día y por mes

Área de producción	Reciclables		Biodegradables		Ordinarios e Inertes		Residuos peligrosos		Residuos especiales	
	Kg / mes	Kg / día	Kg / mes	Kg / día	Kg / mes	Kg / día	Kg / mes	Kg / día	Kg / mes	Kg / día
Recepción										
Tolvas										
Esterilización										
Extracción										
Clarificación										
Palmistería										

Fuente: Alcaldía Valle de Aburra. *Guía para el manejo integral de desechos sólidos*. p.19.