



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Proceso de extracción, purificación y refinación del aceite
crudo de palma aceitera y obtención de productos
derivados**

TESINA

Para optar el Título de Ingeniero Industrial

AUTOR

Jesús Hernando Dongo Valdivia

LIMA – PERÚ
2014

RESUMEN EJECUTIVO

La planta de Industrias del Espino ubicada en la región San Martín, recibe racimos de fruto fresco de la palma de aceite y lo procesa para obtener principalmente aceite refinado. A partir de la obtención del aceite refinado y mediante la utilización de métodos físicos se obtiene los productos terminados como el aceite propiamente dicho y las mantecas de diferentes calidades; los cuales son comercializados y distribuidos a nivel regional y nacional, en algunos casos son comercializados internacionalmente.

El propósito de la presente tesina, surgió a partir de la inquietud por desarrollar cada uno de los procesos a detalle con la finalidad de conocer la capacidad de planta de Industrias del Espino e identificar los cuellos de botella.

Actualmente no se conoce la capacidad de planta y solo se tiene información estadística de cuando es la producción diaria y anual. A partir de estos datos es que se calcula la capacidad de planta pero no se ha hecho de manera detallada por cada uno de los procesos. Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, no se conoce cuál o cuáles son los cuellos de botella en el proceso.

Como parte inicial del trabajo lo que se realizó fue una investigación a detalle de cada uno de los procesos de producción del aceite de Palma y sus derivados. La investigación se realiza con la finalidad de conocer cada uno de los parámetros de calidad y técnicos con los que se tiene que cumplir en cada una de las áreas para así cumplir con la calidad de los productos intermedios y los finales. Es importante contar con la información a detalle de cada uno de los procesos para poder realizar un análisis profundo de las restricciones con las que cuenta el sistema.

Partiendo de la información estadística de planta con la que se cuenta actualmente se tiene que la capacidad de planta es de 50TM de procesamiento

de RFF por hora, con lo cual la capacidad anual de procesamiento es de 360000TM aproximadamente, el valor se obtiene calculando la capacidad por hora considerando que se trabaja 24horas por día, 300 días al año ya que el resto de días están asignados al mantenimiento preventivo y correctivo que se le realiza a la planta.

El poder conocer la capacidad de planta va a permitir realizar una mejor planificación de la producción a mediano y largo plazo. Así como también poder ahorrar costos de producción reduciendo los cuellos de botellas o haciendo que la planta trabaje al ritmo de estos.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
SIGLAS UTILIZADAS	iii
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	11
1.1. Diagnóstico de la Organización	11
1.1.1. Reseña histórica	11
1.1.2. Misión, visión, valores y principios	12
1.1.3. Organización de la empresa y análisis interno	13
1.2. Aspectos Agrónomo	16
1.3. Aspectos Botánicos	16
1.4. Características del Aceite Crudo de Palma	17
1.4.1. Propiedades Químicas	17
1.4.2. Calidad del aceite de palma	18
1.4.3. Propiedades nutricionales	19
1.5. Usos del aceite de palma	20
1.6. Importancia del aceite de palma	21
1.7. Mercado del Aceite de Palma	23
1.8. Planteamiento del estudio	26
1.8.1. Formulación	26
1.8.2. Justificación	26
1.9. Definición de Objetivos	26
1.9.1. Objetivo General	26
1.9.2. Objetivos Específicos	26
1.10. Propuesta de Solución	27
1.11. Alcance de la solución.	27

CAPITULO II: DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA	28
2.1. BALANZA	28
2.2. EXTRACI3N DE ACEITE CRUDO	28
2.2.1. Recepci3n de RFF	29
2.2.2. Esterilizaci3n	32
2.2.3. Desfrutado, Digesti3n y Prensado	36
2.2.4. Clarificaci3n	40
2.2.5. Palmistería	44
2.2.6. Extracci3n de aceite Palmiste (Planta Don Calixto)	48
2.3. REFINERIA	51
2.4. FRACCIONAMIENTO	57
2.5. PRODCUCTO TERMINADO	65
2.5.1. Jabonería	65
2.5.2. Sala de aceite n° 1	67
2.5.3. Sala de aceite n° 2	69
2.5.4. Sala de aceite n° 3	72
2.5.5. Sala de manteca	74
 CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACI3N	 76
3.1. Teoría de las restricciones(TOC)	76
3.2. Estimaci3n de la capacidad de planta	78
3.3. Aplicaci3n de la Teoría de las Restricciones	85
3.4. Implementaci3n	90
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA	97
GLOSARIO	98

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TECNICA DE LAPRENSA P9 AVM	99
ANEXO 2. FICHA TECNICA DEL DIGESTOR 3500 AVM	100
ANEXO 3. FORMATO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES	101
ANEXO 4. DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN	102
ANEXO 5. DISTRIBUCION DE DIGESTORES Y PRENSAS INICIAL	103
ANEXO 6. DISTRIBUCION DE DIGESTORES Y PRENSAS PROPUESTO	104
ANEXO 7. PLANO DE PLANTA	105
ANEXO 8. CUADRO RESUMEN	106
ANEXO 9. DAP DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE CRUDO DE PALMA	107

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1.1. PRINCIPALES PAISES EXPORTADORES DE ACEITE DE PALMA (Miles de TM)	23
CUADRO N° 2.1. TIEMPOS DEL ESTERILIZADO	35
CUADRO N° 2.2. CONCEPTOS DE VARIABLES UTILIZADAS	63
CUADRO N° 3.1. DEMANDA Y PRODUCCION DE ACP ESTIMADA	80
CUADRO N° 3.2.PRODUCCION DE TM DE RFF	80
CUADRO N° 3.3. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO DE INVERSION	87
CUADRO N° 3.4. EVALUCION DE PROVEEDORES	88
CUADRO N° 3.5.FLUJO DE CAJA DEL MAQUILADO CON NUEVO HORIZONTE	89
CUADRO N° 3.6.CUADRO DE IMPLEMENTACION DEL DIGESTORY LA PRENSA	91
CUADRO N° 3.7.FLUJO DE CAJA DE ESCENARIO 1	93
CUADRO N° 3.8.FLUJO DE CAJA DE ESCENARIO 2	94

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1. ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS DEL ESPINO	13
FIGURA N° 1.2. DISTUBUCION DE ACIDOS GRASOS	18
FIGURA N° 1.3. DEMANDA DE ACEITES EN EL PERU	22
FIGURA N° 1.4. EXPORTACIONES DE ACEITE DE PALMA 2010	23
FIGURA N° 1.5. IMPORTACIONES DE ACEITE DE PALMA 2010	24
FIGURA N° 1.6 PRECIO INTERNACIONAL DEL ACEITE DE PALMA.	25
FIGURA N° 2.1 TOLVAS DE RECEPCION	31
FIGURA N° 2.2 DESFRUTADORES	40
FIGURA N° 2.3 DECANTADORES	44
FIGURA N° 2.4 HIDROCICLÓN	48
FIGURA N° 2.5 PLANTA DON CALIXTO	51
FIGURA N° 2.6 PLANTA DE FRACCIONAMIENTO	64
FIGURA N° 3.1 PRODUCCION DE RFF EN TM	81
FIGURA N° 3.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION	82
FIGURA N° 3.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN TM DE RFF	84

SIGLAS UTILIZADAS

ACP: Aceite Crudo de Palma

B100: Biodiesel

Ha: Hectárea

IDE: Industrias del Espino

MDL: Mecanicismo de Desarrollo Limpio

MP: Materia Prima

NTP: Norma Técnica Peruana.

OHSAS: *Occupational Health and Safety Assessment Series*.

PDE: Palmas del Espino

PLC: Programmable Logic Controller

PPP: Partes Por Millón

PT: Producto Terminado

RBD: Refinado, Blanqueado y Desodorizado

RFE: Racimo Fruto Esterilizado

RFF: Racimo de Fruto Fresco

RPM: Revoluciones Por Minuto

RRHH: Recursos Humanos

TEA: Tasa de Extracción de Aceite

TIR: Tasa Interna de Retorno

TM: Tonelada métrica

Tn: Tonelada

TOC: *Theory of constraints* (teoría de restricciones)

VAN: Valor Actual Neto

INTRODUCCIÓN

La empresa Industrias del Espino es una empresa del Grupo Palmas, y esta a su vez pertenece al Grupo Romero. Es una empresa nacional dedicada a la obtención de aceite vegetal de palma a partir del racimo de fruto fresco que es obtenido de la Palma de Aceite (*Elaeis guineensis* Jacq).

Industrias del Espino, ha registrado una utilidad bruta de S/. 112.8 millones en el año 2011, que es S/. 14.6 millones más que la del 2010(S/. 98.2 millones). Mientras que la utilidad neta fue de S/. 55.5 millones en el año 2011.El total de ingresos por ventas en el 2011 fue S/ 367.1 millones, monto superior en S/. 103.7 millones registrado en el año anterior.El incremento de las ventas y en general de las utilidades se debió a que se incrementó la producción de un año al otro. IDE comercializa sus principales productos en la zona nororiental del país pero también cuenta con productos que se comercializan en la capital y en el extranjero.

Industrias del Espino, ha cumplido una importante función en la gestión corporativa de Palmas del Espino, en el 2011, siendo muestra de ello los S/. 55.5 millones de utilidad neta que ha generado durante este periodo. Dicha utilidad representa el 36.7% del grupo Palmas.

Los requisitos legales cada vez más exigentes, lo cual le han permitido a Industrias del Espino poder comercializar nuevos productos como el biodiesel, que es producido en base al aceite vegetal. Otro de los biocombustibles que la empresa genera es el Biogás y el cual es utilizado dentro del proceso de la obtención del aceite de palma en los calderos, lo cual genera energía calorífica para poder satisfacer la necesidad de la planta.

El objetivo general de la presente tesina, es poder calcular la capacidad instalada de planta e identificar los cuellos de botella con la finalidad de obtener un mejor índice de productividad.

En la primera parte, se muestra un breve análisis situacional de la unidad de negocio y un diagnóstico interno y externo de la misma.

En la segunda parte, se detalla cada uno de los procesos para poder realizar el cálculo de la capacidad e planta. Se dan a conocer las condiciones técnicas y de calidad que son necesarias tener en cuenta en el análisis posterior que se realizara.

Finalmente se calcula la capacidad de planta y se identifica los cuellos de botellas de la planta y se proponen alternativas para mejorar la capacidad productiva y/o reducir los gastos operativos mediante la implementación de la teoría de las restricciones (TOC).

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Diagnóstico de la Organización

1.1.1. Reseña histórica

Constituida como sociedad anónima en marzo de 1982, está ubicada conexas a Palmas del Espino, en la provincia de Tocache, región San Martín. La empresa transforma el fruto de palma en sus productos derivados: aceites y grasas comestibles (aceites, mantecas especiales, sucedáneos y otros productos); industrializa, envasa y comercializa jabones de tocador y de lavar; y produce, almacena, distribuye, comercializa y transporta Biodiesel (B100), un biocombustible fabricado a partir del aceite de palma.

De igual manera, Industrias del Espino cuenta con una planta de tratamiento de efluentes que optimiza las condiciones del agua resultante de sus procesos productivos. Esta planta genera biogás, el cual es utilizado entre otros para reemplazar el diesel en la generación de energía. Este es un proyecto denominado Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL, que está registrado ante las Naciones Unidas, por el cual la empresa genera bonos de carbono por la reducción en emisiones de gases de efecto invernadero. El proyecto lleva cuatro años de ejecución.

1.1.2. Misión, visión, valores y principios.

a) Misión.

La misión de la empresa es la razón de ser o el propósito que esta debe de cumplir, orientando los esfuerzos de los trabajadores al cumplimiento de la misma.

“Ser una empresa generadora de valor para los accionistas, trabajadores y clientes, desarrollando productos de excelente calidad dentro de un marco de respeto a las leyes, al medio ambiente y a la comunidad en su conjunto”.

b) Visión.

La visión que la empresa comparte con todos sus trabajadores orientados a cumplir los objetivos y a trabajar de acuerdo a la misión y a los valores de la empresa.

“Liderar el crecimiento agroindustrial del sector oleaginoso a través del desarrollo de la palma aceitera en el oriente peruano y de la elaboración de productos alimenticios y energéticos que satisfagan las necesidades de sus clientes”

1.1.3. Organización de la empresa y análisis interno

a) Organización de la empresa.

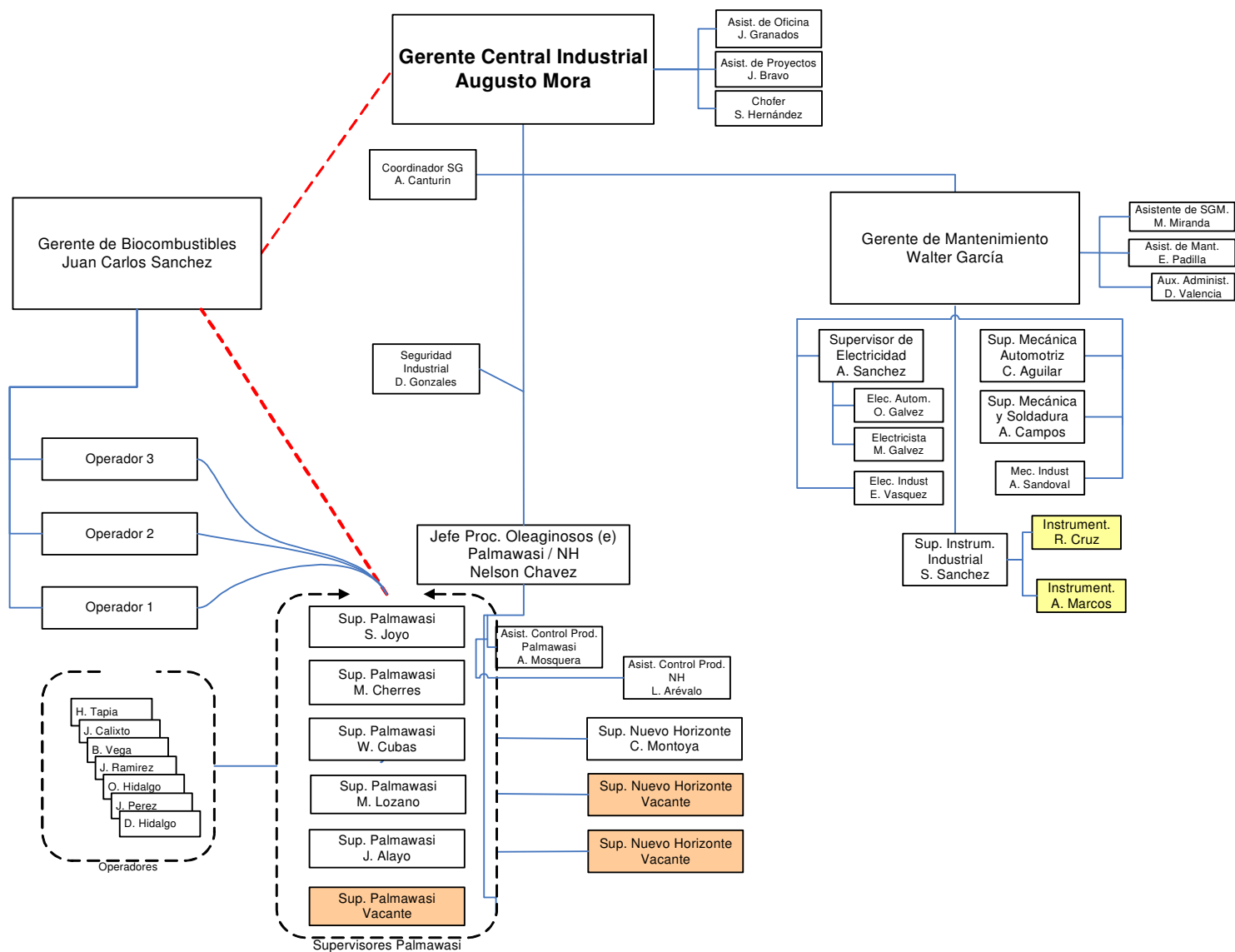


FIGURA N° 1.1 ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS DEL ESPINO.

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis estructural.

A continuación se realizara un análisis interno y externo de Industrias del Espino, en el cual veremos cómo los procesos que están estrechamente ligados con la producción del aceite de palma.

b.1) Palmas del Espino

- ✓ Es una empresa que al igual que Industrias del Espino pertenece al Grupo Palmas; realiza sus operaciones de cultivo de palma aceitera y cuenta con alrededor de 15000 hectáreas de plantas fértiles. Toda la cosecha de Palmas del Espino está destinada, por un contrato de exclusividad, a su subsidiaria industrial, Industrias del Espino.

b.2) Plantaciones de Palma

- ✓ La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una especie perenne de cuyo fruto se extrae el aceite vegetal, su rendimiento oleaginoso es mayor al de otras especies oleaginosas como: girasol, maní, soya y otras. La edad productiva de las plantas se inicia a los 03 años y su vida productiva comercial se estima entre 25 y hasta más de 40 años. Los rendimientos se van incrementando conforme se desarrolla la planta. En edad adulta puede alcanzar una producción de 20 – 30 TM RFF/ha al año. Este cultivo tiene un rendimiento de hasta 6 TM/ha/año de aceite crudo, lo cual es 10 veces superior a la soya, y gracias a desarrollos genéticos recientes, puede lograr mayores rendimientos. Según fuentes oficiales del Ministerio de Agricultura del Perú existen 51242 hectáreas de palmas sembradas en el Perú y de las cuales 20564 pertenecen al Grupo Palmas; es decir aproximadamente el 40% de las plantaciones.

b.3) Mercado

- ✓ En el mercado de consumo masivo se compete directamente con empresas como Alicorp, Procter & Gamble, Unilever, Alpamayo, Ameral, entre otras, y con importaciones provenientes de Bolivia, Ecuador, Colombia, Argentina, Malasia y Brasil. En el mercado de consumo industrial lo constituyen principalmente empresas panificadoras, industrias desnacks y productores de helados. En Productos Balanceados para Animales, el mercado principal son las granjas de pollos y establos (ganado lechero). En Biodiesel, los principales consumidores son las empresas que abastecen a las grandes cadenas de “grifos” (estaciones de combustibles).

b.4) Recursos Humanos

- ✓ La gestión de recursos de Humanos se realiza a través de la Gerencia de Recursos Humanos del Grupo Palmas y para lo cual utilizan un programa de capacitaciones basado en las necesidades de la organización. Entre los principales objetivos tenemos los siguientes: Charlas informativas sobre los beneficios laborales y sociales; incentivo a los trabajadores más destacados; diseñar un nuevo proceso de reclutamiento y selección; fomentar la creación de espacios de esparcimiento para los trabajadores y sus familias; fomentar la creación de las vacaciones útiles para los hijos de los trabajadores; programas de visitas para que los hijos conozcan el lugar de trabajo de sus padres; inicio de las escalas salariales.

1.2. Aspectos Agrónomos

La palma aceitera (*Elaeis Guineensis*) es una especie perenne de cuyo fruto se extrae el aceite vegetal, su rendimiento oleaginoso es mayor al de otras especies oleaginosas como: girasol, maní, soya y otras. La edad productiva de las plantas se inicia entre los dos y tres años, su vida productiva comercial se estima entre 25 y hasta más de 40 años. Se tiene que la cosecha comercial se hace entre los 8 y 15 días lo que significa que es un proceso continuo desde el inicio de la producción. Los rendimientos se van incrementando conforme se desarrolla la planta. En edad adulta puede alcanzar una producción de 20 – 30 TM/RFF/ha/año. Este cultivo tiene un rendimiento de hasta 6 TM/ha/año de aceite crudo, lo cual es 10 veces superior a la soya, y gracias a desarrollos genéticos recientes, puede lograr mayores rendimientos.

1.3. Aspectos Botánicos

La *Elaeis Guineensis* es de la familia de las palmáceas está compuesta por un tallo de 40 a 45 centímetros de grosor y que puede crecer de 35 a 70 centímetros de alto por año, llegando a medir hasta 30 metros. Del tallo emergen constantemente entre 25 a 35 hojas por año.

La palma aceitera es monoica, es decir, produce inflorescencias masculinas y féminas de un mismo árbol. Sin embargo, la polinización es cruzada, ya que las flores de uno u otro sexo son producidas a tiempos diferentes en la misma planta. La producción de inflorescencias es continua a lo largo de todo el año, pero el sexo de sus flores es determinado por condiciones ambientales y por el estrés interno de la planta. Una vez que las flores son fecundadas se inicia el desarrollo de racimo, en donde los frutos estarán listos para ser

cosechados después de casi 6 meses. Por lo general cada racimo contiene entre 600 y 1500 frutos. Los frutos tienen una forma ovoide y un color marrón en la base y anaranjado de la parte media hacia arriba. El fruto está compuesto por: el mesocarpio que también se le conoce como la pulpa del fruto y de donde se extrae el aceite de palma. También está compuesto por el endocarpio que es la parte que cubre a la Endosperma (también conocido como almendra) y que es de donde se extrae el aceite de palmiste.

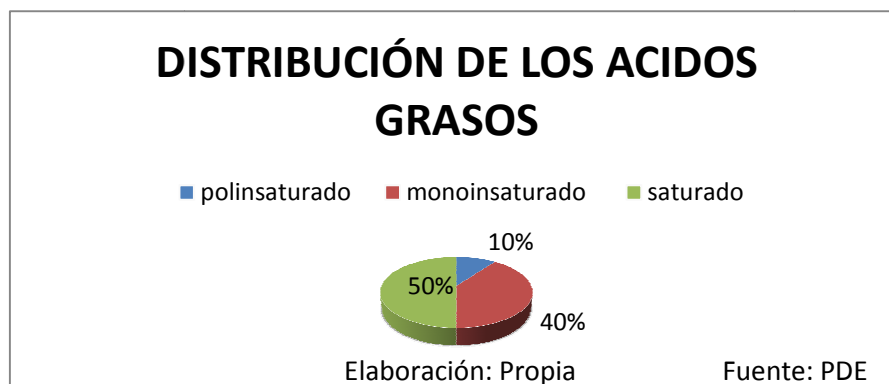
1.4. Características del Aceite Crudo de Palma

1.4.1. Propiedades Químicas

El Aceite Crudo de Palma (ACP) es un aceite glícero sólido alto, lo cual de la una consistencia semisólida, sin necesidad de pasar por el proceso de hidrogenación. Dicho proceso es efectuado para modificar la consistencia de cualquier otro tipo de grasa o aceite de origen vegetal para obtener la densidad adecuada.

Además, es rico en vitaminas E y A, beta-carotenos y antioxidantes como los tocoferoles o tocotrienoles. El aceite de palma contiene una relación de 1:1 entre los ácidos grasos saturado e insaturados. De los saturados el 45% corresponde al ácido palmítico y el 5% el ácido esteárico y de los no saturados, el 40% corresponde al ácidomonoin saturado (principalmente oleico) y el 10% al ácido poliinsaturado (principalmente linoleico).

FIGURA N° 1.2 DISTUBUCION DE ACIDOS GRASOS.



1.4.2. Calidad del aceite de palma

El aceite de palma se ve afectado por factores externos e internos que comprometen su calidad. Por tanto y cuanto se requiere de cuidados o tratos especiales que hay que tener en cada una de las etapas de la obtención del aceite, desde la cosecha pasando por la extracción, el almacenamiento y el transporte del mismo.

El principal factor que influye en la calidad del aceite de palma es la elevación del nivel de oxidación, entendiéndose por oxidación de la reacción que se da entre los enlaces dobles de grasas insaturadas y el oxígeno del medio, en el cual se generan compuestos oxidados como aldehídos o cetonas y ácidos grasos libres de cadena corta que conducen a la alteración de las características sensoriales del producto y la formación de la rancidez del aceite. Entre los factores que ayudan a acelerar este proceso como por ejemplo: Alto porcentaje de humedad, temperaturas elevadas, presencia de metales catalíticos, exposición a la luz y al medio ambiente por periodos prolongados.

Es por ello que durante la cosecha los frutos deben de ser cosechados en el punto de madurez adecuada y procesados inmediatamente; hay que evitar daños físicos del fruto, para impedir que se acelere la hidrólisis enzimática. Durante la etapa de

almacenamiento y transporte hay que tomar precauciones para evitar el exceso de humedad en el aceite, ya que favorece la oxidación, compromete la vida útil del aceite, y causa problemas para purificarlo y refinarlo.

Entre las principales características que tiene que cumplir y mantener el aceite crudo de Industrias del Espino se muestran en el siguiente cuadro:

Elemento	Índice
Acidez libre máx.	5,00 %
Índice de peróxido máx.	5,00 Meq/Kg
Color, lovibond celda ½" máx.	20 R 30 A
Humedad y mat. Volátil	0,20 %

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

1.4.3. Propiedades nutricionales

El aceite de palma es un alimento natural que es consumido desde hace aproximadamente 5000 años. El proceso de refinación es un proceso relativamente nuevo que se inicia hace un poco más de 50 años. Este proceso se empieza a realizar debido a que el público consumidor ha sido acostumbrado a ingerir aceites de muy bajo color y olor. Dicho proceso se realiza sin la adición de componentes químicos, por lo que se disminuye el riesgo de contaminación por residuos, además no se practica el proceso de hidrogenación, ya que la consistencia del aceite de palma es la adecuado por ser semisólida, con lo que se evita la formación de ácidos grasos *trans*, que tiene un efecto negativo en la salud. Sin embargo, durante la refinación se eliminan compuestos nutricionales como fuentes vitamínicas y energéticas que son de gran valor.

El aceite crudo de palma presenta un color rojo debido a la presencia de carotenoides. El promedio observado en plantaciones comerciales es de 600 ppm, por lo que si este aceite no es decolorado ni

neutralizado se puede constituir en una excelente fuente de vitaminas A. Aproximadamente con 20g de aceite crudo de palma se puede cubrir los requerimientos diarios de un adulto.

De todos los aceites vegetales el aceite crudo de palma contiene una gran cantidad de antioxidantes, conocidos como tocoferoles o tocotrienoles, los cuales se encuentran en una concentración de 500 a 800 ppm. Del total de estos tocoferoles, un 35% corresponde el α -tocopherol precursor de la vitamina E. Una ingesta adecuada de Vitamina E protege las estructuras de las membranas celulares debido a sus propiedades antioxidantes, es decir que actúa como protector del envejecimiento celular. Además, la vitamina E confiere una gran estabilidad a las dobles enlaces de los aceites y contribuye a evitar la oxidación de los ácidos grasos libres, por lo que se disminuye el riesgo de enfermedades como arterosclerosis y cáncer.

Como todos los aceites vegetales, el aceite de palma, no contiene colesterol, pero tiene fitoestorelos, los cuales interfieren con la absorción intestinal del colesterol. También contiene una alta concentración de ácidos grasos monoinsaturados, en forma de ácido oleico, los cuales ayudan a reducir el colesterol y atenuando el peligro de enfermedades coronarias.

1.5. Usos del aceite de palma

El aceite de palma y sus derivados son utilizados principalmente en la industria agroalimentaria, industria química, cosmética, alimentación animal, biocombustibles, a continuación se detallaran algunos de los usos específicos que se les da.

Actualmente el aceite refinado de palma, en su mayoría, se utiliza en todo el mundo como aceite para alimentación humana, para freír, cocinar, en panadería, en pastelería, confitería entre otras. También es

utilizado como materia prima en la elaboración de jabones, detergentes, grasas lubricantes y actualmente se utiliza en la elaboración del biodiesel.

Otras de los usos importantes del aceite de palma es en la elaboración de alimento balanceado para el ganado, ya que es un suplemento ricos en grasas y vitaminas, por lo cual es usado como suplemento a la alimentación de los animales.

1.6. Importancia del aceite de palma

La palma aceitera es un cultivo que se ha extendido en el mundo gracias a su alto potencial productivo. Comparado con otros cultivos oleaginosos su rendimiento en términos de toneladas de aceite por hectárea, supera a oleaginosas tradicionales como la soya, la canola, el girasol y el algodón, que en la actualidad buscan incrementar el rendimiento de aceite por hectárea.

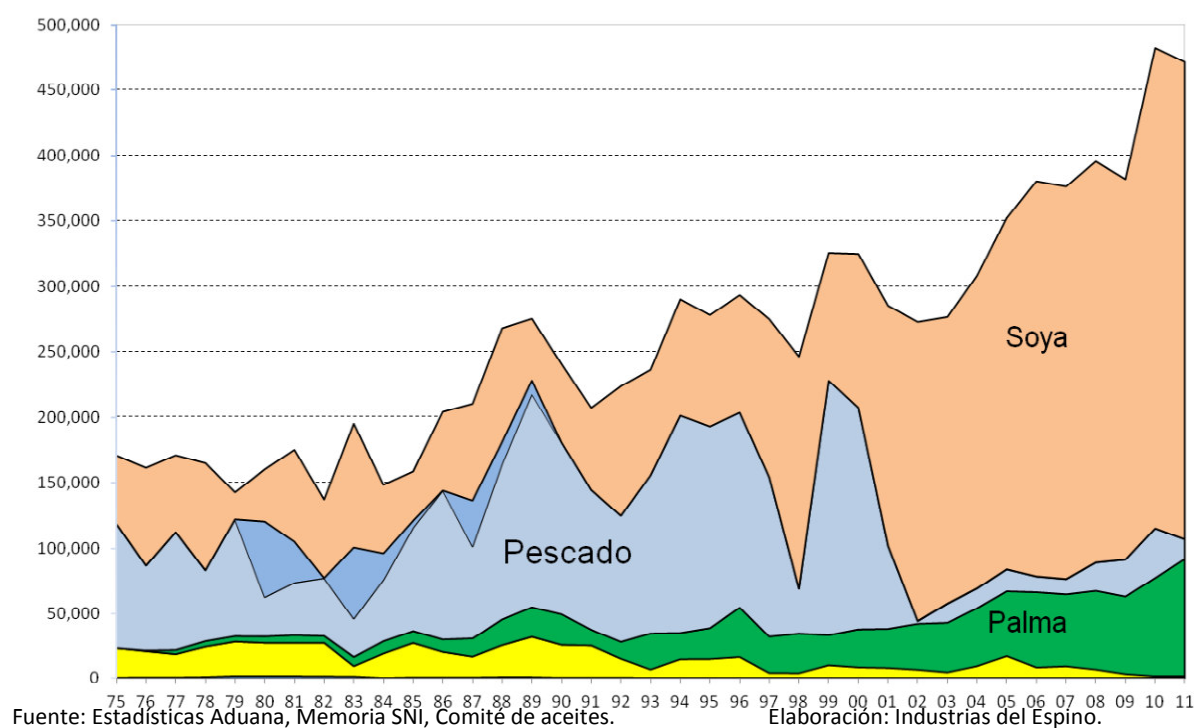
Cabe recalcar que en la producción de aceite de palma se obtiene un valor agregado del 83% en productos refinados listos para ser comercializados (Oleínas para frituras, bases para pastelería, chocolatería, alimento animal, biocombustibles, grasas lubricantes, jabones, detergentes entre otras).

El Perú es un país deficitario en la producción de aceites y grasas, por lo que para satisfacer la demanda es necesaria la importación de otros países productores. La palma aceitera surge como alternativa para cubrir la demanda por los siguientes puntos:

- Tiene el más alto rendimiento de aceite por unidad de área (4 – 7 TM aceite/Ha).
- Es altamente rentable.
- Existen en el país áreas con gran potencial para el cultivo.

En la siguiente figura se muestra como han ido evolucionando la demanda de los diferentes tipos de aceite en el Perú, actualmente la mayor demanda es del aceite de la soya; mientras que también se observa un importante crecimiento en la preferencias de los consumidores por el aceite de palma, y esto debido principalmente a la inversión del Grupo Palmas S.A.

FIGURA N° 1.3 DEMANDA DE ACEITES EN EL PERU.



1.7. Mercado del Aceite de Palma

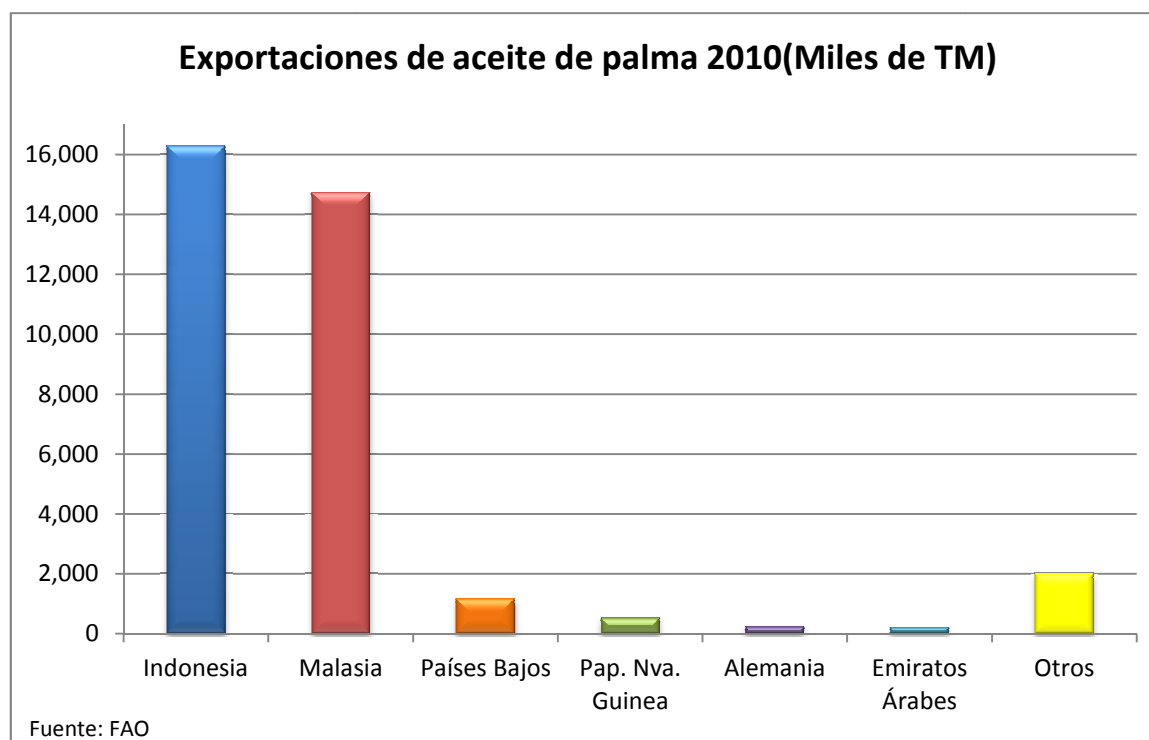
Para conocer el movimiento del mercado es importante considerar el marco del mercado internacional liderado por dos países: Indonesia y Malasia.

CUADRO N° 1.1 PRINCIPALES PAISES EXPORTADORES DE ACEITE DE PALMA
(Miles de TM)

País	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Indonesia	10 376	12 101	11875	14 291	16829	16 292
Malasia	10 653	12 786	11 629	13 329	13 924	14 733
Países Bajos	658	1047	1267	1543	912	1168
Pap. Nva. Guinea	381	413	448	451	0	520
Alemania	245	186	185	203	188	232
Emiratos Árabes	52	0	27	43	112	208
Otros	1554	1 630	2165	2411	2054	2002
Total	23 919	28 163	27 596	32271	34 019	35155

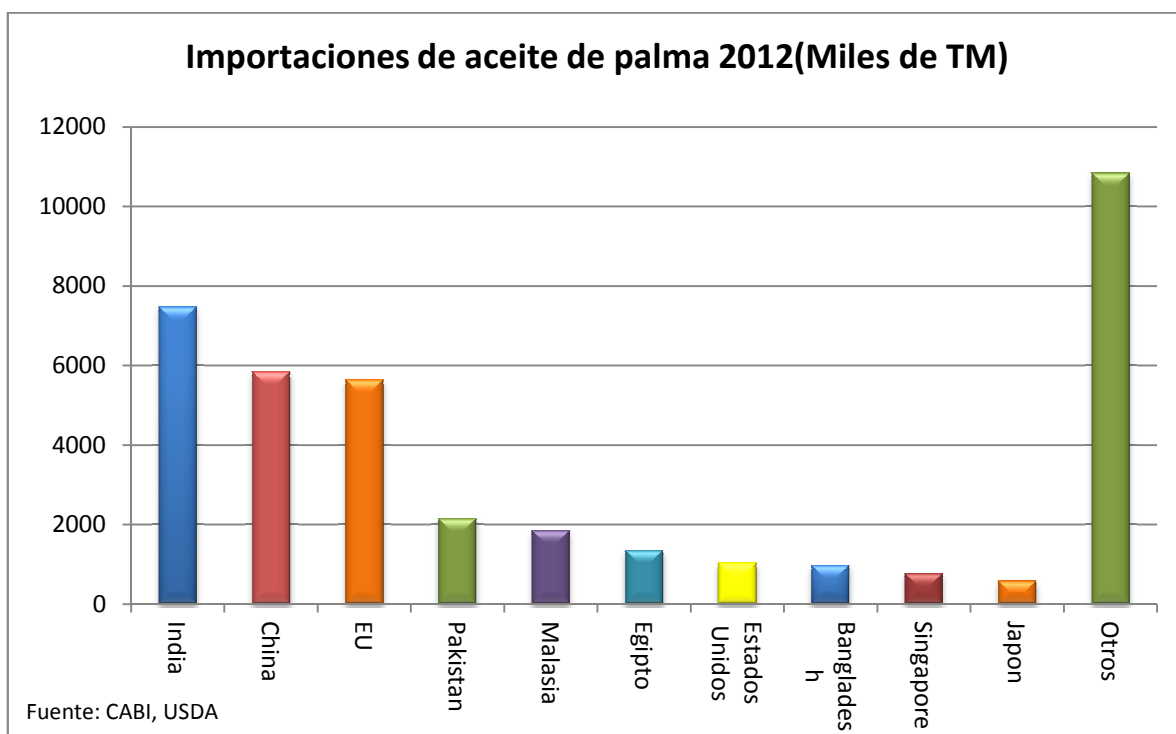
Fuente: FAO

FIGURA N° 1.4 EXPORTACIONES DE ACEITE DE PALMA 2010.



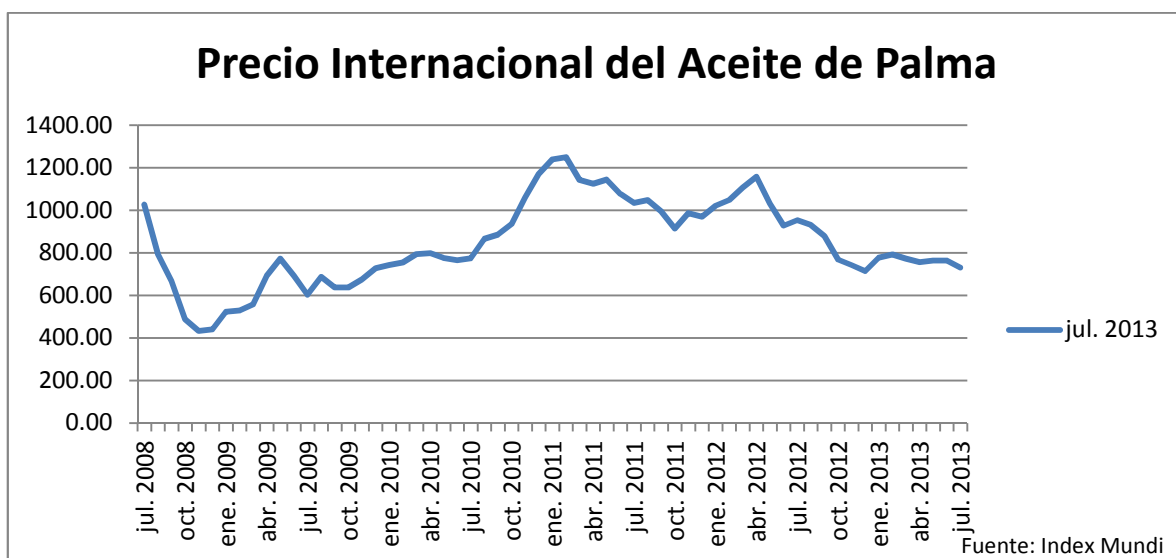
Los principales países exportadores de aceite de palma son Indonesia y Malasia, en el año 2010 las exportaciones de ambos países representan aproximadamente el 50% de las exportaciones mundiales. Se estima que los consumos del aceite de palma se incrementen en los siguientes años debido a la utilización de los biocombustibles.

FIGURA N° 1.5 IMPORTACIONES DE ACEITE DE PALMA 2010.



Las importaciones totales durante el año 2012 alcanzaron las 38.49 millones de toneladas métrica. Siendo el mayor importador la India que compro alrededor de 7.5 millones TM, seguido muy cerca por China que durante el mismo periodo compro cerca de 5.9 millones TM. En el tercer se ubica los países de la Unión Europea que adquirieron de cerca de 5.7 mil TM. Entre estos tres sumaron alrededor del 50% de las importaciones totales que se registraron durante ese año.

FIGURA N° 1.6 PRECIO INTERNACIONAL DEL ACEITE DE PALMA.



EL precio del Aceite de Palma se maneja a nivel internacional y depende de la oferta y demanda del mercado internacional. El precio máximo que alcanzo durante los últimos cinco años fue en febrero del 2011 y llego hasta los 1248.55 dólares por TM; mientras que su precio más bajo de los últimos cinco años se registró en el mes de Noviembre del 2008, en donde el precio del aceite crudo de palma llego a costar 433.10 dólares por TM.

1.8. Planteamiento del estudio.

1.8.1. Formulación.

El propósito de la presente tesina consiste en detallar cada uno de los procesos de la producción del aceite crudo de palma y sus derivados en la empresa Industrias del Espino S.A. También consiste en evaluar la capacidad de planta y determinar la solución más adecuada a las restricciones que se puedan presentar.

1.8.2. Justificación.

Es conveniente evaluar la capacidad de planta debido a que se prevé que la capacidad de racimos de frutos frescos que se producen en la zona y la demanda del Aceite crudo de palma se incrementen en los próximos años. La descripción a detalle del proceso es necesaria para poder realizar el balance de línea.

1.9. Definición de Objetivos

1.9.1. Objetivo General

Mejorar la capacidad de la planta utilizando la Teoría de las Restricciones.

1.9.2. Objetivos Específicos

- ✓ Estudiar y analizar las especificaciones del proceso productivo de la empresa.
- ✓ Obtener la capacidad de planta.
- ✓ Calcular el VAN y el TIR de la inversión que se realizaría.

1.10. Propuesta de Solución.

Se evaluarán dos escenarios posibles: uno es el de maquilar el excedente de Racimos de Frutos Frescos, para lo cual se evaluará la alternativa de tres posibles proveedores; y el otro es la implementación de un nuevo equipo de digestado y prensado.

1.11. Alcance de la solución.

Para el alcance de la solución se considerará lo siguiente:

- a. Se tomara en cuenta un estimado de la producción realizada por IDE hasta el año 2019 y se trabajara en base a esa proyección.
- b. El cálculo engloba la inversión en los nuevos equipos y la implementación. Y en el de la maquila se incluye los costos de transporte y otros costos en los que se incurriría.

CAPITULO II: DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA

2.1. BALANZA

En la balanza se pesa el camión al entrar con el fruto (peso bruto) y a la salida cuando está vacío, al realizar la resta de los dos pesos se obtiene el peso neto de Racimos de Frutos Frescos (RFF) ingresado.

Palmas del Espino (PDE) cuenta con dos turnos para ingresar fruto que son de 5:30 am a 4:00 pm y de 4:00 pm a 3:00 am. Industrias del Espino (IDE) compra principalmente el fruto a PDE pero también cuenta con otros proveedores. A PDE le paga un adicional por los RFF debido a un convenio entre ambas empresas

La balanza es de 16 metros de largo y 2.5 m de ancho, la capacidad de pesaje máxima es de 60Tn y la exactitud es de $\pm 10\text{Kg}$.

También se pesan todos los camiones que entran a retirar algún producto de la empresa o que vayan a ingresar materia prima.

A continuación se describirá detalladamente los distintos procesos que se dan en la extracción del aceite crudo de palma y sus derivados.

2.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO

La extracción es la parte más importante del proceso ya que va desde recepción de frutos en rampa hasta clarificación; es decir, desde la recepción de Racimo de Fruto Fresco (RFF) hasta la clarificación de aceite crudo de palma, también se da la extracción de aceite de palmiste.

Secuencia del Proceso de Extracción:

- Recepción de RFF.
- Esterilizado.
- Prensado: (Desfrutado, Digestión).
- Palmistería.
- Clarificado.

2.2.1. Recepción de RFF

Los RFF son transportados por vehículos de carga (Dumper), estos descargan los RFF en la rampa con capacidad de 87Tn (6 tolvas de 14.5Tn de capacidad cada una), cada una de las tolvas cuenta con una compuerta que es operada mediante un sistema hidráulico de dos bombas. Los frutos caen por la fuerza de gravedad cuando la compuerta es bajada por el operario, que es el encargado del llenado de los cestos, y cuando el operario sube la compuerta el fruto ya no pasa hacia las cestas, de esta manera se hace el llenado de los cestos con aproximadamente 2.5 TM de RFF. Los frutos caídos al suelo son recogidos por el operario y puestos en el cesto para que sigan con el proceso de producción.

Las cesta llena es trasladada en el montacargas y puestas sobre los buguis para que luego sigan con el proceso de esterilizado.

En la rampa el control de calidad lo realiza un operario de manera visual, se inspecciona un vehículo por día de Palmas del Espino y todos los vehículos de los demás proveedores. El análisis consiste en inspeccionar cada RFF y separar el fruto suelto para ser pesado.

En la inspección de los RFF se analiza lo siguiente:

- Racimo verde: es el racimo que contiene poca cantidad de aceite en los frutos y por lo tanto no resulta rentable en el proceso de extracción.

- Racimo maduro: Un racimo es maduro cuando solo se desprenden como máximo 5 frutos del RFF, es el racimo óptimo para el proceso de extracción.
- Racimo Sobre-maduro: Es un racimo en el cual el desprendimiento de frutos es mayor a 5 y no es el ideal porque aumenta el grado de acides del aceite.
- Escobajo: Es cuando el racimo tiene muy pocos frutos o nada, esto se da porque en la época en que le toco ser cosechado, no lo fue y por lo tanto perdió sus frutos. Este tipo de fruto tampoco es rentable en la extracción.
- Pedúnculo largo: Cuando el fruto tiene el pedúnculo de más de 20cm de largo se clasifica en este tipo, y no resulta rentable porque aumenta el peso del RFF.

En la separación de fruto suelto se saca una muestra aleatoria de aproximadamente 2 kg, los cuales son lavados con agua en un recipiente en donde quedan las impurezas junto con el agua, esta solución se pasa a través de un filtro en el que quedan las impurezas, luego se hace secar al sol para así poder obtener el porcentaje de impurezas. El total de frutos sueltos se pesan para obtener el porcentaje de frutos sueltos.

En el control de calidad se cuenta con rangos máximos y mínimos permitidos que deben de ser cumplidos por los proveedores, en caso de no cumplirse con estos rangos IDE se encarga de aplicarle un descuento al proveedor.

RANGOS PERMITIDOS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS RFF

CARACTERISTICAS	PORCENTAJE
Racimo verde	0.5 Máx.
Racimo maduro	84.0 Mín.
Racimo sobre-maduro	15.0Máx.
Escobajo	0.5 Máx.
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

CARACTERISTICAS	PORCENTAJE
Pedúnculo largo	0.50 Máx.
Impurezas	0.50 Máx.
Fruto suelto	15.00 Máx.
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

FIGURA N° 2.1 TOLVAS DE RECEPCION



2.2.2. Esterilización

Este proceso se realiza en un esterilizador que es un aparato cilíndrico de 27m. de largo y 2.5m de diámetro, tiene una entrada de vapor proveniente del colector que se encuentra en casa fuerza y una salida del mismo por la chimenea, tiene desagüaderos que es por donde se eliminan los condensados y un dispositivo llamado prensostato encargado de llevar la información al tablero.

En el esterilizador se introduce la carga (nueve cestas llenas de RFF) por esterilizador y se dispone de cuatro esterilizadores para este proceso, el esterilizado se realiza con las siguientes finalidades:

- ✓ **Limpiar el fruto**

Los RFF llegan del campo con muchos bichos y gérmenes, los cuales al entrar al proceso de esterilizado mueren debido a la temperatura que se alcanza dentro del esterilizador, también se eliminan las impurezas con las que el fruto llega de los campos de cosecha.

- ✓ **Inactivar la lipasa**

La lipasa es una enzima presente en el fruto de la palma que ocasiona que las moléculas de grasas se rompan formando ácidos grasos y glicerol. La lipasa se inactiva a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 60°C. Por ello, se podría pensar que el tratamiento de esterilización de los racimos es posible efectuarlo mediante el uso de agua caliente simplemente, pero para cumplir con los demás objetivos de esta primera etapa se requieren temperaturas mayores. Por esta razón se utiliza vapor saturado

✓ **Facilitar el desprendimiento de los frutos, ablandando la unión entre ellos.**

En la esterilización el fruto es preparado para la etapa de desfrutado, mediante la aceleración del proceso natural de desprendimiento de los frutos similar a cuando llegan a su estado óptimo de madurez. Este proceso ocurre por la evaporación del agua presente en los tejidos del pedúnculo de unión entre el fruto y la tusa, lo cual los ablanda. Al conseguir este objetivo, se minimizan las pérdidas de fruto que se causan por mal desfrutado.

✓ **Ablandar los tejidos de la pulpa.**

En la esterilización, los tejidos de la pulpa del fruto se debilitan, facilitando el rompimiento de las celdas que contienen el aceite durante los procesos de digestión y prensado. Este objetivo se consigue con poco tiempo de esterilización y una temperatura relativamente baja.

✓ **Deshidratar parcialmente las almendras contenidas en las nueces para facilitar su posterior recuperación**

Con la esterilización se busca un desecamiento de la almendra que al perder tamaño se desprende de la cáscara que la envuelve, facilitando de esta forma, el rompimiento de las nueces y la recuperación de las almendras en la sección de palmistería. La desecación o deshidratación general de la fruta también conlleva la evaporación de la humedad del interior de la almendra.

✓ **Coagular las proteínas**

Como en cualquier tejido vivo, las proteínas se encuentran en las celdas que contienen el aceite en el fruto de palma. Uno de los objetivos de la esterilización es el de coagular dichas proteínas.

Las proteínas favorecen la dispersión del aceite en el agua en forma de pequeñas gotas (emulsificación). Entonces, al coagularlas se reduce la emulsificación del aceite en el agua pues éstas se retienen dentro de la torta de prensado en el momento de la extracción, impidiendo que continúen hasta la clarificación. De lo contrario, se causarían dificultades en la etapa de clarificación para separar el agua del aceite, lo que ocasiona pérdidas mayores en las aguas lodosas de desecho.

✓ **Hidrólisis y descomposición del material mucilaginoso (gomas)**

Se ha encontrado que el fruto de palma contiene gomas y almidones (carbohidratos) que pueden formar soluciones coloidales (sustancias gelatinosas) en el aceite crudo, dificultando luego el proceso de clarificación.

Dependiendo de la temperatura y el tiempo de esterilización, los almidones y otros carbohidratos pueden absorber agua (hidrolizarse) en mayor o menor grado.

Se ha demostrado que a temperaturas superiores a 120°C estas materias gelatinosas son hidrolizadas, descompuestas o coaguladas. Para lograr este objetivo entonces, se recomiendan más altas temperaturas y mayores tiempos de esterilización.

La esterilización se descompone en ocho pasos y tiene una duración 78 minutos, en el siguiente cuadro se muestran los tiempos de cada uno de los pasos y la descripción:

CUADRO N° 2.1 TIEMPOS DEL ESTERILIZADO

Paso	Duración(min)	Descripción
1	18	Ingreso de vapor
2	2	Purga de condensado
3	10	Ingreso de vapor
4	8	Purga de condensado
5	32	Ingreso de vapor
6	5	Purga de condensado
7	3	Purgar todos los condensados
8	-	Abrir la puerta y sacar la carga.

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

El paso 5 es un paso crítico ya que el fruto tiene que ser cocido a una presión no menor de 2.5 bar y no mayor a 3. En caso contrario los objetivos por los cuales se ingresa el fruto al esterilizador no serían alcanzados. En este paso se alcanza temperaturas de hasta 140°C y se tiene que mantener constante entre los parámetros de presión mencionados anteriormente.

En el paso 7 se purgan todos los condensados durante tres minutos hasta que la presión llegue a cero bar. El operario por medidas de seguridad deberá ver el manómetro para asegurarse de que la presión del esterilizador es la adecuada para poder proceder con la apertura de la autoclave.

En el paso 8 se abre la puerta del esterilizador pero previamente se debe de bajar la llave de seguridad y esperar que la salida de vapor no tenga mucha presión. Luego de abrir el esterilizador se unen los buguis al montacargas mediante una cadena para ser jalados y sacados del esterilizador. Si después de 4 horas de haber salido las cestas de los esterilizadores aún no han pasado por el desfrutador, se

recomienda que las cestas reingresen a los esterilizadores para ser calentados por aproximadamente 20 minutos.

En los procesos de purgas de condensados se elimina aceite, impurezas y agua que se desprenden por la acción del vapor, los cuales son bombeados hacia el canal de recuperación de aceite (sistema de efluentes), previo enfriamiento. Los vapores son eliminados al medio ambiente por la chimenea.

La merma de agua, aceite e impurezas en el procesos de esterilizado, según una propia experiencia que realicé fue de 11.55%.

Peso de la cesta: 740Kg.

Peso de la cesta con RFF: 3250Kg. \Rightarrow *Peso de RFF neto = 2510Kg.*

Peso de la cesta con RFE: 2960Kg. \Rightarrow *Peso de RFE Neto = 2220Kg.*

\Rightarrow *Merma = 290Kg. = 11.55% sobre RFF*

Por cada tonelada de RFF se utiliza 200 Kg de vapor en el proceso de esterilizado y se obtiene 250 Kg de efluentes.

✓ Perdida de aceite en condensado

Variable	Índice
Perdida de aceite en condensado sobre aceite máx.	0.28%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

2.2.3. Desfrutado, Digestión y Prensado

Cuando las cestas son sacadas del esterilizador se colocan en la zona de las grúas monorriel. La grúa monorriel eleva la cesta y verte los RFE en la tolva.

✓ **Desfrutado.**

El objetivo del desfrutado es el de separar los frutos del racimo. El alimentador impulsa a los RFE para que por acción de la gravedad caigan al desfrutador, este se encarga de desprender los frutos del racimo a través de movimientos giratorios. El tambor giratorio en su interior cuenta con paletas que golpean al racimo y desprenden el fruto del racimo. Los racimos sin fruto (escobajo) salen del tambor giratorio y son conducidos por una faja transportadora hasta un vehículo de carga para luego ser llevado al campo en donde serán usados como abono orgánico en las plantaciones de palmas, o en caso de que la fibra que ingresa a los calderos sea insuficiente, se puede usar en los calderos como material para la combustión.

Los frutos salen por los agujeros del tambor giratorio para ser transportados hasta los cangilones para que los eleve y deposite en el transportador sinfín, que es el encargado de hacer llegar los frutos a los tanques digestores. En la fábrica se cuenta con dos tambores giratorios que pueden desfrutar 30Tn por hora cada uno.

✓ **Digestión**

El objetivo de la digestión es recalentar el fruto junto con el cáliz, desprender el pericarpio de la nuez y romper las celdas que contiene el aceite. El fruto es depositado en el tanque digestor el cual presenta unas paletas en las cuales el fruto va a macerar por medio de agitación circular, además se le aplica vapor a 1.5bar para que ayude a que las células de aceite se desprendan del fruto. Las paletas giran a 20RPM y aproximadamente el tiempo que el fruto está dentro del tanque

digestor es 20 minutos. Se recomienda mantener la temperatura del tanque entre 84°C y 96°C, así como también que el nivel de fruto en el digestor sea el máximo para que el tiempo de maceración sea mayor y se desprenda el aceite con mayor eficiencia. En caso de que los tanques de digestión se encuentren totalmente llenos el fruto se regresa hacia las tolvas mediante el transportador de retorno de fruto. Para el proceso de digestión se disponen de cinco digestores de 3750 litros. Para los casos en que se sufra algún desperfecto que impida que el fruto pueda llegar al sinfín de alimentación de los tanques digestores se cuenta con un transportador enlace que une las líneas 1 y 2.

✓ **Prensado**

El objetivo en esta etapa es el de extraer la mayor cantidad de aceite. El fruto ya digestado se procede a prensarlo. A la salida del digestor se le aplica agua entre 84°C y 96°C a razón de 2.5m³ por hora con el fin de lavar las fibras y obtener la mayor cantidad de aceite posible, también se quiere que la dilución sea la adecuada para realizar la clarificación. La prensa consta de dos tornillos sinfín ubicados dentro de una jaula horizontal de forma cilíndrica doble con agujeros. Los tornillos giran paralelamente ejerciendo contrapresión el uno contra el otro, además de dos conos que presionan la torta a la salida. Los líquidos son purgados por los agujeros de la rejilla de la jaula a una canaleta que lleva los líquidos a un tanque desarenador. En el tanque desarenador la arena queda en el fondo y es limpiada una vez por semana, mientras que los líquidos pasan al tamiz vibrador en donde las fibras son regresadas al proceso de digestión y el aceite es bombeado hacia el área de clarificación.

El tamiz se mantiene entre 84-96°C mediante un serpentín por el cual pasa vapor.

La torta que sale del proceso de prensado es enviado al área de palmistería para que siga con el proceso productivo, en el trayecto se le inyecta vapor para secar la fibra. En total se cuentan con 5 prensas que pueden procesar 10Tn de fruto por hora cada una, un tanque desarenador y un tamiz vibrador.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Característica	Índice
T. del digestor	84 – 96 °C
T. de agua de dilución	84 – 96 °C
Presión de los conos	50 bar
Flujo de agua en la prensa máx.	2.5 m ³ /h

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANALISIS

- ✓ Frutos adheridos sobre escobajos

Elemento	Índice
Racimo duro máx.	1.0 %
Racimo mal desfrutado máx.	2.0 %

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

- ✓ Control de torta a la salida de la prensa

Elemento	Índice
Fibra min.	42.0 %
Nuez entera min.	11.0 %
Almendras rota máx.	7.0 %
Almendras enteras máx.	7.0 %
Cascara máx.	7.0 %
Nuez adherida máx.	26.0 %

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

FIGURA N° 2.2 DESFRUTADORES



2.2.4. Clarificación

El proceso de clarificación es mediante el cual se separa y purifica el aceite crudo de palma proveniente del proceso de prensado. Para lograr este proceso se aprovecha la diferencia de densidades del agua, el aceite y el lodo, así como también la insolubilidad del aceite en el agua.

El aceite crudo de palma proveniente del tamiz vibrador pasa por un calentador que eleva la temperatura entre 84-100°C, es necesario que el ACP este en el rango de temperaturas mencionada para que se facilite el proceso de decantación estática.

El aceite calentado va hacia el decantador primario en donde ocurre la separación por decantación estática debido a la diferencia de densidades. El lodo y el aceite a medida van avanzando se van separando, el aceite húmedo queda en la parte superior mientras que el lodo va hacia el fondo. El decantador es un tanque rectangular horizontal que cuenta con un dispositivo de altura ajustable que recoge el aceite en la parte superior para enviarlo al decantador secundario, mientras que el lodo es sacado por la parte inferior y enviado al tanque de lodos. La temperatura dentro del decantador debe de estar entre 84-96°C para esto cuenta con un sistema de serpentines por donde pasa vapor para mantener la temperatura dentro del rango esperado y también con inyección de vapor directo en caso de que sea necesario elevar la temperatura.

El decantador secundario es un tanque cilíndrico vertical que tiene la función de eliminar las impurezas. El aceite proveniente de este decantador alimenta al sobrecalentador por rebose, y las impurezas quedan en el fondo para ser sacadas y regresadas al decantador primario cada ocho horas. El decantador secundario cuenta con un serpentín que mantiene la temperatura entre 84-96°C.

En el sobrecalentador se incrementa la temperatura (88-100 °C) antes de ser enviado al deshidratador o al hacia el tanque de vacío. En los tanques de vacío se evapora la humedad del aceite mediante el vacío (-620 a -640 mmHg) porque el punto de evaporación del agua disminuye y se evapora rápidamente, el aceite clarificado se envía a los tanques de almacenamiento 1, 2, 3 ó 4. En el deshidratador también se le quita agua para ser enviados a los tanques de almacenamiento.

El lodo que salió del decantador primario es enviado hacia un tanque cilíndrico vertical (tanque de lodos) en donde la temperatura debe de mantenerse entre 90 y 100°C con inyección directa de vapor. El lodo

sale por la parte inferior del tanque y es enviado a un desarenador, la arena es eliminada del proceso y el lodo desarenado alimenta a un compartimento céntrico del tanque de lodos, cuando este compartimento está lleno rebosa y se une con el lodo que contiene arena. El lodo desarenado es enviado cualquiera de los tres tricanters. En el proceso de clarificación dinámica se aprovecha el mismo principio de la clarificación estática pero con la diferencia de que se da con mayor velocidad, mediante fuerzas centrifugas. En los tricanters se da la separación de tres fases: aceite, agua y sólidos. El aceite es enviado al decantador primario para que pase por el proceso ya antes explicado. Los sólidos son transportados a una cesta y luego son vertidos en el dumper para que este los retorne a las plantaciones de palma. El agua es enviada por gravedad a un tanque receptor para luego ser envía al sistema de efluentes. El tricanter 1 está regulado entre 265-310 mm de abertura, mientras que los tricanters 2 y 3 son regulados entre 265-285 mm, los tres pueden alcanzar hasta 3500 RPM.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Tanques y calentadores

Característica	Índice
T. de calentadores de crudo	84 – 100 °C
T. de decantadores primarios	84 – 96 °C
T. de decantador secundario	80 – 96 °C
T. tanque de lodos	90– 100 °C
T. aceite a la salida del sobrecalentador	88 – 100 °C
Vacío del tanque 410	-620 – -640 mmHg.
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Tricanter

Característica	Índice
Amperaje del motor	26 A
Abertura del regulador	265 – 310 mm
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

ANALISIS

✓ Composición de lodo al ingresar al decantador primario(% en volumen)

Elemento	Índice
Aceite min.	28.0 %
Lodo ligero máx.	13.5 %
Agua min.	20.0 %
Lodo pesado máx.	38.5 %
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Lodo a la salida del decantador primario(% en volumen)

Elemento	Índice
Aceite máx.	16.5 %
Lodo ligero máx.	16.0 %
Agua máx.	60.0 %
Lodo pesado min.	7.5 %
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Porcentaje de pérdida de aceite en base seca a la salida del tricanter.

Variable	Índice
Aceite en la salida de lodo máx.	13.0 %
Aceite en la salida de agua máx.	20.0 %
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

FIGURA N° 2.3 DECANTADORES



2.2.5. Palmistería

El objetivo de esta etapa de la producción consiste en separar la nuez de la fibra con la que viene del proceso de prensado y luego, extraer la almendra de la nuez para que se pueda enviar a la planta de extracción de aceite de palmiste (Don Calixto).

En el área de palmistería se cuentan con dos líneas que trabajan en paralelo y que básicamente operan de forma similar. El proceso se inicia cuando la torta cae a un transportador en el que por medio de chaquetas se le inyecta vapor para que la fibra llegue con menos humedad al ciclón y se pueda realizar una mejor separación. La fibra succionada es depositada en un silo para luego ser enviada como combustible a los calderos. La nuez, que por propio peso no pudo ser succionada, cae en el tambor pulidor para que se eliminen los restos

de fibra e impurezas que puedan haber pasado al tambor giratorio. La nuez es transportada mediante un elevador a la parte superior del silo secador que consta de tres niveles con diferentes temperaturas, la nuez es secada con el propósito de hacer más quebradiza la cascara y facilitar la trituración de estas. El silo está equipado de aire caliente cuya temperatura la regula los radiadores. La nuez sale por la parte inferior del silo y es elevada para que entre a otro ciclón en el que se succiona el polvo y es sacado por la parte superior, las piedras o impurezas pesadas caen a un bidón para ser eliminadas y la nuez seca pasa al clasificador de nueces que la separa en tres tamaños; grande, mediana y pequeña. La separación de tamaños se hace porque cada Riple mil esta calibrado para triturar un tamaño de nuez, por eso se cuenta con tres Riple mil por línea. El objetivo del Riple mil es solo triturar la cascara de la nuez, luego pasa a el ciclón en el que succiona la cascara de la nuez y la lleva a un silo que alimenta a los calderos, las almendras caen al transportador que las lleva a un secador de almendra y las almendras con cascara adherida entra a los tambores. En los tambores la cascara obtenida es enviada al silo de cascara para que también sea enviada al caldero, y la almendra al secador. El secador de almendras funciona igual que el de nueces con la única diferencia que la temperatura de los niveles varía. Por último la almendra sale por la parte inferior del silo secador y es transportada a un silo de almacenamiento que se ubica en la parte exterior de la planta Don Calixto para continuar con el proceso.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

- ✓ Secador de nueces 1 y 2.

Característica	Índice
T. del nivel superior min.	75 °C
T. del nivel medio min.	70 °C
T. del nivel inferior min.	60 °C
Humedad de nuez a la salida	12%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

- ✓ Hidrociclón de la línea 1

Característica	Índice
Presión bomba M34(cascara)	0.5 – 1.0 bar
Presión bomba M35(almendra)	1.5 – 2.5 bar

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

- ✓ Hidrociclón de la línea 2

Característica	Índice
Presión bomba N°1(cascara)	0.4 – 0.5 bar
Presión bomba N°2(almendra)	0.5 – 0.6 bar

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

- ✓ Silo de almendras 1 y 2.

Característica	Índice
T. del nivel superior min.	60 °C
T. de nivel medio min.	55 °C
T. del nivel inferior min.	50 °C
Humedad de nuez a la salida	12%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANÁLISIS

- ✓ Pérdida de almendra

Elemento	Índice
Fibra máx.	2.0%
Polvo máx.	7.0%
Cascara máx.	10.0%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Calidad de palmiste

Elemento	Índice
Humedad máx.	15.0%
Almendras rota máx.	10.0%
Impureza máx.	15.0%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Color de almendras

Elemento	Índice
Blanco min.	49.0%
Amarillo máx.	34.0%
Oscuro máx.	17.0%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Porcentajes máximos de almendras en elementos enviados al caldero.

Elemento	Índice
En fibra máx.	2.0%
En cascara seca máx.	7.0%
En cascara húmeda máx.	10.0%

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

FIGURA N° 2.4 HIDROCICLON



2.2.6. Extracción de aceite Palmiste (Planta Don Calixto)

La almendra tiene aproximadamente entre 48 – 50 % de aceite de características diferentes a las del aceite rojo de palma, por lo tanto el objetivo de esta etapa es extraer la mayor cantidad de ese aceite y obtener alimento balanceado para animales.

La almendra se conduce del silo de almacenamiento a un molino de martillo que se encarga de reducir el tamaño a un octavo del tamaño inicial, luego se transporta a un molino que está compuesto de 5 rodillos para reducir aún más el tamaño de las partículas de las almendras, quedando reducida aproximadamente a 0.30 mm de espesor, la reducción de tamaño es para que la cocción de la pasta

sea más uniforme y de mejor calidad. Del molino de rodillos la almendra molida es llevada a la parte superior del cocinador (4 niveles con diferentes temperaturas) para que se reduzca la humedad y para que la extracción de aceite pueda hacerse de manera efectiva. Las partículas cocinadas son elevadas y luego transportadas al Expeller, previo paso por un acondicionador de chaquetas de vapor que mantiene la temperatura y reduce la humedad de la masa. En el Expeller se prensa la masa para extraer el aceite por la parte inferior y la torta sólida con aproximadamente 10% de aceite por la parte del costado. El Expeller es refrigerado con el aceite que proviene del tanque de aceite crudo de palmiste y con agua. La torta de palmiste se envía por medio del transportador central y de un elevador a un molino de martillo para que reduzca el tamaño de las partículas de la torta, a la salida del molino se almacena en un silo de alimento balanceado que cuenta con una balanza en la parte inferior para que llene sacos de polipropileno con 50 kilos de alimento balanceado. Los sacos son cocidos y apilados en parihuelas (30 sacos por parihuela). El aceite crudo extraído del Expeller pasa por un tanque cernidor para separar las partes sólidas y enviarlas al cocinador. El aceite se bombea al filtro de lonas para eliminar las impurezas del aceite, y las partes sólidas también se envían al cocinador. El aceite filtrado se envía al tanque pulmón antes de ir al tanque balanza. En el tanque balanza se mide que cantidad de aceite es enviada hacia el tanque 16 y 17 que es donde el aceite se quedara almacenado antes de seguir con el proceso.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

- ✓ Temperatura del cocinador

Característica	Índice
Anillo N° 1 máx.	90 °C
Anillo N° 2 máx.	95 °C
Anillo N° 3 máx.	100 °C
Anillo N° 4 máx.	110 °C
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

- ✓ Expeller

Característica	Índice
Carga eje horizontal máx.	50 A
T. agua de enfriamiento del eje horizontal máx.	38 °C
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

ANALISIS

- ✓ Recepción de almendra

Elemento	Índice
Humedad máx.	15.0 %
Impureza máx.	20.0 %
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

- ✓ Porcentaje de humedad

Elemento	Índice
Harina salida del cocinador máx.	8.0 %
Harina entrando al Expeller máx.	5.0 %
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

- ✓ Aceite crudo de palmiste

Elemento	Índice
Acidez (% Laurico) máx.	3.0 %
Humedad	0.2 %
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

✓ Porcentajes de aceite en base seca de torta de palmiste

Elemento	Índice
Almendra laminada mín.	40.0 %
Torta a la salida del Expeller máx.	10.0 %

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

FIGURA N° 2.5 PLANTA DON CALIXTO



2.3. REFINERIA

El aceite crudo de palma (ACP) entra al proceso de refinación para modificar su estructura química y física para obtener un producto final que sea de calidad y apto para el consumo humano. La refinación consta de tres procesos principales que son el desgomado, el blanqueado y el desodorizado, luego de pasar por estos tres procesos al aceite se le conoce como RBD (Refinado, Blanqueado, Desodorizado). A continuación se explicara cada uno de los tres procesos que ocurren en el área de refinería.

✓ **Desgomado**

El objetivo del desgomado es modificar la estructura de las gomas y carbohidratos presentes el ACP con la ayuda del ácido cítrico, la estructura es modificada con el propósito de ser separadas en el proceso de blanqueado.

El ACP es bombeado de los tanques stock (1, 2, 3 ó 4) hacia el intercambiador tubular (521A), en caso de hacerse la refinación del aceite de palmiste se bombea de los tanques 16 ó 17. El ACP entra al intercambiador por el serpentín para aprovechar el calor de aceite refinado que se encuentra dentro del intercambiador, luego pasa por el calentador de piroplacas (521B) en el que también entra vapor para que eleve la temperatura del ACP hasta 85-90 °C, el vapor que ingresa al 521B se retira en forma de condensados. A la salida del calentador de piroplacas el aceite es enviado al tanque batidor (T504), antes de que ingrese al batidor se le agrega la solución de ácido cítrico. En el tanque (T534) se mezcla 65Kg de ácido cítrico con 500L de agua para ser dosificado al ACP. En el tanque T504 se agita la mezcla para lograr que se homogenice hasta que rebose al tanque (T503). El tanque T503 está dividido en 6 pisos por placas horizontales, en aceite pasa por cada uno de los pisos en donde es agitado hasta que rebosa a dos bombas que envían el aceite a los tanques T621 y T635. El desgomado finaliza en esta parte para dar inicio al proceso de blanqueado.

✓ **Blanqueado**

La finalidad del proceso de blanqueado es separar las gomas y compuestos que le dan color al aceite agregándole tierra blanqueadora (tierra tonsil).

La tercera parte del aceite que sale del tanque T503 es enviada al tanque mezclador (T635) en donde se va a homogenizar con tierra tonsil, la mezcla es succionada por vacío al tanque calentador (T621) y en donde se va a unir con las otras 2/3 partes de aceite que salió del T503. El tanque 621 tiene un serpentín por el cual fluye vapor y también cuenta con entrada de vapor directo, por acción de vacío los vapores son absorbidos, cuando rebosa el T621 el aceite pasa al blanqueador (T622). El T622 tiene un serpentín para calentar y coronas de inyección de vapor para mantener la tierra en suspensión. A la salida del T622 hay tres bombas que envían la mezcla a los filtros Niágara. El filtro Niágara es de forma cilíndrica y cuenta con 11 placas filtrantes por las cuales pasa el aceite ya blanqueado, mientras que la tierra mezclada con gomas y colorantes se quedan en el filtro para ser purgados cada 5 horas de actividad. A la salida de los filtros el aceite va hacia el tanque de depósito (T682B), el cual alimenta a un capifiltro que consta de 30 cartones y 30 telas filtrantes para eliminar la tierra en caso pase el Niágara. Luego, pasa por el filtro GAF que tiene una bolsa filtrante en su interior. En el filtro GAF termina el proceso de blanqueado.

✓ **Desodorizado**

En el desodorizado se eliminan ácidos grasos libres utilizando altas temperaturas y presión de vacío.

Al tanque pulmón (T801) llega el aceite blanqueado y es enviado a que pase por el T880 para elevar la temperatura, a la salida del T880 es bombeado para que hacia el tanque calentador (T821A1) previo paso por otro de los compartimentos del T880. El rebose del T821A1 va hacia el T821A2, ambos

calentadores cuentan con serpentines por donde pasa aceite térmico que es calentado en el caldero Konus y también tienen inyección de vapor seco para permitir la extracción por medio de vacío principalmente de los ácidos grasos. El tanque de desodorizado (T822) recibe el aceite del T821A2, el T822 cuenta con tres bombas mamut e inyección de vapor directo para elevar la temperatura del aceite hasta 250 °C para que se volatilicen los ácidos grasos y carotenos. Los ácidos grasos obtenidos en los T821A1, T821A2 y T822 son enviados a los tanques de ácidos grasos libres (T814A1 y T814A2) previa condensación de los mismos con duchas de agua fría, cuando el tanque de AGL llega al nivel alto los envía a grasa cálcica. El aceite se traslada del T822 al primer compartimento del T880 para que empiece a enfriarse por contacto con tuberías que contienen aceite blanqueado a menor temperatura, por rebose el aceite pasa por cada uno de los 4 compartimentos del T880, en el cuarto compartimento ingresa agua industrial por tuberías. A la salida del T880 se le dosifica antioxidante desde el tanque (T834), luego pasa por 3 intercambiadores tubulares de temperatura para bajar su temperatura hasta 45 – 55 °C que son el 881X (RBD con aceite blanqueado), luego por el 521A (RBD con aceite crudo) y por último el 881B (RBD y agua industrial), finalmente el RBD pasa por el filtro GAF antes de ser enviado al tanque de almacenamiento que le corresponda.

- ❖ El caldero Konus funciona a biogás o diesel y calienta el aceite térmico que pasa por los serpentines de los tanques T821A1, T821A2, T822 y también por el T849 para secar el vapor que viene del área de calderos.

- ❖ El sistema de vacío se inicia en los condensadores (ya sea en el de desodorizado (841) o en el de blanqueado (641)) que es a donde llega agua y vapor.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Flujos

Característica	Índice
Medida Másica de 500	5700 – 9000 Kg/h
Medida Másica de 800	5200 – 8000 Kg/h
Medida volumétrica de 500	6000 – 9000 L/h
Medida volumétrica de 800	4800 – 8000 L/h
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Etapa de desgomado y blanqueo

Característica	Índice
T. de entrada de ACP a 521^a	45 – 55 °C
T. de aceite en T503	80 – 100 °C
T. de aceite en T622 min.	80 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Sistema de vacío

Característica	Índice
Presión de vapor alta	11 – 16 bar
Presión de agua barométrica min.	1.3 bar
Presión absoluta de 841 máx.	4 mm Hg
Presión absoluta de 641 máx.	-600 mm Hg
T. agua barométrica máx.	35 °C
T. de agua de cond. Sal 600-1	34 – 42 °C
T. de agua de cond. Sal 600-2	36 – 52° C
T. de agua de cond. Sal 800-1	36 – 57 °C
T. de agua de cond. Sal 800-2	32 – 44 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Etapa de desodorizado

Característica	Índice
Presión de vapor directo	0,30 – 0,70 bar
T. en T821A1	230 – 245 °C
T. en T821A1	260 – 270 °C
T. en T822	240 – 260 °C
T. de salida en T880	95 – 120 °C
T. de salida de RBD	45 – 55 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Ácidos grasos

Característica	Índice
T. de T814 AG1	50 – 55 °C
T. agua VR 881 AG1	40 – 55 °C
T. de T814 AG2	50 – 55 °C
T. agua VR 881 AG2	40 – 55 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Ácidos grasos

Característica	Índice
T. gases de combustión máx.	300 °C
T. aceite térmico a la salida máx.	295 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

ANALISIS

✓ Control de dosificaciones

Elemento	Índice
Dosificación de solución de ac. cítrico	0.021 – 0.025 %
Dosificación de tierra decolorante	0.4 – 0.6 %
Dosificación de antioxidante	0.018 – 0.022 %
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Análisis de RBD

Elemento	Índice
Acidez libre máx.	0.06 %
Color, lovibond celda ½" máx.	2.2 R 46 A
Impureza	8 – 10 °
Índice de peróxido máx.	1,00 Meq/Kg

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Análisis de aceite blanqueado

Elemento	Índice
Acidez libre máx.	5,00 %
Color, lovibond celda ½" máx.	20 R 30 A
Impureza	8 – 10 °

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Análisis de aceite crudo

Elemento	Índice
Acidez libre máx.	5,00 %
Índice de peróxido máx.	5,00 Meq/Kg
Color, lovibond celda ½" máx.	20 R 30 A
Humedad y mat. Volátil	0,20 %

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

2.4. FRACCIONAMIENTO

El objetivo en el proceso de fraccionamiento consiste en separar la fase sólida (estearina) de la líquida (oleína o súper oleína) mediante la cristalización del RBD o estearina. Se cuenta con tres plantas de fraccionamiento y a continuación se detalla las características de cada una:

✓ **Planta N° 1**

En la planta de fraccionamiento N°1 se obtiene principalmente oleína y súper oleína a partir del RBD de palma. El proceso se inicia cuando el RBD que se encuentra en el tanque N° 22 pasa a través del calentador de piroplacas para elevar su temperatura antes de que llegue al tanque 1001, el cual cuenta con serpentines de vapor para calentar el aceite (70 – 75°C). Cuando el aceite se encuentra dentro del rango de temperatura es enviado al cristalizador, en la planta N° 1 se cuenta con seis cristalizadores de 3500 litros cada uno y está compuesto de tres cilindros verticales con paletas agitadoras en su interior para mantener la homogeneidad. Todas las recetas cuentan con doce pasos los cuales consisten en:

Paso 1:

Se abre la válvula de ingreso de agua caliente a la chaqueta del cristalizador para que el agua del tanque 1078D circule por las chaquetas con la finalidad de limpiar las paredes de los sólidos que quedaron del proceso anterior. El agua ingresa entre 50 - 75°C y regresa al mismo tanque.

Paso 2:

Se cierra la válvula de ingreso de agua caliente y arranca la bomba que se encarga de la recircular el agua dentro de las chaquetas de los cristalizadores, fundiendo así los cristales adheridos a las paredes interiores del cristalizador.

Paso 3:

Se abre la válvula de ingreso de RBD al cristalizador, el RBD de estar entre 70-75°C antes de ingresar, en caso contrario no va ser posible el ingreso del aceite al cristalizador.

Paso 4:

Se abre la válvula de ingreso de agua helada a las chaquetas del cristalizador y se mantiene cerrada la válvula de retorno de agua hacia el tanque 1078B.

Paso 5 al paso 11:

En estos pasos se da el mismo procedimiento que en el paso 4 pero varían los tiempos de acuerdo a la receta que se utiliza. La válvula de retorno de agua hacia el tanque 1078B recién se apertura en este paso.

Paso 12:

Se abre la válvula de descarga del RBD cristalizado hacia cualquiera de los dos filtros prensa que se disponen en esta área.

Todas las recetas de fraccionamiento tienen los doce pasos lo que hace diferentes a las recetas es el tiempo de cada paso, las temperaturas en cada paso y las revoluciones de las paletas agitadoras.

El RBD cristalizado ingresa al filtro prensa hasta que la presión de ingreso llega a 210KPa, luego se empieza a presurizar hasta llegar a 550Kpa de presión. La presurización consiste en la entrada de aire para separar la oleína de la estearina, la presión se debe mantener para continuar con el exprimido, la oleína se

envía al tanque de oleína y la estearina queda en entre las placas. Luego, se abre las válvulas de ingreso de aire para soplar y secar la estearina. Finalmente, se abre el filtro prensa y se deja caer la estearina en el tanque fusión para que sea calentada hasta volverla totalmente líquida, se pasa por el filtro GAF y se envía al área de envasado.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Característica	Índice
T. de RBD	70 – 75 °C
Presión de filtrado máx.	210 KPa
Presión de exprimido máx.	600 KPa
T. de agua fría máx.	18 °C
T. de agua caliente	50 – 75 °C
Presión de filtrado de oleína máx.	3.5 bar
T. de estearina máx.	60 °C
Presión de filtrado de estearina máx.	3.5 bar

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANÁLISIS

✓ En superoleína

Elemento	Índice
P. nube de superoleína máx.	3.5 °C
Acidez máx.	0.06 %
COLOR Lovibond máx.	2.4 R

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ En estearina

Elemento	Índice
Humedad máx.	0.05 %
Grado impureza	8 – 10

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ **Planta N° 2**

El objetivo en esta planta es fraccionar el RBD de palma para obtener oleína y súper oleína.

El método de operación de la planta N° 2 es muy similar a la de la planta n°1, solo tienen algunas diferencias en cuanto a los parámetros y a las capacidades que a continuación se detallan:

La presurización se realiza con agua helada y con una presión máxima de 8bar subiendo la presión a razón 0.5bar/min. La prensa filtro tiene mayor capacidad y permite filtrar mayor cantidad de RBD cristalizado o de estearina.

La base crema se obtiene del reproceso de la estearina, se vuelve a cristalizar la estearina obtenida con una receta especial para este proceso, se obtiene la base crema que es enviada a producto terminado y la estearina dura que es utilizada en jabonería.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Característica	Índice
T. de RBD	70 – 75 °C
Presión de filtrado máx.	6bar
Presión de exprimido máx.	8 bar
T. de agua fría máx.	18 °C
T. de agua caliente	50 – 75 °C
Presión de filtrado de oleína máx.	3.5 bar
T. de estearina máx.	60 °C
Presión de filtrado de estearina máx.	3.5 bar

Elaboración: Propia Fuente: IDE

ANALISIS

✓ En oleína

Elemento	Índice
P. nube de oleína máx.	5.2 °C
Acidez máx.	0.06 %
COLOR Lovibond máx.	2.4 R

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ En estearina

Elemento	Índice
P. fusión	42 – 52.5 °C
Humedad máx.	0.05 %
Grado impureza	8 – 10

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Planta N° 3

El objetivo de esta planta es la obtención de oleína de palmiste, estearina de palmiste (MK), re-fraccionar la oleína de palmiste y también re-fraccionar la estearina de palma para obtener base crema y estearina dura.

La planta opera de manera similar a la 1 y 2, la diferencia es la presión de prensa puede llegar hasta los 25bar y además, la presión hidráulica máximo es de 200bar. La oleína de palmiste se vuelve a fraccionar y el producto obtenido es usado para la preparación de chocolates, mientras que la estearina de palmiste en producto terminado.

CUADRO N°2.2 CONCEPTOS DE VARIABLES UTILIZADAS

CONCEPTOS DE VARIABLES UTILIZADAS	
PASO	Etapas del proceso de cristalización.
TEM °C	Temperatura del agua que recircula por la chaqueta del cristizador
DELTA T °C	Diferencia de la temperatura del agua y el aceite Faltando 5 minutos para que termine el paso, el valor indicado debe ser la máxima diferencia.
RAMPA	Es el tiempo en que debe bajar la temperatura del agua de un valor a otro, se da al inicio de cada paso. Este tiempo está incluido en el total de dicha etapa. Esto con la finalidad de que no haya cambio brusco de temperatura, cuando es así, los cristales formados son más finos causando atoros en las telas del filtro prensa.
TIEMPO	Es el tiempo total que debe mantenerse la temperatura del agua.
RPM	Revoluciones por minuto de los agitadores. Cuando la temperatura es alta, las rpm aumentan. A medida que se va bajando la temperatura las rpm tienen que ir disminuyendo para evitar la ruptura de los cristales formados.

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Característica	Índice
T. de RBD	70 – 75 °C
Presión de filtrado máx.	6 bar
Presión de exprimido máx.	25 bar
T. de agua fría máx.	18 °C
T. de agua caliente	50 – 75 °C
Presión de filtrado de oleína máx.	3.5 bar
T. Estearina dura máx.	65 °C
T. Estearina de palmiste máx.	50°C
Presión de filtrado de estearina máx.	3.5 bar

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANÁLISIS

El punto fusión en la obtención de la base crema depende del tipo de receta que se utilice.

FIGURA N° 2.6 PLANTA DE FRACCIONAMIENTO



2.5. PRODCUCTO TERMINADO

2.5.1. Jabonería

El objetivo en el área de jabonería es lograr que las grasas de la palma y palmiste se saponifiquen de manera adecuada para obtener un jabón de calidad.

El proceso de saponificación se lleva a cabo en los crutcher, en donde se introducen las cantidades de grasas de acuerdo al tipo de jabón que se va a preparar, para ser mezcladas con soda caustica al 50% y agua. El crutcher cuenta con inyección de vapor por chaquetas para que la masa tenga un color adecuado. Cuando la mezcla esta saponificada se le agrega salmuera (20 – 23° Baumé). Se lleva constantemente muestras de la mezcla para asegurarse de que cumpla con los parámetros establecidos, el proceso dura aproximadamente 5 horas. Luego, en el mismo crutcher se le adiciona los aditivos según la receta del jabón (Popeye o Spá) y se mezcla con la masa saponificada hasta que tenga una apariencia homogénea. Finalmente, se descarga el contenido en el tanque pulmón correspondiente para que desde allí se abastezca el extrusor de vacío, antes de entrar al extrusor de vacío pasa por un sobrecalentador para elevar la temperatura de la mezcla. El extrusor reduce la humedad a los parámetros establecidos por medio de vacío para alimentar a los compresores.

En el caso del jabón Spá, la base seca que sale del pellets se transporta al tanque pulmón para que luego se pese 50Kg y se le incorporen los aditivos según la presentación de jabón que se va producir para que se mezcle por aproximadamente dos minutos en el

mezclador. Se descarga la mezcla hacia el transportador de ganso y este la lleva hacia el triplex, que consta de tres compresores (inicial, preliminar y final), a la salida del compresor final la masa es cortada de acuerdo al tamaño de jabón para que luego sea moldeado en la troqueladora. Finalmente el jabón es embolsado, rotulado y encajado.

En el caso del jabón Popeye, a la salida del pellets se le dosifica fragancia y pasa por un compresor que la da la forma al jabón, a la salida del compresor un rodillo estampa la marca del jabón en la parte superior para que luego sea cortado con el peso adecuado. Finalmente es embolsado, rotulado y encajado.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Jabón de lavar

Característica	Índice
Bomba de alimentación máx.	120 RPM
Presión de agua mín.	12 Psi
Presión de vapor para vacío máx.	13 Kg/cm ²
T. de agua fría máx.	20 °C
Presión de vacío máx.	-23 Pulg Hg
T. de cabeza cónica	50 – 70 °C
Dosificación de perfume	0.4 – 0.6 %
Humedad	20 – 25 %
Peso	250 ± 3grs.

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Jabón de tocador

Característica	Índice
T. de jabón a la salida del sobrecalentador	100 – 120 °C
T. de agua fría máx.	20 °C
Presión de vacío máx.	-23 Pulg Hg
T. de cabeza cónica	50 – 70 °C
Humedad pellets	20 – 25 %
Humedad de jabón terminada	13 – 15 %
Peso de 90grs.	90 ± 2grs.
Peso de 150grs.	150 ± 2grs.
Elaboración: Propia Fuente: IDE	

2.5.2. Sala de aceite n° 1

En la sala de envasado de aceite n° 1 el principal objetivo es el correcto envasado del aceite Palmerola en la presentación de 900cc cumpliendo con las normas de calidad de establecidas.

En esta sala se cuenta con 3 máquinas Rommelag que cumplen la misma función y trabajan de forma muy similar. Antes de iniciar el proceso en las maquinas Rommelag se prepara la mezcla de polietileno en el área del molino de rebabas, donde se mezcla 50Kg de polietileno de alta densidad, 50Kg de polietileno de baja densidad y 75 Kg de rebabas molidas, la mezcla se coloca en tanques para que cada máquina absorba desde allí la preparación de polietileno. El proceso de mezclado dura aproximadamente 20 minutos. En los tanques 6, 7 u 8 se mezcla 94.95% de oleína de palma, 5% de oleína de palmiste y 0.05%de anti-cristalizante, la mezcla se mantiene en agitación constante y está entre 25 y 35°C. El aceite pasa por un filtro GAF y alimenta al tanque pulmón de las maquinas Rommelag. El polietileno entra al tanque pulmón de la máquina, luego pasa por el extrusor en donde va a estar entre 160 – 200 °C. La extrusora derrite

el polietileno y cae en forma de mangas para que el carro de cuatro moldes encierre las mangas y pueda darle forma. Las mangas son cortadas por una cuchilla y el carro se traslada hasta estar debajo de los inyectores. El proceso de moldeado es por vacío y por inyección de aire a través de los inyectores, los moldes tienen recirculación de agua fría para bajar la temperatura al polietileno y hacer que se solidifique. Los inyectores llenan las cuatro botellas formadas con la cantidad adecuada que le provee el dosificador, finalmente las botellas son selladas y puestas en la faja transportadora. A la salida de la máquina un ventilador se encarga de enfriar las botellas, el proceso dura 22 segundos. Luego una máquina automática retira la rebaba superior de la botella, y es rotulada por la máquina Image. Doce botellas son empaquetadas con láminas de polietileno e ingresadas al horno termoencogible por aproximadamente 30 segundos para ajustar el plástico a las botellas, a la salida del horno un ventilador enfría el paquete antes de ser apilado en la parihuela (60 paquetes por parihuela).

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Máquina Rommelag 1, 2, 3, 5 y 6.

Característica	Índice
Aire comprimido	5 – 7 bar
Hidráulica alta	80 – 120 bar
Hidráulica baja	50 – 80 bar
Vacío	-16 – -22 inHg
Agua Helada	05 – 18 °C
Temperatura de cuello de extrusor	160 – 200 °C
Temperatura de cabezal de extrusor	160 – 200 °C

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANALISIS

- ✓ Palmerola 900cc.

Variable	Índice
Peso de botella vacía	40 – 41 gr
Peso de aceite	800 – 820 gr
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

- ✓ Tiempos de operación

Característica	Tiempos (seg.)
Ciclo total	22
Cierre de molde	16
Mandril	8
Retardo de soplado	0.7
Soplado	2.5
Retardo de cuchilla	0.7
Cierre de mordaza	16
Carro posición tubo	1
Inmersión	3
Rebarbadoras	0.3
Retraso de molde	0.2
Válvula de llave	0.5
Retraso de dosificador	3
Válvula cónica	0.5
Cilindro dosificador	1
Llenado	10
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

2.5.3. Sala de aceite n° 2

En la sala de envasado de aceite n° 2 se tiene como objetivo principal el correcto envasado de aceite Palmerola en las presentaciones de 450cc, 900cc, 4.5lts y 18lts, y aceite tondero en las presentaciones de 4.5lts y 18lts.

El esta sala se cuentan con tres máquinas Rommelag que trabajan de forma parecida a las de sala n° 1. Para el moldeado de las galoneras de 4.5lts y bidones de 18lts se utilizan dos máquinas Parker que solo se encargan de darle forma al molde para que luego sean llenadas por dosificadores en las balanzas. La mezcla de polietileno que se utiliza en las Parker se hace con 125Kg de polietileno de alta densidad, 6Kg de polietileno de baja densidad y 75Kg de rebabas de bidones y galoneras. El tiempo que se demora la Parker n°1 de bidones es de 68.2 segundos por bidón y la Parker n°2 de galoneras es de 32 segundos por cada una.

Las galoneras y los bidones terminados son trasportados por la faja hacia el área de llenado para que se les dosifique la cantidad adecuada (4.5lts. o 18lts.) del aceite correspondiente (Palmerola o Tondero), luego el operario les coloca la tapa. Finalmente son rotuladas y empaquetadas.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Maquina Rommelag 4.

Característica	Índice
Aire comprimido	4 – 7 bar
Hidráulica alta	80 – 100 bar
Hidráulica baja	40 – 75 bar
Vacío	-16 – -22 inHg
Agua Helada	05 – 18 °C
Temperatura de cuello de extrusor	160 – 200 °C
Temperatura de cabezal de extrusor	160 – 200 °C

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

- ✓ Maquina Parker N°2 (galoneras).

Característica	Índice
Presión de cierre de molde	55 – 65 bar
Presión de apertura de molde	80 – 95 bar
Presión de parisión	90 – 105 bar
Motor extrusor	1000 – 1200 RPM
T. de zonas (1 – 7)	145 – 165 °C
T. agua fría	8 – 15 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

- ✓ Maquina Parker N°1 (bidones).

Característica	Índice
Presión de cierre de molde	130 – 140 bar
Presión de inyección subir	130 – 140 bar
Presión de inyección bajar	45 – 70 bar
Presión de cierre de mordaza	85 – 100 bar
Presión de parisión	80 – 95 bar
Motor extrusor	1000 – 1200 RPM
T. de zonas (1 – 6)	165 – 185 °C
T. agua fría	5 – 15 °C
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

ANALISIS

- ✓ Palmerola 450cc.

Variable	Índice
Peso de botella vacía	25 – 26 gr
Peso de aceite	400 – 410 gr
Elaboración: Propia	Fuente: IDE

✓ Palmerola y Tondero 4.5lts.

Variable	Índice
Peso de galonera vacía	180 – 200 gr
Peso de aceite	4.02 – 4.08 Kg
Diámetro exterior del hilo	35.4 – 35.8 mm
Diámetro interior de la boca	30.7 – 31.1 mm
Altura de la boca	14.6 – 14.9 mm
Espesor de la boca	1.2 – 1.6 mm
Resistencia a la caída	Mayor a 3

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Palmerola y Tondero 18lts.

Variable	Índice
Peso de bidón vacío	850 – 870 gr
Peso de aceite	16.1 – 16.3 Kg
Diámetro exterior del hilo	52.5 mm
Diámetro interior de la boca	46.0 – 46.4 mm
Altura de la boca	17.5 – 17.7 mm
Espesor de la boca	1.8 – 2.2 mm
Resistencia a la caída	Mayor a 3

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

2.5.4. Sala de aceite n° 3

En la sala de envasado de aceite n° 3 el principal objetivo es el correcto envasado del aceite Tondero en la presentación de 450cc y 900cc cumpliendo con las normas de calidad de establecidas.

Las preformas de las botellas (PET) que se encuentran en la tolva de preformas son llevadas hacia la maquina sopladora (Fidel) por un elevador, con presión de aire (6 bar y 40 bar el primer y segundo soplado respectivamente) y con temperatura de 150 - 190 °C le da forma de botella al PET. Las botellas son transportadas hacia el silo de botellas y se les baja la temperatura con ventiladores.

Las botellas caen desde el silo por una rampa y son colocadas manualmente en un transportador para ser rotuladas, etiquetadas y luego son llevadas hacia la máquina de llenado. La máquina Cosmos se alimenta desde un tanque pulmón que contiene una mezcla de superoleína (99.95%) con anticristalizante (0.05%), la superoleína proviene del tanque 13 ó 20. Las botellas son llenadas por los dosificadores y reciben nitrógeno por 30 – 40 milisegundos antes de ser tapadas. Las botellas son inspeccionadas visualmente para detectar errores o impurezas y luego son encajadas en grupos de 12 la presentación de 900cc y en grupos de 24 la de 450cc.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Maquina Fidel

Característica	Índice
T. de horno	150 – 190 °C
Presión de aire de primer soplado	7 – 10 bar
Presión de aire de segundo soplado	38 – 40 bar
T. agua fría	5 – 15 °C

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Proceso

Variable	Índice
T. de mezclado	75 – 80 °C
Presión de filtrado máx.	3.5 bar
T. de almacenamiento	25 – 35 °C
Peso	800 – 820 gr(900cc) 400 – 410 gr(450cc)
Presión de vacío	2 – 10 Pulg Hg
Tiempo de dosificado de nitrógeno	35 – 45 milisegundos

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

ANALISIS

✓ Botellas.

Variable	450cc	900cc
Espesor de base de Fondo mín.	0.20 mm	0.18 mm
Espesor de pared mín.	0.20 mm	0.18 mm
Espesor de hombro mín.	0.20 mm	0.18 mm
Espesor de centro del fondo mín.	1.80 mm	1.40 mm
Resistencia vertical mín.	16 Kg	9 Kg

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

2.5.5. Sala de manteca

El objetivo de esta sala es la preparación de las mezclas de los diferentes tipos de mantecas y el envasado de las mismas.

En los tanques se cargan las cantidades adecuadas de los insumos a utilizarse de acuerdo al tipo de manteca que se va a preparar, en los tanques se debe de mantener entre 55 – 65°C para que se pueda homogenizar correctamente la mezcla. La manteca fundida sale del tanque en el que fue homogenizada y pasa por el filtro GAF y por el intercambiador de calor, para después ingresar al tanque pulmón. Luego, la mezcla pasa el cristalizador N° 1 en donde el amoníaco le baja un poco la temperatura, después por el cristalizador N°2 para que también le baje temperatura. La mezcla cristalizada pasa por un batidor para homogeneizarla y pueda ser enviada hacia envasado. En el área de envasado la manteca es llenada en bolsas que están dentro de cajas, primero se sellan las bolsas y luego las cajas. Finalmente las cajas son rotuladas y apiladas en parihuelas.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

✓ Compresor Vilter

Característica	Índice
Presión de NH_3 succión	10 – 20 PSI
Presión de NH_3 condensador	140 – 215 PSI
Temperatura de aceite del cárter	45 – 65 °C
Presión de aceite de lub. Filtro	60 – 85 PSI

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Manteca en cojines.

Característica	Índice
T. de aceite tq. 10	55 – 65 °C
T. de aceite a la salida de cristizador	22 – 28 °C
Presión manteca en batidor N° 1	5 – 15 bar
Presión de aceite en las ensapack	5 – 6 bar
Presión de NH_3 en cristizador máx.	45 PSI
T. aceite salida del intercambiador de calor.	45 – 60 °C

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

✓ Manteca a granel.

Característica	Índice
T. de aceite de tanque stock	55 – 65 °C
Presión de aceite ingreso a cristizador	5 – 15 bar
T. de aceite a la salida del intercambiador de calor	45 – 60 °C
Presión de NH_3 en evaporador N° 1 máx.	45 PSI
Presión de NH_3 en evaporador N° 2 máx.	3.5 bar
Presión de manteca en batidor	5 – 15 bar

Elaboración: Propia

Fuente: IDE

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1. Teoría de las restricciones(TOC)

Para el desarrollo de este capítulo se tomara como base la bibliografía desarrollada por el Dr. Eli Goldratt sobre su teoría de las restricciones (theory of constraints, TOC). Esta teoría se inició cuando Goldbratt y sus colaboradores necesitaban resolver un problema de una compañía llamada Creative Output y escribieron un software que programaba los trabajos mediante procesos de manufactura tomando en cuenta la limitación de instalaciones, maquinas, personal, herramientas, materiales, y todas las restricciones que afectarían la capacidad de una empresa de apegarse a un programa.

La lógica del programa se basaba en la separación de las operaciones que generaban cuello de botella y las que no lo generaban. Para entender los principios de la lógica de la programación, Goldbratt describió nueve reglas de programación de la producción. Cuando alrededor de 100 empresas grandes instalaron el software, El Dr. pasó a promover la lógica del sistema más que el software.

Al extender su método, Goldbratt desarrollo su teoría de las restricciones, que se ha popularizado como método de solución de problemas aplicable a muchos campos de los negocios. A continuación se detallan las nueve reglas a las que se hicieron mención líneas atrás y la teoría de las restricciones propiamente dicha:

Reglas de Goldbratt para programar la producción

1. No equilibre la capacidad; equilibre el ritmo.
2. El grado de aprovechamiento de un recurso que no se atasca no está determinado por su potencial, sino por otra restricción del sistema.
3. No es lo mismo el aprovechamiento que la activación de un recurso.
4. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida para todo el sistema.
5. Una hora ahorrada en un cuello de botella es una ilusión.
6. Los cuellos de botella gobiernan la producción y las existencias del sistema.
7. El lote de transferencia no siempre es, ni debe ser, igual al lote del proceso.
8. Un lote de proceso debe variar tanto en la ruta como en el tiempo.
9. Para fijar prioridades hay que examinar las restricciones del sistema. El tiempo de espera es un derivado de la programación.

Teoría de las restricciones

1. Identifique las restricciones del sistema (no es posible hacer mejoras si no se encuentra la restricción o el eslabón débil)
2. Decida cómo aprovechar las restricciones del sistema (que las restricciones sean lo más efectivas posibles)
3. Subordine todo a esa decisión (articule el resto del sistema para que apoye las restricciones, incluso si esto reduce la eficiencia de los recursos no restringidos).
4. Eleve las restricciones del sistema (si la producción todavía es inadecuada, adquiera más de este recurso para que deje de ser una restricción).
5. Si en los pasos anteriores se fracturaron las restricciones, vuelva al paso uno pero no deje que la inercia se vuelva la restricción del sistema.

(Cuando se resuelve el problema de la restricción, vuelva al comienzo y empiece de nuevo. Es un nuevo proceso continuo de mejora por identificar restricciones, fracturarlas e identificar las nuevas que surjan.

3.2. Estimación de la capacidad de planta.

Para la estimación de la capacidad de la planta tenemos las siguientes consideraciones:

- 1º. En la recepción de los RFF se tienen seis tolvas y cada una tiene una capacidad de 14.5 TM, lo cual hace una capacidad total de almacenaje de 87.5TM; a partir de estas tolvas se llenan en cestos de 2.5TM el llenado de estos cestos es de aproximadamente 35 segundos por cada uno de los cestos y el retirarlos de la zona de las tolvas se demora aproximadamente 55 segundos entre que se quita el que está lleno de fruto y se coloca el vacío.
- 2º. En la planta se dispone de 4 esterilizadores y cada uno tiene una capacidad de 9 cestos, la capacidad instalada del esterilizado es de 67.5 TM de RFF por hora; la merma en peso de los RFF es de aproximadamente 11.5% con respecto al peso inicial del RFF.
- 3º. El desfrutador tiene una capacidad de 26.6 TM de RFF esterilizado por hora, y se cuenta con dos equipos que pueden operar en paralelo y realizan la misma actividad; los escobajos retirados del proceso representan aproximadamente el 17% del peso inicial de los RFF.
- 4º. Cinco digestores tienen una capacidad de 3750 litros y la capacidad de prensado es de 7.2 TM de fruto por hora por cada una de las cinco prensas que se disponen.
- 5º. A cada uno de las prensas se le agrega agua a razón de $2.5m^3$ por cada 7.2 TM de fruto prensado, esto para obtener la mayor cantidad de aceite de las fibras; del proceso principal se retiran las nueces y las fibra.

- 6º. El área de clarificación fue recientemente implementada con nuevos equipos para que se pueda llegar a procesar hasta 58TM de aceite crudo de palma por hora.
- 7º. En el proceso de clarificado se elimina lodos (que representan aproximadamente el 4.8% del RFF procesado) y agua (representa aproximadamente 57.5% del RFF procesado).
- 8º. La capacidad máxima de la planta de refinación es de 9000kg por hora del aceite clarificado de palma. Aproximadamente 5% del volumen que ingresa sale como residuos, entre los ácidos grasos libres y otros.
- 9º. La planta trabaja tres turnos por día de ocho horas cada uno y de manera continua, durante seis días de la semana (de lunes a sábado) debido a que los días domingo se realiza el mantenimiento preventivo de los equipos.
- 10º. El suministro de agua está asegurado debido a que se cuenta con un pozo del cual se extrae agua del subsuelo a razón de $120 \text{ m}^3/\text{h}$, y se estima que el consumo de agua por cada TM de RFF procesado es de 2.54m^3 .
- 11º. Las energías adicionales como vapor y aire, también se encuentra garantizado el suministro. Esto debido a que las plantas de energías se encuentran operando a un 70% de su capacidad instalada.
- 12º. La TEA de Industrias del Espino en los últimos años es de aproximadamente 25%; este dato se tendrá en cuenta para calcular la cantidad de aceite crudo que ingresa a la refinería.
- 13º. Del total de aceite crudo que se produce en IDE el 95% pasa por la refinería ya que el resto es usado directamente en diferentes procesos.

14º. A continuación se muestra el cuadro de la demanda que se espera tener y la producción estimada en TM de aceite crudo de palma que IDE espera tener en los siguientes 5 años.

CUADRO N°3.1 DEMANDA Y PRODUCCION DE ACP ESTIMADA

	DEMANDA (TM)	PRODUCCION (TM)	BALANCE (TM)
2014	93639	89686	-3953
2015	94095	90866	-3229
2016	94288	91232	-3056
2017	94476	91689	-2787
2018	94843	92147	-2696
2019	94976	92608	-2368

Fuente: IDE

Elaboración: Propia

15º. El principal proveedor de RFF que tiene Industrias del Espino es Palmas del Espino S.A.; a continuación se muestra un cuadro con las producciones de los años 2008 al 2012 y un estimado de los siguientes seis años.

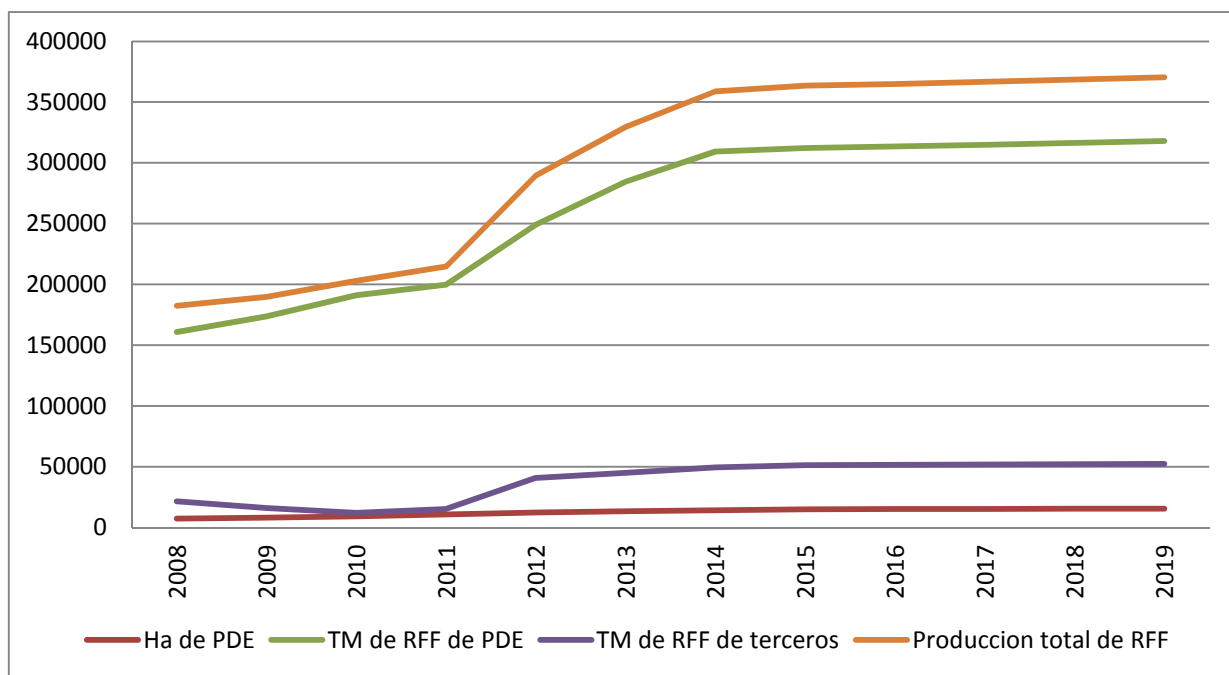
CUADRO N° 3.2 PRODUCCION DE TM DE RFF

Año	Ha de PDE	TM de RFF de PDE	TM de RFF de terceros	Rendimiento de PDE(TM de RFF/Ha)	Producción total de RFF (TM)
2008	7357	160853.3	21566.5	21,8	182 419.84
2009	8112	173768.1	15877.0	21,4	189 645.08
2010	9032	190929.7	12057.0	21,1	202 986.78
2011	10608	199742.3	15128.0	18,8	214 870.33
2012	12293	248859.8	40795.0	20,2	289 654.86
2013	13190	284597.2	44874.5	21,6	329 471.70
2014	14127	309381.3	49361.9	21,9	358 743.25
2015	14989	312165.73	51298.15	20.83	363463.88
2016	15139	313375.02	51554.64	20.70	364929.66
2017	15215	314941.90	51812.41	20.70	366754.31
2018	15291	316516.61	52071.47	20.70	368588.08
2019	15367	318099.19	52331.83	20.70	370431.02

Fuente: IDE

Elaboración: Propia

FIGURA N° 3.1 PRODUCCION DE RFF EN TM



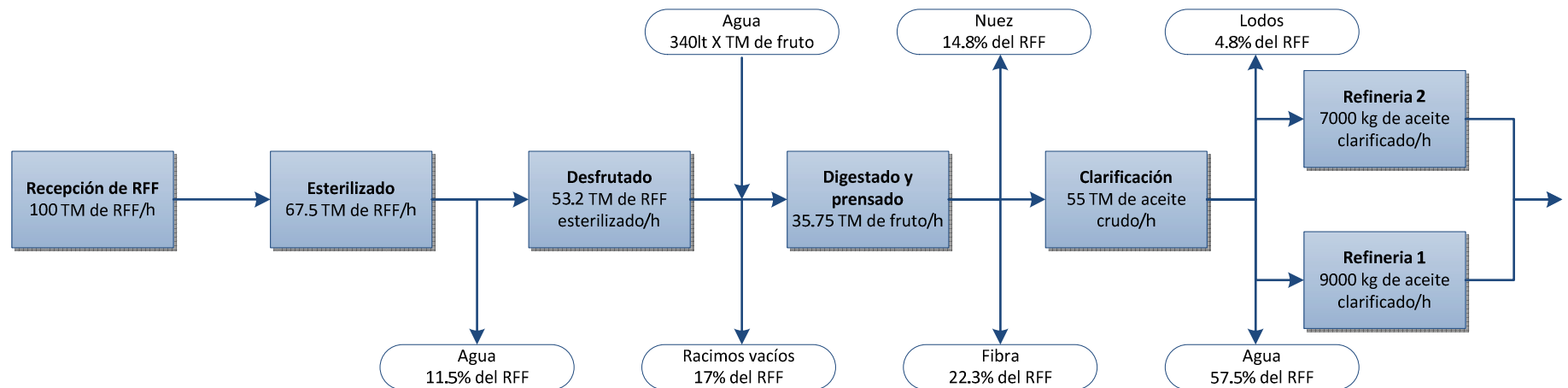
Elaboración: Propia

Fuente: IDE

De acuerdo a estas consideraciones previas se elaborara el siguiente diagrama para poder encontrar la restricción del sistema o eslabón débil, para comenzar con la aplicación de la teoría de las restricciones.

Capacidades de producción

FIGURA N° 3.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION



Elaboración: Propia

Fuente: IDE

De acuerdo al diagrama anterior se realizaran las conversiones para que todas las cantidades coincidan en cuanto a unidades, todo se convertirá a TM de RFF por hora.

✓ **Capacidad del desfrutador:**

$$Capacidad\ del\ desfrutador = 60.1 \frac{TM\ RFF}{h}$$

✓ **Capacidad del digestado y prensado:**

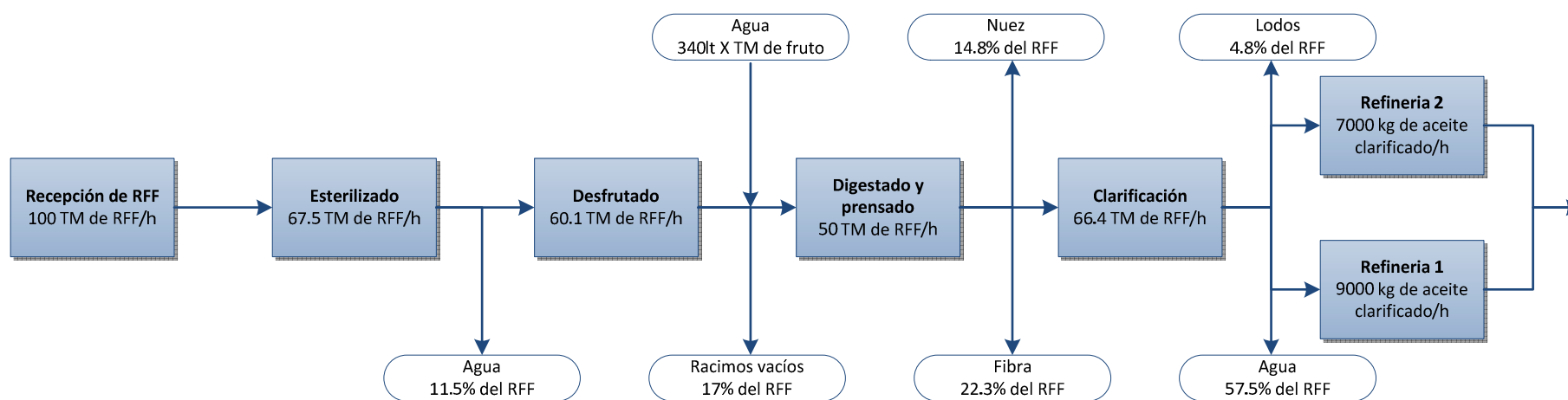
$$Capacidad\ del\ digestado\ y\ prensado = 50 \frac{TM\ RFF}{h}$$

✓ **Capacidad de clarificación:**

$$Capacidad\ de\ clarificación = 66.4 \frac{TM\ RFF}{h}$$

Capacidad de planta en TM de RFF por hora

FIGURA N° 3.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN TM DE RFF



Elaboración: Propia

Fuente: IDE

3.3. Aplicación de la Teoría de las Restricciones.

De acuerdo al diagrama de flujo anterior y a la información brindada líneas atrás se procede a la utilización de la Teoría de las Restricciones de la siguiente manera:

1º. Identificar la restricción: De acuerdo a lo anterior se establece que la capacidad de planta es de 50TM de RFF por hora, la cual está regida por la capacidad de digestado y prensado. Por tanto, se tiene que la restricción del sistema sería el proceso de digestado y prensado.

2º. Explotar la restricción: Al considerar que la restricción determina el desempeño del sistema, se debe de tratar de conseguir todas las acciones posibles para maximizar el uso de la misma. La restricción identificada es del tipo física, debido a que es una maquinaria la que limita el sistema productivo y lo que se quiere es sacarle el mayor provecho. La planta comienza sus operaciones todos los lunes a las 7:00 a.m. pero el área de la prensa y el digestado empieza aproximadamente 90 minutos después debido a que primero se tiene que realizar la recepción del fruto, luego el esterilizado y después el desfrutado para que recién pueda llegar al digestado.

La mejor manera de explotar la restricción es dejar un stock de frutos de 70 TM aproximadamente para aprovechar las dos primeras horas muertas que tienen las maquinas todos los lunes. Realizando esta operación se estaría procesando un adicional 100TM de RFF por semana, lo que equivaldría a un aumento en la producción anual de 5000TM por año.

3º. Subordine todo a esa decisión: El proceso de producción tiene que estar regido por el cuello de botella o restricción, por tanto la capacidad de todo el proceso debe de ser de 50TM de RFF por hora; es decir, algunos procesos deben de operar a una menor capacidad y generar el stock de seguridad para que el digestado.

4º. Eleve las restricciones del sistema: Si bien con la utilización del stock de seguridad en el proceso de digestado ha permitido elevar la capacidad la de la planta, la filosofía de la mejora continua no nos permite conformarnos con los resultados obtenidos, por tanto en este punto buscaremos una nueva mejora.

Implementación de un nuevo digestor

Una de las posibles soluciones para elevar la capacidad de producción es la implementación de un nuevo tanque de digestado y un nuevo equipo de prensado de capacidad de 10TM de RFF por hora. A continuación se muestran los costos de la implementación de los nuevos equipos.

CUADRO N° 3.3 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
INGRESOS						
Total ventas(TM de aceite)		866.0	1232.4	1688.6	2147.0	2607.8
Precio de venta (\$/TM de aceite)		700.0	700.0	700.0	700.0	700.0
Total de Ingresos		606178.4	862690.3	1182003.7	1502913.7	1825428.3
EGRESOS						
Sueldos y salarios		69537.3	98962.9	135592.7	172405.7	209402.7
MP		313307.6	445887.6	610927.1	776791.7	943485.7
Energías(luz, agua, entre otros)		52217.9	74314.6	101821.2	129465.3	157247.6
Adm. Y Ventas		21995.6	31303.3	42889.8	54534.3	66237.0
Otros		78110.4	111163.8	152309.6	193661.2	235219.5
Inversión	107000					
Total de Egresos	107000.0	535169.0	761632.3	1043540.4	1326858.1	1611592.4
Saldo Neto	-107000.0	71009.5	101058.0	138463.3	176055.6	213835.9
Saldo acumulado	-107000.0	-35990.5	65067.5	203530.8	379586.4	593422.3

Elaboración: Propia

A continuación se calculan los valores del VAN y el TIR para ver la rentabilidad del proyecto con una tasa de descuento estimada del 10%:

$$\text{VAN} = 361\,932.92$$

$$\text{TIR} = 91\%$$

De acuerdo a los valores hallados se tiene que el proyecto es altamente rentable y que se tendría que tener una tasa de descuento de 91% para que el proyecto deje de ser rentable.

Maquilar el excedente de RFF

Otra solución es maquilar el excedente a otra planta para la cual se tienen tres posibles proveedores los cuales serán evaluados de acuerdo al formato de selección de proveedores, ver anexo 3. A continuación se muestra la evaluación de los proveedores, OLPESA, Nuevo Horizonte y Palmas Bolívar.

CUADRO N° 3.4 EVALUCION DE PROVEEDORES

Criterios de Selección	Olpesa	Nuevo Horizonte	Palmas Bolívar
FINANCIERA			
1. Los precios del servicio son:	5	5	4
2. Las condiciones de pago del servicio son:	4	5	4
TOTAL	9	10	8
PESO PONDERADO	2.25	2.50	2.00
DESEMPEÑO DEL PROVEEDOR			
3. El tiempo de atención de los pedidos de cotización es:	4	4	4
4. El tiempo de entrega estimado del servicio es:	5	5	5
5. Tiempo de respuesta a imprevistos	4	5	3
6. Tiempo de Garantía	5	5	5
TOTAL	18	19	17
PESO PONDERADO	4.50	4.75	4.25
IMAGEN DEL PROVEEDOR			
7. Cuenta con certificaciones (Producto y/o compañía)	4	5	4
8. Experiencia anterior con el proveedor	3	5	3
TOTAL	7	10	7
PESO PONDERADO	0.70	1.00	0.70
TECNICA			
9. cuenta con personal capacitado	5	5	4
10. Suministra Información Técnica	5	5	5
TOTAL	10	10	9
PESO PONDERADO	2.50	2.50	2.25
SSO y MA			
11. Implementos de seguridad y SCTR vigente	5	5	5
12. Disposición final de Residuos	5	5	5
TOTAL	10	10	10
PESO PONDERADO	1.50	1.50	1.50
TOTAL PONDERADO	11.45	12.25	10.70

Elaboración: Propia

De acuerdo a la evaluación preliminar de los proveedores se tendría que trabajar con Nuevo Horizonte, a continuación se presenta los costos del maquilar con dicha empresa.

CUADRO N° 3.5 FLUJO DE CAJA DEL MAQUILADO CON NUEVO HORIZONTE

	2015	2016	2017	2018	2019
INGRESOS					
Total ventas(TM de aceite)	866.0	1232.4	1688.6	2147.0	2607.8
Precio de venta (\$/TM de aceite)	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0
Total de Ingresos	606178.4	862690.3	1182003.7	1502913.7	1825428.3
EGRESOS					
MP	313307.6	445887.6	610927.1	776791.7	943485.7
Maquila	129895.4	184862.2	253286.5	322052.9	391163.2
Adm. Y Ventas	21995.6	31303.3	42889.8	54534.3	66237.0
Transporte	3463.9	4929.7	6754.3	8588.1	10431.0
Otros	69104.3	98346.7	134748.4	171332.2	208098.8
Inversión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total de Egresos	537766.9	765329.5	1048606.2	1333299.2	1619415.7
Saldo Neto	68411.6	97360.8	133397.6	169614.6	206012.6

Elaboración: Propia

5º. Si en los pasos anteriores se fracturaron las restricciones, vuelva al paso uno pero no deje que la inercia se vuelva la restricción del sistema. (Cuando se resuelve el problema de la restricción, vuelva al comienzo y empiece de nuevo. Es un nuevo proceso continuo de mejora por identificar restricciones, fracturarlas e identificar las nuevas que surjan.

3.4. Implementación

La implementación de la alternativa que se ha propuesto como solución que es la adquisición de un nuevo equipo de digestión y prensado, se daría de la siguiente manera. En el Anexo 5 se puede ver el diagrama actual de la zona de digestado y desfrutado y en el Anexo 6 se puede ver el propuesto o el cómo quedaría con la nueva implementación del digestor y la prensa.

CUADRO N° 3.6 CUADRO DE IMPLEMENTACION DEL DIGESTOR Y LA PRENSA

		ago-14				sep-14				oct-14					nov-14				dic-14					ene-15
		sem-1	sem-2	sem-3	sem-4	sem-1	sem-2	sem-3	sem-4	sem-1	sem-2	sem-3	sem-4	sem-5	sem-1	sem-2	sem-3	sem-4	sem-1	sem-2	sem-3	sem-4	sem-5	sem-1
Etapa de preinversion	Elaboración de plan de trabajo																							
	Presentación de plan de trabajo																							
	Evaluación del plan de trabajo																							
	Modificaciones al plan de trabajo																							
	Aprobación del plan de trabajo																							
	Visitas técnicas																							
	Cotizaciones																							
	Presentación de cotizaciones																							
	Aprobación de la compra																							
Etapa de inversión	Emisión de orden de compra por el digestor y la prensa																							
	Traslado de los equipos al callao																							
	Acondicionamiento de las áreas para los equipos																							
	Llegada a puerto del callao																							
	Desaduanaje																							
	Transporte del callao a la planta de IDE																							
	Instalación de los equipos																							
	Capacitación del personal																							
Puesta en marcha	Prueba de los equipos																							
	Puesta en marcha del equipo																							

Elaboración: Propia

La compra se realizaría a la empresa colombiana AVM que es la que le ha vendido equipos similares al Grupo Palmas para la implementación de su nueva planta en Shanusi. La compra se daría en agosto del 2014 y requerirá de una inversión aproximada de 100 mil dólares americanos. Los equipos deberían de estar llegando al puerto del Callao en el mes de setiembre, la demora incluye la preparación del equipo en las instalaciones de la empresa AVM y el viaje que tiene que realizar desde Colombia hacia el puerto del Callao vía marítima. Cuando el equipo llegue a las instalaciones portuarias del Callao se procederá con presentar la documentación correspondiente con el desaduanaje y todos los documentos que las autoridades portuarias requieran e inmediatamente se enviaría hacia las instalaciones de IDE. La instalación de los equipos en la planta se realizara durante el mes de noviembre y en diciembre el equipo entraría en operación a modo de prueba y paralelamente se le capacitara a los trabajadores sobre los nuevos equipos. Las máquinas quedarían completamente listas para ser usadas al total de su capacidad en el mes de enero del año 2015, con lo cual se terminaría con la implementación de la utilización de los nuevos equipos.

Otros escenarios posibles es que la producción pueda adelantarse y que esto genere que la inversión o la implementación de la nueva prensa y del nuevo digestor no esté terminado para cuando esto ocurra. Para este caso se han evaluado dos posibles escenarios que a continuación los presentamos en cuadros.

Escenario 1: El primer escenario que podría presentarse es que la producción se adelante 6 meses, y que para julio del 2014 la capacidad de planta no alcance. Para realizar el siguiente cuadro hay que tener en cuenta de que las ventas se cobran a los 90 días, la maquila se cancela en un plazo igual pero el resto de gastos se son al contado.

CUADRO N° 3.7FLUJO DE CAJA DE ESCENARIO 1

	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14
INGRESOS						
Total ventas(TM de aceite)	90.0	98.1	106.9	116.6	127.0	138.5
Precio de venta (\$/TM de aceite)	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0	700.0
Total de Ingresos				63000.0	68670.0	74850.3
EGRESOS						
MP	32562.0	35492.6	38686.9	42168.7	45963.9	50100.7
Maquila				13500.0	14715.0	16039.4
Adm. Y Ventas	2286.0	2491.7	2716.0	2960.4	3226.9	3517.3
Transporte	360.0	392.4	427.7	466.2	508.2	553.9
Otros	7182.0	7828.4	8532.9	9300.9	10138.0	11050.4
Inversión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total de Egresos	42390.0	46205.1	50363.6	68396.3	74551.9	81261.6
Saldo Neto	-42390.0	-46205.1	-50363.6	-5396.3	-5881.9	-6411.3

Elaboración: Propia

De acuerdo al primer escenario se necesitaría un aproximado de 157 000 dólares americanos como liquidez en caso de que la producción de fruto de palmas se adelante seis meses, esto se debe principalmente a que las compras de MP se realizan al contado y las ventas son a 90 días. Otra situación que se presenta debido a lo explicado líneas atrás es que aproximadamente el 88% de liquidez que se va necesitar para los 6 meses es para tan solo para los primeros 3.

Escenario 2: En un segundo escenario es que la producción de Palmas puede adelantarse 3 meses, con lo cual en octubre del 2014 la capacidad de planta no se daría abasto y se verían obligados a maquilar el excedente debido a que la implementación de la nueva prensa aun no estaría lista. Para este escenario se necesitaría la siguiente liquidez.

CUADRO N° 3.8 FLUJO DE CAJA DE ESCENARIO 2

	oct-14	nov-14	dic-14
INGRESOS			
Total ventas(TM de aceite)	110.0	119.9	130.7
Precio de venta (\$/TM de aceite)	700.0	700.0	700.0
Total de Ingresos			
EGRESOS			
MP	39798.0	43379.8	47284.0
Maquila			
Adm. Y Ventas	2794.0	3045.5	3319.6
Transporte	440.0	479.6	522.8
Otros	8778.0	9568.0	10429.1
Inversión	0.0	0.0	0.0
Total de Egresos	51810.0	56472.9	61555.5
Saldo Neto	-51810.0	-56472.9	-61555.5

Elaboración: Propia

De acuerdo al segundo escenario se necesitaría un aproximado de 170 000 dólares americanos como liquidez en caso de que la producción de fruto de palmas se adelante tres meses

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la capacidad de planta actual no alcanzaría para un incremento de la producción y de la demanda del ACP; lo cual originaría un problema porque según las proyección de IDE la actual capacidad de planta no se daría abasto el año 2015.
2. Se concluye que la capacidad actual de planta es 50TM de RFF por hora o el equivalente de 360 000 TM de RFF por año.
3. Se determinó que el cuello de botella es el área de digestado y prensado, la capacidad de esta área es menor en comparación con el resto de áreas por lo cual ante un incremento de producción como el previsto a partir del 2015 este sería el recurso limitante.
4. El VAN del proyecto de implementación de un nuevo digestor y una prensa es de a 361 932.9 con lo el cual se determina que el proyecto es altamente rentable; además, se tiene que el TIR sería de 91% lo cual nos demuestra lo altamente rentable que puede ser el proyecto.
5. Se observa que también se tiene una alternativa a la de la implementación del nuevo digestor y prensa que es el de maquilar el excedente de producción con la Industria Nuevo Horizonte que no es tan rentable como el proyecto pero no deja de ser rentable y también se podría optar por esta ante contingencias que se puedan presentar, como el adelanto de la producción.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar un nuevo digestor y una nueva prensa, esto generara que esta área deje de ser el cuello de botella y pueda incrementarse la capacidad de la planta.
2. Utilizar la opción de maquilar el excedente de producción ante posibles contingencias que se puedan presentar en el proceso de la implementación del proyecto.
3. Se recomienda que se tenga stock RFF esterilizados los días lunes a primera hora para que se pueda empezar con el proceso de digestado y prensado mientras se empieza a esterilizar el fruto, puesto que esto origina que se gane cerca de dos horas en un recurso limitante.

BIBLIOGRAFÍA

- Amatller G.&Dávila A. (2000). *Procesamiento de Aceite Rojo de Palma Para Consumo Humano en Frituras*. Costa Rica.
- Chase, R. (2000), *Administración de Producción y Operaciones* (8a. ed.). Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Goldratt, E.& Cox, J. (2004). *La Meta, Un Proceso de Mejora Continua* (3a.ed.) Buenos Aires: Editorial Granica.
- Grupo Palmas (2010). *Reporte de Sostenibilidad 2009*. Lima: Recuperado el 10 de octubre del 2013, desde: <http://www.palmas.com.pe/palmas/>
- Grupo Palmas (2011). *Reporte de Sostenibilidad 2010*. Lima: Recuperado el 10 de octubre del 2013, desde: <http://www.palmas.com.pe/palmas/>
- Grupo Palmas (2012). *Reporte de Sostenibilidad 2011*. Lima: Recuperado el 10 de octubre del 2013, desde: <http://www.palmas.com.pe/palmas/>
- Grupo Palmas (2013). *Reporte de Sostenibilidad 2012*. Lima: Recuperado el 10 de octubre del 2013, desde: <http://www.palmas.com.pe/palmas/>
- Indexmundi (2013). *Precios del Aceite de Palma*. Recuperado el 5 de diciembre del 2013, desde: <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma>
- Ministerio de Agricultura del Perú (2012), *Palma Aceitera, Principales Aspectos de la Cadena Agropecuaria* (1a. ed.). Lima, Perú: Centro de Documentación Agraria-CENDOC.

GLOSARIO

Aceite Crudo de Palma: Es un aceite de origen vegetal que se obtiene del mesocarpio de la palma de aceite mediante procesos de extracción mecánica o por solventes.

Ácido Graso Libre: Son ácidos grasos que tienen un grupo ácido pero que no están unidos a un alcohol. Generalmente los ácidos grasos están unidos al glicerol formando triglicéridos y por lo tanto no se encuentran libres.

Biocombustible: Combustible derivado de recursos renovables, puede ser obtenido a partir de aceites vegetales o grasas animales. Este combustible prácticamente no contiene azufre.

Dumper: Vehículo de carga en el cual se transportan los RFF desde las plantaciones de palmas hacia la planta industrial de IDE. Tiene la peculiaridad de que tienen una pluma que permite cargar el fruto colocada en mantas grandes.

Refinación de Aceite Crudo de Palma: Proceso mediante el cual al aceite se le extraen los ácidos grasos y otros componentes que le brindan color y olor al ACP. El proceso consta de tres partes que son desodorizado, blanqueado y refinación propiamente dicho.

ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TECNICA DE LAPRENSA P9 AVM

- Energía Eléctrica:	Tensión de la red 3 fases 440 V. 60Hz
- Producto a tratar:	Fruto proveniente del digestor
- Funciones:	Recibir fruto proveniente del digestor y realizar el proceso de prensado extrayendo la mayor cantidad de aceite pero teniendo en cuenta que no es viable romper las nueces.
- Capacidad	8 Ton/Hora (Varia con relación a las poleas)
- Diámetro del sinfín:	267 mm. Aprox.
- Medio de accionamiento:	Motoreductor eléctrico trifásico con arranque estrella triangulo.
- Potencia del motor:	30 HP
- Velocidad del Motor:	880 rpm
- Dirección de giro:	sentido horario observando desde la parte superior del digestor
- Presión de servicio:	75Kg/cm ²
- Ajuste Válvula de seguridad:	120 Kg/cm ²

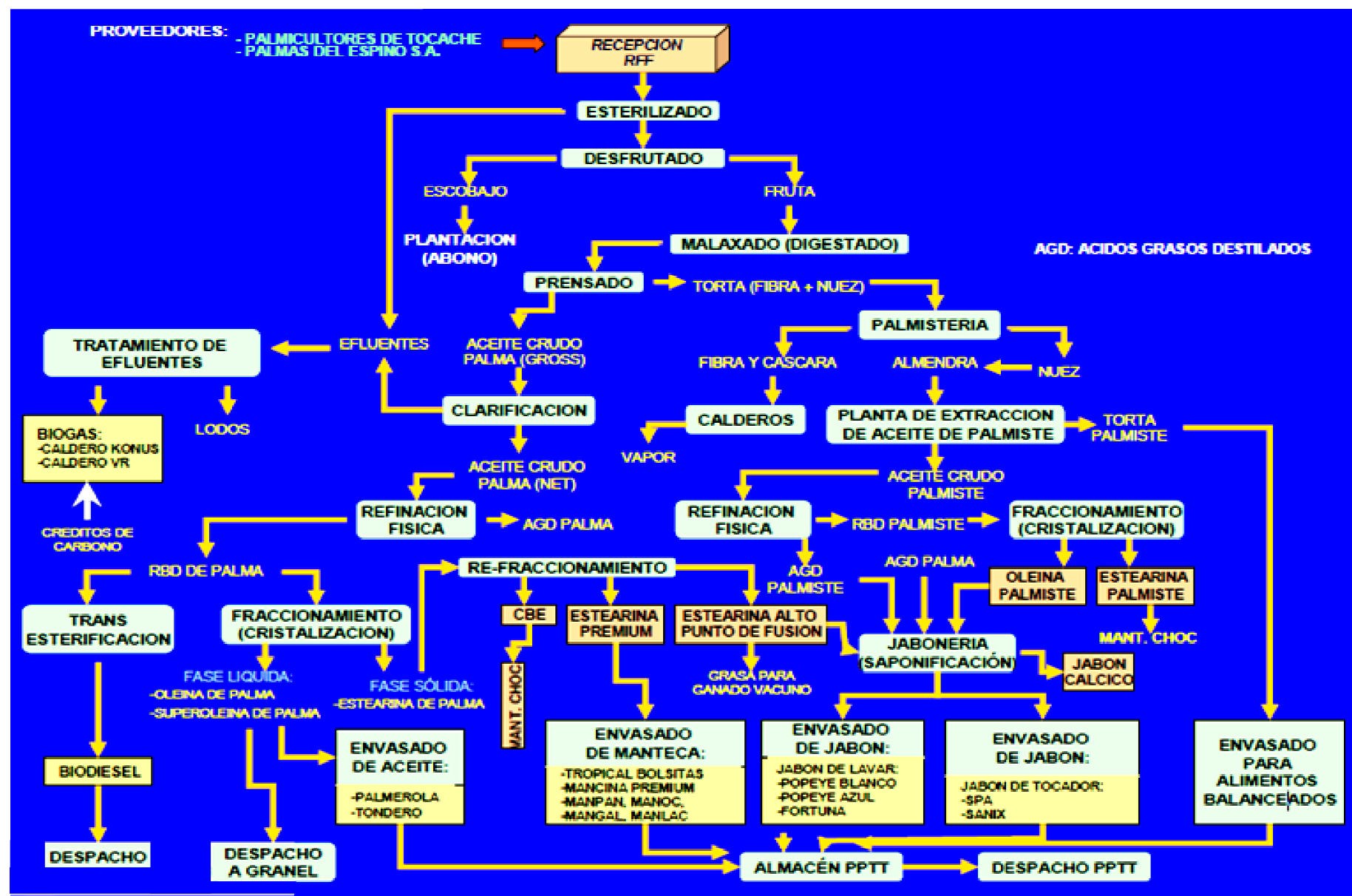
ANEXO 2. FICHA TECNICA DEL DIGESTOR 3500 AVM

- Energía Eléctrica:	Tensión de la red 3 fases 440 V. 60Hz
- Producto a tratar:	Fruto proveniente del desfrutador.
- Funciones:	Recibir fruto proveniente del desfrutador, macerarlo y elevar su temperatura hasta cierto grado para facilitar su posterior prensado.
- Capacidad	3500 litros
- Largo total aproximado:	4 metros.
- Medio de accionamiento:	Motoreductor eléctrico trifásico con arranque estrella triangulo.
- Potencia del motor:	30 HP
- Velocidad del Motoreductor:	28 rpm
- Dirección de giro:	sentido horario observando desde la parte superior del digestor

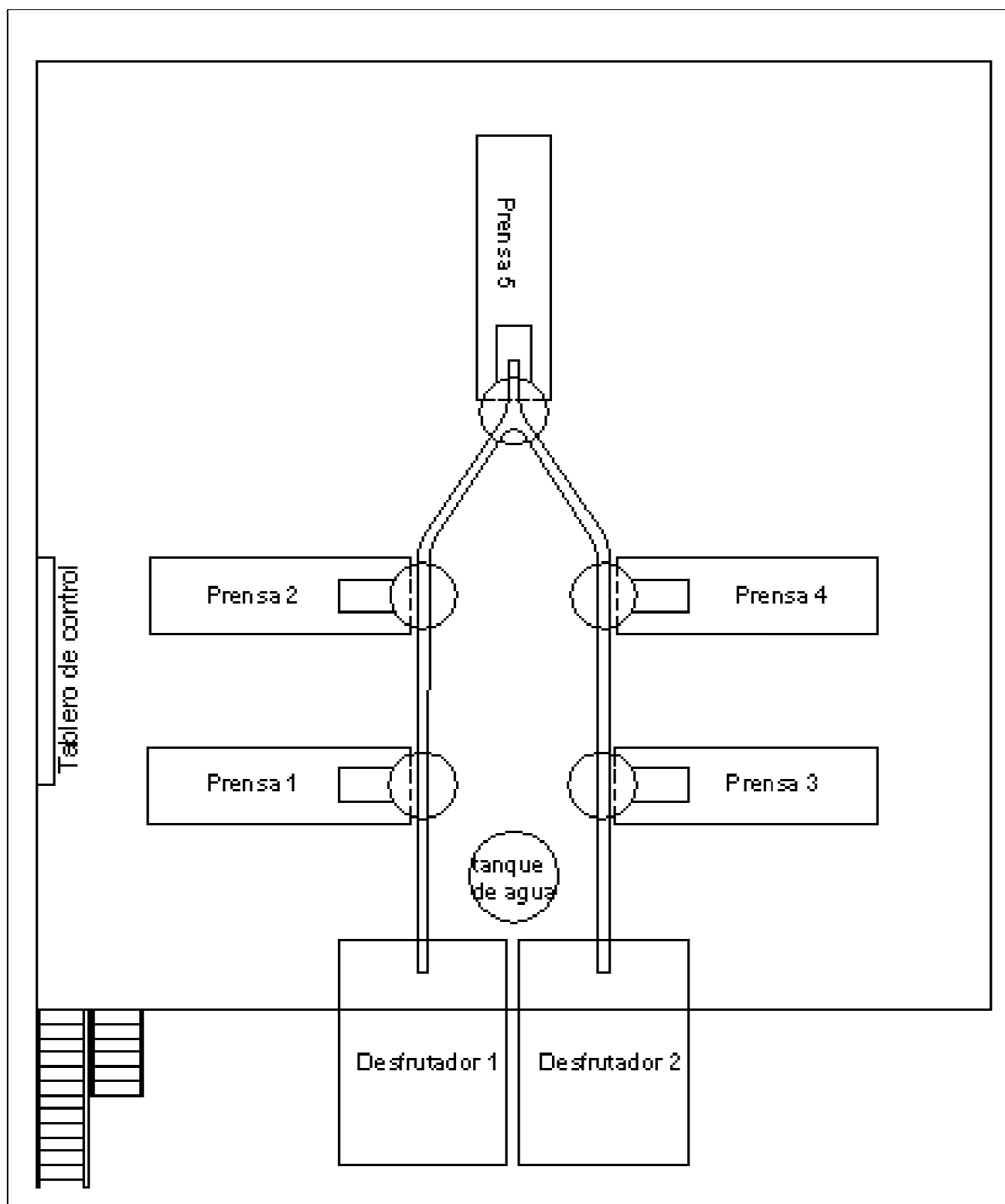
ANEXO 3. FORMATO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Criterios de Selección	(Puntaje: 5)	(Puntaje: 4)	(Puntaje: 3)
FINANCIERA			
1. Los precios del servicio son:	Muy competitivos	Promedio	Mayor al Promedio
2. Las condiciones de pago del servicio son:	Mayor a 60 días	Entre 30 y 60 días	Menor a 30 días
TOTAL			
PESO PONDERADO	25%		
DESEMPEÑO DEL PROVEEDOR			
3. El tiempo de atención de los pedidos de cotización es:	El mismo día	02 – 07 días	Más de 01 semana
4. El tiempo de entrega estimado del servicio es:	Hasta 15 días	De 15 a 30 días	De 30 a más
5. Tiempo de respuesta a imprevistos	Muy rápido	Rápido	Lento
6. Tiempo de Garantía	Mayor a 1 año	1 año o menos	Sin Garantía
TOTAL			
PESO PONDERADO	25%		
IMAGEN DEL PROVEEDOR			
7. Cuenta con certificaciones (Producto y/o compañía)	Si tiene la certificación.	en proceso de implementación	No tiene certificación.
8. Experiencia anterior con el proveedor	Mucha	Poca	Nula
TOTAL			
PESO PONDERADO	10%		
TECNICA			
9. cuenta con personal capacitado	Muy capacitado	capacitado	poco capacitado
10. Suministra Información Técnica	Si – Gratuito	Si – previo pago	No
TOTAL			
PESO PONDERADO	25%		
SSO y MA			
11. Implementos de seguridad y SCTR vigente	Siempre	Casi siempre	Nunca
12. Disposición final de Residuos	Siempre	Casi siempre	Nunca
TOTAL			
PESO PONDERADO	15%		
TOTAL PONDERADO			

ANEXO 4. DIAGRAMA DE PRODUCCION

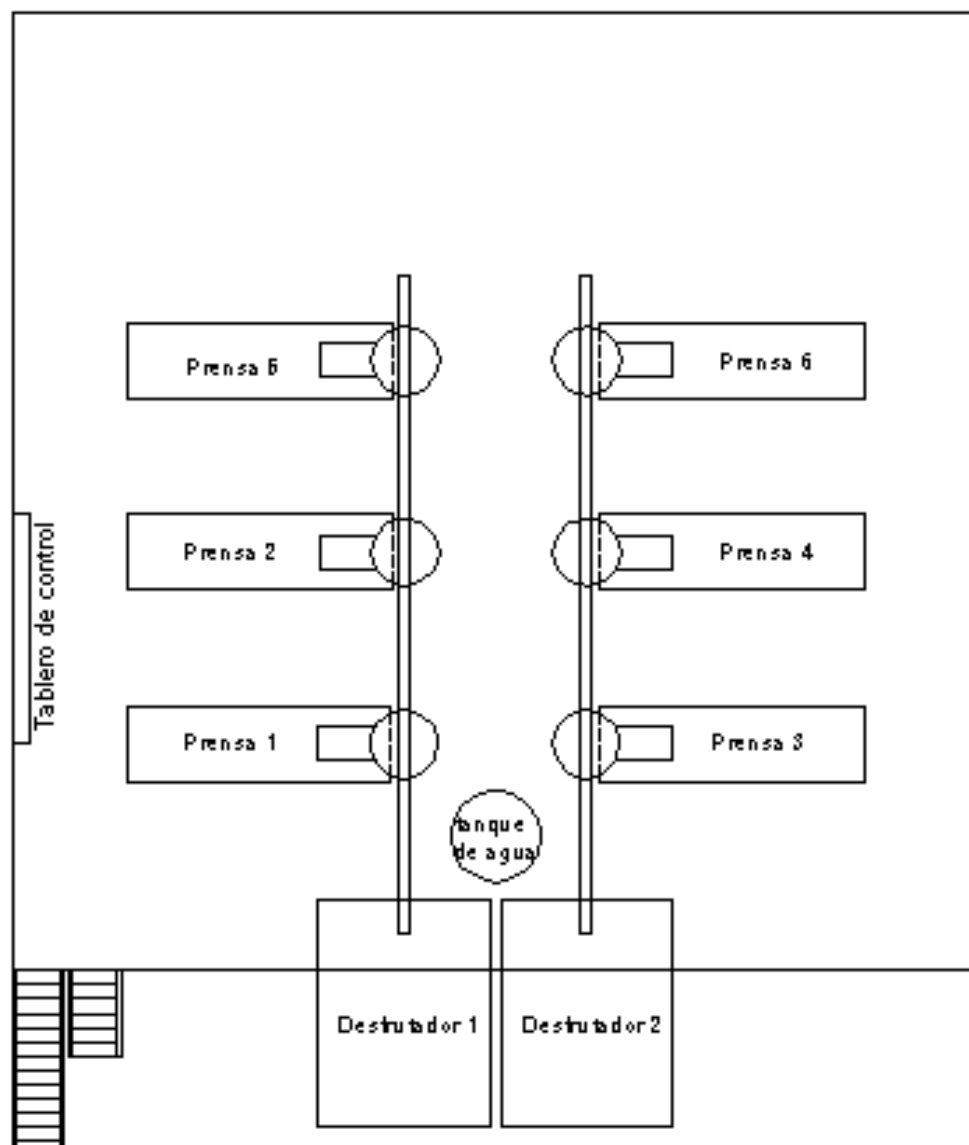


ANEXO 5. DISTRIBUCION DE DIGESTORES Y PRENSAS INICIAL



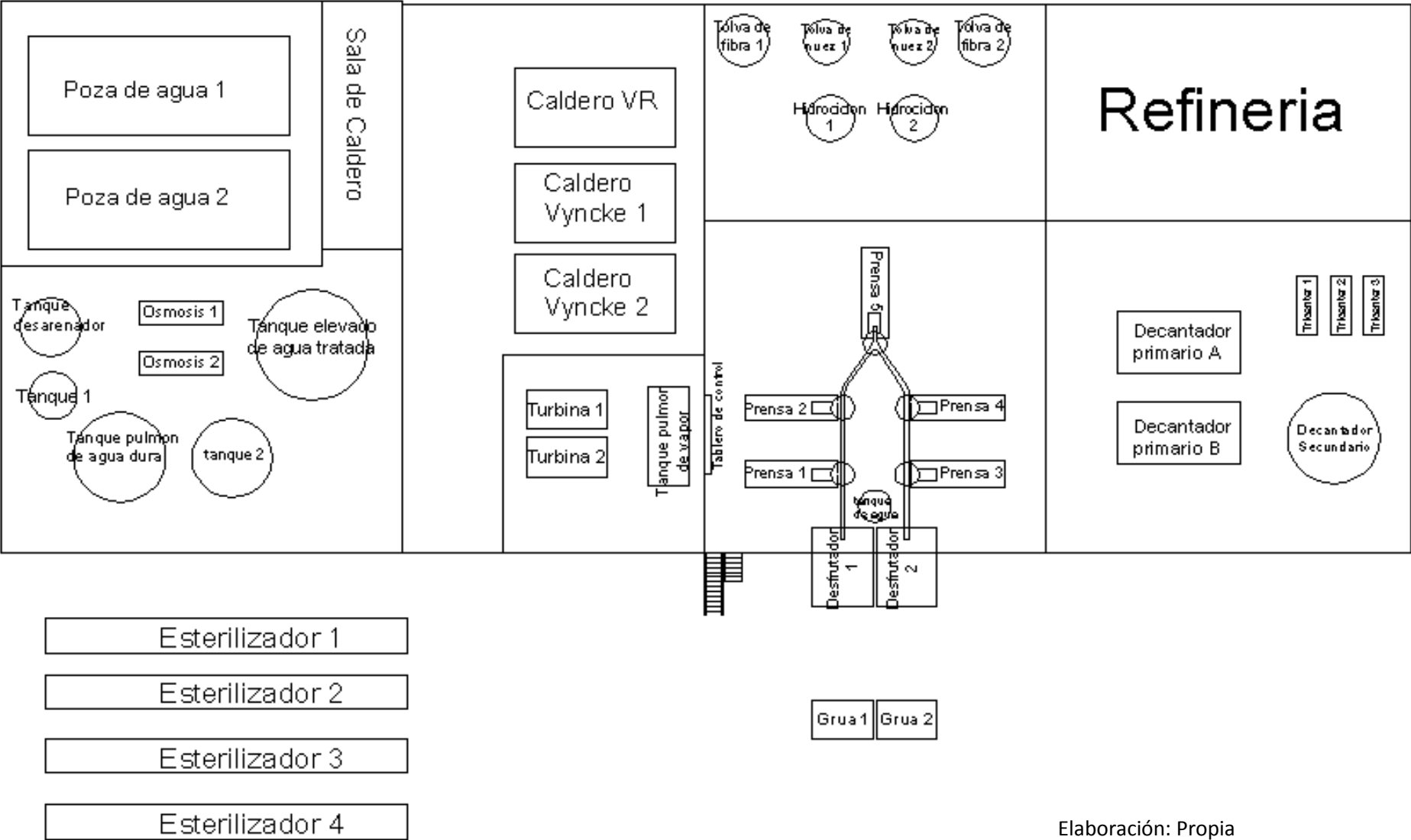
Elaboración: Propia

ANEXO 6. DISTRIBUCION DE DIGESTORES Y PRENSAS PROPUESTO



Elaboración: Propia

ANEXO 7. PLANO DE PLANTA



Elaboración: Propia

ANEXO 8. CUADRO RESUMEN

	Solución 1	Solución 2
Objetivo	Maquilar el excedente de la producción de frutos de Palmas del Espino en la planta Nuevo Horizonte.	Comprar una nueva prensa y un digestor para ponerlos operativos dentro de la planta de Industrias del Espino y por consecuencia aumentar la capacidad de planta.
Inversión (dólares americanos)	0	107 000
Beneficio en los siguientes 5 años (dólares americanos)	206 012.6	593 422.3
Tiempo de implementación	Inmediato.	5 meses.
Ventaja	<ul style="list-style-type: none"> * No se necesita realizar ninguna modificación a la planta para implementar esta solución. * No se requiere de espacio adicional para la implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> * La inversión que se realizara en la nueva máquina permitirá tener mejores costos en comparación con la otra solución. * Mejorara la capacidad de planta y optimizara el trabajo de las demás máquinas de la planta.
Desventaja	<ul style="list-style-type: none"> * Los costos son más elevados debido al transporte de la MP y del PT que se tiene que realizar hasta la planta Nuevo Horizonte. * Dependencia de otra empresa y sus precios. 	<ul style="list-style-type: none"> * La implementación de esta solución por lo menos demora 5 meses en que este operativo. * Se requiere de una modificación del actual diseño de la planta lo cual encarece la inversión.

ANEXO 9. DAP DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE CRUDO DE PALMA

