

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



“EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE REFINACIÓN DE ACEITE DE PALMA”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

MARIANO ANDRÉS SAL Y ROSAS JULCA

LIMA - PERÚ
2014

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Dedicatoria

A la niña de mis ojos, por su milagrosa ternura, por su inefable amor, y, por su inocente sonrisa, que han sido la fortaleza en mis horas de estudio y desvelo, para poder plasmar, desarrollar y culminar, la presente Tesis Profesional.

Agradecimiento

A Dios, por darme días de vida, sabiduría humilde, y, paciencia sesuda, para culminar esta etapa académica.

A mi familia, por su comprensión, estímulo constante, e incondicional apoyo a lo largo de mis estudios.

Y, a todas las personas, que de una u otra manera, me apoyaron en la realización de esta investigación.

Reconocimiento

A la Facultad de Ingeniería Química y Textil - FIQT, de la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades, competencias y optar el Título Profesional de Ingeniero Químico.

RESUMEN

El presente Proyecto de investigación desarrolla la industrialización de la palma aceitera, a partir de su fruto, para obtener finalmente, el aceite refinado de palma.

La materia prima, el Racimo de Fruto Fresco - RFF de la palma aceitera, es obtenido después de tres años de continuo cuidado de las 20 Has de sembrío de la palma aceitera, en la Amazonía peruana.

Su industrialización se realiza en dos etapas: a) Extracción del aceite de palma (esterilización, desfrutado, digestión, prensado, clarificación y secado), y, b) Refinación del aceite de palma (desgomado, neutralización, decoloración, winterización y desodorización).

Según lo que se propone en la presente investigación la planta química procesará 40 000 TM/año de RFF (111,11 TM/día de RFF), para obtener, 3 933 TM (10,93 TM/día) de aceite refinado de palma.

Se estima una inversión total del Proyecto que asciende a US \$ 2 663 749; habiendo proyectado sus ventas anuales en US \$ 7 010 899; a un costo unitario de US \$/TM 1 050; y un punto de equilibrio de 590 TM anuales.

La TIR (39,99 %), VAN (3 929 363 US \$), PR (3,5 años iniciada la producción), B/C (1,25) y su análisis de sensibilidad; demuestran la rentabilidad del Proyecto.

Se propone la reutilización de los desperdicios sólidos generados, en tal sentido al no existir desperdicios que contaminen el planeta se convierte en un Proyecto sostenible.

ÍNDICE TEMÁTICO

	página
Resumen.	i
Índice de Figuras.	x
Índice de Tablas.	xii
Índice de Anexos.	xv
Introducción.	1
Capítulo I: OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
1.1. Objetivos Principales.	2
1.2. Objetivos Específicos.	2
Capítulo II: JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
2.1. Justificación del Proyecto.	3
2.2. Importancia del Proyecto.	3
Capítulo III: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	5
3.1 Investigaciones relacionadas al Proyecto.	5
3.1.1 Tratamiento y conservación del aceite de palma africana.	5
3.1.2 Factibilidad de la instalación de una planta de refinación de aceite de palma.	5
3.1.3 Implementación de una planta de aceite de palma.	6
3.1.4 Implementación de una planta refinadora de aceite de palma comestible.	6
3.1.5 Instalación de una planta de extracción de palma.	7

3.1.6	Análisis económico-financiero de la industria del aceite de palma africana.	7
3.2	Situación de la palma aceitera en el Perú.	8
3.2.1	Ubicación y extensión de las plantaciones de palma aceitera.	8
3.2.2	Estado actual de las plantaciones de palma aceitera.	8
3.2.3	Ubicación de plantas de procesamiento de palma aceitera.	9
3.2.4	Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo de palma aceitera.	9
Capítulo IV: EL PRODUCTO		10
4.1	Producto principal: aceite de palma.	12
4.1.1	Generalidades del aceite de palma.	12
4.1.2	Características del aceite de palma.	12
4.1.3	Composición nutricional del aceite de palma.	13
4.1.4	Usos y aplicaciones del aceite de palma.	13
4.1.5	Producto sustituto del aceite de palma.	14
4.2	Subproductos.	15
4.2.1	Aceite de palmiste.	15
4.2.2	Estearina de palma	16
4.2.3	Oleína de palma.	16
Capítulo V: ESTUDIO DE MERCADO		18
5.1	Análisis de la oferta.	18
5.1.1	Producción mundial de aceites vegetales.	18
5.1.2	Superficie instalada mundial de aceite de palma.	18
5.1.3	Producción mundial de RFF de palma aceitera.	19
5.1.4	Producción mundial de aceite de palma.	19
5.1.5	Producción regional de aceite de palma.	20
5.1.6	Superficie nacional de la palma aceitera.	20
5.1.7	Producción nacional de RFF de la palma aceitera.	21

5.1.8	Producción nacional del aceite de palma.	21
5.1.9	Plantas extractoras a nivel nacional de aceite de palma.	22
5.2	Análisis de la demanda.	23
5.2.1	Consumo mundial de aceites y grasas.	23
5.2.2	Consumo mundial de aceite de palma.	24
5.2.3	Consumo nacional de aceite de palma.	24
5.2.4	Proyección de la demanda nacional de aceite de palma.	24
5.2.5	Demanda insatisfecha de aceites y grasas en el Perú.	25
5.3	Análisis de los precios.	25
5.3.1	Precios internacionales del aceite crudo de palma.	25
5.3.2	Proyección de precios internacionales del aceite crudo de palma.	26
5.4	Conclusiones del Estudio de Mercado.	26
Capítulo VI: TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN		28
6.1	Tamaño de la Planta.	28
a.	Tamaño y mercado.	28
b.	Tamaño y materias primas.	28
c.	Tamaño e insumos.	29
d.	Tamaño y tecnología.	30
e.	Tamaño y costo de producción.	31
f.	Tamaño y la inversión.	31
g.	Tamaño y el financiamiento.	31
6.2	Localización de la Planta.	32
6.2.1	Factores de localización de la planta.	32
6.2.2	Método cuantitativo por puntos.	33
6.2.3	Puntuación de los factores.	34
6.2.4	Localización a nivel macro.	38
6.2.5	Localización a nivel micro.	40
Capítulo VII: INGENIERÍA DEL PROYECTO		43
Primera fase: COMPONENTE AGRÍCOLA: Obtención de RFF de la palma		44

	aceitera.	
7.1	Ficha Técnica de la palma aceitera.	44
7.2	Descripción de la palma aceitera.	45
7.3	Características generales de la palma aceitera.	45
7.4	Condiciones climáticas para la palma aceitera.	46
7.5	Productividad agrícola de la palma aceitera.	47
7.6	Plan de siembra de la palma aceitera.	48
7.7	Plan de cosecha del RFF.	48
7.8	Normas Técnicas Peruanas - NTP para los productos de la palma aceitera.	49
	Segunda fase: COMPONENTE INDUSTRIAL: Extracción y refinación del aceite de palma.	49
7.9	Tecnología para el procesamiento de la palma aceitera.	49
	7.9.1 Procesos de obtención de un aceite esencial.	49
	7.9.2 Tecnologías para la Extracción del aceite de palma.	50
	7.9.3 Tecnologías para la Refinación del aceite de palma.	51
7.10	Descripción de la materia prima e insumos.	51
	7.10.1 Racimo de Fruto Fresco -RFF de palma aceitera.	51
	7.10.2 Hidróxido de Sodio.	52
	7.10.3 Ácido Fosfórico.	53
	7.10.4 Tierra decolorante.	54
7.11	Diagrama de flujo del proceso.	54
7.12	Diseño experimental.	55
	7.12.1 Objetivo experimental.	55
	7.12.2 Principales equipos y materiales empleados.	55
	7.12.3 Productos empleados.	55
	7.12.4 Caracterización de la materia prima.	56
	7.12.5 Variables de operación.	57
	7.12.6 Experimentación.	57
	7.12.7 Cálculos de la experimentación.	61
	7.12.8 Resultados de la experimentación.	63
	7.12.9 Conclusiones y recomendaciones de la experimentación.	63

7.13	Descripción del proceso productivo.	65
7.13.1	Extracción del aceite de palma.	65
1.	Recepción del fruto.	65
2.	Esterilización.	66
3.	Desfrutado.	67
4.	Digestión.	68
5.	Prensado.	69
6.	Clarificación (tamizado, sedimentación).	71
7.	Secado (deshidratación).	73
8.	Almacenamiento del aceite crudo.	73
7.13.2	Refinación del aceite de palma.	74
1.	Desgomado.	74
2.	Neutralización.	74
3.	Decoloración.	75
4.	Winterización.	76
5.	Desodorización.	76
7.14	Balance de Materia a nivel industrial.	78
7.14.1	Balance de Materia en la extracción del aceite de palma.	78
a.	B.M. en la Recepción de los RFF.	78
b.	B.M. en la Esterilización de los RFF.	78
c.	B.M. en el Desfrutado.	79
d.	B.M. en la Digestión.	80
e.	B.M. en el Prensado.	80
f.	B.M. en la Clarificación.	82
g.	B.M. en el Secado.	84
7.14.2	Balance de Materia en la refinación del aceite de palma.	85
a.	B.M. en el Desgomado.	85
b.	B.M. en la Neutralización.	86
c.	B.M. en la Decoloración.	93
d.	B.M. en la Winterización.	95
e.	B.M. en la Desodorización.	95
7.15	Balance de Energía a nivel industrial.	96
7.15.1	Cálculos previos al Balance de Energía en la extracción	96

	del aceite de palma.	
	a. Calor Específico del agua.	96
	b. Calor Sensible del agua.	96
	c. Calor Latente del agua.	97
7.15.2	Balance de Energía en la extracción del aceite de palma.	98
	a. B.E. en la Recepción de los RFF.	98
	b. B.E. en la Esterilización de los RFF.	98
	c. B.E. en el Desfrutado.	99
	d. B.E. en la Digestión.	100
	e. B.E. en el Prensado.	101
	f. B.E. en la Clarificación.	102
	g. B.E. en el Secado.	103
7.15.3	Cálculos previos al Balance de Energía en la refinación del aceite de palma.	104
	a. Calor Específico del aceite.	104
	b. Calor Específico del aceite de palma.	104
	c. Calor Sensible del aceite de palma.	105
	d. Calor Específico del ácido fosfórico.	106
	e. Calor Sensible del ácido fosfórico.	107
	f. Calor de dilución de la soda cáustica.	108
	g. Temperatura de dilución de la soda cáustica.	108
	h. Calor Específico de la soda cáustica.	109
	i. Calor Sensible de la soda cáustica.	110
7.15.4	Balance de Energía en la refinación del aceite de palma.	110
	a. B.E. en el Desgomado.	110
	b. B.E. en la Neutralización.	112
	c. B.E. en la Decoloración.	115
	d. B.E. en la Winterización.	116
	e. B.E. en la Desodorización.	117
7.16	Escalamiento de la producción industrial.	119
7.17	Estimación de los costos de producción.	119
	7.17.1 Costos Directos.	119
	7.17.2 Costos Indirectos.	122

7.18	Selección de materiales para los equipos principales.	123
7.18.1	Acero al carbono HR.	124
7.18.2	Acero inoxidable 304.	124
7.19	Consideraciones de diseño del tanque de almacenamiento.	124
7.20	Especificación de los principales equipos.	125
7.20.1	Equipos en la unidad de Extracción del aceite de palma.	125
7.20.2	Equipos en la unidad de Refinación del aceite de palma.	130
7.21	Normas Técnicas Peruanas - NTP para los protocolos en el control de calidad de los aceites.	133
Capítulo VIII: EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA		134
8.1	Inversión.	134
8.1.1	Inversión en Activos.	134
1.	Activos tangibles.	134
2.	Activos Intangibles.	139
3.	Resumen de la inversión en activos.	140
8.1.2	Capital de trabajo.	140
8.1.3	Resumen de la inversión.	140
8.1.4	Depreciación de activos.	141
8.1.5	Amortización de intangibles.	142
8.1.6	Tipo de moneda en la inversión.	142
8.2	Presupuesto de Ingresos y Egresos.	143
8.2.1	Presupuesto de los Ingresos.	143
8.2.2	Presupuesto de los Egresos.	148
8.2.3	Punto de Equilibrio.	151
1.	Costos Fijos.	151
2.	Costos Variables.	151
8.2.4	Costo Unitario.	151
8.3	Financiamiento.	153
8.3.1	Fuente de recursos.	153
8.3.2	Servicio de la deuda.	153
8.3.3	Fuentes y usos de fondos.	154
8.3.4	Calendario de la inversión.	154

8.4	Estados Financieros Proyectados.	154
8.4.1	Estados de Pérdidas y Ganancias Proyectado.	155
8.4.2	Flujo de Caja Proyectado.	156
8.5	Indicadores de Rentabilidad.	157
8.5.1	Valor Actual Neto - VAN	157
8.5.2	Tasa Interna de Retorno - TIR	157
8.5.3	Período de Recupero - PR	158
8.6	Análisis de Sensibilidad.	158
8.6.1	Sensibilidad al precio de venta.	162
8.6.2	Sensibilidad a los costos directos.	162
8.6.3	Sensibilidad a los costos indirectos.	162
	Capítulo IX: EVALUACIÓN AMBIENTAL	163
9.1	Evaluación ambiental en la extracción y refinación del aceite de palma.	163
9.2	Estándar de calidad -ECA.	163
9.3	Identificación de los componentes ambientales.	165
9.3.1	Medio físico.	165
9.3.2	Medio biótico.	166
9.3.3	Medio socioeconómico.	166
9.4	Matriz de Leopold.	167
9.5	Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos -AAS.	168
9.5.1	AAS en las emisiones.	168
9.5.2	AAS en los residuos sólidos.	168
9.5.3	AAS en los residuos los efluentes.	168
9.6	Acciones de mitigación.	168
9.7	Emisión de CO ₂ .	171
	Conclusiones y Recomendaciones.	172
	Bibliografía.	174
	Anexos.	178

ÍNDICE DE FIGURAS

	página	
Figura N° 01	Ubicación de los cultivos de palma aceitera.	8
Figura N° 02	Ubicación de las plantas procesadoras de palma aceitera.	10
Figura N° 03	Áreas potenciales para el cultivo de la palma aceitera.	11
Figura N° 04	Muestra de aceite crudo de palmiste.	15
Figura N° 05	Muestra de estearina de palma.	16
Figura N° 06	Muestra de oleína de palma.	17
Figura N° 07	Producción mundial de aceites y grasas.	18
Figura N° 08	Superficie instalada mundial de palma aceitera.	19
Figura N° 09	Producción mundial de RFF de palma aceitera.	19
Figura N° 10	Producción mundial de aceite de palma.	20
Figura N° 11	Superficie nacional de palma aceitera.	21
Figura N° 12	Producción nacional de RFF de palma aceitera.	21
Figura N° 13	Producción nacional de aceite crudo de palma.	22
Figura N° 14	Consumo mundial de aceites y grasas.	23
Figura N° 15	Principales países consumidores de aceite de palma.	24
Figura N° 16	Precios históricos internacionales del aceite crudo de palma.	25
Figura N° 17	Precios proyectados internacionales del aceite crudo de palma.	26
Figura N° 18	Regiones del Perú para el análisis a nivel macro, en la localización de la planta.	38
Figura N° 19	Departamentos de la región de la selva para el análisis a nivel micro, en la localización de la planta.	41
Figura N° 20	Determinación de la localización de la planta.	42
Figura N° 21	Plantaciones de palma aceitera.	45
Figura N° 22	Variedades de la palma aceitera.	46
Figura N° 23	Racimo de fruto fresco -RFF de palma aceitera.	51
Figura N° 24	Diagrama de Flujo del proceso de la palma aceitera.	54
Figura N° 25	Diagrama de Procesos de la extracción del aceite de	56

	palma.	
Figura N° 26	Inspección y revisión del reactor.	56
Figura N° 27	Montaje y puesta en marcha del reactor.	59
Figura N° 28	Obtención del aceite crudo de palma.	60
Figura N° 29	Diagrama de procesos de la extracción del aceite refinado de palma.	64
Figura N° 30	Esterilizador horizontal para la extracción del aceite de palma.	67
Figura N° 31	Desfrutador para los RFF de la palma aceitera.	68
Figura N° 32	Digestadores y prensas para la extracción del aceite de palma.	69
Figura N° 33	Prensa de fruta para la extracción del aceite de palma.	70
Figura N° 34	Vista del tamiz circular.	72
Figura N° 35	Vista interior del clarificador continuo.	72
Figura N° 36	Vista del secador al vacío.	73
Figura N° 37	Muestra del aceite crudo de palma.	74
Figura N° 38	Influencia del tiempo de agitación en la neutralización.	75
Figura N° 39	Muestra del aceite de palma refinado.	77
Figura N° 40	Comportamiento del agua para el desgomado.	85
Figura N° 41	Reacción química de la neutralización.	88
Figura N° 42	Reacción química de saponificación de triglicéridos.	88
Figura N° 43	Influencia de la concentración de soda cáustica en la neutralización.	90
Figura N° 44	Influencia de la tierra decolorante en la decoloración.	93
Figura N° 45	Comportamiento del calor específico del aceite de palma, variedad Ténera.	105
Figura N° 46	Comportamiento del calor específico del ácido fosfórico.	106
Figura N° 47	Temperaturas de dilución de soluciones de soda cáustica.	108
Figura N° 48	Comportamiento del calor específico de la soda cáustica.	109
Figura N° 49	Punto de equilibrio.	152
Figura N° 50	Costo unitario.	152
Figura N° 51	Tasa Interna de Retorno -TIR.	157
Figura N° 52	Período de Recupero -PR.	158
Figura N° 53	Sensibilidad del Proyecto.	162

ÍNDICE DE TABLAS

		página
Tabla N° 01	Evolución del cultivo de la palma aceitera.	9
Tabla N° 02	Áreas potenciales para el desarrollo de la palma aceitera.	11
Tabla N° 03	Características del aceite de palma.	12
Tabla N° 04	Componente nutricional del aceite de palma.	13
Tabla N° 05	Situación regional del aceite de palma.	20
Tabla N° 06	Situación nacional de las plantas extractoras.	23
Tabla N° 07	Mercado nacional del aceite de palma.	24
Tabla N° 08	Proyección de la demanda nacional de aceite de palma.	25
Tabla N° 09	Industrialización de la palma aceitera, con proyecto y sin proyecto.	26
Tabla N° 10	Factores de localización de una industria química.	33
Tabla N° 11	Puntaje de los factores de localización de una industria química.	33
Tabla N° 12	Grado de incidencia de la materia prima en la localización de la planta.	34
Tabla N° 13	Grado de incidencia del mercado de consumo en la localización de la planta.	34
Tabla N° 14	Grado de incidencia de la mano de obra en la localización de la planta.	35
Tabla N° 15	Grado de incidencia de los costos de los insumos en la localización de la planta.	35
Tabla N° 16	Grado de incidencia de la energía eléctrica en la localización de la planta.	35
Tabla N° 17	Grado de incidencia de otros servicios en la localización de la planta.	36
Tabla N° 18	Zonificación de climas en el Perú.	36
Tabla N° 19	Grado de incidencia del clima en la localización de la planta.	37

Tabla N° 20	Grado de incidencia de la infraestructura en la localización de la planta.	37
Tabla N° 21	Grado de incidencia de las leyes promocionales en la localización de la planta.	37
Tabla N° 22	Grado de incidencia del valor del terreno en la localización de la planta.	38
Tabla N° 23	Características de las regiones para el análisis a nivel macro.	39
Tabla N° 24	Ponderación de valores en el análisis regional.	40
Tabla N° 25	Características de los departamentos para el análisis a nivel micro.	41
Tabla N° 26	Ponderación de valores en el análisis local.	42
Tabla N° 27	Ficha técnica de la palma aceitera.	44
Tabla N° 28	Condiciones climáticas de la palma aceitera.	47
Tabla N° 29	Productividad de la palma aceitera después de la siembra.	47
Tabla N° 30	Plan de siembra de la palma aceitera.	48
Tabla N° 31	Plan de cosecha del RFF de la palma aceitera.	48
Tabla N° 32	Propiedades físicas del RFF de la palma aceitera.	52
Tabla N° 33	Especificaciones técnicas de la soda cáustica.	53
Tabla N° 34	Especificaciones técnicas del ácido fosfórico.	53
Tabla N° 35	Caracterización de la materia prima.	57
Tabla N° 36	Peso del RFF en el laboratorio.	57
Tabla N° 37	Peso teórico del oil palm RBD a obtener en la experimentación.	58
Tabla N° 38	Temperaturas obtenidas en la etapa de extracción del aceite de palma.	58
Tabla N° 39	Temperaturas obtenidas en la etapa de refinación del aceite de palma.	59
Tabla N° 40	Observaciones en las pruebas experimentales.	60
Tabla N° 41	Pesos del oil palm RBD obtenido en la experimentación.	61
Tabla N° 42	Resumen de los pesos obtenidos en las pruebas experimentales.	62
Tabla N° 43	Rendimientos de las pruebas experimentales.	62
Tabla N° 44	Cálculo de la desviación estándar de la experimentación.	63
Tabla N° 45	Temperaturas promedios obtenidas en cada etapa de la	63

	experimentación.	
Tabla N° 46	Nivel de aceptación del RFF de la palma aceitera.	66
Tabla N° 47	Composición de ácidos grasos del aceite crudo de palma.	87
Tabla N° 48	Concentraciones para soluciones de soda cáustica.	89
Tabla N° 49	Escalamiento de la producción en función de la materia prima.	119
Tabla N° 50	Costo del Racimo Fruto Fresco -RFF.	120
Tabla N° 51	Resumen del costo de materia prima e insumos.	121
Tabla N° 52	Costo de la mano de obra.	121
Tabla N° 53	Resumen de los costos directos.	122
Tabla N° 54	Resumen de los costos indirectos.	123
Tabla N° 55	Comparación del costo de metales.	123
Tabla N° 56	Inversión en el componente agrícola.	134
Tabla N° 57	Índice de costos de plantas químicas.	135
Tabla N° 58	Costo de similares plantas procesadoras de aceite de palma, para años anteriores.	136
Tabla N° 59	Costo de similares plantas procesadoras de aceite de palma, para el 2013.	137
Tabla N° 60	Factores de la inversión total sobre el costo de la inversión de la planta química.	138
Tabla N° 61	Resumen de la inversión en activos fijos.	139
Tabla N° 62	Resumen de la inversión de intangibles.	140
Tabla N° 63	Resumen de la inversión en activos totales.	140
Tabla N° 64	Resumen de la inversión.	140
Tabla N° 65	Estructura en la inversión.	142
Tabla N° 66	Precios a futuro del RFF.	144
Tabla N° 67	Precios FOB a futuro del aceite crudo de palma.	144
Tabla N° 68	Precio a futuro del aceite refinado de palma aceitera.	144
Tabla N° 69	Ingresos por ventas del aceite refinado de palma.	144
Tabla N° 70	Ingreso por ventas de subproductos.	146
Tabla N° 71	Resumen de los ingresos.	147
Tabla N° 72	Costos de producción.	148
Tabla N° 73	Resumen de pagos por servicio de la deuda.	150
Tabla N° 74	Resumen de los egresos.	150
Tabla N° 75	Costos fijos.	151

Tabla N° 76	Costos variables.	151
Tabla N° 77	Cálculo del servicio de la deuda.	153
Tabla N° 78	Fuente y uso de fondos.	154
Tabla N° 79	Calendario de inversiones.	154
Tabla N° 80	Estado de Pérdidas y Ganancias proyectado.	155
Tabla N° 81	Flujo de Caja proyectado.	156
Tabla N° 82	Cálculo del Valor Actual Neto -VAN	157
Tabla N° 83	Sensibilidad del precio de venta.	159
Tabla N° 84	Sensibilidad de los costos directos.	160
Tabla N° 85	Sensibilidad de los costos indirectos.	161
Tabla N° 86	Estándares nacionales de calidad del aire.	163
Tabla N° 87	Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.	164
Tabla N° 88	Estándar de calidad ambiental para el dióxido de azufre.	164
Tabla N° 89	Estándar de calidad ambiental para compuestos orgánicos volátiles -COV.	164
Tabla N° 90	Componentes e indicadores del medio físico.	165
Tabla N° 91	Componentes e indicadores del medio biótico.	166
Tabla N° 92	Componentes e indicadores del medio socioeconómico.	166
Tabla N° 93	Evaluación de impactos potenciales ambientales en el proceso productivo.	167
Tabla N° 94	Aspectos ambientales significativos en las emisiones.	168
Tabla N° 95	Aspectos ambientales significativos en los sólidos.	168
Tabla N° 96	Aspectos ambientales significativos en los efluentes.	169
Tabla N° 97	Acciones de mitigación en las emisiones.	169
Tabla N° 98	Acciones de mitigación en los residuos sólidos.	170
Tabla N° 99	Acciones de mitigación en los efluentes.	171

ÍNDICE DE ANEXOS

		página
Anexo N° 01	Ficha Técnicas de los insumos empleados en la refinación del aceite de palma.	179
Anexo N° 02	Ficha de Seguridad de los insumos empleados en la refinación del aceite de palma.	185

INTRODUCCIÓN

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es originaria de África occidental, y ya se obtenía el aceite desde hace 5 000 años, especialmente en la Guinea Occidental de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón.

El interés por la palma aceitera en el Perú, data desde 1969, cuando una Misión Técnica de Francia evalúa la posibilidad de desarrollar su cultivo en nuestra Amazonía. En el año 1973 se creó una plantación piloto.

Hoy en día, la palma aceitera, es uno de los cultivos más importantes del Perú. El aceite de palma se ha usado históricamente para la producción de varios productos, y, más recientemente, para la producción de biodiesel.

La industrialización de la palma aceitera, representa una alternativa de excelente perspectivas para el futuro. Este cultivo produce 10 veces más del rendimiento de aceite proporcionado por la mayoría de los otros cultivos oleaginosos y con materiales genéticos más recientes la diferencia en rendimiento es cada vez mayor y los problemas de salud achacados a las grasas hidrogenadas tendrán que abrirle paso al aceite de palma para la fabricación de productos a base de origen vegetal.

CAPÍTULO I

OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. Objetivos Principales.

- Demostrar la viabilidad técnica - económica - financiera - ambiental de la industrialización de la palma aceitera, para obtener su aceite refinado.
- Permitir la comercialización de los productos oleaginosos obtenidos en el proceso de refinación de la planta extractora de aceite de palma.

1.2. Objetivos Específicos.

- Obtener el aceite de palma a nivel piloto.
- Realizar el estudio de mercado del aceite de palma.
- Elaborar una evaluación económica de la propuesta planteada, determinando sus indicadores de rentabilidad.
- Elaborar una evaluación financiera del Proyecto, indicando las posibles fuentes de financiamiento.
- Elaborar una evaluación ambiental del Proyecto, indicando sus posibles impactos ambientales negativos.

CAPÍTULO II

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

2.1. Justificación del Proyecto.

La presente investigación, determinando la viabilidad técnica - económica - ambiental del Proyecto, permitirá la posibilidad de encontrar financiamiento empresarial, al tener al detalle la estructura de sus costos, y el análisis de mercado.

A continuación, se exponen las razones:

- **Económico.**

El desarrollo y ejecución del presente Proyecto, puede generar ingresos hasta US \$ 1 440 por Ha, que se justifica con el Análisis Técnico - Económico de la presente tesis.

- **Financiero.**

Los indicadores de rentabilidad (TIR, VAN, PR), a los cuales ha arribado la presente investigación, permitirán ubicar a inversionistas extranjeros, para la ejecución y puesta en marcha del presente Proyecto.

- **Social.**

El cultivo de la palma aceitera es una fuente de trabajo permanente para los agricultores y sus familiares que conducen el cultivo, permitiendo así, sostener económicamente sus hogares.

- **Ambiental.**

La palma aceitera es un cultivo permanente que afianza a los agricultores en sus faenas agrícolas, evitando la tala indiscriminada y quema de los bosques propios de una agricultura migratoria.

2.2. Importancia del Proyecto.

- **Alimentaria.**

El Perú es un país deficitario en aceites en aproximadamente 75 %, por lo que el desarrollo de este cultivo aparece como un tema de seguridad alimentaria nacional.

- **Ambiental.**

La forestación de tierras eriazas de cultivo, mediante el cultivo de la palma aceitera, permitirá oxigenar más nuestro planeta, mitigando así, los efectos del calentamiento global.

- **Valor Agregado.**

En la producción de aceite de palma se obtiene un valor agregado de un 83 %, en productos refinados listos para ser comercializados, además, su proceso utiliza insumos importados en pequeña cantidad.

- **Producto competitivo.**

Tanto el manejo agrícola como la industrialización de los productos de la palma aceitera, son técnicamente sencillos, esto hace que los costos de producción sean bastante bajos, en comparación con los otros aceites vegetales.

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1. Investigaciones relacionadas al Proyecto.

La industrialización de la palma aceitera, al generar productos rentables, ha sido objeto de investigación a través de los años; buscando nuevos métodos de extracción y nuevas tecnologías, permitiendo que en la última década haya dado un impulso notable a nuevas formas y procesos de obtención del aceite de palma.

A continuación esbozaremos los trabajos de investigación que han servido como referencia para la elaboración del presente Proyecto productivo:

3.1.1. Tratamiento y conservación del aceite de palma africana.

C. Robles Quintana y S. Santamaría Díaz ⁽²¹⁾; en el año de 1972, realizaron un estudio de investigación, para conocer el método de extracción del aceite de palma africana, siguiendo el procedimiento del prensado.

Para la etapa de extracción del aceite, siguieron la secuencia de: esterilización, desfrutado, maceración y digestión de los frutos, prensado de los frutos, clarificación, deshidratación y tratamiento de la nuez.

3.1.2. Factibilidad de la instalación de una planta de refinación de aceite de palma.

M. Leonor Neira Corrales y Máximo Barragán Barragán ⁽¹⁷⁾, en el año de 1974 evaluaron la posibilidad de la instalación de una planta de refinación de

aceite de palma, con el fin de limitar la importación de materias grasas comestibles.

El estudio demuestra la factibilidad de la construcción de una planta que procese 214,620 TM/año de aceite crudo, obteniendo como producto final 100,000 TM/año de aceite refinado, además de 84,344 TM/año de grasa semi-refinada.

La planta industrial, tiene un costo de 287.20 mil millones de soles del año 1979, empleando la equivalencia del Banco Central de Reserva del Perú, sería de US \$ 1 250,22 millones de ese año.

3.1.3. Implementación de una planta de aceite de palma.

José Costa Lostaunau ⁽⁴⁾, en el año de 1981, propone explotar la extracción y procesamiento del aceite de palma, para lo cual, emplearía tanto la tecnología, así como equipos y maquinarias necesarias para el procesamiento de los frutos, sería proporcionados por la firma STORK.

Así mismo, menciona que el desarrollo del proyecto es una forma de abrir horizontes en nuestra Amazonía.

3.1.4. Implementación de una planta refinadora de aceite de palma comestible.

Ciceley Cuadros García ⁽⁵⁾, en el año de 1985, evalúa la posibilidad de instalar una planta refinadora de aceite de palma, para cubrir un porcentaje de la demanda insatisfecha de aceite vegetal.

La planta a instalar tendría una capacidad de 50 TM/día, empleando para el proceso productivo, el sistema refinado al vapor de alfa-laval; obteniendo aceite refinado con un alto rendimiento, respecto del aceite crudo, de 95,7 %.

Estima la inversión fija tangible en US \$ 915 356; inversión fija intangible en US en 27 424; y, capital de trabajo en US \$ 648 986, haciendo un total de US \$ 1 591 766.

3.1.5. Instalación de una planta de extracción de palma.

Agustín V. Zumarán Bustios ⁽²⁶⁾, en el año de 1986, investigó la viabilidad para la instalación de una planta de industrialización de la palma aceitera.

El estudio concluye que existen zonas en la selva con mucho potencial para el desarrollo de la palma aceitera, y que su rendimiento por hectárea es mucho mayor que otros países productores.

Estima la inversión fija tangible en US \$ 2 327 356; inversión fija intangible en US \$ en 126 335; y, capital de trabajo en US \$ 331 043, haciendo un total de US \$ 2 784 734

3.1.6. Análisis económico-financiero de la industria del aceite de palma africana.

Ernesto A. Guerrero Best ⁽¹⁰⁾, entre los años de 1980 y 1984, evaluó la situación de la industria de insumos oleaginosos en el Perú, tomando como referencia, la producción, consumo aparente, y comercialización de la empresa Emdepalma, dedicada a la explotación de palma aceitera.

Sus estudios demostraron que la palma aceitera requería poca exigencia en cuanto a la calidad de suelos, salvo en lo referente a un buen drenaje, requiriendo para su desarrollo, altas temperaturas y humedad en forma regular.

Su capacidad total de almacenamiento de aceite crudo de palma era de 2 000 TM bimensual, debido a que la carretera se interrumpía en épocas de lluvia, es decir, almacenaban para dos meses.

3.2. Situación de la palma aceitera en el Perú.

3.2.1. Ubicación y extensión de las plantaciones de palma aceitera.

En el Perú, la superficie cultivada con palma aceitera, a inicios del 2012, era 51 242 Ha, distribuidos en los departamentos de: San Martín (49,62 %), Ucayali (25,52 %), Loreto (23,12 %), y, Huánuco (1,73 %).



Figura N° 1: Ubicación de los cultivos de palma aceitera (Ha)

Fuente: MINAG. Elaboración: Propia

3.2.2. Estado actual de las plantaciones de palma aceitera.

La Tabla N° 1, muestra la evolución del cultivo de la palma aceitera en el Perú. Cada departamento que tiene superficie cultivada de palma aceitera, ha ido evolucionando en forma distinta, entre ellos tenemos: a) San Martín, b) Ucayali, c) Loreto, y, d) Huánuco.

Tabla N° 1: Evolución del cultivo de la palma aceitera (Ha).

Fuente: MINAG, (2012). Informes de las DIAs AA de Tocache, Aguaytía, Pucallpa, Lamas, Yurimaguas. Elaboración: Propia.

Región/Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
San Martín	15 880	21 680	25 051	25 611	28 657	28 657	28 657
Ucayali	6 641	10 341	13 102	13 741	12 699	13 741	14 741
Loreto	1 250	1 250	1 610	5 900	7 844	11 613	13 354
Huánuco		2332	732	1 000	1 000	1 000	1 000
Total	23 771	33 503	40 495	46 252	50 200	55 011	57 752

- **Departamento de San Martín**, Palma del Espino S.A., ubicada en la provincia de Tocache, tiene el 44 % local (88 % nacional).
- **Departamento de Ucayali**, la totalidad de la superficie es conducida por pequeños agricultores, la asociación COCEPU cuenta con 1 350 Ha.
- **Departamento de Loreto** el total estado de abandono de las plantaciones de palma, fue generado por la administración del Ministerio de Agricultura en el proceso de liquidación de EMREPALMA S.A.
- **Departamento de Huánuco**, en el año 2007 iniciaron el cultivo de la palma aceitera, y recién en el año 2010 comienza su producción.

3.2.3. Ubicación de plantas de procesamiento de palma aceitera.

La Figura N° 2, muestra la ubicación de las plantas de procesamiento de palma aceitera, con su capacidad instalada que operan en el país.

3.2.4. Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo de palma aceitera.

Los diversos autores de las investigaciones relacionadas con la industrialización de la palma aceitera, mencionadas en el capítulo 3.1 de la presente investigación, refieren en sus estudios que, tanto el clima como el suelo de la selva peruana, presentan condiciones favorables para su explotación.

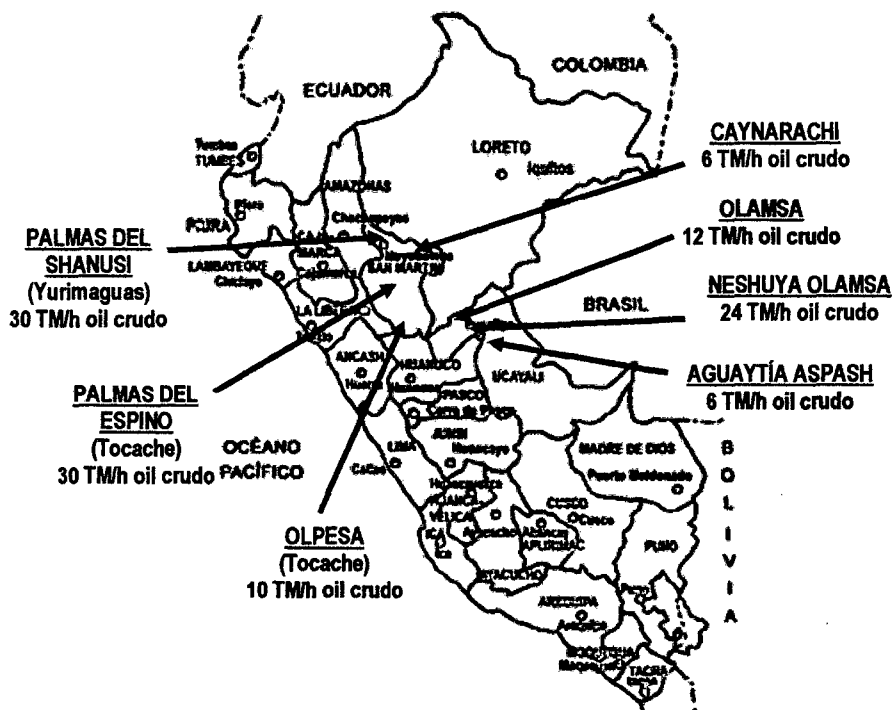


Figura N° 2: Ubicación de las plantas procesadores de palma aceitera.

Fuente: MINAG. Elaboración: Propia

En el mismo sentido, el Ministerio de Agricultura, señala que el Perú posee una superficie potencial para el desarrollo de la palma aceitera de un millón cuatrocientos cinco mil hectáreas distribuidas en distintos departamentos de la región amazónica. Ver Figura N° 3.

De igual forma, el Ministerio refiere que también en los departamentos de Huánuco y Cusco, se puede cultivar palma aceitera.

Inversionistas extranjeros, están estudiando la posibilidad de incursionar en palma aceitera en el departamento de Cusco.

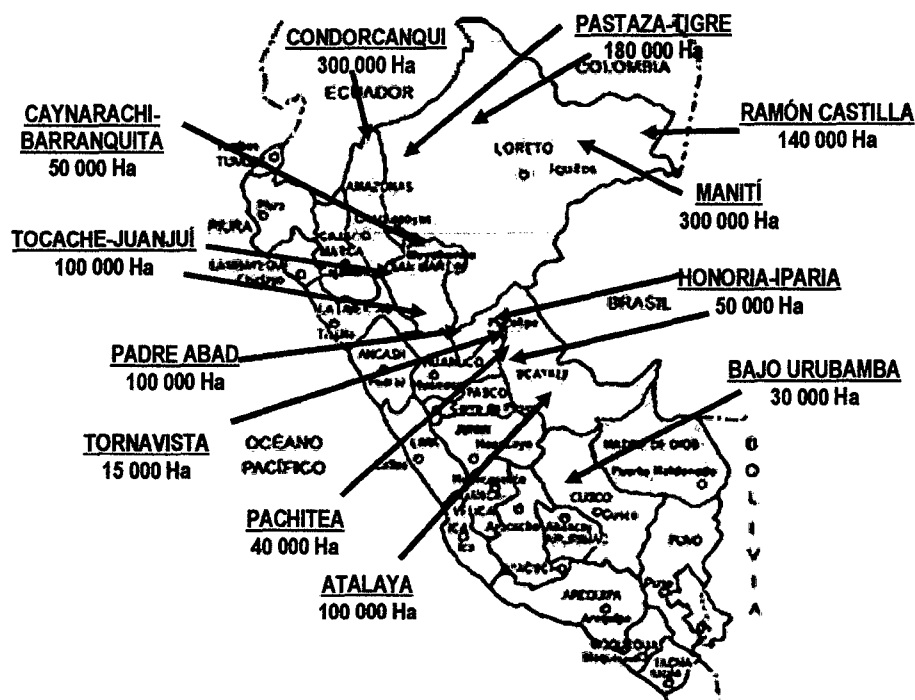


Figura N° 3: Áreas potenciales para el cultivo de la palma aceitera (1 405 000 Ha).

Fuente: MINAG. Elaboración: Propia.

Tabla N° 2: Áreas potenciales para el desarrollo de la palma aceitera (Ha).

Fuente: PNUD, MINAG, UDA. Elaboración: Propia.

DEPARTAMENTO / Provincia	SUPERFICIE POTENCIAL(Ha)
LORETO	620 000
• Alto Amazonas.	180 000
• Maynas.	300 000
• Mcal. Ramón Castilla.	140 000
AMAZONAS	300 000
• Condorcanqui	300 000
SAN MARTÍN	150 000
• Lamas.	50 000
• Tocache.	100 000
UCAYALI	265 000
• Padre Abad.	115 000
• Coronel Portillo.	50 000
• Atalaya.	100 000
HUÁNUCO	40 000
• Pachitea.	40 000
CUSCO	30 000
• Urubamba.	30 000
TOTAL	1 405 000

CAPÍTULO IV

EL PRODUCTO

4.1. Producto principal: aceite de palma

4.1.1. Generalidades del aceite de palma.

El aceite de palma se obtiene del fruto de la palma (*Elais guineensis*), y debido a su mejor rendimiento por hectárea, sus bajos costos de producción y sus múltiples usos, la palma se convirtió en la principal fuente de aceite vegetal del planeta por delante de la soja. ⁽¹³⁾

Hoy, el aceite de palma se produce de forma industrial, y las compañías productoras revenden el aceite a un amplio rango de clientes: refinadoras, minoristas, industria agroalimentaria, y plantas de agrocombustibles.

4.1.2. Características del aceite de palma.

La Tabla N° 3, muestra las características aconsejadas que deben de tener el aceite de palma.

Tabla N° 3: Características del aceite de palma.

Fuente: American Oil Chemists Society -AOCS. Elaboración: Propia.

COMPUESTO	CANTIDAD
Densidad (a 37,8 °C) kg/m	0,898 - 0,991
Índice de refracción	1,453 - 1,456
Índice de yodo	44 - 58
Índice de saponificación	195 - 205
Materia insaponificable	≤ 0,8 %

4.1.3. Composición Nutricional del aceite de palma.

Antes de ser refinado o tratado, este aceite está considerado como el alimento natural más rico en vitamina A (cerca de 15 veces más que la zanahoria). Es, por lo tanto, un alimento muy valioso en los casos en que existen carencias en la dieta, particularmente en sectores D y E.

La Tabla N° 4, muestra el componente nutricional de la palma aceitera, realizado por la *United States Department of Agriculture - National Agricultural Library - USDA-NAL* (Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Tabla N° 4: Componente nutricional del aceite de palma, base: 100 g.

Fuente: United States Department of Agriculture - National Agricultural Library - USDA-NAL.
Elaboración propia.

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	884 Kcal
Agua	0,00 g
Proteína	0,00 g
Grasa	100,00 g
Genizas	0,00 g
Carbohidratos	0,00 g
Fibra	0,00 g
Calcio	0,00 mg
Hierro	0,01 mg
Fósforo	0,00 mg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	15,94 mg
Vitamina K (filoquinona)	8,0 g
Colesterol	0,00 mg

4.1.4. Usos y aplicaciones del aceite de palma.

Del fruto de la palma aceitera, se emplea tanto la pulpa como la almendra. Una vez obtenidos los productos de la palma aceitera, se utilizan en la industria

agroalimentaria (más de 50%), la industria química, cosmética, alimentación animal y más recientemente para agrocombustibles:

1. Uso industrial.

Se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas, jabones, en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

El aceite de palma es una materia prima que se utiliza en la fabricación de jabones y detergentes, grasas lubricantes y secadores metálicos, destinados a la producción de pintura, barnices y tintas.

2. Uso comestible.

Se emplea como aceite de cocina, para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados, deshidratados y cremas no lácteas para mezclar con el café.

El contenido de sólidos grasos del aceite de palma le da a algunos productos como margarinas de consistencia sólida/semisólida que no tienen necesidad de hidrogenación.

4.1.5. Producto sustituto del aceite de palma.

Hoy en día el mercado de aceites, permite tener una gran variedad de aceites vegetales comestibles, dentro de ellos tenemos: el aceite de maní, aceite de maíz, aceite de girasol, aceite de cártamo, aceite de oliva, aceite de coco, aceite de colza, aceite de algodón, entre otros.

Sin embargo, ninguno de estos aceites mencionados, podría de considerarse como un aceite sustituto del aceite de palma, debido a su

composición nutricional, y a las características particulares del aceite de palma (color, olor, y, sabor), que lo hacen insustituibles.

4.2. Subproductos.

En el proceso de extracción y refinación del aceite de palma, se obtiene una serie de subproductos:

4.2.1. Aceite de palmiste.

Se extrae de la almendra de la semilla del fruto de la palma. Representa entre un 3-6 % del peso fresco del racimo. Su composición química es completamente diferente a la del aceite de palma rojo.

El aceite de palmiste es semi-sólido a temperatura ambiente. Tras su transformación es más utilizado por la industria cosmética (jabones y cremas), la industria química (barniz, pintura, resina), la fabricación de detergentes y también la industria agroalimentaria.

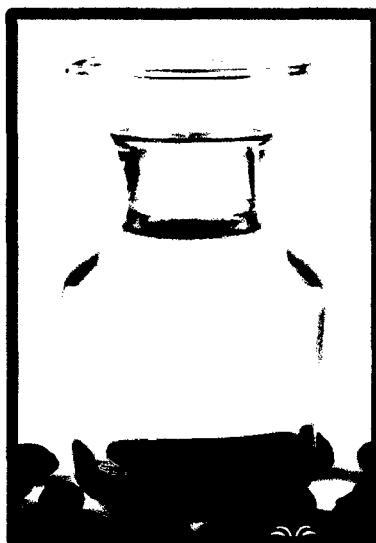


Figura N° 4: Muestra de aceite crudo de palmiste.

Foto: Cortesía de Acepalma, empresa procesadora de palma aceitera, Colombia.

4.2.2. Estearina de palma.

Fracción sólida del aceite de palma, obtenida del proceso de fraccionamiento del aceite refinado, blanqueado y desodorizado, después de la fase de cristalización a temperatura controlada.

Se caracteriza por su consistencia sólida a temperatura ambiente y por ser un aceite libre de ácidos grasos trans. Es utilizada para la formulación de margarinas, grasas sólidas para panaderías, y en la fabricación de jabones finos.

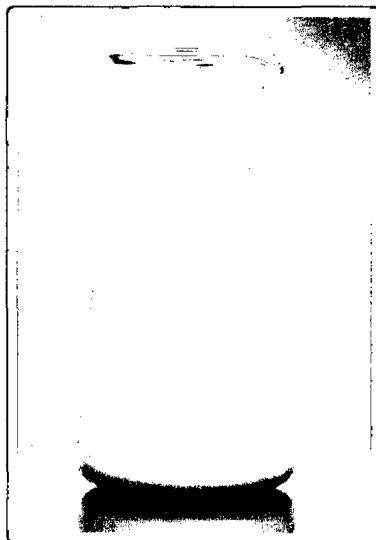


Figura N° 5: Muestra de estearina de palma.

Foto: Cortesía de Acepalma, empresa procesadora de palma aceitera, Colombia.

4.2.3. Oleína de palma.

Fracción líquida del aceite de palma, obtenida a partir del primer fraccionamiento del aceite después del proceso de cristalización a temperatura controlada. Es utilizado para aceites líquidos comestibles de forma pura o en mezcla con otros aceites líquidos.



Figura N° 6: Muestra de oleína de palma.

Foto: Cortesía de Acepalma, empresa procesadora de palma aceitera, Colombia.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DEL MERCADO

5.1. Análisis de la oferta.

5.1.1. Producción mundial de aceites vegetales.

El aceite de palma ocupa el primer lugar en el mercado mundial de aceites y grasas, con una producción aproximada de 46,67 millones de TM/año.

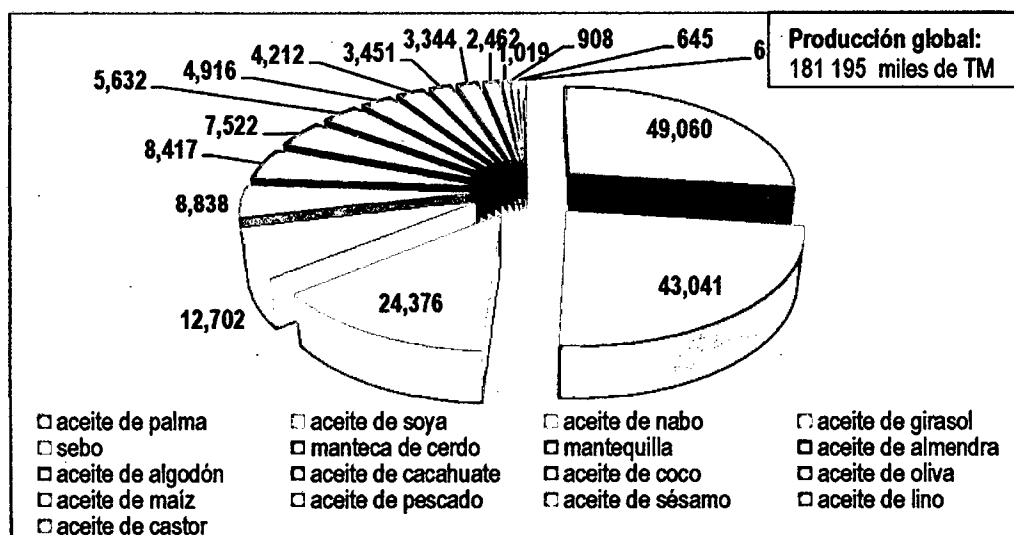


Figura N° 7: Producción mundial de aceites y grasas 2012 (miles TM).

Fuente: Oil Word Annual 2012. Elaboración: Propia.

5.1.2. Superficie instalada mundial de palma aceitera.

Malasia es el primer país con una superficie instalada en aceite de palma de 3 416 000 Ha, seguida de Indonesia (3 129 000 Ha) y Nigeria (382 00 Ha).

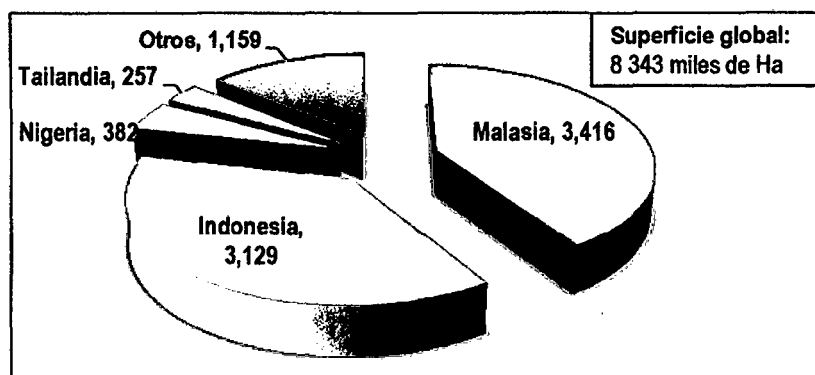


Figura N° 8: Superficie instalada mundial de palma aceitera 2012 (miles Ha).

Fuente: Oil Word Annual 2012. Elaboración: Propia.

5.1.3. Producción mundial de RFF de palma aceitera.

Malasia es el primer país productor de RFF de palma aceitera con 68 310 000 TM, seguida de Indonesia (62 580 000 TM) y Nigeria (7 640 00 TM Ha).

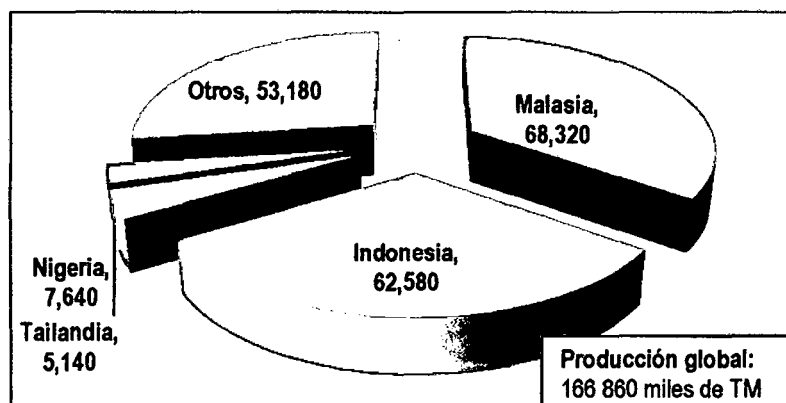


Figura N° 9: Producción mundial de RFF 2010 (miles TM).

Fuente: Oil Word Annual 2010. Elaboración: Propia.

5.1.4. Producción mundial de aceite de palma.

El principal productor de aceite de palma es Indonesia (50 %), Malasia (37 %), seguido lejanamente de Tailandia (3 %), y Colombia (2 %).

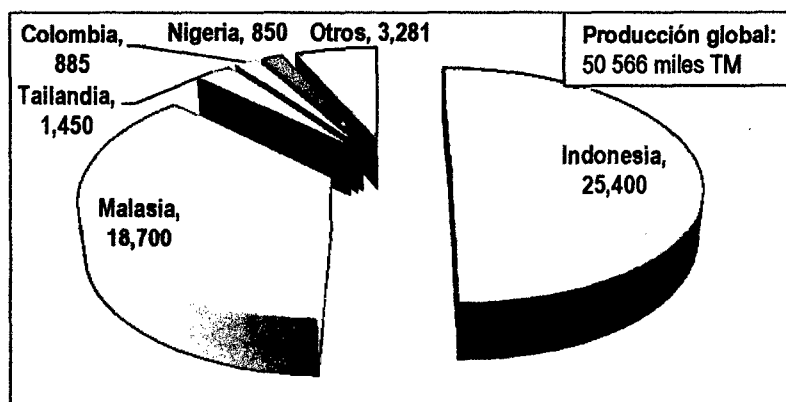


Figura N° 10: Producción mundial de aceite de palma 2012 (miles TM).

Fuente: Oil Word Annual 2012. Elaboración: Propia.

5.1.5. Producción regional de aceite de palma.

José G. Justiniano Sandoval, 2010, funcionario de la Comunidad Andina de Naciones -CAN refiere que sus países miembros presentan características comunes en el manejo de la cadena oleaginosa. Ninguno de estos países, a excepción de Bolivia, es autosuficiente, por lo tanto, necesitan abastecerse de materia prima o productos intermedios de otros países fuera de la CAN.

Tabla N° 5: Situación regional del aceite de palma 2010.

Fuente: Revista de actualidad "Agroaldia", MINAG. Elaboración: Propia.

PAÍS	Ha	RFF (TM)	ACEITE CRUDO (TM)
Colombia	350 000	7 000 000	1 400 000
Ecuador	220 000	4 040 000	80 000
Perú	50 200	465 452	88 534
Total	537 682	11 865 452	2 368 534

5.1.6. Superficie nacional de palma aceitera.

El departamento de San Martín, provincias de Tocache/Caynarachi tiene el 49,62 %, le sigue el departamento de Ucayali provincia de Neshuya/Aguaytía (25,52 %), Loreto provincia de Nauta/Yurimaguas/Contamana (23,12 %), y, Huánuco provincia de Honoria (1,73 %).

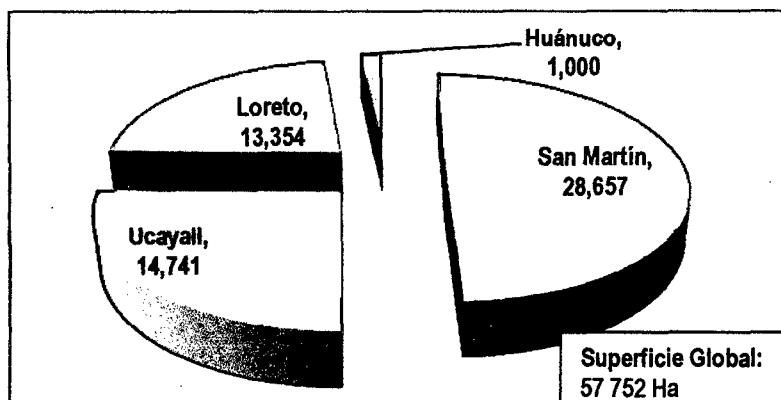


Figura N° 11: Superficie nacional de palma aceitera 2012 (Ha).

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la Palma Aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú, MINAG. Elaboración: Propia.

5.1.7. Producción nacional de RFF de la palma aceitera.

El departamento de San Martín (77,64 %), le sigue el departamento de Ucayali (10,25 %), Loreto (12,02 %), y, Huánuco (0,09 %).

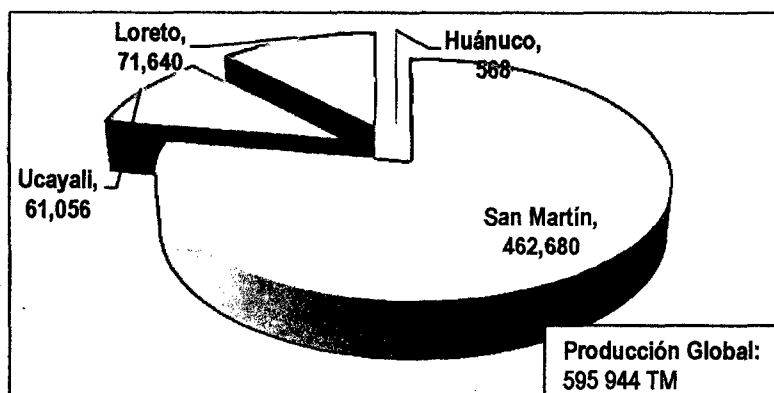


Figura N° 12: Producción nacional de RFF de palma aceitera 2012 (TM).

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la Palma Aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú, MINAG. Elaboración: Propia.

5.1.8. Producción nacional del aceite de palma.

El departamento de San Martín, provincias de Tocache/Caynarachi tiene 92 536 TM, le sigue el departamento de Ucayali (12 211 TM), Loreto (14 328 TM), y, Huánuco (114 TM).

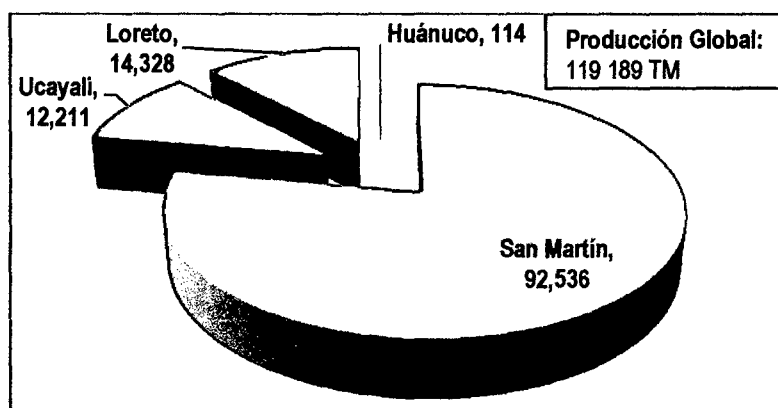


Figura N° 13: Producción nacional de aceite crudo de palma 2012 (TM).

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la Palma Aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú, MINAG. Elaboración: Propia.

5.1.9. Plantas extractoras de aceite de palma.

Las principales plantas extractora y procesadoras de palma aceitera, están en los departamentos de Ucayali y San Martín:

- OLAMSA, tiene operaciones en el departamento de Ucayali (Neshuya, Aguatía y Tocache).
- INDUPALMA, tiene operaciones en el departamento de San Martín (Caynarachi).
- Palmas del Espino, tiene operaciones en el departamento de San Martín (Uchiza).
- Palmas Bolívar Tocache, tiene operaciones en el departamento de San Martín (Tocache).

Tabla N° 6: Situación nacional de las plantas extractoras, 2010.

Fuente: revista de actualidad "Agroaldia", MINAG. Elaboración: Propia.

EMPRESA	UBICACIÓN	CAPACIDAD EXTRACTORA (TM RFF/ hr)	CAPACIDAD PROCESAR (TM RFF/año)	CAPACIDAD PRODUCIR ACEITE (TM/año)	CAPACIDAD UTILIZADA (TM/aceite)
OLAMSA	Región Ucayali Neshuya	12	86 400	17 200	9 140
OLAMSA	Región Ucayali Aguaytía	6	43 200	8 640	3 000
INDUPALMA	Región San Martín Caynarachi	6	43 200	8 640	2 150
OLPESA	Región San Martín Tocache	10	72 000	14 400	9 175
Palmas del Espino	Región San Martín Uchiza	60	432 000	108 400	34 000
Palmas Bolívar Tocache	Región San Martín Tocache	10	72 000	14 400	1 990
TOTAL		104	748 000	171 680	59 480

La Tabla N° 6, muestra las características ingenieriles de las plantas extractoras y procesadoras de palma aceitera en el país.

5.2. Análisis de la demanda.

5.2.1. Consumo mundial de aceites y grasas.

El aceite de palma es el más consumido en el mundo, seguido del aceite de soya, del sebo, del aceite de girasol, etc.

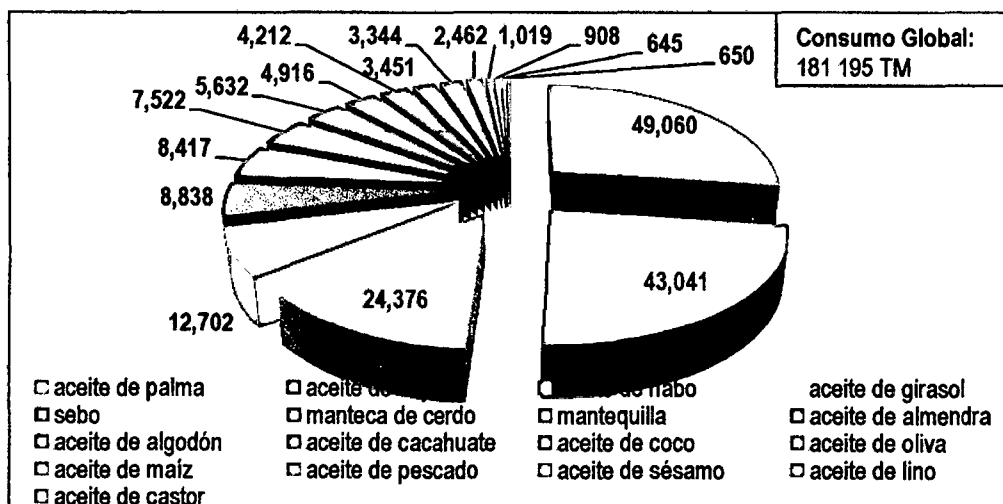


Figura N° 14: Consumo mundial de aceites y grasas 2012 (miles TM).

Fuente: Oil Word Anual 2012. Elaboración: Propia.

5.2.2. Consumo mundial de aceite de palma.

India es el principal consumidor de aceite de palma, seguido de Indonesia, China, EU 27, Malasia, Pakistán, Nigeria, etc.

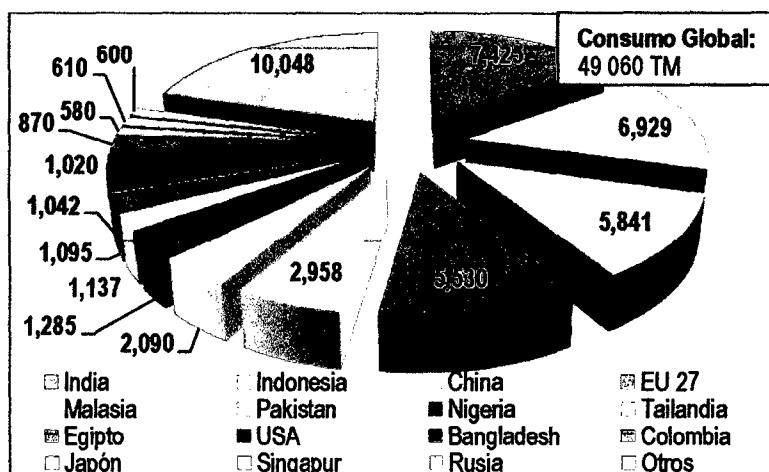


Figura N° 15: Principales países consumidores de aceite de palma 2012 (TM).

Fuente: Oil Word Annual 2012. Elaboración: Propia.

5.2.3. Consumo nacional de aceite de palma.

Tabla N° 7: Mercado nacional del aceite de palma (TM).

Fuente: revista de actualidad "Agroaldia", MINAG. Elaboración: Propia.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010
Producción	232 937	237 933	248 924	248 960	236 057
Importaciones	347 042	366 301	377 977	382 603	379 604
Total	579 979	604 234	626 901	631 563	615 661

5.2.4. Proyección de la demanda nacional de aceite de palma.

La FAO refiere que el consumo de aceite de palma, en la Región de América Latina debería ser en promedio de 14,0 kg/persona.

La población peruana al 2012, ha sido de 30 824 358 habitantes, siendo su proyección para el 2015 (39 963 665 habitantes), para el 2020 (42 544 220 habitantes), para el 2025 (45 124 775 habitantes), y para el 2030 (47 705 330 habitantes).

Manteniendo constante el consumo promedio de 14,0 kg/persona (0,014 TM/persona), la proyección de aceite de palma refinado, para el 2015 (559 491 TM), para el 2020 (595 619 TM), para el 2025 (631 747 TM), y para el 2030 (667 875 TM)

Tabla N° 8: Proyección de la demanda nacional del aceite de palma(TM).
Crecimiento 2,5 % anual.

Fuente: Datos MINAG e INEI. Elaboración: Propia.

AÑO	2015	2017	2020	2022	2025
Aceite de palma	559,491	573,942	595,619	610,070	631,747

5.2.5. Demanda insatisfecha de aceites y grasas en el Perú.

Según la Sociedad Nacional de Industrias, en el mercado interno hay una significativa demanda de aceites, que no es cubierta por los productores nacionales. Este déficit se calcula en 220 mil toneladas anuales, que se cubre con importaciones de aceite de soya y girasol. Para cubrirlo, el Perú requiere de 40 mil Ha de palma aceitera y una inversión de 120 millones de dólares americanos.

5.3. Análisis de los Precios.

5.3.1. Precios internacionales del aceite crudo de palma.

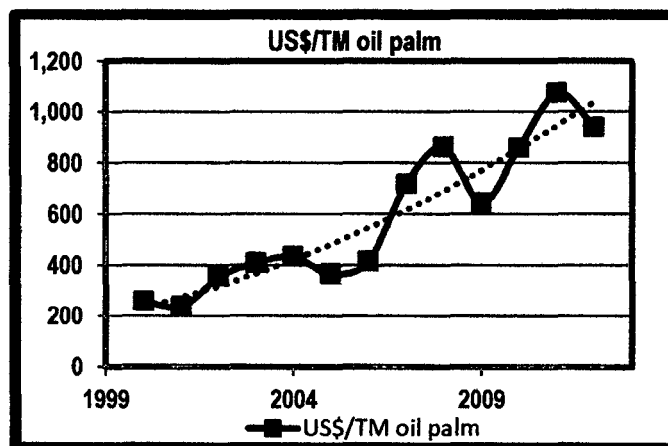


Figura N° 16: Precios históricos internacionales del aceite crudo de palma (US \$/TM).

Fuente: Word Oil. Elaboración: Propia.

5.3.2. Proyección de precios internacionales del aceite crudo de palma.

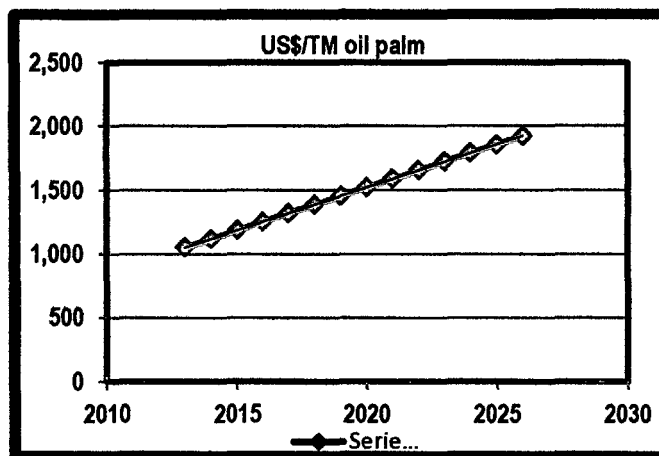


Figura N° 17: Precios proyectados internacionales del aceite crudo de palma (US \$/TM).

Fuente: precios históricos de Word Oil. Elaboración: Propia

5.4. Conclusiones del Estudio de Mercado.

La Tabla N° 9, muestra las cantidades requeridas de materia prima y producidas de aceite de palma originadas por la ejecución del presente Proyecto, respecto de la situación nacional actual (sin proyecto a ejecutar).

Tabla N° 9: Industrialización de la palma aceitera, con proyecto y sin proyecto.

Fuente: Datos MINAG, investigación. Elaboración: Propia.

PARÁMETRO	SIN PROYECTO	PROYECTO	CON PROYECTO
Superficie potencial (Ha)	1 405 000	2 000	0,14 %
Superficie cultivada (Ha)	57 752	2 000	3,35 %
Racimo de Fruto Fresco (TM)	595 944	40 000	6,29 %
Plantas procesadoras (unid)	7	1	8
Plantas refinadoras (unid)	2	1	3
Aceite crudo de palma (TM)	119 189	8 800	6,88 %
Aceite refinado de palma (TM)	59 480	3 900	6,15 %
Demanda proyectada aceite refinado de palma, al 2020 (TM)	595 619	3 900	0,65 %

El aceite refinado de la palma aceitera, es un producto sano y nutritivo, y no teniendo producto sustituto, genera un mercado cautivo; cuya producción nacional no abastece el mercado peruano.

Las plantas procesadoras de palma aceitera, trabajan al 90 % de su capacidad instalada, reservando la diferencia para contingencias en su producción.

Los precios del aceite refinado de palma, son regulados por el mercado internacional, y su proyección va en aumento, en la medida que aumenta vertiginosamente el consumo a nivel mundial.

En consecuencia, podemos concluir que, la venta del aceite de palma producida por el presente Proyecto, queda asegurada.

CAPÍTULO VI

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

6.1. Tamaño de la Planta.

La importancia de definir el tamaño que tendrá el Proyecto se manifiesta principalmente en la incidencia sobre el nivel de las inversiones y costos que se calculen y, por tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación.

La determinación del tamaño responderá a un análisis interrelacionado de una serie de variables del presente Proyecto, entre los factores a analizar tenemos:

a) Tamaño y mercado.

La producción de 3 933 TM/año de aceite de palma refinado, provenientes de la ejecución del presente Proyecto, resulta ser una cantidad muy por debajo de la demanda proyecta del mercado interno, tal como lo demuestra el capítulo 5 de la presente investigación.

En consecuencia, el estudio de mercado del producto, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

b) Tamaño y materias primas.

Se analiza la provisión de las materias primas e insumos suficientes en cantidad y calidad, de tal forma que garanticen el procesamiento industrial de la palma aceitera.

El racimo de fruto fresco -RFF de la palma aceitera, es la única materia prima que requiere el proceso productivo, y serán obtenidas de las 2 000 Ha de sembrío de palma aceitera, como parte del presente Proyecto.

En consecuencia, la disponibilidad de la materia prima, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

c) Tamaño e insumos:

Entre los principales tenemos: a) soda cáustica, b) ácido fosfórico, y c) tierra decolorante.

- **Soda cáustica, (al 50 %)**, este álcali es producido por la empresa privada Química del Pacífico S.A. -QUIMPAC, única empresa que lo produce a gran escala y en solución.
Los principales países que exportan soda cáustica al Perú son: Alemania, India, Estados Unidos, Bélgica, Canadá y España.
Las principales empresas importadoras de soda cáustica en escamas son: Enersur S.A., Farminex International S.A.C.
- **Ácido fosfórico, (al 83 %)**, este producto químico no es producido en el Perú a escala industrial, es importado de diversos países.
Los principales países que exportan ácido fosfórico al Perú son: México, Bélgica, Brasil, Suiza, Chile, China, Alemania, España, y Turquía.
Las principales empresas importadoras de ácido fosfórico son: Brenntag Perú S.A.C.; E & M S.R.L; Químicos Goicochea S.A.C.; Disan Perú S.A.; Molinos y Cía S.A.; Vergara S.A.; Aris Industrial S.A.; y Misti S.A.
- **Tierra decolorante**, es la diatomita activada. El Perú posee yacimientos naturales de diatomita, a tajo abierto. Existen varias empresas que la explotan y la tratan.
Las principales empresas proveedoras de diatomita activada son: Actividades Técnico Industriales -ATISA S.A.C. (Telf: 425-4567) y Compañía Minera Abastecedora Andina S.A.C. (Telf: 385-1098).

Los principales países que exportan diatomita activada son: Chile, China, Dinamarca, México, Estados Unidos y Alemania.

Las principales empresas importadoras de diatomita activada son: Empresa Comercializadora Pluscreto S.A.C. y Lemcorp S.A.C.

En consecuencia, la disponibilidad de los insumos, proveniente de diversos proveedores, aseguran la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

d) Tamaño y tecnología.

Se analiza el mercado de equipos y maquinarias que requiere la tecnología que hemos seleccionado, de tal forma que garanticen el procesamiento industrial de la palma aceitera.

El diseño y montaje de los equipos y maquinarias a emplear estará a cargo de empresas contratistas, existiendo proveedores nacionales e internacionales. Entre los proveedores internacionales tenemos:

- ***Jinxin Chemical Engineering Equipment Co. Ltd***, empresa china, dedicada al diseño y montaje de equipos y maquinarias, para líneas productivas de extracción y refinación de aceites vegetales. Cuenta con el ISO 9001.
- ***Goyum Screw Press***, empresa indú, dedicada al diseño y montaje de equipos y maquinarias, para líneas productivas de extracción y refinación de aceites vegetales.

En consecuencia, el abastecimiento y provisión de equipos y maquinarias que requiere la tecnología seleccionada, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

e) Tamaño y costo de producción.

Se analiza el costo de producción de acuerdo a la tecnología seleccionada, de tal forma que garantice el procesamiento industrial de la palma aceitera.

El costo de producción de 1 050 US \$/TM, calculado en el capítulo 8.2 de la presente investigación, está muy por debajo de proyectos similares; y un aumento en la producción, disminuirá su costo de producción.

En consecuencia, el costo de producción que requiere la tecnología seleccionada, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

f) Tamaño y la inversión.

Se analiza la inversión que requiere la tecnología que hemos seleccionado, de tal forma que garantice el procesamiento industrial de la palma aceitera.

La inversión calculada en US \$ 2 663 749 para el presente Proyecto, contempla la adquisición total de los activos que requiere el proceso industrial.

En consecuencia, la inversión requerida para el diseño y montaje de la planta, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

g) Tamaño y el financiamiento.

Se analiza el financiamiento para desarrollar la tecnología seleccionada, de tal forma que garantice el procesamiento industrial de la palma aceitera.

Debemos considerar no sólo las diversas fuentes de financiamiento, sino también, el servicio de la deuda, así como la moneda seleccionada para la inversión adecuada.

En consecuencia, el financiamiento para la tecnología seleccionada, requerida para el diseño y montaje de la planta, asegura la industrialización de la palma aceitera en el tamaño de planta calculado.

Finalmente, los factores analizados, justifican el tamaño de planta, que aseguren procesar 40 000 TM anuales de Racimo de Fruto Fresco, para obtener 3 933 TM de aceite refinado de palma.

6.2. Localización de la Planta.

La localización adecuada para el desarrollo del presente Proyecto, puede determinar el éxito o fracaso de la inversión. Por ello, la decisión de donde ubicar el Proyecto obedecerá no sólo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales, incluso, políticos.

Con todos estos criterios, se buscará determinar aquella localización óptima que maximice la rentabilidad del capital invertido en este Proyecto, obteniendo un mínimo costo unitario.

El estudio de localización del Proyecto permitirá determinar la ubicación de la planta agroindustrial, se realizará en dos etapas:

- **Estudio regional**, es un análisis macro, nos permitirá ubicar la planta en una determinada región del país (Costa, Sierra o Selva).
- **Estudio local**, es un análisis micro, una vez determinada la región, nos permitirá ubicar la planta en una determinada ciudad.

6.2.1. Factores de localización de la Planta.

En la Tabla N° 10, se muestra los factores de localización de una planta, que se empleará para el análisis regional y para el análisis local.

Tabla N° 10: Factores de localización de una industria química.

Fuente: Fernando Guzmán Castro, "Preparación y evaluación de proyectos de la industria química". Elaboración: Propia.

N	FACTOR	REGIONAL	LOCAL
1	Materia prima disponible	Sí	No
2	Mercado de consumo	Sí	No
3	Mano de obra	Sí	Sí
4	Insumos, costos	Sí	No
5	Electricidad	Sí	Sí
6	Otros servicios	Sí	Sí
7	Clima	Sí	No
8	infraestructura	Sí	No
9	Leyes promocionales	Sí	Sí
10	Valor del terreno	Sí	Sí

6.2.2. Método cualitativo por puntos.

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, los cuales representarán el grado de incidencia de dicho factor.

Tabla N° 11: Puntaje de los factores de localización de una industria química.

Fuente: <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/18/alumno/cap3.html>.
Elaboración: Propia.

N	FACTOR	GRADO DE INCIDENCIA
1	Materia prima disponible	0.20
2	Mercado de consumo	0.15
3	Mano de obra	0.20
4	Insumos, costos	0.10
5	Electricidad	0.06
6	Otros servicios	0.04
7	Clima	0.07
8	infraestructura	0.08
9	Leyes promocionales	0.04
10	Valor del terreno	0.06

6.2.3. Puntuación de los factores.

Cada factor tiene su propia puntuación, de acuerdo al grado de incidencia en la localización. El puntaje máximo de cada factor es 20, siendo los factores más relevantes los siguientes:

- a) **Materia prima disponible**, la única materia prima empleada en el proceso, es el RFF de la palma aceitera, este deberá ser lo más "fresco" posible, y está en función a la distancia que hay entre la zona de cultivo y la planta de procesamiento.

Tabla N° 12: Grado de incidencia de la materia prima en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LA MATERIA PRIMA
5	Si se desarrolla muy difícilmente.
10	Si se desarrolla difícilmente.
15	Si se desarrolla con cierta dificultad.
20	Si se desarrolla normalmente (en su hábitat natural).

- b) **Mercado de consumo**, implica analizar y cuantificar básicas razones: el costo del transporte, la rapidez de distribución, cercanía de los clientes, consumo local y/o consumo externo (exportaciones), entre otros.

Tabla N° 13: Grado de incidencia del mercado de consumo en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DEL MERCADO DE CONSUMO
5	Si se transporta; y no se puede exportar.
10	Si requiere transporte; y se puede exportar vía aérea.
15	Si requiere transporte; y se puede exportar vía marítima.
20	Si es local; y se puede exportar vía marítima.

- c) **Mano de obra**, implica analizar y cuantificar básicas razones: mano de obra calificada, sueldos y salarios, mentalidad y actitud, educación, restricciones en las horas de trabajo, sindicatos, costo de vida, etc.

Tabla N° 14: Grado de incidencia de la mano de obra en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LA MATERIA PRIMA
0	Sin habilidad y destreza; alto costo de vida; sindicatos.
5	Sin habilidad y destreza; alto costo de vida.
10	Sin habilidad y destreza; bajo costo de vida.
15	Con habilidad y destreza; bajo costo de vida.
20	Con habilidad y destreza; bajo costo de vida, con educación.

- d) **Insumos**, implica analizar y cuantificar básicas razones de los insumos: disponibilidad de insumos, permisos especiales de comercialización y traslado, costos de traslado, peligrosidad, entre otros.

Tabla N° 15: Grado de incidencia de los costos de los insumos en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LA COSTOS DE LOS INSUMOS
5	Sin disponibilidad; con traslado.
10	Poca disponibilidad, sin traslado.
15	Disponibilidad; con traslado.
20	Disponibilidad; sin traslado.

- e) **Electricidad**, implica analizar y cuantificar básicas razones: disponibilidad de energía, costo de la electricidad, suficiente capacidad de carga, estado de las torres de alta tensión, caída de tensión, mantenimiento, entre otros.

Tabla N° 16: Grado de incidencia de la energía eléctrica en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LA ELECTRICIDAD
5	Muy poca disponibilidad; con traslado.
10	Poca disponibilidad, sin traslado; bajo costo.
15	Abundante disponibilidad; mantenimiento; alto costo.
20	Abundante disponibilidad; mantenimiento; bajo costo.

- f) **Otros servicios**, implica analizar y cuantificar básicas razones: línea de agua, disponibilidad, propiedades químicas, propiedades bacteriológicas, costo, línea de efluentes, entre otros.

Tabla N° 17: Grado de incidencia de otros servicios en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE OTROS SERVICIOS
5	Existe agua, baja calidad; bajo costo.
10	Existe agua, mediana calidad; bajo costo.
15	Existe abundante agua; buena calidad; alto costo.
20	Existe abundante agua; buena calidad; bajo costo.

- g) **Clima**, este factor analiza el clima de la zona, respecto de la localización de la planta.

Tabla N° 18: Zonificación de climas en el Perú.

Fuente: Martín Wieser Rey. "Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico" Ministerio de Vivienda, 2010. Elaboración: Propia.

ZONA	DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS
1	Litoral Tropical	Cálido húmedo todo el año. Amplitud térmica baja.
2	Litoral subtropical	Moderado en temperatura y humedad relativa. Amplitud térmica baja.
3	Desértico	Cálido seco todo el año. Amplitud térmica media.
4	Continental templado	Templado todo el año, mayor humedad en verano. Amp. térm. media.
5	Continental frío	Frío y seco todo el año, aunque mayor humedad en verano. Amplitud térmica entre media y alta.
6	Continental muy frío	Muy frío y seco todo el año. Amplitud térmica media y alta.
7	Selva tropical alta	Cálido húmedo. Amplitud térmica media con noches frescas.
8	Selva tropical baja	Cálido húmedo todo el año con noches templadas. Amp. térm. baja.

Determinar la influencia del clima, implica analizar y cuantificar básicas razones: sol, lluvia, humedad, temperatura, altura, presión, entre otros, todos relacionados a la materia prima.

Tabla N° 19: Grado de incidencia del clima en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DEL CLIMA
0	Nada apropiado para la materia prima.
5	Poco apropiado para la materia prima.
10	Medianamente apropiado para la materia prima.
15	Apropiado para la materia prima con traslado.
20	Muy apropiado para la materia prima.

- h) **Infraestructura**, cada región tiene sus propios tipos de ladrillos, adecuados para su clima: costa (ladrillo), sierra (adobe), y, selva (ladrillo con huecos). Implica analizar y cuantificar básicas razones: disponibilidad de material para construir las obras civiles, estudios de suelos, análisis pluvial, análisis solar, entre otros.

Tabla N° 20: Grado de incidencia de la infraestructura en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LA INFRAESTRUCTURA
0	Muy poca disponibilidad de material; costoso.
5	Poca disponibilidad de material, no costoso.
10	Disponibilidad de material; no costoso
15	Disponibilidad de material. Profesionales; costoso.
20	Disponibilidad de material; profesionales; no costoso.

- i) **Leyes promocionales**, la influencia de las leyes promocionales, implica analizar y cuantificar básicas razones: incentivos para la producción, incentivos para la exportación del producto, incentivos para la importación de bienes de capital, exoneración del Impuesto a la Renta, entre otros.

Tabla N° 21: Grado de incidencia de las leyes promocionales en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DE LAS LEYES PROMOCIONALES
5	No hay incentivos para la producción; pago del Impuesto a la Renta.
10	No hay incentivos para la producción.
15	Incentivos para la producción; alianzas asociativas.
20	Incentivos para la producción; exoneración del Impuesto a la Renta.

- j) **Valor del terreno**, leyes promocionales para la selva, permiten concesionar las tierras para el cultivo de la palma aceitera por 30 años. Determinar la influencia del valor de terreno: disponibilidad de grandes extensiones, condiciones ideales para la palma aceitera, entre otros.

Tabla N° 22: Grado de incidencia del valor del terreno en la localización de la planta.

Elaboración: Propia.

G.I.	INCIDENCIA DEL VALOR DEL TERRENO
5	Poca disponibilidad; poco adecuado para la materia prima.
10	Disponibilidad; poco adecuado para la materia prima.
15	Disponibilidad; adecuado para la materia prima; oneroso.
20	Disponibilidad; adecuado para la materia prima, económico.

6.2.4. Localización a nivel macro.

- **Regiones para el análisis a nivel macro.** Para el estudio regional, se consideran las tres regiones del Perú: Costa, Sierra, y Selva.

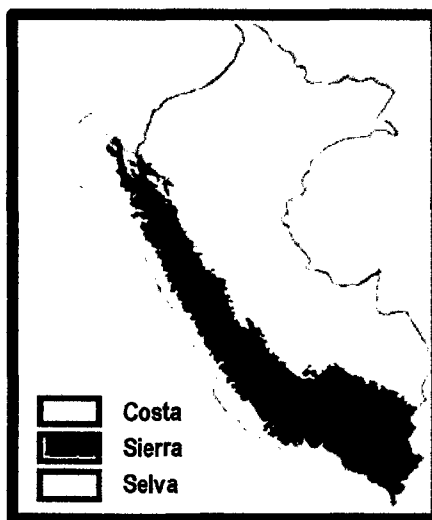


Figura N° 18: Regiones del Perú para el análisis a nivel macro, en la localización de la planta.

Tabla N° 23: Características de las regiones para el análisis a nivel macro.

Elaboración: Propia.

	COSTA	SIERRA	SELVA
Extensión	Desde Tumbes hasta Tacna	La cordillera de los Andes	La más extensa del Perú
Población	52 % del Perú	40 % del Perú	11 % del Perú
Economía	La más económica. Gran industria. Pesca, agroexportación	Pequeña agricultura. Minería	Agricultura industrializada. Hidrocarburos
Exportaciones	90 %	0 %	10 %
Geografía	Desiertos, dunas y valles	Nevados, picos, montañas	Montañas, valles, ríos, vegetación
Recursos	Rica en especies marinas	Productos agrícolas. Minerales	Agricultura a mediana escala, minería informal a gran escala.
Materia prima	No produce el RFF	No produce el RFF	Si produce el RFF
Mercado	La mayor concentración. Se exporta	Mínimo mercado. No exporta	Mediano mercado. Si exporta
Mano de obra	Sin habilidad, sin destreza	Sin habilidad, sin destreza	Con habilidad, con destreza
Insumos	Produce insumos	No produce insumos	No produce insumos
Energía eléctrica	Gran disponibilidad. Alto costo	Mediana disponibilidad. Mediano costo	Poca disponibilidad. Mediano costo
Otros servicios	Disponibilidad de agua	Mediana disponibilidad. Mediano costo	Poca disponibilidad. Mediano costo
clima	Condiciones adversas	Condiciones adversas	Condiciones ideales
Infraestructura	Disponibilidad. Altos costos	Disponibilidad local	Disponibilidad local
Leyes promocionales	No existe	No existe	Incentivos para la producción
Terreno	Gran disponibilidad	Mediana disponibilidad	Gran disponibilidad

- **Puntuación final en el análisis a nivel macro.** Examinando los factores regionales, su respectiva asignación de valores de peso relativo (grado de incidencia), y la puntuación respectiva que se le ha asignado a cada región, así tenemos:

Tabla N° 24: Ponderación de valores en el análisis regional.

	FACTOR	GRADO DE INCIDENCIA	COSTA		SIERRA		SELVA	
1	Materia prima disponible	0,20	5	1,00	5	1,00	20	4,00
2	Mercado de consumo	0,15	15	2,25	5	0,75	10	1,50
3	Mano de obra	0,20	5	1,00	10	2,00	15	3,00
4	Insumos, costos	0,10	15	1,50	5	0,50	5	0,50
5	Electricidad	0,06	15	0,90	10	0,60	10	0,60
6	Otros servicios	0,04	15	0,60	10	0,40	10	0,40
7	Clima	0,07	5	0,35	5	0,35	20	1,40
8	infraestructura	0,08	15	1,20	10	0,80	10	0,80
9	Leyes promocionales	0,04	5	0,20	5	0,20	20	0,80
10	Valor del terreno	0,06	5	0,30	10	0,60	15	0,90
		1,00		9,30		7,20		13,90

- **Conclusión del estudio de la localización a nivel macro.** La Tabla N° 24, muestra la puntuación final del análisis a nivel macro, concluyendo que en la región de la Selva debe de localizarse la planta.

6.2.5. Localización a nivel micro.

Una vez determinada la ubicación de la planta, en la región de la Selva, se procede a efectuar el análisis a nivel micro, es decir, se determina el departamento en el cual se debe ubicar la planta.

- **Departamentos para el análisis a nivel micro.**

Se han seleccionado tres departamentos de la Selva peruana, para determinar, finalmente, la ubicación de la planta: Amazonas, San Martín, y Madre de Dios.

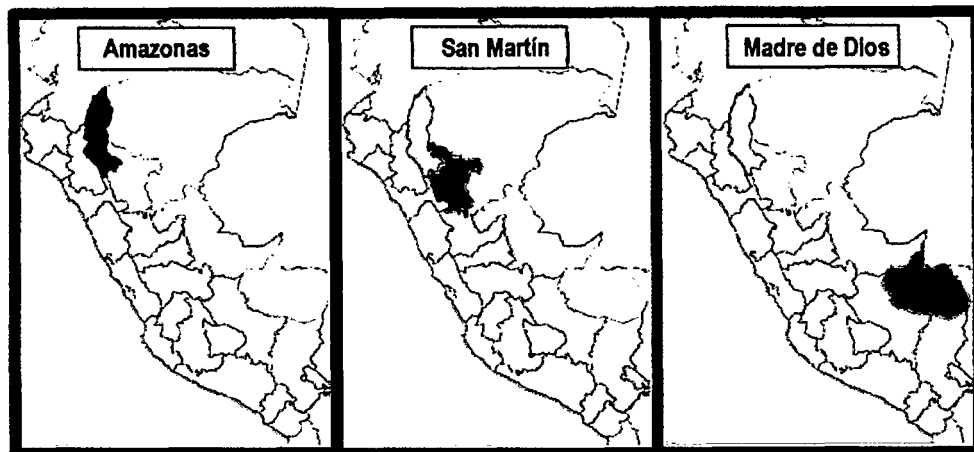


Figura N° 19: Departamentos de la región de la Selva para el análisis a nivel micro, en la localización de la planta.

- **Características de los departamentos para el análisis a nivel micro.**

Tabla N° 25: Características de los departamentos para el análisis a nivel micro.

	Amazonas	San Martín	Madre de Dios
Capital	Chachapoyas	Moyobamba	Madre de Dios
Ciudad principal	Bagua Grande	Tarapoto	Puerto Maldonado
Extensión (km ²)	39 249,13	51 253,31	85 300,54
Población (hab)	375 993	728 808	109 555
PBI (S/./hab)	5 956	7 768	20 072
Economía	agricultura a gran escala	agricultura a gran escala	minería informal
Recursos	flora diversa	flora diversa	flora diversa, minerales
Materia prima	produce el RFF	produce el RFF	no produce el RFF
Mercado	mínimo mercado de consumo		
Mano de obra	con habilidad y destreza	con habilidad y destreza	sin habilidad ni destreza
Insumos	no produce		
Energía eléctrica	poca disponibilidad	gran disponibilidad	muy poca disponibilidad
Otros servicios	disponibilidad	gran disponibilidad	disponibilidad
Clima	condiciones ideales para la materia prima		
Infraestructura	disponibilidad de materiales		
Marco legal	favorables a la producción		
Terreno	buena disponibilidad, buena calidad para la materia prima, bajos costos	buena disponibilidad, buena calidad para la materia prima, bajos costos	buena disponibilidad, muy mala calidad para la prima, bajos costos

- Puntuación final en el análisis a nivel micro.** Examinando los factores departamentales, su respectiva asignación de valores de peso relativo (grado de incidencia), y la puntuación respectiva que se le ha asignado a cada departamento, así tenemos:

Tabla N° 26: Ponderación de valores en el análisis local (departamental).

	FACTOR	GRADO DE INCIDENCIA	AMAZONAS		SAN MARTÍN		MADRE DE DIOS	
1	Materia prima disponible	0.20	20	4.00	20	4.00	5	1.00
2	Mercado de consumo	0.15	10	1.50	10	1.50	10	1.50
3	Mano de obra	0.20	15	3.00	15	3.00	5	1.00
4	Insumos, costos	0.10	10	1.00	15	1.50	5	0.50
5	Electricidad	0.06	10	0.60	15	0.90	5	0.30
6	Otros servicios	0.04	10	0.40	10	0.40	5	0.20
7	Clima	0.07	20	1.40	20	1.40	20	1.40
8	infraestructura	0.08	10	0.80	10	0.80	10	0.80
9	Leyes promocionales	0.04	15	0.60	20	0.80	5	0.20
10	Valor del terreno	0.06	15	0.90	15	0.90	5	0.30
		1.00		14,20		15,20		07,20

- Conclusión del estudio de la localización a nivel micro.** La Tabla N° 26, muestra la puntuación final del análisis a nivel micro, concluyendo que la planta debe de localizarse en la provincia de Tarapoto, departamento de San Martín.

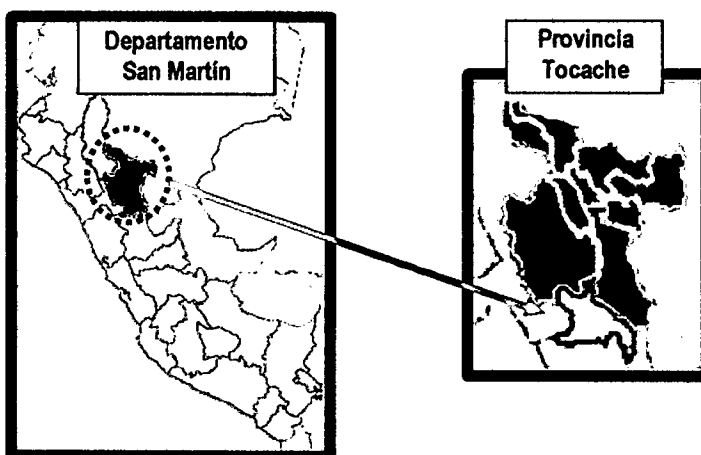


Figura N° 20: Localización de la planta en la provincia de Tocache departamento de San Martín.

CAPÍTULO VII

INGENIERÍA DEL PROYECTO

El desarrollo de la presente tesis, la industrialización de la palma aceitera, se realizará en dos fases:

- Primera fase: componente agrícola.
- Segunda fase: componente industrial.

a) Primera fase: Componente agrícola.

Es la fase en la cual se obtendrá la materia prima, es decir, el Racimo de Fruto Fresco -RFF de la palma aceitera, y comprende desde la germinación de la semilla, hasta la cosecha del fruto.

Esta fase se realiza en las 2 000 Ha de cultivo de palma aceitera.

Los rendimientos cualitativos y cuantitativos del presente Proyecto, dependerán, en buena cuenta, de una excelente materia prima, es decir, de un excelente RFF, de ahí la importancia de esta fase.

b) Segunda fase: Componente industrial.

Es la fase en la cual se extrae y refina el aceite de palma, y comprende desde la recepción del fruto, hasta la obtención del aceite refinado de palma.

Esta fase se realiza en la planta de procesamiento.

La calidad del aceite refinado de palma, dependerá del buen manejo de las variables del sistema productivo.

PRIMERA FASE:

COMPONENTE AGRÍCOLA

Desarrollo del Cultivo: Obtención del Racimo de Fruto Fresco (RFF) de la Palma Aceitera

7.1. Ficha Técnica de la palma aceitera.

Tabla N° 27: Ficha técnica de la palma aceitera.

Fuente: Carlos E. Fernández Paniagua, 1988 ⁽⁹⁾. Elaboración: Propia.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre Científico	Elaeis Guineensis Jacq
Nombre Común	<ul style="list-style-type: none">• Palmera del aceite• Palmera de aceite• Palma aceitera• Palma africana de aceite• Corozo de Guinea• Palma africana oleaginosa• Palma abora• Palmera africana• Palmera de Guinea
Familia	Arecaceae (antes Palmaceae)
Origen	<ul style="list-style-type: none">• África central y oriental• Bosques pluviales de Guinea• Golfo de Guinea
Etimología	<ul style="list-style-type: none">• Eleia (por producir aceite)• Guineensis (por proceder de Guinea)
Clasificación	Monocotiledónea
Variedades	<ul style="list-style-type: none">• Dura• Pisífera• Ténera

7.2. Descripción de la palma aceitera.

La palma aceitera es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie (MINAG, Revista de actualidad "Agroaldía",

2012). Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste.

La palma aceitera es una monocotiledónea. Su cultivo tarda, entre 2 y 3 años para empezar a producir frutos y puede hacerlo durante 25 años o más.



Figura N° 21: Plantaciones de palma aceitera.

Fuente: MINAG, Revista de actualidad "Agroaldía", 2012.

7.3. Características generales de la palma aceitera.

- **Las raíces,** se originan del bulbo radical de la base del tronco. En su mayor parte son horizontales. Se concentran en los primeros 50 m del suelo. Sólo las raíces de anclaje se profundizan.
- **Tronco o estipe,** con un solo punto terminal de crecimiento con hojas jóvenes, denominado palmito. Puede alcanzar hasta 30 m de longitud.
- **Hojas,** de 5 a 7 m de longitud, con 200 a 300 folíolos en dos planos diferentes. La cara superior es plana y la inferior redondeada. Sus bordes son espinosos, con fibras. Las hojas permanecen adheridas al tronco por 12 años o más.

- **Inflorescencia**, produce flores de ambos sexos. La inflorescencia es un espádice formada por un pedúnculo y un raquis central ramificado. Antes de la abertura, la flor está cubierta por dos espatas.
- **Varietades**: es difícil diferenciar formas definidas en la palma aceitera. Sin embargo, se distinguen las siguientes variedades:
 - ✓ **Dura**, su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.
 - ✓ **Pinífera**, no tiene endocarpo. La almendra es desnuda. El mesocarpo no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto.
 - ✓ **Ténera**, es el híbrido del cruce entre Dura y Pinífera. Tiene un endocarpo delgado de menos de 2 mm de espesor.

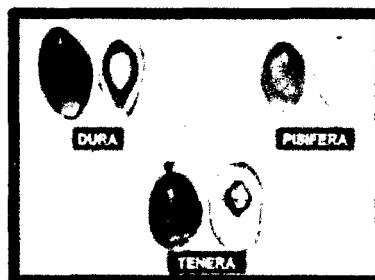


Figura N° 22: Variedades de la palma aceitera.
Fuente: MINAG, Revista de actualidad "Agroaldía", 2012.

7.4. Condiciones climáticas para la palma aceitera.

Existe consenso entre los especialistas, al sostener que el factor clima es el más importante para el desarrollo del cultivo, es decir la precipitación, temperatura, luminosidad y radiación solar. ⁽¹⁵⁾

Tabla N° 28: Condiciones climáticas de la palma aceitera.

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la palma aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú. MINAG, 2012.

VARIABLES AGROCLIMÁTICAS	VALOR IDEAL
Precipitación anual	1 800 - 2 000 mm
Precipitación mensual	Ningún mes menos de 100 mm
Déficit de precipitación anual	Menos de 200 mm
Temperatura	22 - 29 °C
Irradiación solar	Más de 1 800 hr/año
Brillo solar diario	Más de 5 hr/día
Humedad relativa	75 - 85 %
Suelos profundos	Bien drenados
Fisiografía plana	Ligeramente ondulados
Condiciones fisicoquímicas	Suelos francos, franco arcillosos
pH	Suelos neutros o ligeramente ácidos
Materia orgánica	Buen contenido de materia orgánica
Elementos primarios	Buen contenido de N, P, K
Microelementos	Contenido de Ca, Mg, B, Cl, Zn

7.5. Productividad agrícola de la palma aceitera.

La palma aceitera, a medida que va madurando como fruto, va aumentando la productividad de su fruto año tras año, a partir del tercer año de siembra.

Tabla N° 29: Productividad de la palma aceitera después de la siembra (TM RFF / Ha).

Fuente: Manual técnico del cultivo de palma aceitera, MINAG, 2008.

AÑO DESPUÉS DE LA SIEMBRA	TM RFF / Ha
Tercero	06
Cuarto	10
Quinto	14
Sexto	18
Sétimo	20
siguientes	20

7.6. Plan de siembra de la palma aceitera.

El programa de siembras para el presente Proyecto, teniendo en consideración las condiciones climáticas que requiere, así como el cuidado de toda plantación, ha considerado una siembra total de 2 000 Ha, con siembras escalonadas anuales.

Tabla N° 30: Plan de siembra de la palma aceitera (Ha).

Elaboración: Propia.

PERÍODO	0	1	2
ETAPA	SIEMBRA (Ha)		
Siembra 2014	500		
Siembra 2015		750	
Siembra 2016			750
Acumulado (Ha)	500	1,250	2,000

7.7. Plan de cosecha del RFF.

El programa estimado de cosecha del Racimo de Fruto Fresco -RFF, se realiza en función de los datos del Plan de Siembra de la palma aceitera (Tabla N° 30) y la productividad de la palma aceitera (Tabla N° 29).

Tabla N° 31: Plan de cosecha del RFF de la palma aceitera (Ha).

Elaboración: Propia.

PERÍODO:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ETAPA:	SIEMBRA (Ha)			COSECHA (TM RFF)							
AÑO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2014	500			3,000	5,000	7,000	9,000	10,000	10,000	10,000	10,000
2015		750			4,500	7,500	10,500	13,500	15,000	15,000	15,000
2016			750			4,500	7,500	10,500	13,500	15,000	15,000
TOTAL	500	1,250	2,000	3,000	9,500	19,000	27,000	34,000	38,500	40,000	40,000

7.8. Normas Técnicas Peruanas - NTP para los productos de la palma aceitera.

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual -INDECOPI, es la entidad encargada de regular las Normas Técnicas Peruanas, y en referencia a la palma aceitera, presenta dos normas:

- ***Aceite crudo de palma, requisitos***, (NTP 209.140 : 1987). Establece los requisitos físico-químicos que debe cumplir el aceite crudo de palma aceitera africana.
- ***Aceite de almendra de palma comestible***, (NTP 209.246 : 1986). Establece los requisitos físico-químicos que debe cumplir el aceite de almendra de palma comestible.

SEGUNDA FASE:

COMPONENTE INDUSTRIAL

- **Extracción del Aceite de Palma.**
- **Refinación del Aceite de Palma.**

7.9. Tecnología para el procesamiento de la palma aceitera.

7.9.1. Procesos de obtención de un aceite esencial.

El rendimiento de las esencias obtenidas de una planta, varía de unas milésimas por ciento del peso vegetal hasta uno a tres por ciento. Su composición puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico, pequeños cambios genéticos o de la parte de la planta de la que se extrae (hojas, corteza, raíz, flores, frutos, etc. ⁽²²⁾

Los métodos tradicionales para obtener esencias, pueden dividirse en tres grupos: a) Destilación, b) Extracción mecánica, y, c) Extracción por solventes.

- a. **Destilación.** Es el método más empleado en la producción de esencias o aceites esenciales. Este proceso se basa en el hecho que el aceite esencial se volatiliza fácilmente con el vapor acuoso, básicamente el vapor penetra los tejidos de la planta y vaporiza los compuestos volátiles. Existen tres tipos: a) destilación con agua, b) destilación con agua y vapor, y, c) destilación con vapor directo.
- b. **Extracción mecánica.** Este método se emplea para extraer los aceites esenciales de la corteza del fruto. La extracción ya sea manual o mecánica se realiza produciendo presión sobre las glándulas de esencia para que se rompan y sea liberada. Se distinguen tres formas de extracción: a) método de la esponja, b) método de la escudilla, y, c) método de la scorzetta.
- c. **Extracción mediante solventes.** Este método de extracción se emplea prácticamente para las esencias de flores delicadas que por la destilación se descomponen en parte. Se usan tres clases de métodos de acuerdo al tipo de solvente a utilizar: a) solvente volátil, b) aceite no volátil o grasa, y, c) corriente de aire húmedo.

7.9.2. Tecnologías para la Extracción del aceite de palma.

Existen varios métodos para la extracción del aceite de palma. Osmar Morillo y otros, 2010. ⁽¹⁶⁾

- Se emplea principalmente la extracción mecánica a alta presión usando una prensa de tornillo (Baryeh, 2001).

- Extracción con solventes específicos asociados con el uso de calor y/o agitación, y maceración mezclada con agua, alcohol o grasa caliente. (Luque de Castro y García-Ayuso, 1998).
- Otra alternativa de extracción es la combinación del prensado seguido de la extracción por solvente (Sundram, 2003).
- Extracción asistida con ultrasonido, con microondas (Kaufmann y Christen, 2002).
- Extracción con solvente acelerado.
- Extracción con fluidos supercríticos (Rozzi y Singh, 2002; Brunner, 2005).

La tecnología que se desarrollará para la extracción del aceite crudo de palma, es la extracción mecánica a alta presión empleando una prensa.

7.9.3. Tecnologías para la Refinación del aceite de palma.

Existen dos métodos para la refinación del aceite crudo de palma. ⁽¹⁵⁾: a) Refinación química, y b) Refinación física.

La tecnología que se desarrollará para la refinación del aceite crudo de palma, es la refinación química.

7.10. Descripción de la materia prima e insumos.

7.10.1. Racimo de Fruto Fresco -RFF de palma aceitera.



Figura N° 23: Racimo de Fruto Fresco -RFF de palma aceitera.

Fuente: MINAG, Revista de actualidad "Agroaldía", 2012.

El racimo de fruto fresco -RFF de la palma aceitera, es el fruto obtenido de las plantaciones de palma aceitera; cuyas condiciones climáticas para su desarrollo están enunciadas en el capítulo 8.4 de la presente investigación.

La Tabla N° 32, muestra las propiedades físicas del Racimo Fruto Fresco - RFF de la palma aceitera.

Tabla N° 32: Propiedades físicas del RFF de la palma aceitera.

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la palma aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú. MINAG, 2012.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre científico	Elaeis Guineensis Jacq
Nombre común	Palma aceitera
Variedad	Ténera
Medidas del RFF: L/A (m)	0,60 / 0,40
Peso del RFF (Kg)	20 - 30
Forma del RFF	Racimo
Medidas del fruto: L/A (m)	0,035 / 0,020
Peso del fruto (Kg)	0,008 - 0,012
Forma del fruto	ovoide
Densidad del fruto (Kg/m ³)	925
Olor de fruto	Característico
Sabor del fruto	amargo
Color de la cáscara	Rojizo oscuro / negro
Espesor de la cáscara (mm)	0,4
Textura de la cáscara	lisa
Opacidad de la cáscara	brillante

7.10.2. Hidróxido de Sodio.

El hidróxido de sodio [NaOH], es un compuesto químico, cáustico, de pH 13, muy corrosivo; que, cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera gran cantidad de calor; es viscoso y altamente higroscópico.

Se comercializa en soluciones al 50 %. Se emplea en la etapa de neutralización, en el proceso de refinación del aceite crudo de palma.

Tabla N° 33: Especificaciones técnicas de la soda cáustica.

Fuente: Química del Pacífico S.A. Elaboración: Propia.

COMPONENTE	%
Hidróxido de Sodio (como % NaOH)	49,0 - 50,0
Alcalinidad total (Na ₂ O)	38,0 - 39,0
Cloruro de Sodio (NaCl)	0,02 máx
Carbonato de Sodio (Na ₂ CO ₃)	0,25 máx
Sulfato de Sodio (Na ₂ SO ₄)	0,02 máx
Hierro (Fe)	5,00 ppm máx

7.10.3. Ácido Fosfórico.

El ácido fosfórico [H₃PO₄], es un compuesto químico, ácido, de pH 1,5, muy corrosivo; que, cuando se neutraliza con un álcali, reacciona violentamente.

Se comercializa al 85 % en bidones de 50 kg. Se emplea en la etapa de desgomado, en el proceso de refinación del aceite crudo de palma.

Tabla N° 34: Especificaciones técnicas del ácido fosfórico.

Fuente: Corporación Misti S.A. Elaboración: Propia.

COMPONENTE	%
Concentración (H ₃ PO ₄)	83,5 - 85,0
Fósforo disponible (como % P ₂ O ₅)	60,5 - 61,0

7.10.4. Tierra decolorante.

Los aceites y las grasas vegetales contienen colores y las impurezas que derivan de carotenoides, clorofila, oxidación etc., que tienen que ser removidas para conseguir una óptima calidad del producto final. El carbón activado, además de remover en parte los colores indeseados, es capaz de absorber los hidrocarburos policíclicos aromáticos. ⁽¹⁹⁾

7.11. Diagrama de Flujo del proceso.



Figura N° 24: Diagrama de Flujo del procesamiento de la palma aceitera.

7.12. Diseño experimental.

7.12.1. Objetivo experimental.

Tendrá por objeto el comprobar la obtención del aceite de palma refinado a nivel piloto, reproduciendo todas las variables de planta en el reactor seleccionado.

El procesamiento experimental supone el desarrollo de la secuencia indicada en el diagrama de flujo mostrado, teniendo cuidado en las operaciones físicas y procesos químicos descritos en el capítulo 8.9 de la presente investigación.

7.12.2. Principales equipos y materiales empleados.

- **Reactor**, con cuerpo de material de acero inoxidable calidad 316, espesor de 3 mm, de forma cilíndrica, con una altura de 0,49 m y diámetro de 0,30 m, con un volumen útil de 30 l. Su tapa de forma cónica es del mismo material que el cuerpo.
- **Prensa de placas**, para la extracción física del aceite.
- **Fuente de calor**, resistencia eléctrica de 1 500 W, 30 A, y 220 V.
- **Fuente de enfriamiento**, flujo de agua líquida a temperatura ambiente.
- **Sensor de temperatura**, para el control de la temperatura.
- **Balanza**, para el respectivo pesaje de la materia prima, y el producto final.
- **Probeta**, vaso de precipitado, varilla agitador, para la experimentación.

7.12.3. Productos empleados.

- Soda cáustica industrial.
- Ácido fosfórico industrial.
- Carbón activado industrial.
- Hielo.

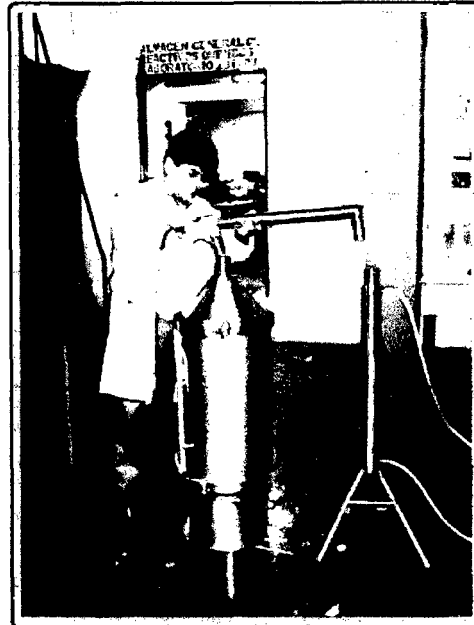


Figura N° 25: Inspección y revisión del reactor.

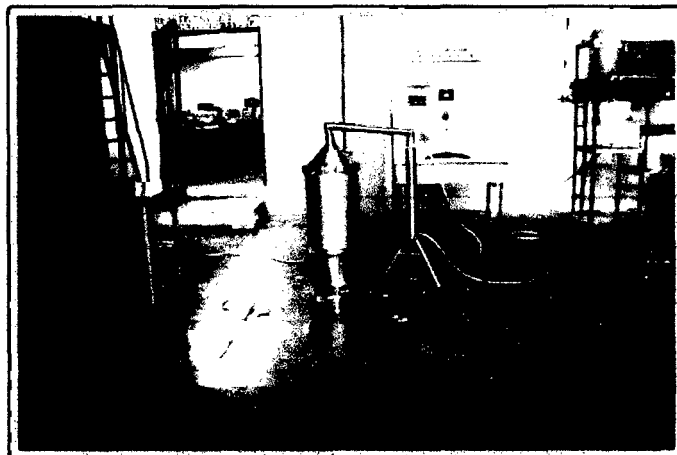


Figura N° 26: Montaje y puesta en marcha del reactor.

7.12.4. Caracterización de la materia prima.

El racimo de fruto fresco -RFF, que es la materia prima para la presente experimentación, y para el desarrollo productivo del presente Proyecto, presenta las características siguientes:

Tabla N° 35: Caracterización de la materia prima.

Fuente: Datos tomados en la experimentación.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Medidas del RFF: L/A (m)	0,55 / 0,38
Peso del RFF (Kg)	22 - 31
Forma del RFF	Racimo
Medidas del fruto: L/A (m)	0,038 / 0,022
Peso del fruto (Kg)	0,009 - 0,014
Forma del fruto	Ovoide
Densidad del fruto (Kg/m ³)	925
Olor de fruto	Característico
Sabor del fruto	Amargo
Color de la cáscara	Rojizo oscuro / negro
Espesor de la cáscara (mm)	2,5
Textura de la cáscara	Lisa
Opacidad de la cáscara	Brillante
Color de la pulpa	Anaranjado - amarillo
Textura de la pulpa	Carnosa
Olor de la pulpa	Característico
Sabor de la pulpa	Medio dulce

7.12.5. Variables de operación.

La principal variable de operación de la presente experimentación es la temperatura, y se tendrá especial cuidado en la manipulación de la fuente de calor, y registro de temperatura.

7.12.6. Experimentación.

- **Peso de la materia prima:** Se realizó el pesaje para cada prueba.

Tabla N° 36: Peso del RFF en el laboratorio.

prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RFF (Kg)	5,5	7,3	10,8	12,1	9,5	11,7	13,2	10,9	12,3	10,4	11,3	10,8	12,6	10,8	12,4

- **Resultados teóricos predictivos de la experimentación:** De acuerdo al balance de masa global, se esperaría un peso del aceite refinado de palma "oil palm RBD" (producto final) de:

Tabla N° 37: Peso teórico del *oil palm RBD* a obtener en la experimentación.

prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Oil palm RBD (Kg)	0,54	0,72	1,06	1,19	0,93	1,15	1,30	1,07	1,21	1,02	1,11	1,06	1,24	1,06	1,22

- **Registro de temperaturas:** El registro de temperaturas se ha realizado para cada etapa del proceso.
 - **Etapas de extracción del aceite de palma,** se ha realizado de modo indirecto, con el termómetro en contacto con las paredes exteriores del reactor.

Tabla N° 38: Temperaturas obtenidas en la etapa de extracción del aceite de palma (°C).

prueba	Recepción	Esterilización	Desfrutado	Digestión	Prensado	Clarificación	Secado	Oil palm
1	26	124	26	99	92	104	90	80
2	25	127	25	99	91	107	89	82
3	27	123	23	101	91	105	89	78
4	26	125	26	102	92	103	91	80
5	25	125	25	100	90	105	90	80
6	25	125	25	100	90	104	92	82
7	26	124	26	99	91	106	91	81
8	26	123	26	100	91	103	89	79
9	28	126	28	102	87	106	90	78
10	26	128	22	99	92	106	90	80
11	27	125	27	97	91	104	89	80
12	27	126	27	100	89	104	91	79
13	24	126	23	101	88	105	90	79
14	27	125	24	100	91	106	89	80
15	25	126	24	103	85	106	91	81

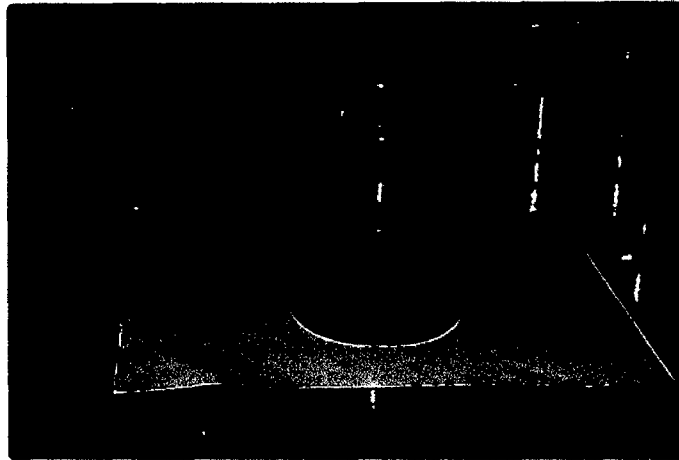


Figura N° 27: Obtención del aceite crudo de palma a nivel piloto.

- **Etapa de refinación del aceite de palma**, se ha realizado de modo directo, introduciendo el termómetro al vaso de precipitado.

Tabla N° 39: Temperaturas obtenidas en la etapa de refinación del aceite de palma (°C).

prueba	Desgomado	Neutralización	Decoloración	Winterización	Desodorización _n	Oil palm RBD
1	79	79	110	13	240	26
2	79	80	108	15	229	25
3	81	79	111	18	239	27
4	82	79	112	17	238	26
5	80	80	110	15	240	25
6	81	81	111	13	241	25
7	82	82	110	13	239	26
8	80	80	108	15	235	26
9	79	81	109	18	240	28
10	79	82	110	17	242	22
11	80	79	110	16	245	27
12	80	79	109	12	241	27
13	81	81	108	11	244	26
14	81	79	111	16	246	27
15	82	80	111	14	239	28

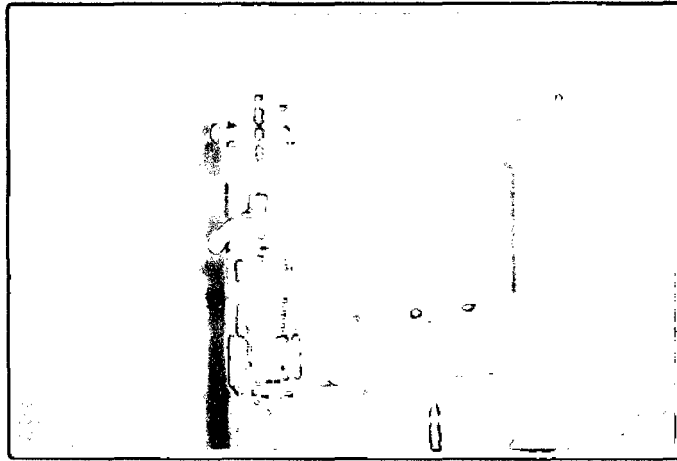


Figura N° 28: Obtención del aceite refinado de palma a nivel piloto.

- **Observación de la experimentación:** Para cada prueba experimental.

Tabla N° 40: Observaciones en las pruebas experimentales.

PRUEBA	OBSERVACIÓN
1	Mal sello en el reactor, entre el cuerpo y la tapa
2	Falla en la línea de calor, se desconectó la energía.
3	---
4	---
5	---
6	---
7	Mal pesaje del producto final, debido a la poca visibilidad
8	Experimentación con frutos verdes.
9	Experimentación con poca agua en la digestión.
10	---
11	---
12	---
13	Experimentación con frutos maduros.
14	---
15	Pérdida de aceite, ocasionado por mala manipulación.

- **Pesaje del producto final:** Se realizó el pesaje para las diferentes pruebas.

Tabla N° 41: Pesos del *oil palm RBD* obtenido en la experimentación.

prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Oil palm RBD (Kg)	0,24	0,55	0,98	1,10	0,92	1,10	0,99	0,97	1,10	0,98	1,06	0,99	1,12	1,00	0,85

7.12.7. Cálculos de la experimentación.

- **Cálculos del balance de masa:** Realizaremos el balance de masa global, de acuerdo al balance de masa de cada etapa del proceso.
 - **En la etapa de extracción:** se obtiene 22 % de aceite crudo de palma (respecto del peso de la materia prima), el resto es residuos sólidos y agua.
 - **En la etapa de refinación:** se obtiene 44,9 % de aceite refinado de palma (respecto del peso del aceite crudo de palma), el resto son subproductos.

En la experimentación:

Prueba 1:

peso inicial (de la materia prima: RFF) = 5,5 Kg.

Peso final (del producto final: oil palm RBD) = 0,54 Kg.

Peso teórico (del producto final: oil palm RBD) = 0,24 Kg.

Prueba 2:

peso inicial (de la materia prima: RFF) = 7,3 Kg.

Peso final (del producto final: oil palm RBD) = 0,72 Kg.

Peso teórico (del producto final: oil palm RBD) = 0,55 Kg.

Y así sucesivamente, los resultados de todas las pruebas se muestran en la Tabla N° 42.

Tabla N° 42: Resumen de los pesos obtenidos en las pruebas experimentales.

PRUEBA	RFF (Kg)	Oil palm RBD experimental (kg)	Oil palm RBD teórico (kg)
1	5,5	0,24	0,54
2	7,3	0,55	0,72
3	10,8	0,98	1,06
4	12,1	1,10	1,19
5	9,5	0,92	0,93
6	11,7	1,10	1,15
7	13,2	0,99	1,30
8	10,9	0,97	1,07
9	12,3	1,10	1,21
10	10,4	0,98	1,02
11	11,3	1,06	1,11
12	10,8	0,99	1,06
13	12,6	1,12	1,24
14	10,8	1,00	1,06
15	12,4	0,85	1,22

- **Cálculos del rendimiento de las pruebas:** Depurado los datos según la Tabla N° 40, se calculan los rendimientos.

Tabla N° 43: Rendimientos de las pruebas experimentales.

PRUEBA	OIL PALM RBD teor (kg)	OIL PALM RBD expt (kg)	RENDT (%)
3	1.06	0.98	92%
4	1.19	1.10	92%
5	0.93	0.92	98%
6	1.15	1.10	96%
8	1.07	0.97	90%
9	1.21	1.10	91%
10	1.02	0.98	96%
11	1.11	1.06	55%
12	1.06	0.99	93%
13	1.24	1.12	90%
14	1.06	1.00	94%

- **Cálculos de la desviación estándar:** se procede a calcular la desviación estándar sólo de los datos consistentes (datos no depurados).

Tabla N° 44: Cálculo de la desviación estándar de la experimentación.

DATO	X_i	$(X_i - X_p)$	$(X_i - X_p)^2$
1	7.72%	1.2912%	0.0167%
2	7.55%	1.1200%	0.0125%
3	1.52%	-4.9135%	0.2414%
4	4.39%	-2.0406%	0.0416%
5	9.50%	3.0708%	0.0943%
6	9.05%	2.6233%	0.0688%
7	4.17%	-2.2579%	0.0510%
8	4.60%	-1.8253%	0.0333%
9	6.78%	0.3496%	0.0012%
10	9.60%	3.1745%	0.1008%
11	5.84%	-0.5920%	0.0035%
promedios	6.43%	-3.15E-18	0.0605%

La desviación estándar de la experimentación es de 0,024591

7.12.8. Resultados de la experimentación.

Tabla N° 45: Temperaturas promedios obtenidas en cada etapa de la experimentación (°C).

Recepción	Esterilización	Desfrutado	Digestión	Prensado	Clarificación	Secado	Oil palm	Desgomado	Neutralización	Decoloración	Winterización	Desodorización	Oil palm RBD
26.0	125.2	25.1	100.1	90.1	104.9	90.1	79.9	80.4	80.1	109.9	14.9	239.9	26.1

7.12.9. Conclusiones y recomendaciones de la experimentación.

- Teniendo un especial cuidado en cada etapa del proceso productivo, sobre todo en la temperatura, se puede obtener el aceite refinado de palma.
- Estas temperaturas obtenidas en forma experimental serán tomadas como referencia base para ser empleadas en el proceso industrial.

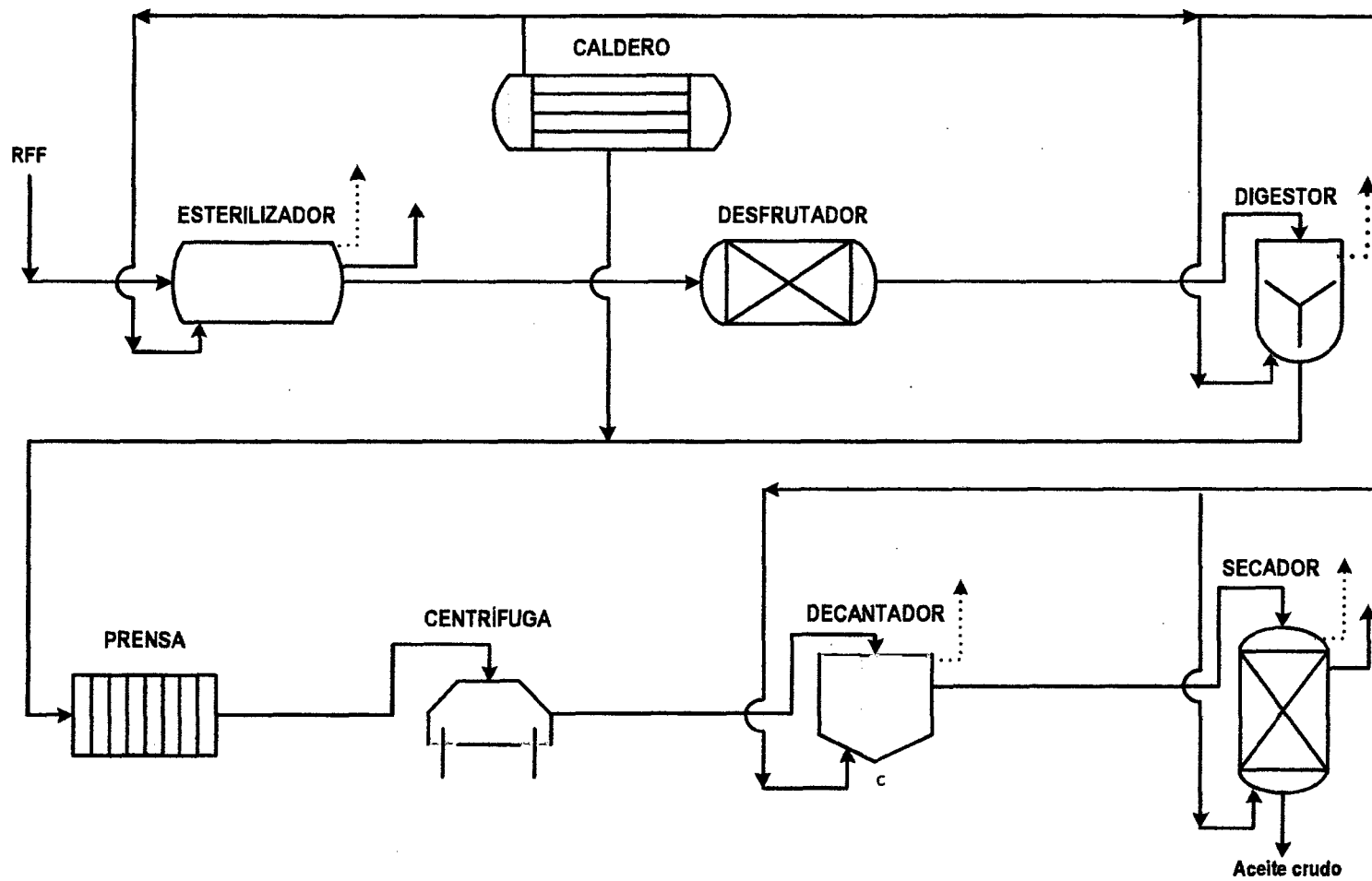


Figura N° 29: Diagrama de Procesos de la Extracción del aceite de palma. Elaboración: Propia.

7.13. Descripción del proceso productivo.

El proceso productivo comprende dos etapas: a) Extracción del aceite crudo de palma (producto intermedio), y, b) Refinación del aceite crudo de palma (producto principal).

7.13.1. Extracción del aceite de palma.

La planta industrial deberá estar situada siempre cerca de la plantación que le suministra materia prima, con el fin de evitar la acidificación del aceite, que se inicia una vez cortado el racimo. Esta acidificación se produce por influencia de una enzima llamada lipasa.

La extracción del aceite de palma requiere las siguientes etapas:

- Recepción de fruto (RFF).
- Esterilización.
- Desfrutado.
- Digestación.
- Prensado.
- Clarificación.
- Secado.

1. Recepción del fruto.

Los racimos que llegan a las instalaciones de la planta de beneficio son pesados, y luego sometidos al control de calidad respectivo, previa eliminación de arena y piedras.

Los racimos generalmente se descargan en una plataforma de recibo y, mediante un sistema de tolvas se alimentan las vagonetas. Una vez cargadas, estas se trasladan por medio de rieles a la zona de esterilización.

Tabla N° 46: Nivel de aceptación del RFF de la palma aceitera.

Fuente: Estudio sobre la potencialidad de la palma aceitera para reducir la dependencia de oleaginosas importadas en el Perú. MINAG, 2012.

TIPO DE RACIMO	ACEPTACIÓN DE LOS RACIMOS
Verdes	No mayor de 2,5 %
Sobremaduros	No mayor de 5,0 %
Con barro	No mayor de 5,0 %
Golpeados	No mayor de 5,0 %
Con pinzote largo	No mayor de 5,0 %

2. Esterilización.

La esterilización tiene dos objetivos principales:

- La inactivación de la lipasa¹, enzima responsable de la acidificación del aceite², y
- La aceleración del proceso de ablandamiento del pedúnculo de unión de los frutos con su soporte natural (raquis).

La lipasa se inactiva a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 60 °C. Posteriormente, se requiere mayores temperaturas para el tratamiento de esterilización de los racimos, por esta razón se utiliza vapor saturado.

La aceleración del proceso natural de desprendimiento de los frutos del raquis es favorecido por la evaporación del agua presente en los tejidos del pedúnculo de unión entre el fruto y la tusa; permitiendo el ablandamiento de la unión entre ellos.

¹ *Lipasa*, es una enzima que se usa en el organismo para disgregar las grasas de los alimentos de manera que se puedan absorber; y efectúa el desdoblamiento de las moléculas de grasa (triglicéridos) en los respectivos ácidos grasos y glicerina.

² *La acidificación del aceite*, es el proceso de descomposición del aceite debido a una reacción química en donde las moléculas grasas se rompen formando ácidos grasos y glicerol (glicerina), por acción de la lipasa, presente en el fruto de la palma. La lipasa actúa con mayor rapidez cuando la estructura del fruto es alterada; por esto, a partir del momento en que el racimo es cortado, el proceso de acidificación se acelera considerablemente, influyendo también el manejo, el almacenamiento y el tiempo transcurrido hasta ser esterilizado.

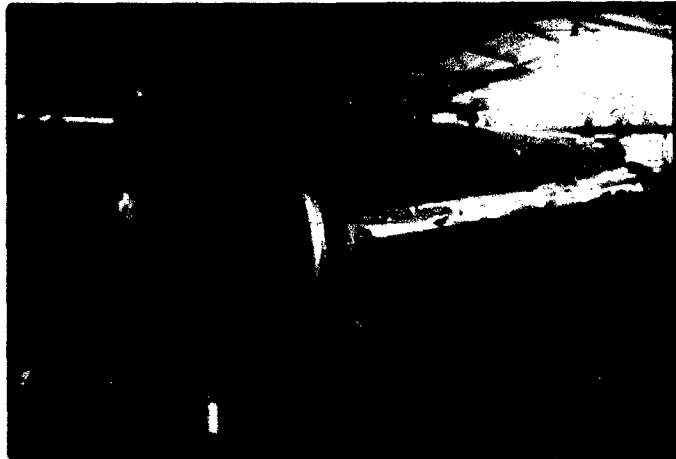


Figura N° 30: Esterilizador horizontal para la extracción del aceite de palma.

Foto, Cortesía de Coopeagropal R.L. empresa extractora y refinadora de aceite de palma, Costa Rica.

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.

Como en cualquier tejido vivo, las proteínas se encuentran en las celdas que contienen el aceite en el fruto de palma, siendo esta etapa de esterilización la de coagular dichas proteínas.

El desalojo o purga total de aire de los esterilizadores es muy importante en esta etapa del proceso, con la cual se asegura que la presión indicada por el manómetro corresponde íntegramente a la presión de vapor y, por lo tanto, a una temperatura determinada según la curva de saturación del mismo.

3. Desfrutado.

Este proceso se realiza en el tambor desfrutador para separar, mediante un proceso mecánico, los racimos esterilizados del tallo (raquis).

El proceso mecánico consiste en que, cuando se separan los frutos del racimo con un cilindro horizontal. Las paredes del cilindro están formadas por ángulos, con espacios. La rotación del cilindro hace que los frutos se

desprendan y pasen a través de los espacios de los ángulos al transportador. Los tallos salen al final del cilindro.

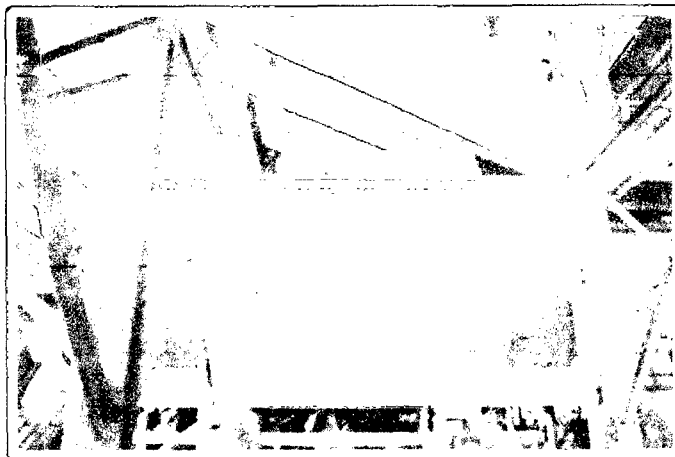


Figura N° 31: Desfrutador para los RFF de la palma aceitera.

Foto, Cortesía de Coopeagropal R.L. empresa extractora y refinadora de aceite de palma, Costa Rica.

La velocidad de giro depende fundamentalmente del tamaño de los racimos: racimos más grandes requieren una velocidad mayor y racimos más pequeños requieren una velocidad menor. Por eso en una plantación joven con racimos pequeños la velocidad puede ser de unas 19 RPM, pero en una plantación adulta con racimos grandes la velocidad será de unas 23 RPM. ⁽⁴⁾

La falta de uniformidad en la alimentación al desfrutador es causa de sobrecargas instantáneas dentro del tambor y de un mal funcionamiento del mismo. De ahí la necesidad de regular de acuerdo con la capacidad de la sección de extracción.

4. Digestión.

Después de que los racimos han sido desfrutados, los frutos son recalentados y la pulpa es desprendida de las nueces y macerada preparándose para la extracción por prensado. Esta etapa se denomina digestión y se efectúa en recipientes cilíndricos verticales provistos de un eje central con brazos de agitación y maceración.

Las pupas contiene aceite y están pegadas entre sí, por medio de un cemento, que es soluble sólo en agua muy caliente (95 - 100°C) y por lo tanto, el conjunto se puede desintegrar en grupos de celdas de aceite y material fibroso en la medida en que el cemento se disuelva.

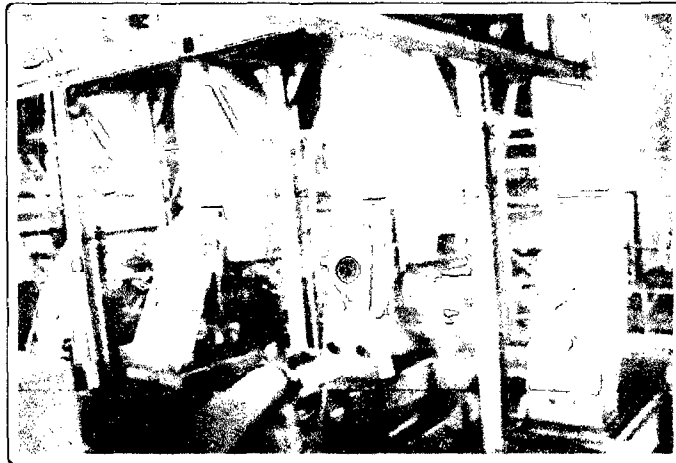


Figura N° 32: Digestores y prensas para la extracción del aceite de palma.

Foto, Cortesía de Coopeagropal R.L. empresa extractora y refinadora de aceite de palma, Costa Rica.

El aceite calentado en el digestor reduce considerablemente su viscosidad y así se facilita su extracción (en esa forma tiene mayor circulación a través de los pequeños espacios llamados capilares) dentro de la torta en proceso de prensado.

Después de que los racimos han sido desfrutados, los frutos son recalentados y la pulpa es desprendida de las nueces y macerada preparándose para la extracción por prensado.

La torta contiene: compuesto de fibra, cuesco, nueces, agua, además de aceite crudo, que proviene del mesocarpo.

El digestor es un cilindro vertical envuelto por una camisa de vapor y con un eje vertical en el centro con varias paletas.

5. Prensado.

La extracción del aceite se hace en prensas en donde por presión hidráulica la masa se comprime y se separa de la solución.

La solución contiene: aceite crudo, agua, barro, y materiales vegetales, mientras que la torta contiene: fibra, cuesco y nueces.

Se utilizan prensas hidráulicas de tornillo, las cuales ejercen mayor capacidad y hacen que los rendimientos de extracción de aceite sean más altos, que la fibra sale con muy poco contenido de aceite.

Para facilitar la salida del aceite durante el prensado, se agrega agua caliente, cuya cantidad debe controlarse estrictamente para asegurar una buena extracción por una parte y además, para obtener una adecuada dilución del aceite crudo, de modo que se facilite su clarificación posterior.

Es indispensable un control efectivo y constante de la presión sobre los conos de descargue de las prensas de tornillos, pues de lo contrario habrá un aumento en la cantidad residual de aceite en la torta; para ello, es equipo debe tener un dispositivo automático de control de presión.

La torta o parte sólida pasará a desfibración para separar las fibras de las nueces que van a un proceso de secado en un silo y se lleva a palmistería.

El compuesto aceitoso pasa a un tanque de decantación, para separarlos de lodo e impurezas. El aceite pasará por bombeo al proceso de decantación y clarificación.



Figura N° 33: Prensa de fruta para la extracción del aceite de palma.

Foto, Cortesía de Coopeagropal R.L. empresa extractora y refinadora de aceite de palma, Costa Rica.

6. Clarificación (tamizado, sedimentación).

Es el proceso mediante el cual se separa y purifica el aceite de la mezcla líquida extraída en las prensas, la cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arena y otras impurezas). Para lograr dicha separación, se aprovecha la caracterización de inmiscibilidad entre el agua y el aceite.

El proceso de clarificación se divide en dos partes: a) clarificación estática (por decantación), y, b) clarificación dinámica (por centrifugación).

- **Clarificación estática, (por decantación), comprende:**
 - Desarenamiento y tamizado de aceite crudo.
 - Recalentamiento previo y separación por decantación de los dos constituyentes del aceite crudo y aguas lodosas.
 - Sedimentación del aceite clarificado.
 - Deshidratación y enfriamiento del aceite y luego bombeo a las tanques de almacenamiento,
 - En esta etapa se logra separar el 90 % del aceite aproximadamente

- **Clarificación dinámica (por centrifugación), comprende:**
 - Recalentamiento y Desarenamiento de las aguas lodosas mediante centrifugación con hidrociclones.
 - Tratamiento centrifugo de las aguas lodosas para separación del aceite residual.
 - En esta etapa se requiere movimiento por fuerza centrífuga para obtener la separación, con una recuperación de alrededor de 10 % de aceite.

La operación de clarificación debe ser continua durante la jornada de funcionamiento de la fábrica. La discontinuidad implica un desajuste en las condiciones óptimas de trabajo, y por consiguiente, un aumento de las pérdidas.

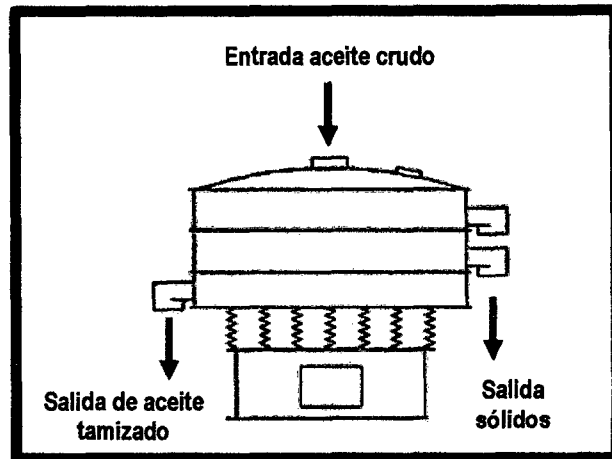


Figura N° 34: Vista del tamiz circular.

Cortesía de Francisco Delgado Rodríguez, Palma de aceite, Colombia.

La dilución del aceite crudo que entra a la clarificación, teóricamente debe contener: aceite (35 %), lodos ligeros (5 %), agua (35 %) y lodos pesados (25 %).

Por el contrario, una dilución mayor de la indicada causaría la formación de una entrecapa importante de lodos ligeros entre las dos fases, como consecuencia del ascenso dentro del agua de cierta materia coloidal contenida en crudo, al mismo tiempo con el aceite.

La temperatura del agua de dilución agregada no debe ser inferior a 95 °C, de lo contrario, se corre el riesgo de hacer una emulsión y de incrementar la viscosidad del líquido medio.

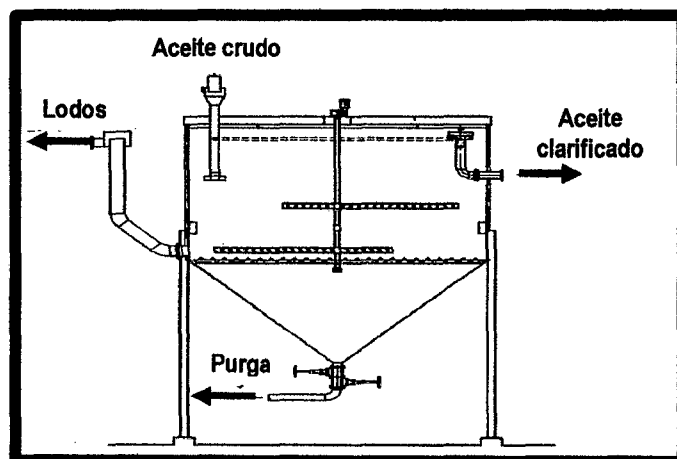


Figura N° 35: Vista interior del clarificador continuo.

Cortesía de Francisco Delgado Rodríguez, Palma de aceite, Colombia.

7. Secado (Deshidratación).

El secador al vacío opera entre 70 °C y 80 °C. Allí se evapora la humedad del aceite mediante un vacío de alrededor de 27.5 pulgadas de columna de mercurio (el agua se evapora a unos 55 °C a ese vacío).

Una de las ventajas del sistema de vacío es la de evitar el contacto del aceite con el aire, el cual favorece la oxidación y ocasiona el fenómeno de la rancidez (mal sabor).

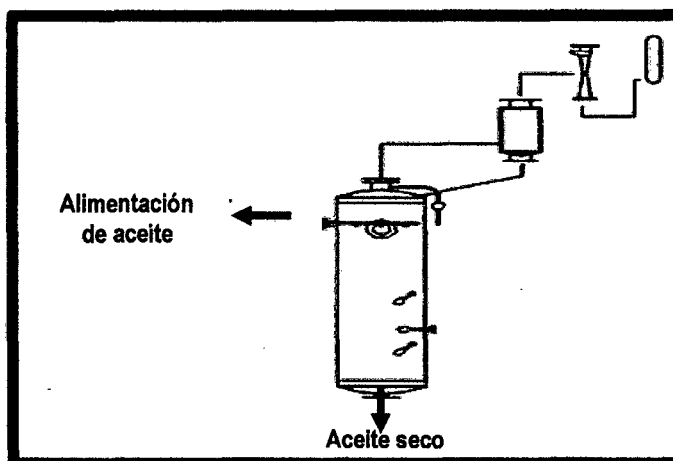


Figura N° 36: Vista del secador al vacío.

Cortesía de Francisco Delgado Rodríguez, Palma de aceite, Colombia.

El aceite entra a la columna de secado a través de unas boquillas que incrementan el área de contacto del aceite con el vacío, formando en la descarga láminas cónicas con la cual se obtiene un secado más eficiente.

Al secador de vacío se le coloca en la entrada una válvula reguladora que sólo se abre cuando haya presión por bombeo de aceite.

8. Almacenamiento del aceite crudo.

Con el uso de máquinas centrífugas y equipos de secamiento al vacío, el aceite de palma pasa a los tanques de almacenamiento de la planta, para su posterior refinación.

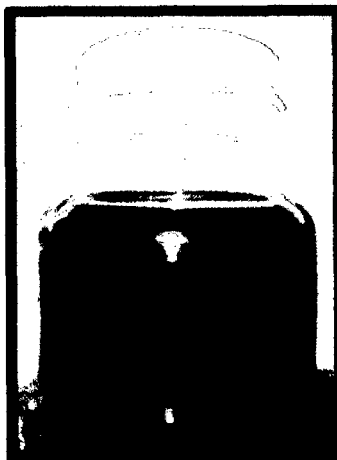


Figura N° 37: Muestra del aceite crudo de palma.

Foto, Cortesía de Coopeagropal R.L. empresa extractora y refinadora de aceite de palma, Costa Rica.

7.13.2. Refinación del aceite de palma.

La refinación del aceite crudo de palma requiere las siguientes etapas:

- Desgomado.
- Neutralización.
- Decoloración.
- Winterización.
- Desodorización.

1. Desgomado.

En esta etapa del proceso, la porción de fosfolípidos de aceite se elimina mediante adición de agua, para fosfolípidos fácilmente hidratables (FAO, 2010).

El aceite crudo se trata con ácido fosfórico (0,02 a 0,5%) de 60 a 90 °C, durante 15 a 30 minutos para acondicionar las gomas (fosfolípidos) y aumentar la insolubilidad en el aceite. Esto facilita su eliminación (Wettstrom, 1972).

2. Neutralización.

La neutralización tiene por finalidad disminuir el índice de acidez del aceite constituido por los ácidos grasos libres -AGL (y residuos de ácidos fosfóricos) con soda cáustica para formar jabones solubles en agua. ⁽¹⁷⁾

Es necesario emplear la cantidad adecuada de soda cáustica para la neutralización, un exceso podría saponificar los triglicéridos, aumentando en forma innecesaria las pérdidas de aceite.

- **Tiempo de agitación.**

Se debe agitar en forma constante, siendo el tiempo ideal de 10 minutos.

(21)

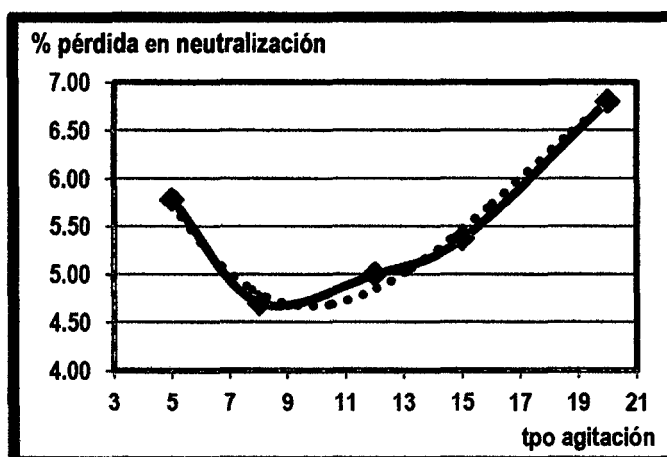


Figura N° 38: Influencia del tiempo de agitación en la neutralización.

Fuente: Cipriano Robles Quintania & Saul Santamaría Díaz, 1972. Elaboración: Propia.

La desgomación y la neutralización pueden combinarse en una operación única, en plantas continuas (la producción diaria mínima de aceite que justifique el sistema de refinación continua, se sitúa entre 15 - 20 TM. de aceite crudo / hora).

Después del lavado, es necesario secar el aceite para evitar la hidrólisis durante los pasos sucesivos, para lo cual se rocía el aceite en una torre al vacío para eliminar la humedad del aceite. ⁽¹⁷⁾

3. Decoloración.

Los aceites y grasas antes de someterse a procesos de decoloración (reducción del contenido de carotenoides), deben estar libres de humedad.

Bastan pequeñísimas cantidades de agua en una sustancia grasa para reducir sensiblemente la acción decolorante de las tierras de carbón. ⁽¹⁹⁾

El tanque neutralizador se conecta al vacío (para que no se formen productos de oxidación secundaria) y se conecta la agitación. Cuando se haya obtenido un aceite lo suficientemente claro, es decir, cuando haya alcanzado su blanqueo máximo, se interrumpe el vacío y la agitación.

El recipiente de blanqueo debe tener la suficiente capacidad para guardar el aceite durante el filtrado que se realiza en las prensas filtro.

4. Winterización.

Una propiedad importante de los aceites es su bajo punto de enturbiamiento, que es la temperatura a la que aparece turbiedad cuando el aceite se enfría a determinadas condiciones. ⁽¹⁹⁾

Consiste en separar los glicéridos de más alto punto de fusión que origina el enturbiamiento y aumento de la viscosidad en los aceites al bajar la temperatura.

El objetivo de la winterización es bajar el punto de solidificación incipiente del aceite, para lo cual, se enfría el aceite hasta 15 °C y se separan los sólidos formados a esta temperatura. ⁽¹⁷⁾, pudiendo descender hasta -1 °C. ⁽¹⁹⁾

5. Desodorización.

Es el proceso final en la refinación por el cual los peróxidos y productos de oxidación secundaria (aldehídos y cetonas) son eliminados; son estas sustancias las que confieren a los aceites olores y sabores desagradables.

El término desodorización se refiere a las sustancias no triglicéridas que confieren olor y sabor como: ácidos grasos libres, monoglicéridos, di-glicéridos, fosfátidos, esteroides, tocoferoles, hidrocarburos, pigmentos (gospol, clorofila, carotenos, etc), cetonas, aldehídos, hidrocarburos no saturados, glucosas, compuestos oxidados, proteínas, resinas, trazas de pesticidas, entre otros. ⁽⁹⁾

Esta operación se realiza a temperaturas relativamente altas, presiones bajas y con la ayuda del vapor de agua como medio despojante. ⁽¹⁷⁾

6. Conservación del aceite refinado de palma.

El aceite refinado luego se seca por calentamiento hasta 200 °C bajo vacío. El agitador debe moverse hasta que no salga vapor de agua del aceite. Es muy conveniente que las cisternas donde se transporten o almacenen estén revestidas preferiblemente de resinas esponjosas y reguladas a una temperatura máxima de 55 °C.

Durante la refinación, se eliminan las sustancias antioxidantes. Por esto el aceite refinado debe ser almacenado añadiéndole antioxidantes artificiales y naturales. El aceite absorbe fácilmente sabores y olores de envases como los de plástico.

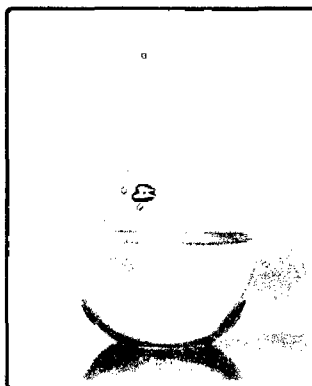


Figura N° 39: Muestra del aceite refinado de palma.

Foto: Cortesía de Acepalma, empresa procesadora de palma aceitera, Colombia.

7.14. Balance de Materia a nivel industrial.

Aplicaremos las leyes de la conservación de materia en todo el proceso productivo, detallando las consideraciones físico-químicas en cada etapa del proceso.

La planta está diseñada para procesar 40 000 TM/año de RFF.

7.14.1. Balance de Materia en la extracción del aceite de palma.

A continuación se efectuará el balance de masa, para cada etapa del proceso:

a) B.M. en la Recepción de los RFF:

Procesar 40 000 TM/año de RFF (3 333 TM/mes), trabajando 12 meses, 30 días por mes, en 3 turnos de trabajo, de 8 horas cada turno, equivale a decir, 111,11 TMD (Toneladas Métricas Diarias) de RFF.

- La cantidad de RFF a la entrada es de:

$$\text{RFF} = \left(\frac{40\ 000}{12 * 30} \right) = 111,11 \text{ TMD}$$

b) B.M. en la Esterilización de los RFF:

En esta etapa del proceso, ingresa 111,11 TMD de RFF, provenientes de la etapa de recepción de RFF.

- Cantidad de agua evaporada, que se obtiene en el evaporador está dada por la siguiente expresión ⁽⁷⁾:

$$\text{agua evaporada} = (\text{RFF}) * 0,10 \text{ TMD}$$

$$\text{agua evaporada} = 111,11 * 0,10 = 11,11 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de fruto deshidratado**, que sale del esterilizador está dada por la siguiente expresión:

$$\text{fruto deshidratado} = (\text{RFF} - \text{agua evaporada}) \text{ TMD}$$

$$\text{fruto deshidratado} = (111,11 - 11,11) = 100,00 \text{ TMD}$$

c) B.M. en el Desfrutado:

En esta etapa del proceso, ingresa 100,00 TMD de fruto deshidratado, provenientes de la etapa de esterilización.

El desfrutador permite separar los RFF, en el fruto propiamente dicho y la tusa, en la siguiente proporción (respecto de los RFF), en promedio: a) 68 % para el fruto, y b) 22 % para la tusa. ⁽⁷⁾

Realizando un balance de masa parcial efectuado con la hoja de cálculo del Excel, se obtiene la siguiente proporción (respecto del fruto deshidratado proveniente de la etapa de esterilización), en promedio:

- a) 75,56 % para el fruto desgranado, y
- b) 24,44 % para la tusa (raquis).

- **Cantidad de fruto desgranado**, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{fruto desgranado} = (\text{fruto deshidratado}) * 0,7556 \text{ TMD}$$

$$\text{fruto desgranado} = (100,00) * 0,7556 = 75,56 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de tusa**, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{tusa} = (\text{fruto deshidratado}) * 0,2444 \quad \text{TMD}$$

$$\text{tusa} = (100,00) * 0,2444 = 24,44 \quad \text{TMD}$$

d) B.M. en la Digestión:

En esta etapa del proceso, ingresa 75,56 TMD de frutos desgranados provenientes de la etapa de desfrutado.

Los frutos ingresan por la parte superior del digestor, son calentados y la pulpa es desprendida de las nueces y macerada, preparándose para la extracción por prensado.

- **Cantidad de fruto digestado, está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{fruto digestado} = (\text{fruto desgranado}) \quad \text{TMD}$$

$$\text{fruto digestado} = 75,56 \quad \text{TMD}$$

e) B.M. en el Prensado:

En esta etapa del proceso, ingresa 75,56 TMD de frutos digestados provenientes de la etapa de digestión.

Para facilitar la salida del aceite durante el prensado, se agrega agua caliente, cuya cantidad debe controlarse estrictamente para asegurar una buena extracción por una parte y además, para obtener una adecuada dilución del aceite crudo, de modo que se facilite su clarificación posterior. ⁽⁶⁾

La cantidad de agua agregada, antes de entrar a la prensa, debe ser tal que, una vez finalizado el prensado, permita que, la dilución del aceite crudo que sale del prensado debe de tener la siguiente composición aproximada: a) aceite (35%), b) lodos ligeros (5 %), c) agua (35 %), y d) lodos pesados (25 %). ⁽²³⁾

Realizando un balance de masa parcial efectuado con la hoja de cálculo del Excel, se obtiene una masa de agua de 22,29 TMD que se le debe añadir al inicio de esta etapa.

Los 22,29 TMD de agua, equivalen al 29,5 % en peso, respecto del peso del fruto digestado (maxilado) que sale de la etapa de digestión.

- Cantidad de agua agregada para formar la torta, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{agua}_{\text{agregada}} = (\text{fruto}_{\text{digestado}}) * 0,295 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{agregada}} = (75,56) * 0,295 = 22,29 \quad \text{TMD}$$

- Flujo de ingreso a la prensa, es igual a la suma del volumen másico del fruto digestado más el volumen másico de agua agregada para formar la torta, y está dada por la siguiente expresión:

$$\text{caudal}_{\text{ingreso}_{\text{prensa}}} = (\text{fruto}_{\text{digestado}} + \text{agua}_{\text{agregada}}) \quad \text{TMD}$$

$$\text{caudal}_{\text{ingreso}_{\text{prensa}}} = (75,56 + 22,29) = 97,84 \quad \text{TMD}$$

- Separación en la prensa, la etapa del prensado permite separar en [sus principales] componentes en la siguiente proporción (respecto de los RFF), en promedio: a) 43 % para el fruto, y b) 25 % para la torta de prensado. ⁽⁷⁾

Realizando un balance de masa parcial efectuado con la hoja de cálculo del Excel, se obtiene la siguiente proporción (respecto del fruto digestado), en promedio:

a) 63,24 % para el fruto (contenido en el licor), y

b) 36,76 % para la torta (de prensado).

- **Cantidad de fruto (en el licor), que se obtiene en el prensado está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{fruto}_{\text{licor}} = (\text{fruto}_{\text{digestado}}) * 0,6324 \text{ TMD}$$

$$\text{fruto}_{\text{licor}} = (75,56) * 0,6324 = 47,78 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de licor (de prensado) obtenido, el licor de prensado es liberado por los oficios, contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arena y otras impurezas).⁽⁶⁾**

La cantidad de licor de prensado es igual a la suma de agua agregada más el fruto (en el licor), y está dada por la siguiente expresión:

$$\text{licor}_{\text{prensado}} = (\text{agua}_{\text{agregada}} + \text{fruto}_{\text{licor}}) \text{ TMD}$$

$$\text{licor}_{\text{prensado}} = (22,29 + 47,78) = 70,07 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de torta (de prensado) obtenida, la torta de prensado está compuesta por nueces enteras, nueces rotas, almendras enteras, almendras rotas, cuesco y fibras. Estas son transportadas a la sección de palmistería para la extracción y secado de la almendra de palmiste.⁽²⁾**

La cantidad de torta (de prensado) que se obtiene en el prensado está dada por la siguiente expresión:

$$\text{torta}_{\text{prensado}} = (\text{fruto}_{\text{digestado}}) * 0,3676 \text{ TMD}$$

$$\text{torta}_{\text{prensado}} = (75,56) * 0,3676 = 27,77 \text{ TMD}$$

f) B.M. en la Clarificación:

En esta etapa del proceso, ingresa 70,07 TMD de licor de prensado provenientes de la etapa de prensado.

A esta etapa del proceso entra el licor de prensa que contiene aceite, agua, lodos livianos -compuestos por pectinas y gomas- y lodos pesados -compuestos por tierra, arena y otras impurezas.⁽⁶⁾

La composición obtenida durante este proceso, en promedio es: 35 % de aceite, 5 % de lodos ligeros, 35 % de agua y 25 % de lodos pesados.⁽²⁾

Realizando un balance de masa parcial efectuado con la hoja de cálculo del Excel. El agua que entra a la etapa del prensado es el agua que sale contenido en el licor del prensado, y esta es el agua que entra a la etapa de clarificación, que es la misma cantidad que, finalmente se obtiene al final de esta etapa de clarificación, se obtiene los porcentajes corregidos.

- a) 38,19 % de aceite clarificado,
- b) 5,00 % de lodos ligeros,
- c) 25,00 % de lodos pesados, y,
- d) 31,81 % de agua.

- **Cantidad de aceite clarificado**, que se obtiene en la clarificación está dada por la siguiente expresión:

$$\text{aceite clarificado} = (\text{licor prensado}) * 0,3819 \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite clarificado} = (70,07) * 0,3819 = 26,76 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de lodos ligeros**, que se obtiene en la clarificación está dada por la siguiente expresión:

$$\text{lodos ligeros} = (\text{licor prensado}) * 0,05 \quad \text{TMD}$$

$$\text{lodos ligeros} = (70,07) * 0,05 = 3,50 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de lodos pesados**, que se obtiene en la clarificación está dada por la siguiente expresión:

$$\text{lodos}_{\text{pesados}} = (\text{licor}_{\text{prensado}}) * 0,25 \quad \text{TMD}$$

$$\text{lodos}_{\text{pesados}} = (70,07) * 0,25 = 17,52 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de agua de clarificado**, que se obtiene en la clarificación está dada por la siguiente expresión:

$$\text{agua}_{\text{clarificac}} = (\text{licor}_{\text{prensado}}) * 0,3181 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{clarifica}} = (70,07) * 0,3181 = 22,29 \quad \text{TMD}$$

g) B.M. en el Secado:

En esta etapa del proceso, ingresa 26,76 TMD de aceite clarificado provenientes de la etapa de clarificación.

Esta etapa permite eliminar la humedad del aceite crudo que proviene de la etapa de clarificación, en la siguiente proporción (respecto de los RFF), en promedio: a) 22,00 % para el aceite rojo de palma, y, b) 2,08 % para agua por evaporación. ⁽⁷⁾

Realizando un balance de masa parcial efectuado con la hoja de cálculo del Excel, se obtiene la siguiente proporción (respecto del aceite crudo proveniente de la etapa de clarificación), en promedio:

- a) 91,35 % para el aceite rojo de palma (aceite crudo), y,
- b) 8,65 % para agua por evaporación.

- **Cantidad de agua por evaporación**, que se obtiene en el secado, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{agua}_{\text{evaporac}} = (\text{aceite}_{\text{clarific}}) * 0,0865 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{evaporac}} = (26,76) * 0,0865 = 2,31 \quad \text{TMD}$$

- Cantidad de aceite crudo de palma, que se obtiene en el secado, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{aceite}_{\text{crudo}} = (\text{aceite}_{\text{clarific}}) * 0,9135 \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{crudo}} = (26,76) * 0,9135 = 24,45 \quad \text{TMD}$$

7.14.2. Balance de Materia en la refinación del aceite de palma.

Una vez obtenido el aceite crudo (rojo) de palma aceitera, se procede a refinarlo:

a) B.M. en el Desgomado.

A esta etapa del proceso ingresa 24,45 TMD de aceite crudo (rojo) de palma aceitera, proveniente de la etapa de extracción del aceite de palma.

- Cantidad de agua agregada, el aceite crudo se trata con agua caliente a 80 °C, se le agrega 5% en peso. ⁽²¹⁾, la cantidad es:

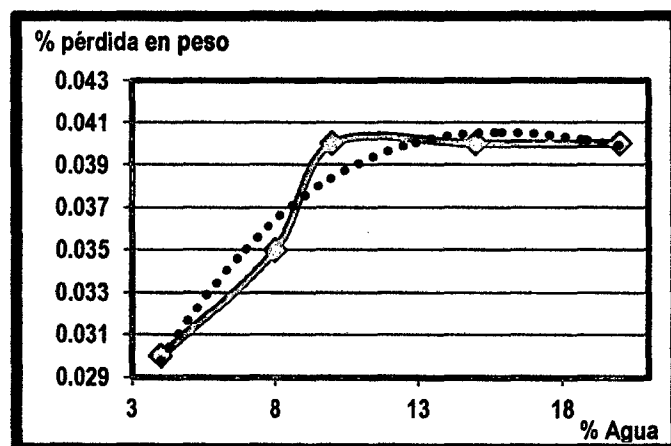


Figura N° 40: Comportamiento del agua para el desgomado.

Fuente: Cipriano Robles Quintania & Saul Santamaría Díaz, 1972. Elaboración: Propia.

$$\text{agua} = (\text{aceite}_{\text{crudo}}) * 0,05 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua} = 24,45 * 0,05 = 1,22 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de ácido fosfórico agregado, está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{ácido fosfórico} = (\text{aceite}_{\text{crudo}}) * 0,02\% \quad \text{TMD}$$

$$\text{ácido fosfórico} = 24,45 * 0,0002 = 0,005 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de aceite desgomado, en esta etapa, el aceite crudo, "pierde" 5 % de impurezas, está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{aceite}_{\text{desgomado}} = (\text{aceite}_{\text{crudo}}) * 0,995 \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{desgomado}} = (24,45) * 0,995 = 24,32 \quad \text{TMD}$$

b) B.M. en la Neutralización.

A esta etapa del proceso ingresa 24,32 TMD de aceite desgomado de palma aceitera, proveniente de la etapa de desgomado.

En el primer reactor:

La cantidad de ácidos grasos libres AGL se calcula mediante fórmula estequiométricas, utilizando el método de la American Oils Cheminst's Society³, Método AOCS número: Cd 6-38.

³ *American Oils Chemist's Society*, Es una sociedad científica internacional de profesionales para los individuos y empresas interesadas en las grasas, aceites, tensoactivos, detergentes y otros materiales relacionados.

Tabla N° 47: Composición de ácidos grasos del aceite crudo de palma.

Fuente: *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria*, Sandra Milena Rincón M. & Daniel Mauricio Martínez C. (2009).

TIPO	NOMBRE	%
C 12:0	Ácido láurico	< 0,5
C 14:0	Ácido mirístico	0,5 - 2,0
C 16:0	Ácido palmítico	39,3 - 47,5
C 16:1	Ácido palmitoléico	< 0,6
C 18:0	Ácido esteárico	3,5 - 6,0
C 18:1	Ácido oleico	36,0 - 44,0
C 18:2	Ácido linoleico	9,0 - 12,0
C 18:3	Ácido linolénico	< 0,5
C 20:0	Ácido araquídico	< 1,0

- **Cantidad de ácidos grasos libres**, el contenido promedio de ácido oleico (40 %), está referido al contenido ácidos grasos libres -AGL (3 %); resulta 12 % en peso del aceite crudo de palma, expresado como ácido oleico. La cantidad de AGL está dada por la siguiente expresión:

$$\text{AGL} = (\text{aceite}_{\text{desgomado}}) * 0,12 \text{ TMD}$$

$$\text{AGL} = 24,32 * 0,12 = 2,92 \text{ TMD}$$

- **Concentración de NaOH**, a 60 °C, se debe tener una concentración del hidróxido de sodio entre 18 - 22 °Bé. ⁽²¹⁾
- **Cantidad de soda cáustica para neutralizar**, se calcula mediante fórmula estequiométrica, utilizando el método de la American Oils Cheminst's Society⁴, Método AOCS número: G 5-40.
Se requiere un análisis previo en cada lote de producción, midiéndose el índice de acidez, la densidad, viscosidad y otras propiedades del aceite

⁴ *American Oils Chemist's Society*, Es una sociedad científica internacional de profesionales para los individuos y empresas interesadas en las grasas, aceites, tensoactivos, detergentes y otros materiales relacionados.

madurado que se consideren importantes para el consumidor, y en base a ellos se calcula la cantidad exacta de neutralizante a mezclar. ⁽¹⁸⁾

La reacción química de neutralización entre la soda cáustica y los ácidos grasos libres -AGL es la siguiente:

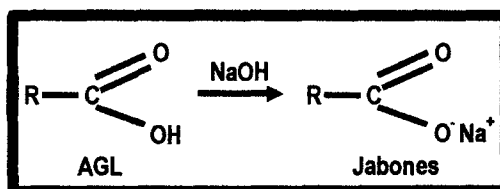


Figura N° 41: Reacción química de neutralización.

Fuente: Dra. Luz María Paucar Menacho.

Es necesario usar la cantidad adecuada de soda cáustica para la neutralización, ya que un exceso desmesurado podría saponificar los triglicéridos. ⁽¹⁷⁾

La reacción química de saponificación de triglicéridos es la siguiente:

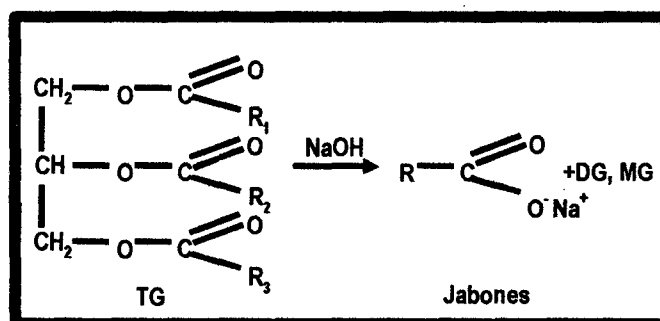


Figura N° 42: Reacción química de saponificación de triglicéridos.

Fuente: Dra. Luz María Paucar Menacho.

Un mol de ácido oleico (peso molecular: 282,44 g/mol) reacciona con un mol de soda cáustica (40,00 g/mol). Su estequiometría entre los AGL (representado por el ácido oleico) y la soda cáustica, nos da la siguiente relación:

$$\frac{W_{\text{soda}}}{PM_{\text{soda}}} = \frac{W_{\text{ác.oleico}}}{PM_{\text{ác.oleico}}}$$

La cantidad de soda cáustica para neutralizar es:

$$\text{soda cáustica neutralizar} = \left(\frac{2,92}{282,44} \right) * 40,00 = 0,41 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de agua para diluir la soda cáustica para neutralizar, se requiere una cantidad de agua para poder diluir La soda cáustica, debido a que no se puede trabajar con altas concentraciones.**

Tabla N° 48: Concentraciones para soluciones de soda cáustica.

Fuente: The Dow Chemical Company. USA. Elaboración: Propia.

NaOH (%)	NaOH (°Bé)	NaOH (grav.espec)
1	1,72	1,012
2	3,26	1,023
3	4,77	1,034
4	6,25	1,045
5	7,69	1,056
6	9,10	1,067
7	10,65	1,079
8	11,97	1,090
9	13,30	1,101
10	14,40	1,112
11	15,88	1,123
12	17,13	1,134
13	18,36	1,145
14	19,57	1,156
15	20,75	1,167
16	21,91	1,178
17	23,15	1,190
18	24,27	1,201
19	25,36	1,212
20	26,45	1,223
...

La soda cáustica de diluirá de 50,23 °Bé (50,00 %, gravedad específica: 1,540) a 16,00 °Bé (11,03 %, gravedad específica: 1,123), el 88,97 % es agua.

Aplicando la ley de conservación de la materia y razones y proporciones, tenemos que:

$$\frac{W_{\text{agua}}}{W_{\text{soda}}} = \frac{\% \text{ agua}}{\% \text{ soda}}$$

La cantidad de agua para neutralizar es:

$$\text{agua}_{\text{neutralizar}} = \left(\frac{88,97}{11,03} \right) * 0,41 = 3,33 \text{ TMD}$$

- Exceso de NaOH, con una acidez de 4,35 se recomienda un porcentaje en exceso de NaOH de 5 - 6 %. ⁽²¹⁾

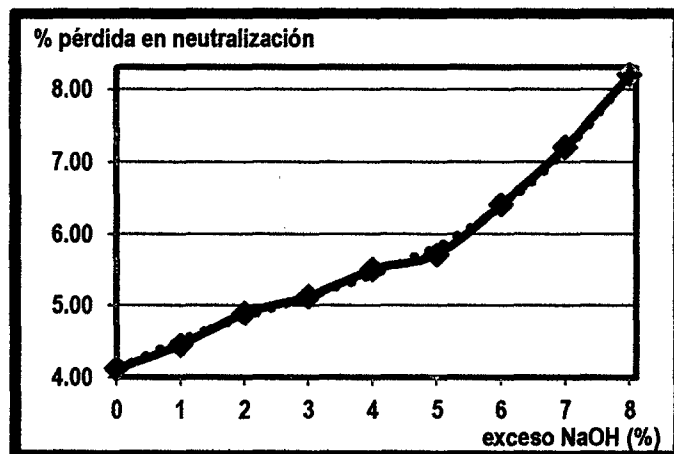


Figura N° 43: Influencia del exceso de soda cáustica en la neutralización.

Fuente: Cipriano Robles Quintania & Saul Santamaría Díaz, 1972. Elaboración: Propia.

- Cantidad de soda cáustica para el exceso, se le añade un 6 %, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{soda cáustica}_{\text{exceso}} = \left(\frac{\text{soda cáustica}_{\text{neutralizar}}}{\text{soda cáustica}_{\text{neutralizar}}} \right) * 0,06 \text{ TMD}$$

$$\text{soda cáustica}_{\text{exceso}} = 0,41 * 0,06 = 0,02 \text{ TMD}$$

- Cantidad de agua en exceso, para diluir la soda cáustica para el exceso, se le añade un 6 %, está dado por la siguiente expresión:

$$\text{agua}_{\text{exceso}} = (\text{agua}_{\text{neutralizar}}) * 0,06 \text{ TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{exceso}} = (3,33) * 0,06 = 0,20 \text{ TMD}$$

- Cantidad total de soda cáustica para neutralizar, es la suma:

$$\text{soda cáustica} = (0,41 + 0,02) = 0,44 \text{ TMD}$$

- Cantidad total de agua para diluir la soda cáustica, es la suma:

$$\text{agua para diluir} = (3,33 * 0,20) = 3,53 \text{ TMD}$$

- Cantidad de Borra, está conformada por la suma de la cantidad de AGL contenido en el aceite y la cantidad total de soda cáustica requerida para neutralizarla, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{borra} = (\text{AGL} + \text{NaOH}) \text{ TMD}$$

$$\text{borra} = (2,92 + 0,44) = 3,36 \text{ TMD}$$

- Cantidad de sublejía, es la solución diluida de la soda cáustica, después de haberle agregado el agua necesaria y suficiente para llegar a las condiciones de trabajo que requiere el sistema, está dada por la siguiente expresión:

$$\text{sublejía} = (\text{agua}_{\text{dilución}} + \text{NaOH}) \text{ TMD}$$

$$\text{lejía} = (3,53 + 0,44) = 3,97 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de borra más sublejía, está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{borra} + \text{lejía} = 3,36 + 3,97 = 7,33 \quad \text{TMD}$$

- **Aceite neutro, es igual al aceite de palma desgomado, menos los AGL, está dado por la siguiente expresión:**

$$\text{aceite}_{\text{neutro}} = (\text{aceite}_{\text{desgomado}} - \text{AGL}) \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{neutro}} = (24,32 - 2,92) = 21,40 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de agua para el lavado, después de haber neutralizado, es necesario efectuar un lavado profundo del aceite con agua caliente, para la eliminación por lavado de los jabones y de los fosfolípidos hidratados. ⁽⁷⁾ El agua necesaria para el lavado se estima en 20 % en peso del aceite a ser lavado ⁽¹⁷⁾. Está dada por la expresión:**

$$\text{agua}_{\text{lavado}} = (\text{aceite}_{\text{neutro}}) * 0,20 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{lavado}} = (21,40) * 0,20 = 4,28 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de agua eliminada en el secador al vacío, después del lavado, es necesario secar el aceite para evitar la hidrólisis durante los pasos sucesivos, para lo cual se rocía el aceite en una torre al vacío para eliminar la humedad del aceite; sale con 2 % en peso del aceite. ⁽¹⁷⁾ Está dada por la siguiente expresión:**

$$\text{agua}_{\text{vapor}} = (\text{aceite}_{\text{neutro}}) * 0,02 \quad \text{TMD}$$

$$\text{agua}_{\text{vapor}} = (21,40) * 0,02 = 0,43 \quad \text{TMD}$$

- **Aceite neutro y seco, el aceite neutro y seco, es aquel aceite neutro que se le ha eliminado la humedad (agua en forma de vapor). Está dado por la siguiente expresión:**

$$\text{aceite}_{\text{neutro y seco}} = (\text{aceite}_{\text{neutro}} - \text{agua}_{\text{vapor}}) \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite neutro y seco} = (21,40 - 0,43) = 20,97 \text{ TMD}$$

En el segundo reactor:

El reflujo de aceite al segundo reactor mezclador, es útil para corregir el exceso de soda mezclado con el aceite cuando variaciones de carga, por lo que el flujo por esta línea estará determinado por las condiciones de operación.

c) B.M. en la Decoloración.

A esta etapa del proceso ingresa 20,97 TMD de aceite neutro y seco, proveniente de la etapa de neutralización.

- **Tierra de decolorante**, se recomienda tierra decolorante equivalente al 3 % del aceite a decolorar. ⁽²¹⁾

La Figura N° 43, muestra como la influencia de la tierra decolorante en la decoloración del aceite, mostrando además que después de cierta cantidad, ya el efecto es el mismo; se ha empleado el método de Saybolt⁵ (Norma ASTM D156-12).

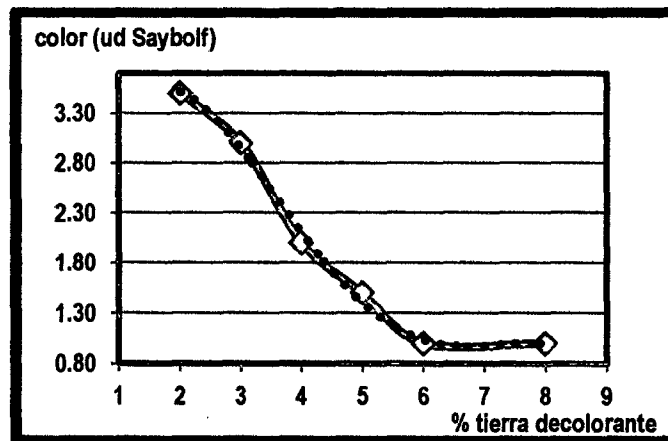


Figura N° 44: Influencia de la tierra decolorante en la decoloración.

Fuente: Cipriano Robles Quintania & Saul Santamaría Díaz, 1972. Elaboración: Propia.

⁵ Método de Saybolt Chromometer, permite la determinación del color de los productos de petróleo y aceites refinados, se utiliza para fines de control de fabricación y es una característica de calidad importante ya que el color se observa fácilmente por el usuario del producto.

La cantidad de tierra de decolorante, está dada por la expresión:

$$\text{tierra}_{\text{decolorante}} = (\text{aceite}_{\text{neutro}}) * 0,03 \quad \text{TMD}$$

y seco

$$\text{tierra}_{\text{decolorante}} = (20,97) * 0,03 = 0,63 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de tierra para reposición**, en la operación de regeneración, se pierde 10 % de tierra decolorante que es necesario reponer con tierra nueva, y está dada por la expresión:

$$\text{tierra}_{\text{decolorante}} = (\text{tierra}_{\text{decolorante}}) * 0,10 \quad \text{TMD}$$

reposición

$$\text{tierra}_{\text{decolorante}} = (0,63) * 0,10 = 0,06 \quad \text{TMD}$$

reposición

- **Aceite ocluido**, el aceite ocluido que queda en la tierra es estimado en 30 % en peso de la tierra decolorante. Este aceite es recuperado y se reprocesa nuevamente introduciéndolo al secador al vacío o junto con el aceite crudo según el estado en el que se encuentra. La cantidad de aceite ocluido está dada por la expresión:

$$\text{aceite}_{\text{ocluido}} = (\text{tierra}_{\text{decolorante}}) * 0,30 \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{ocluido}} = (0,63) * 0,30 = 0,19 \quad \text{TMD}$$

- **Cargas totales**, en decoloración se elimina el 0,12 % en peso de la carga correspondiente a las materias colorantes, está dada por la expresión:

$$\text{materia}_{\text{colorante}} = (\text{aceite}_{\text{neutro}}) * 0,0012 \quad \text{TPD}$$

y seco

$$\text{materia}_{\text{colorante}} = (20,97) * 0,0012 = 0,03 \quad \text{TMD}$$

- **Aceite decolorado**, es el aceite neutro y seco, al cual se le ha quitado las materias colorantes, está dada por la expresión:

$$\text{aceite}_{\text{decolorado}} = (\text{aceite}_{\text{neutro y seco}} - \text{materia}_{\text{colorante}}) \text{ TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{decolorado}} = (20,98 - 0,03) = 20,95 \text{ TMD}$$

d) **B.M. en la Winterización.**

Luego de procesar el aceite crudo de palma, se obtiene alrededor de 61 % de oleína y 39 % de estearina. ⁽²⁴⁾

- **Cantidad de estearina obtenida**, está dada por la expresión:

$$\text{estearina} = (\text{aceite}_{\text{crudo}}) * 0,39 \text{ TMD}$$

$$\text{estearina} = (24,45) * 0,39 = 9,53 \text{ TMD}$$

- **Cantidad de aceite winterizado**, está dada por la expresión:

$$\text{aceite}_{\text{winterizado}} = (\text{aceite}_{\text{decolorado}} - \text{estearina}) \text{ TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{winterizado}} = (20,95 - 9,53) = 11,42 \text{ TMD}$$

e) **B.M. en la Desodorización.**

A esta etapa del proceso ingresa 11,42 TMD de aceite winterizado, proveniente de la etapa de winterización.

Se eliminan los aldehídos, cetonas y terpenos contenidos en el aceite.

- **Cantidad de materia odorífera**, está dada por la expresión:

$$\text{materia}_{\text{odorrifera}} = (\text{aceite}_{\text{crudo}}) * 0,02 \quad \text{TMD}$$

$$\text{materia}_{\text{odorrifera}} = (24,45) * 0,02 = 0,49 \quad \text{TMD}$$

- **Cantidad de aceite desodorizado, está dada por la expresión:**

$$\text{aceite}_{\text{desodorizado}} = (\text{aceite}_{\text{winterizado}} - \text{materia}_{\text{odorrifera}}) \quad \text{TMD}$$

$$\text{aceite}_{\text{desodorizado}} = (11,42 - 0,49) = 10,93 \quad \text{TMD}$$

7.15. Balance de Energía a nivel industrial.

Aplicaremos las leyes de la conservación de energía en todo el proceso productivo, detallando las consideraciones físico-químicas en cada etapa del proceso.

Recordemos que la planta está diseñada para procesar 40 000 TM/año de RFF.

7.15.1. Cálculos previos al Balance de Energía en la extracción del aceite de palma.

a) **Calor Específico⁶ del agua.**

Es un valor que está en función de la temperatura, que tiene un valor de 1,00 kcal/kg.°C ± 0,002. Para todos los efectos de la presente investigación, se asumirá el calor latente del agua igual a la unidad.

b) **Calor Sensible⁷ del agua.**

La entalpía del agua, se calcula con la siguiente ecuación:

⁶ *El calor específico*, es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad (Kelvin o Celsius).

⁷ *El calor sensible*, es aquel que recibe un cuerpo o un objeto hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{-\partial H}{\partial P}\right)_T dP \quad [\text{kcal}] \dots\dots\dots (1)$$

Como se mantendrá constante la presión a una presión elegida, entonces $dP = 0$, finalmente la ecuación (1), se puede representar como:

$$Q = m_{\text{agua}} * ce_{\text{agua}} * dT \quad [\text{kcal}] \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- Q = [kcal] calor sensible del agua
- m_{agua} = [kg agua] masa d agua
- ce_{agua} = 1,00 [kcal/kg.°C] calor específico del agua
- dT = [°C] variación de la temperatura del sistema

c) Calor Latente⁸ del agua.

Para un sistema cerrado, la misma masa de agua líquida es la misma masa de agua en vapor.

$$Q = m_{\text{vapor}} * cv_{\text{vapor}} \quad [\text{kcal}] \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

- Q = [kcal] calor latente del agua.
- m_{vapor} = [kg agua] masa de vapor de agua
- cv_{vapor} = [kcal/kg] temperatura del sistema

⁸ El calor latente, es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para aumento de la temperatura.

7.15.2. Balance de Energía en la extracción del aceite de palma.

a) **B.E. en la Recepción de los RFF:**

En esta etapa del proceso no hay transferencia de energía.

b) **B.E. en la Esterilización de los RFF:**

En esta etapa del proceso, ingresa 111,11 TMD de RFF provenientes de la etapa de recepción de RFF.

En esta etapa del proceso se requiere calentar los RFF, y el calor requerido será transferido por el calor producido por el vapor de agua que genera la caldera.

Se requiere elevar la temperatura del caldero de 25 °C a 125 °C, durante 25 min, y mantener la temperatura de 125 °C por 40 min, para luego descenderlo a 25 °C en 15 min. ⁽⁶⁾

- **Cantidad de vapor**, en la esterilización se requiere vapor de agua aproximadamente 180,0 Kg de vapor / TM de RFF de palma aceitera. ⁽⁶⁾
La cantidad de vapor de agua está dada por la siguiente expresión:

$$\text{vapor de agua} = (\text{RFF}) * \left(\frac{180,0}{1\ 000} \right) \quad \text{TMD}$$

$$\text{vapor de agua} = 111,11 * \left(\frac{180,0}{1\ 000} \right) = 20,00 \quad \text{TMD}$$

- **Calor ganado por el RFF**, el vapor de agua es generado por la caldera, cuyas características se detallan en el capítulo respectivo. La masa de vapor de agua es la misma masa de agua, sólo que ha cambiado de estado, de estado líquido a estado gaseoso (vapor). El calor generado por la masa de agua es el siguiente:

- a) Calor sensible [del agua] (de 25 °C a 100 °C) a una presión de 101,32 kPa⁹, y
b) Calor latente [de vaporización] de 100°C (101,32 kPa, 539,1 kcal/kg) a 125 °C (232,10 kPa, 522,7 kcal/kg), tablas termodinámicas.

Calor sensible, empleando la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_1 = (20,00 * 1\,000) * 1 * (100 - 25) = 1,50 \quad \text{Gcal}^{10}/\text{día}$$

Calor latente, empleando la ecuación (3):

$$Q = m_{\text{vapor}} * c_{v_{\text{vapor}}} \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_2 = (20,00 * 1\,000) * 359,0 = 10,78 \quad \text{Gcal}/\text{día}$$

Calor recibido total, en esta etapa del proceso es: $Q_3 = 12,28 \text{ Gcal}/\text{día}$
(1,50 + 10,78 = 12,28)

- **Enfriamiento del sistema**, los frutos esterilizados, antes de entrar a la siguiente etapa, deben de disminuirse su temperatura, de 125 °C a 25 °C.

Calor perdido total, en el enfriamiento: $Q_4 = -12,28 \text{ Gcal}/\text{día}$

- c) **B.E. en el Desfrutado:**

Esta etapa del proceso no requiere calor para realizar la separación de los RFF en, los frutos propiamente dicho y la tusa.

⁹ El pascal (Pa), es una unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades, se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado. 1 Pa = 9,86 x 10⁻⁶ atm. 1 Pa = 1,45 x 10⁻⁴ PSI.

¹⁰ Gcal, es la abreviación de Giga calorías, múltiplo en el Sistema Internacional, equivalente a 10⁹ calorías.

d) B.E. en la Digestión:

En esta etapa del proceso, ingresa 75,56 TMD de frutos desgranados provenientes de la etapa de desfrutado.

En esta etapa del proceso, se requiere calentar los frutos entre 90 - 95 °C por 30 minutos; una temperatura superior no es conveniente pues el líquido se aproxima al punto de ebullición del agua, dando origen a burbujas de aire de vapor que empujan hacia arriba el aceite impidiendo su caída libre. ⁽⁶⁾

Debe calentarse hasta unos 100 °C por medio del vapor, con la finalidad de darle suficiente elasticidad a las nueces, para que no sean quebradas durante el proceso de prensado. ⁽²¹⁾

- **Cantidad de vapor**, se asume un consumo del 60 % de la cantidad empleada en la esterilización respecto de fruto desgranado, es decir, 108 kg de vapor / TM de fruto desgranado; está dada por la siguiente expresión:

$$\text{vapor de agua} = (\text{fruto}_{\text{desgranado}}) * \left(\frac{108,0}{1\,000} \right) \text{ TMD}$$

$$\text{vapor de agua} = 75,56 * \left(\frac{108}{1\,000} \right) = 8,16 \text{ TMD}$$

- **Calor ganado por el fruto desgranado en la digestión**, el vapor de agua es generado por la caldera. La masa de vapor de agua es la misma masa de agua. El calor generado por la masa de agua es el siguiente:
 - a) Calor sensible [del agua] (de 25 °C a 90 °C) a una presión de 70,14 kPa, y
 - b) Calor latente [de vaporización] de 90 °C (70,14 kPa, 545,2 kcal/kg) a 100 °C (101,32 kPa, 539,1 kcal/kg), tablas termodinámicas.

Calor sensible, empleando la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_5 = (8,16 * 1\,000) * 1 * (90 - 25) = 0,53 \quad \text{Gcal/día}$$

Calor latente, empleando la ecuación (3):

$$Q = m_{\text{vapor}} * c_{v_{\text{vapor}}} \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_6 = (8,16 * 1\,000) * 545,0 = 4,45 \quad \text{Gcal/día}$$

Calor total, en esta etapa del proceso es: $Q_7 = 4,98 \text{ Gcal/día}$ ($0,53 + 4,45 = 4,98$)

e) **B.E. en el Prensado:**

En esta etapa del proceso, ingresa 75,56 TMD de frutos digestados provenientes de la etapa de digestión.

El agua agregada a la salida de la etapa de la digestión, actuará como un medio hidráulico para ayudar a empujar el aceite dentro de los espacios que quedan en el material que se está prensado. El agua que se agrega en el prensado debe tener una temperatura entre temperatura entre 90 - 95 °C. ⁽⁶⁾

Calor sensible, empleando la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_8 = (22,29 * 1\,000) * 1 * (90 - 25) = 1,45 \quad \text{Gcal/día}$$

f) **B.E. en la Clarificación:**

En esta etapa del proceso, ingresa 70,07 TMD de licor de prensa provenientes de la etapa de prensado.

La temperatura de la mezcla dentro del clarificador debe mantenerse entre 90 a 95 °C. ⁽⁶⁾

- **Cantidad de vapor**, se asume un consumo de 70 % de la cantidad empleada en la esterilización respecto del fruto en la prensa, es decir, 126 kg de vapor / TM de fruto en la prensa; está dada por la siguiente expresión:

$$\text{vapor de agua} = (\text{fruto}_{\text{en la prensa}}) * \left(\frac{126,0}{1\,000} \right) \text{ TMD}$$

$$\text{vapor de agua} = 47,78 * \left(\frac{126}{1\,000} \right) = 6,02 \text{ TMD}$$

- **Calor ganado por el aceite en la clarificación**, el vapor de agua es generado por la caldera. La masa de vapor de agua es la misma masa de agua. El calor generado por la masa de agua es el siguiente:
 - a) Calor sensible [del agua] (de 25 °C a 90 °C) a una presión de 70,14 kPa, y
 - b) Calor latente [de vaporización] a 90 °C (70,14 kPa, 545 kcal/kg), tablas termodinámicas.

Calor sensible, empleando la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \text{ [kcal]}$$

$$Q_s = (6,02 * 1\,000) * 1 * (90 - 25) = 0,39 \text{ Gcal/día}$$

Calor latente, empleando la ecuación (3):

$$Q = m_{\text{vapor}} * cv_{\text{vapor}} \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{10} = (6,02 * 1\,000) * 545,0 = 3,28 \quad \text{Gcal/día}$$

- **Calor total**, en esta etapa del proceso es: $Q_{11} = 3,67 \text{ Gcal/día}$ ($0,39 + 3,28 = 3,67$)

g) B.E. en el Secado:

En esta etapa del proceso, ingresa 26,76 TMD de aceite clarificado provenientes de la etapa de clarificación.

En esta etapa del proceso, el secador al vacío opera entre 70 y 80 °C. Allí se evapora la humedad del aceite mediante un vacío de alrededor de 27,5 pulgadas de columna de mercurio. ⁽⁶⁾

- **Cantidad de vapor**, se asume un 70 % de la cantidad empleada en la esterilización respecto del aceite clarificado, es decir, 126 kg de vapor / TM de aceite clarificado; está dada por la siguiente expresión:

$$\text{vapor de agua} = (\text{aceite}_{\text{clarificado}}) * \left(\frac{126,0}{1\,000} \right) \quad \text{TMD}$$

$$\text{vapor de agua} = 26,76 * \frac{126}{1\,000} = 3,37 \text{ TMD}$$

- **Calor ganado por el aceite en el secado**, el vapor de agua es generado por la caldera. La masa de vapor de agua es la misma masa de agua. El calor generado por la masa de agua es el siguiente:
 - a) Calor sensible [del agua] (de 25 °C a 55 °C) a una presión de 101,32 kPa, y
 - b) Calor latente [de vaporización] de 55 °C (15,8 kPa; 566,1 kcal/kg) a 90 °C (70,1 kPa; 545,3 kcal/kg), tablas termodinámicas.

Calor sensible, empleando la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{12} = (3,37 * 1\,000) * 1 * (90 - 25) = 0,22 \quad \text{Gcal/día}$$

Calor latente, empleando la ecuación (3):

$$Q = m_{\text{vapor}} * c_{v_{\text{vapor}}} \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{13} = (3,37 * 1\,000) * 566,0 = 1,91 \quad \text{Gcal/día}$$

Calor total, en esta etapa del proceso es: $Q_{14} = 2,13 \text{ Gcal/día}$ ($0,22 + 1,91 = 2,13$)

7.15.3. Cálculos previos al Balance de Energía en la refinación del aceite de palma.

a) Calor Específico del aceite.

El calor específico de los ácidos grasos líquidos o de los glicéridos, aumenta con la longitud de la cadena, pero disminuye cuando la grasa se hace más insaturada. En los estados sólidos y líquidos, hay un progresivo aumento en el calor específico, cuando aumenta la temperatura. ⁽³⁾

b) Calor Específico del aceite de Palma.

La Figura N° 45, muestra las variaciones típicas de la capacidad calorífica con respecto a la temperatura, del aceite de palma de la variedad *ténera* (que es la que se emplea como fuente de obtención del RFF), se ha realizado la respectiva conversión de unidades de Joules a calorías. ⁽¹⁾

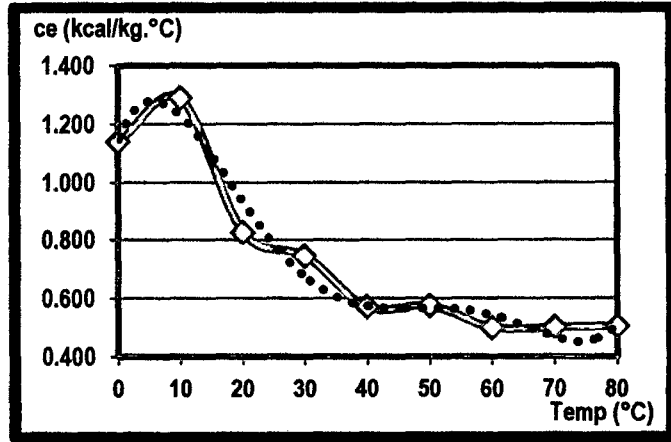


Figura N° 45: Comportamiento del calor específico del aceite de palma, variedad ténera.

Fuente: International Journal of Chemical Engineering and Applications. Elaboración: Propia.

Realizando un análisis de regresión lineal, en el gráfico de la Figura N° 44, para el calor específico del aceite de palma, en función de la temperatura, se obtiene la siguiente relación:

$$ce_{aceite} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [kcal/kg. °C] \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- ce_{aceite} = [kcal/kg. °C] calor específico del aceite
- t = [°C] temperatura del sistema

Para todos los efectos de la presente investigación, el calor específico del aceite de palma, será calculado con la ecuación (4).

c) Calor Sensible del aceite de palma.

De la ecuación (1) ecuación general para calcular el calor sensible de líquidos, asumiendo que se trabaja a presión constante (dP = 0); y, de la ecuación (4) se tiene que el calor específico del aceite de palma está en función

de la temperatura (a diferencia del agua); se obtiene el calor sensible en función de la temperatura, mediante la siguiente relación:

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite } T_f} * T_f - ce_{\text{aceite } T_i} * T_i] \text{ [kcal]} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

- Q = [kcal] calor sensible del aceite de palma.
- m_{aceite} = [kg] masa de aceite de palma
- ce_{aceite} = [kcal/kg.°C] calor específico del aceite de palma
- t_i = [°C] temperatura inicial del sistema
- t_f = [°C] temperatura final del sistema

Para todos los efectos de la presente investigación, el calor sensible del aceite de palma, será calculado con la ecuación (5).

d) Calor Específico del ácido fosfórico.

La Figura N° 46, muestra los resultados del trabajo de investigación de la empresa *Innophos Corp*, americana, dedicada a la producción de ácido fosfórico, referente al comportamiento del calor específico del ácido fosfórico, en función de la temperatura.

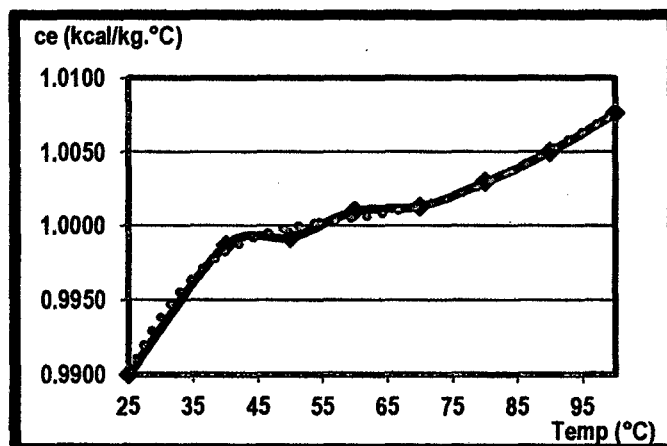


Figura N° 46: Comportamiento del calor específico del ácido fosfórico.

Fuente: Table 11: "Heat Capacity of Phosphoric Acid", Innophos Corp. Elaboración: Propia

Realizando un análisis de regresión lineal, en el gráfico de la Figura N° 45, para el calor específico del ácido fosfórico, en función de la temperatura, se obtiene la siguiente relación:

$$ce_{\text{ác. fosf.}} = -2E^{-9} * t^4 + 7E^{-7} * t^3 - 8E^{-5} * t^2 + 0,0036 * t + 0,9386 \quad [\text{kcal/kg.}^\circ\text{C}] \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

- ce_{ác. fosf} = [kcal/kg. °C] calor específico del ácido fosfórico
- t = [°C] temperatura del sistema

Para todos los efectos de la presente investigación, el calor específico del ácido fosfórico, será calculado con la ecuación (6).

e) Calor Sensible del ácido fosfórico.

De la ecuación (1) ecuación general para calcular el calor sensible de líquidos, asumiendo que se trabaja a presión constante (dP = 0); y, de la ecuación (6) se tiene que el calor específico del ácido fosfórico está en función de la temperatura (a diferencia del agua), obtenemos el calor sensible en función de la temperatura, mediante la siguiente relación:

$$Q = m_{\text{ác.fosf.}} * [ce_{\text{ác.fosf.}} * T_f - ce_{\text{ác.fosf.}} * T_i] \quad [\text{kcal}] \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

- Q = [kcal] calor sensible del ácido fosfórico.
- m_{ác.fosf.} = [kg] masa del ácido fosfórico
- ce_{ác.fosf.} = [kcal/kg.°C] calor específico del ácido fosfórico
- t_i = [°C] temperatura inicial del sistema
- t_f = [°C] temperatura final del sistema

Para todos los efectos de la presente investigación, el calor sensible del ácido fosfórico, será calculado con la ecuación (7).

f) Calor de dilución de la soda cáustica.

La Figura N° 47, muestra los resultados del trabajo de investigación de la empresa *The Dow Chemical Company*, americana, dedicada a la producción de soda cáustica, referente al comportamiento del calor de dilución, en función de su concentración.

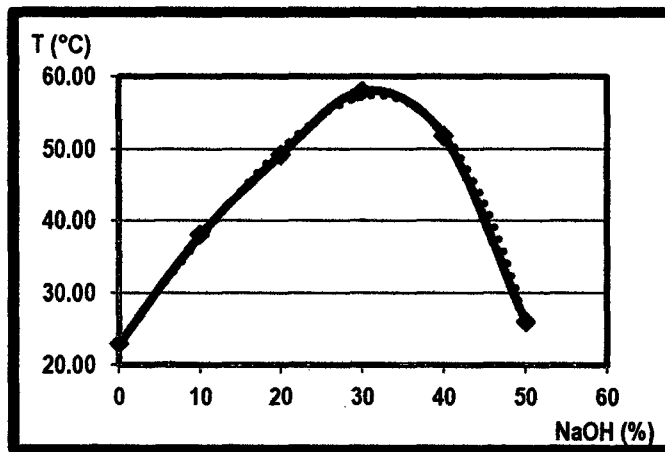


Figura N° 47: Temperatura de dilución de soluciones de soda cáustica.

Fuente: Manual de solución de soda cáustica. The Dow Chemical Company. Estados Unidos

g) Temperatura de dilución de la soda cáustica.

Realizando un análisis de regresión lineal, en el gráfico de la Figura N° 46, para la temperatura de dilución de la soda cáustica, en función de su concentración, se obtiene la siguiente relación:

$$T_{\text{diluc NAOH}} = -1E^{-5} * c^4 + 0,0002 * c^3 - 0,0061 * c^2 + 1,5047 * c + 23,097 \text{ [}^\circ\text{C]} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

$$T_{\text{diluc NAOH}} = \text{[kcal/kg. }^\circ\text{C]}$$
$$C_{\text{NAOH}} = \text{[%]}$$

h) Calor Específico de la soda cáustica.

La Figura N° 48, muestra los resultados del trabajo de investigación de la empresa *Solvay Chemical International S.A.*, belga, dedicada a la producción de soda cáustica, referente al comportamiento del calor específico en función de su temperatura.

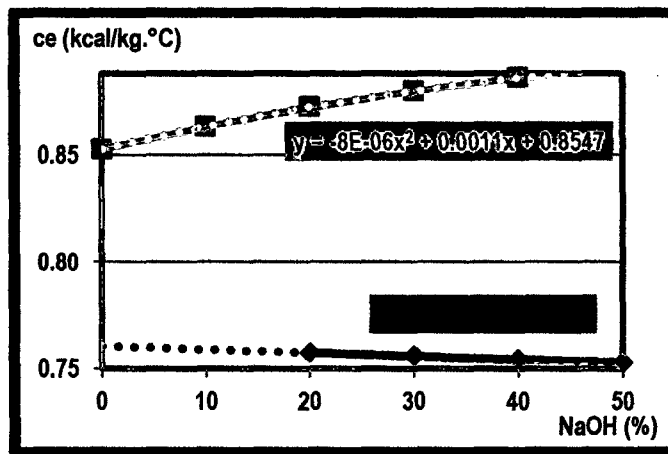


Figura N° 48: Comportamiento del calor específico (a las temperaturas de trabajo) de la soda cáustica.

Fuente: Graphic 2: "Liquid Caustic Soda - Specific Heat", Solvay Chemicals International.

Realizando un análisis de regresión lineal, en el gráfico de la Figura N° 47, para el calor específico de la soda cáustica, en función de la temperatura:

$$ce_{\text{NaOH } 50\%} = -8E^{-6} * t^2 + 0,0011 * t + 0,8547 \quad [\text{kcal/kg. } ^\circ\text{C}] \dots\dots\dots (9)$$

$$ce_{\text{NaOH } 16\%} = -0,0002 * t + 0,7629 \quad [\text{kcal/kg. } ^\circ\text{C}] \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- ce_{NaOH 50%} = [kcal/kg. °C]
- ce_{NaOH 16%} = [kcal/kg. °C]
- t = [°C] temperatura del sistema

i) Calor Sensible de la soda cáustica.

De la ecuación (1) ecuación general para calcular el calor sensible de líquidos, asumiendo que se trabaja a presión constante ($dP = 0$); y, de la ecuación (9) y ecuación (10), se tiene que el calor específico de la soda cáustica está en función de la temperatura (a diferencia del agua), obtenemos el calor sensible en función de la temperatura.

Así desarrollamos la siguiente relación:

$$Q = m_{\text{soda}} * [ce_{\text{soda } T_f} * T_f - ce_{\text{soda } T_i} * T_i] \quad [\text{kcal}] \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

- Q = [kcal] calor latente de la soda cáustica
- m_{soda} = [kg] masa de soda cáustica
- $ce_{\text{soda } T_i}$ = [kcal/kg.°C] de la ec. (9).
- $ce_{\text{soda } T_f}$ = [kcal/kg.°C] de la ec. (10).
- t_i = [°C] temperatura inicial del sistema
- t_f = [°C] temperatura final del sistema

Para todos los efectos de la presente investigación, el calor sensible de la soda cáustica, será calculado con la ecuación (11).

7.15.4. Balance de Energía en la refinación del aceite de palma.

A continuación se efectuará el balance de energía, en la etapa de refinación del aceite crudo de palma:

a) B.E. en el Desgomado.

A esta etapa del proceso ingresa 22,45 TMD de aceite crudo (rojo) de palma aceitera, proveniente de la etapa de extracción del aceite de palma.

- **Calor ganado por el aceite de palma**, el aceite crudo se trata con agua caliente a 80 °C, se le agrega 5% en peso. ⁽²¹⁾

El calor específico del aceite crudo de palma, a las temperaturas de trabajo, 25 °C y 80 °C, se calcula mediante la ecuación (4):

$$ce_{aceite} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [kcal/kg. °C] \dots$$

$$ce_{aceite (25 °C)} = 0,786 \quad kcal/kg. °C$$

$$ce_{aceite (80 °C)} = 0,504 \quad kcal/kg. °C$$

Calor sensible, ganado por el aceite de palma está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{aceite} * [ce_{aceite T_f} * T_f - ce_{aceite T_i} * T_i] \quad [kcal]$$

$$Q_{15} = (24,45 * 1\,000) * (0,504 * 80 - 0,786 * 25) = 0,51 \quad Gcal/día$$

- **Calor ganado por el ácido fosfórico**, el aceite crudo se trata con ácido fosfórico (0,02 a 0,5%) de 60 a 90 °C, durante 15 a 30 minutos. Se ha calculado que se requiere 0,005 TMD de ácido fosfórico. El calor específico del ácido fosfórico, a las temperaturas de trabajo, 25 °C y 80 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (6):

$$ce_{ác. fosf.} = -2E^{-9} * t^4 + 7E^{-7} * t^3 - 8E^{-5} * t^2 + 0,0036 * t + 0,9386 \quad [kcal/kg. °C]$$

$$ce_{ác.fosf. (25 °C)} = 0,990 \quad kcal/kg. °C$$

$$ce_{ác.fosf. (80 °C)} = 1,003 \quad kcal/kg. °C$$

Calor sensible, ganado por el ácido fosfórico está representado por la ecuación (7):

$$Q = m_{\text{ác. fosf.}} * [ce_{\text{ác. fosf.}} T_f * T_f - ce_{\text{ác. fosf.}} T_i * T_i] \text{ [kcal]}$$

$$Q_{16} = (0,005 * 1\,000) * (1,003 * 80 - 0,990 * 25) = 271 \text{ kcal/día}$$

b) B.E. en la Neutralización.

A esta etapa del proceso ingresa 24,32 TMD de aceite desgomado de palma aceitera, proveniente de la etapa de desgomado.

A esta etapa del proceso ingresa 0,44 TMD de soda cáustica al 50 %.

- **Temperatura inicial del sistema**, se calienta la mezcla a vapor a través de un serpentín a 60 °C hasta que el hidróxido de sodio rompa la emulsión, después se para el agitador y el calentamiento. ⁽²⁵⁾
- **Calor de dilución generado por la soda cáustica**, al agregar agua a la soda cáustica para su dilución, la lejía desprende calor. El calor específico de la soda cáustica, a las temperaturas de 25 °C (50 % NaOH) y 60 °C (16 % NaOH), se calcula mediante la ecuación (9) y (10), respectivamente:

$$ce_{\text{NaOH } 50\%} = -8E^{-6} * t^2 + 0,0011 * t + 0,8547 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

$$ce_{\text{NaOH } 50\%} = 0,75 \text{ kcal/kg.°C}$$

$$ce_{\text{NaOH } 16\%} = -0,0002 * t + 0,7629 \text{ kcal/kg.°C}$$

$$ce_{\text{NaOH } 16\%} = 0,86 \text{ kcal/kg.°C}$$

El calor generado en la disolución de la soda cáustica está representado por la ecuación (11):

$$Q = m_{\text{soda}} * [ce_{\text{soda}} T_f * T_f - ce_{\text{soda}} T_i * T_i] \text{ [kcal]}$$

$$Q_{17} = (0,44 * 1\ 000) * (0,86 * 60 - 0,75 * 25) = 0,14 \text{ Gcal/día}$$

- **Temperatura final del sistema**, es necesario elevar la temperatura de la mezcla a la salida de los reactores-mezcladores hasta 80 °C, con la finalidad de facilitar la separación de la borra y el aceite, además de completar la reacción. ⁽¹⁷⁾
- **Calor ganado por el aceite neutro**, el aceite neutro ganará calor mientras esté en el reactor. El calor específico del aceite neutro a las temperaturas de trabajo, 25 °C y 80 °C, respectivamente, está representado por la ecuación (4):

$$ce_{\text{aceite}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

$$ce_{\text{aceite}} (25 \text{ °C}) = 0,786 \text{ kcal/kg.°C}$$

$$ce_{\text{aceite}} (80 \text{ °C}) = 0,504 \text{ kcal/kg.°C}$$

Calor sensible, ganado por el aceite neutro está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite}} T_f * T_f - ce_{\text{aceite}} T_i * T_i] \text{ [kcal]}$$

$$Q_{18} = (21,40 * 1\ 000) * (0,504 * 80 - 0,786 * 25) = 0,44 \text{ Gcal/día}$$

- **Calor ganado por la borra**, la borra ganará calor mientras esté en el reactor. El calor específico de la borra a las temperaturas de trabajo, 25 °C y 80 °C, respectivamente, está representado por la ecuación (4):

$$ce_{\text{aceite}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

$$ce_{\text{aceite}} (25\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,786 \text{ kcal/kg. }^{\circ}\text{C}$$

$$ce_{\text{aceite}} (80\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,504 \text{ kcal/kg. }^{\circ}\text{C}$$

Calor sensible, ganado por la borra está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite}} T_f * T_f - ce_{\text{aceite}} T_i * T_i] \text{ [kcal]}$$

$$Q_{19} = (3,36 * 1\ 000) * (0,504 * 80 - 0,786 * 25) = 0,07 \text{ Gcal/día}$$

- **Calor ganado por el agua de dilución de la soda cáustica**, el agua ganará calor por efecto del aumento de la temperatura, de 25 °C y 80 °C. Está representado por la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * ce_{\text{agua}} * (t_2 - t_1) \text{ [kcal]}$$

$$Q_{20} = (3,53 * 1\ 000) * 1 * (80 - 25) = 0,19 \text{ [Gcal/día]}$$

- **Calor ganado por el intercambiador**, es igual a la suma de calores de todos sus componentes. a) calor ganado por el aceite neutro, b) calor ganado por la borra, y, c) calor ganado por el agua de dilución de la soda cáustica:

$$Q_{\text{interc}} = Q_{\text{aceite neutro}} + Q_{\text{borra}} + Q_{\text{diluc}}$$

$$Q_{21} = (0,44 + 0,07 + 0,19) = 0,71 \text{ Gcal/día}$$

- **Calor ganado por el agua de lavado**, está representado por la ecuación (2):

$$Q = m_{\text{agua}} * ce_{\text{agua}} * (t_2 - t_1) \text{ [kcal]}$$

$$Q_{22} = (4,31 * 1\,000) * 1 * (80 - 25) = 0,23 \text{ Gcal/día}$$

- **Calor perdido por el agua eliminada en el secador al vacío, el agua perderá calor por efecto de la disminución de temperatura, de 80 °C a 25 °C, está representado por la ecuación (2):**

$$Q = m_{\text{agua}} * c_{e_{\text{agua}}} * (t_2 - t_1) \text{ [kcal]}$$

$$Q_{23} = (0,43 * 1\,000) * 1 * (25 - 80) = - 0,02 \text{ Gcal/día}$$

c) B.E. en la Decoloración.

A esta etapa del proceso ingresa 20,97 TMD de aceite neutro y seco, proveniente de la etapa de neutralización.

La decoloración se debe de llevar a cabo a 110 °C, por lo tanto, es necesario calentar el aceite neutro de 80 °C a 110 °C.

- **Calor ganado por el aceite neutro en la decoloración, el aceite neutro ganará calor mientras esté en el reactor. El calor específico del aceite neutro en la etapa de decoloración, a las temperaturas de trabajo, 80 °C y 110 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (4):**

$$c_{e_{\text{aceite}}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

$$c_{e_{\text{aceite}}(80\text{ °C})} = 0,504 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

$$c_{e_{\text{aceite}}(110\text{ °C})} = 0,510 \text{ [kcal/kg.°C]}$$

Calor sensible, ganado por el aceite neutro está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [c_{e_{\text{aceite } T_f}} * T_f - c_{e_{\text{aceite } T_i}} * T_i] \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{24} = (21,40 * 1\,000) * (0,510 * 110 - 0,504 * 80) = 0,34 \quad \text{Gcal/día}$$

- **Temperatura de enfriamiento en el intercambiador**, el aceite decolorado se enfría primero en el intercambiador de neutralización donde se le extrae el calor suministrado de 0,71 Gcal/día. A la salida del intercambiador se enfría hasta la temperatura de 50 °C.

d) **B.E. en la Winterización.**

A esta etapa del proceso ingresa 20,95 TMD de aceite decolorado, proveniente de la etapa de decoloración.

El objetivo de la winterización es bajar el punto de solidificación incipiente del aceite, para lo cual, se enfría el aceite hasta 1 °C y se separan los sólidos formados a esta temperatura.

- **Calor perdido por el aceite decolorado en la winterización**, el aceite decolorado perderá calor al disminuirle la temperatura. El calor específico del aceite decolorado en la etapa de la winterización, a las temperaturas de trabajo, de 110 °C y 0 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (4):

$$c_{e_{\text{aceite}}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [\text{kcal/kg.}^\circ\text{C}]$$

$$c_{e_{\text{aceite } (110\,^\circ\text{C})}} = 0,510 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$c_{e_{\text{aceite } (0\,^\circ\text{C})}} = 1,200 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

Calor sensible, perdido por el aceite winterizado está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite } T_f} * T_f - ce_{\text{aceite } T_i} * T_i] \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{25} = (20,95 * 1\,000) * (1,20 * 0 - 0,51 * 110) = -1,17 \quad \text{Gcal/día}$$

- **Calor ganado por el aceite winterizado**, a las temperaturas de trabajo, de 0 °C y 25 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (4):

$$ce_{\text{aceite}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [\text{kcal/kg.}^\circ\text{C}]$$

$$ce_{\text{aceite } (0\,^\circ\text{C})} = 1,200 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$ce_{\text{aceite } (25\,^\circ\text{C})} = 0,786 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

Calor sensible, ganado por el aceite decolorado en la etapa de la winterización, está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite } T_f} * T_f - ce_{\text{aceite } T_i} * T_i] \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{26} = (11,42 * 1\,000) * (0,786 * 25 - 1,200 * 0) = 0,22 \quad \text{Gcal/día}$$

e) B.E. en la Desodorización.

A esta etapa del proceso ingresa 11,42 TMD de aceite winterizado, proveniente de la etapa de winterización.

La desodorización del aceite es un proceso de destilación por arrastre de vapor con agua de presiones de 1,0 a 2,0 bares, en un ambiente de alto vacío de 1 a 6 mm Hg y a temperaturas elevadas de 180 a 240 °C. ⁽⁹⁾

- **Calor ganado por el aceite winterizado en la etapa de la desodorizado**, el aceite ganará calor mientras esté en el desodorizador, desde 25 °C hasta la temperatura 240 °C.

El calor específico del aceite winterizado en la etapa de desodorización, a las temperaturas de trabajo, de 25 °C y 240 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (4):

$$ce_{\text{aceite}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [\text{kcal/kg.}^\circ\text{C}]$$

$$ce_{\text{aceite}} (25^\circ\text{C}) = 0,786 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$ce_{\text{aceite}} (240^\circ\text{C}) = 0,510 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

Calor sensible, ganado por el aceite winterizado en la etapa de la desodorización, está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [ce_{\text{aceite}} T_f * T_f - ce_{\text{aceite}} T_i * T_i] \quad [\text{kcal}]$$

$$Q_{27} = (11,42 * 1\,000) * (0,510 * 240 - 0,786 * 25) = 1,17 \quad \text{Gcal/día}$$

- **Calor perdido por el aceite desodorizado**, el aceite desodorizado perderá calor desde 240 °C hasta la temperatura ambiente. El calor específico del aceite desodorizado a las temperaturas de trabajo, de 240 °C y 25 °C, respectivamente, se calcula mediante la ecuación (4):

$$ce_{\text{aceite}} = 1E^{-8} * t^5 - 2E^{-6} * t^4 + 2E^{-4} * t^3 - 5,9E^{-3} * t^2 + 0,0505 * t + 1,1522 \quad [\text{kcal/kg.}^\circ\text{C}] \dots$$

$$ce_{\text{aceite}} (240^\circ\text{C}) = 0,510 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

$$ce_{\text{aceite}} (25^\circ\text{C}) = 0,786 \quad \text{kcal/kg.}^\circ\text{C}$$

Calor sensible, perdido por el aceite desodorizado, está representado por la ecuación (5):

$$Q = m_{\text{aceite}} * [c_{\text{aceite Tf}} * T_f - c_{\text{aceite Tl}} * T_l] \text{ [kcal]}$$

$$Q_{28} = (10,93 * 1\,000) * (0,786 * 25 - 0,510 * 240) = -1,10 \text{ Gcal/día}$$

7.16. Escalamiento de la producción industrial.

La producción está sujeta a la disponibilidad de la materia prima, en concordancia con los datos presentados en la Figura N° 31.

Tabla N° 49: Escalamiento de la producción en función de la materia prima.

PERÍODO:	3	4	5	6	7	8	9	10
ETAPA:	Cosecha: MATERIA PRIMA (TM RFF)							
AÑO	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
(sembrados el 2014)	3,000	5,000	7,000	9,000	10,000	10,000	10,000	10,000
(sembrados el 2015)		4,500	7,500	10,500	13,500	15,000	15,000	15,000
(sembrados el 2016)			4,500	7,500	10,500	13,500	15,000	15,000
TOTAL	3,000	9,500	19,000	27,000	34,000	38,500	40,000	40,000

7.17. Estimación de los costos de producción.

Los costos de producción están constituidos por: a) Costos directos, y, b) Costos indirectos.

7.17.1. Costos Directos.

Los costos directos, están constituidos por: a) Materia prima e insumos, b) Mano de obra, y c) Servicios.

1. **Materia prima e insumos.** Los costos de materia prima e insumos, están constituidos por: a) Racimo de Fruto Fresco, b) Ácido fosfórico, c) Soda cáustica, y d) Tierra decolorante.

- a. **Racimo de Fruto Fresco -RFF.** Las faenas agrarias para obtener el fruto, requieren de una serie de insumos, servicios y manos de obra, que a continuación detallamos:

Tabla N° 50: Costo del Racimo de Fruto Fresco - RFF (US \$/TM).

Fuente: Precios de mercado. Elaboración: Propia.

COMPONENTE	1 Ha	2 000 Has
a) Insumos	239,12	478 243
Herbicidas	14,83	29 655
Insecticidas	15,81	31 620
Fertilizantes	204,77	409 541
Análisis foliar	0,85	1 695
Equipos para fumigación	2,06	4 130
Fungicida	0,58	1 164
Equipos de cosecha	0,22	440
b) Mano de obra y servicios	372,01	744 023
Poda y Apile	17,84	35 679
Limpieza drenajes	8,92	17 839
Sanidad Vegetal	6,92	13 846
Fertilización	16,05	32 098
Carguo y descarguo de fertilizantes	2,43	4 852
Análisis Foliar	0,15	298
Evaluación de Racimos	6,42	12 844
Cosecha	128,12	256 246
Transporte de RFF	183,03	366 066
Mantenimiento Parcela	2,13	4 254
Total	611,13	1 222 266

De la Tabla N° 50, el costo de 1 TM de RFF = $(611,13 / 20) = 30,56$ US \$/TM

- b. **Ácido fosfórico.** De acuerdo al capítulo 7.14.2.(1) de la presente investigación, el proceso industrial requiere de 1,76 TM/año (0,005 TMD) al 85 %, 2,07 al 100%. Su precio de mercado es de 1,196 US \$/TM.

- c. **Soda cáustica.** De acuerdo al capítulo 7.14.2.(2) de la presente investigación, el proceso industrial requiere de 158 TM/año (0,44 TMD) al 51 %. Su precio de mercado es de 650 US \$/TM.
- d. **Tierra decolorante.** De acuerdo al capítulo 7.14.2.(3) de la presente investigación, el proceso industrial requiere de 249 TM/año (0,69 TMD). Su precio en el mercado es de 585 US \$/TM.

1.1. **Resumen de materia prima e insumos.** La Tabla N° 51, muestra el respectivo resumen:

Tabla N° 51: Resumen de costo de materia prima e insumos (US \$/año).

MAT PRIMA / INSUMO	TM/año	US \$/TM	US \$/año
RFF	40 000	30,56	1 222 266
Ácido fosfórico (85 %)	2, 07	1 196	2 476
Soda cáustica (51 %)	158	650	102 530
Tierra decolorante	249	585	145 762
Total materia prima e insumos			1 473 052

2. **Mano de obra.** El costo de la mano de obra incluye los tres turnos de trabajo, y sobrecostos laborales.

Tabla N° 52: Costo de la mano de obra (US \$/año).

PERSONAL	1 turno	US \$/año	US \$/año
Ingeniero	1	11 760	35 280
Técnico	2	7 560	22 680
Obrero	3	5 040	15 120
Total mano de obra			73 080

3. **Servicios.** El costo de servicios, está constituido por: vapor, electricidad, agua de proceso, agua de enfriamiento, aire comprimido, combustible, entre otros. Se estima en 15 % del costo total del producto. ⁽¹¹⁾

$$\text{Costo por servicios} = (13\ 827\ 205) * 0,15 = 2\ 074\ 081 \text{ US } \$/\text{año}.$$

4. Resumen Costos Directos.

Tabla N° 53: Resumen de los costos directos (US \$/año).

COSTOS DIRECTOS	US \$/año
Materia prima e insumos	1 473 052
Mano de obra	73 080
servicios	2 074 081
Total Costos Directos	3 620 213

7.17.2. Costos Indirectos.

Los costos indirectos, están constituidos por: a) Superintendencia, b) Mantenimiento, c) Suministros de operación, y, d) Laboratorio.

1. **Superintendencia.** El costo de superintendencia, comprende la dirección y supervisión de la planta. Se estima en 15 % del costo total de la mano de obra directa. ⁽¹¹⁾

Costo por superintendencia = $(73\ 080) * 0,15 = 10\ 962$ US \$/año.

2. **Mantenimiento.** El costo de mantenimiento, comprende las acciones predictivas, preventivas y correctivas para el buen funcionamiento de los equipos y maquinarias de la planta. Se estima en 6 % del costo de la inversión fija. ⁽¹¹⁾

Costo por mantenimiento = $(1\ 509\ 490) * 0,06 = 90\ 569$ US \$/año.

3. **Suministros de operación.** Los costos de suministros de operación, comprende las herramientas elementos de protección al personal, lubricantes, entre los más importantes. Se estima en 15 % de los costos de mantenimiento. ⁽¹¹⁾

Costo por suministro de operación = $(90\ 569) * 0,15 = 13\ 585$ US \$/año.

4. **Laboratorio.** Los costos de laboratorio, comprende, pruebas de control de operaciones, control de calidad, reposición de reactivos, e investigación. Se estima en 10 % de los costos de mano de obra directa. ⁽¹¹⁾

Costo de laboratorio = $(73\ 080) * 0,10 = 7\ 308$ US \$/año.

5. Resumen Costos Indirectos.

Tabla N° 54: Resumen de los costos indirectos (US \$/año).

COSTOS INDIRECTOS	US \$/año
Superintendencia	10 962
Mantenimiento	90 569
Suministros de operación	13 885
Laboratorio	7 308
Total Costos Indirectos	122 425

7.18. Selección de materiales para los equipos principales.

Propiedades y especificaciones de materiales resistente a la tracción mecánica, a altas temperaturas, son el fundamento para la selección del material de los equipos, su análisis repercutirá en el análisis económico.

Tabla N° 55: Comparación del costo de metales. R= costo (lb/metal) / costo (lb/acero)

Fuente: "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Max S. Peters & Klaus D. Timmerhaus, 2006

MATERIAL	FACT
Acero para bridas (*)	1
Acero, revestido de acero inoxidable 304	5
Acero, revestido de acero inoxidable 316	6
Aluminio (más del 99 %)	6
Acero inoxidable 304	7
Cobre (más del 99,9 %)	7
Acero revestido de níquel	8
Acero revestido de monel	8
Acero revestido de inconel	9
Acero inoxidable 316	10
Monel	10
Níquel	12
Inconel	13
Hastelloy C	15

Básicamente emplearemos dos tipos de material: a) acero al carbono, y, b) acero inoxidable.

7.18.1. Acero al carbono HR.

- Acero al carbono laminado en caliente (Hot Rolled).
- Se obtiene a partir de grandes barras de acero, que al pasar por una sucesión de rodillos van reduciendo su espesor hasta lograr láminas de diferentes calibres.
- Tiene una elevada resistencia a la presión tanto a temperatura ambiente como a bajas y altas temperaturas.
- Empleados para las estructuras metálicas, tanques, tubos soldados.
- Normas: ASTM¹¹: A283GRC. DIN: 12

7.18.2. Acero inoxidable 304.

- Composición: %Cr (18 - 20), %Ni (8 - 10,5), %C máximo (0,08), %Mn (2), %Si (0,75), %P (0,045), %S (0,03), %N (0,1).
- Resistente a la oxidación por aire hasta 1093 °C.
- Resistente a la formación de picaduras.
- Empleados para equipos en contacto directo con la pulpa.
- Norma: SAE¹²: 304, DIN: 1,4301.

7.19. Consideraciones para el diseño del tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento del aceite de palma, será construido según la norma API 650¹³-2007. ⁽¹²⁾, debiendo tener las siguientes consideraciones:

- Diseño de fondo.
- Desarrollo del cuerpo.
- Diseño estructural del techo.

¹¹ ASTM: *American Society of Mechanical Engineers* (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), es una asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y prueba para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión.

¹² SAE: *Society of Automotive Engineers* (Sociedad de Ingenieros Automotores)- *AISI: American Iron Steel Institute* (Instituto Americano del hierro y el acero), es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos.

¹³ API: *American Petroleum Institute*. La norma API-650, se aplica en tanques verticales, cilindros, construidos sobre el nivel de piso con techo cerrado o cielo abierto.

- Estabilidad por sismos.
- Estabilidad por vientos.

7.20. Especificación de los principales equipos¹⁴.

7.20.1. Equipos en la unidad de Extracción del aceite de palma.

- **Báscula.** Báscula para camiones de 30 a 50 TM de capacidad, de bajo perfil sobre piso, sin foso, compuesta de herrajes y vigas metálicas y brazo de pesaje mecánico con impresor de tiquetes con una mínima graduación de 5 kg.
- **Esterilizador.** Esterilizador horizontal de cuerpo cilíndrico con diámetro de 1,5 a 2 m y longitud de 14 a 18 m, fabricado en lámina de acero ASTM 283 de ½" de espesor, con distribuidor longitudinal de vapor, conexiones para entrada y escape de vapor, puerta completa con cierre tipo bayoneta. Conexiones para purga, salida de condensados y de aire. Soportes exteriores para colocación de asilamiento. El esterilizador funcionará a una presión de 3 kg/cm² y capacidad de 6 a 8 canastas cada uno.
- **Canastas para estilización.** 14 canastas para esterilización de RFF de palma aceitera, con ejes y ruedas integrados, construidas en lámina HR de 3/16" de espesor con refuerzos estructurales en su borde y en el fondo. Los costados y el fondo con perforaciones para permitir la entrada de vapor durante la esterilización y la salida de los condensados, las ruedas en fundición de hierro montadas sobre rodamientos. Cada canasta con capacidad para 1 000 a 1 500 kilos.
- **Sistema de rieles.** Un sistema de rieles doble con contra carriles para su instalación en concreto, provisto de anclaje fabricado en riel de 10 kg/m fuentes de conexión cambiaria.

¹⁴ Obtenido de los proveedores internacionales enunciados en el capítulo 6.1.2.(3).

- **Cabestrantes y polea.** Un cabestrante con motoreductor de 4,5 a 5,5 con eje de doble salida y fijadas en é, dos poleas de fundición gris. Bases metálica. Polea individual para cabestrante, compuesta de polea en fundición gris, eje, rodamientos y base metálica.
- **Chimenea de desfogue.** Chimenea para desfogue de vapor del esterilizador y drenaje para condensados. La altura entre la cámara de expansión y chimenea de 6 a 7 metros, construidas en lámina de HR de ¼" de espesor.
- **Tambor de volteo.** Un tambor de volteo de canastas de 1,5 a 2 m de diámetro construido en perfil en U y lámina HR de ¼" de espesor, ruedas en fundición gris accionado por un motoreductor de 2 a 3 HP con freno, transmisión por medio de un sistema de piñón cremallera, soporte del conjunto tambor en perfil de L. tolva de caída de fruta fabricada en lámina HR de ¼".
- **Desfrutadora.** Una desfrutadora de tipo tambor rotatorio, de 1,4 a 2,0 m de diámetro y de 4 a 5 m de largo, accionado por un motoreductor de 8 a 12 HP y transmisión por piñones y cadena de acero. Los barrotes del tambor serán de sección en U. la desfrutadora deberá incluir un transportador de tornillo sinfín accionado por un motoreductor de 2 a 3 HP.
- **Elevador de frutos.** Transportador de tipo cangilones que eleva la fruta del transportador horizontal de frutos hacia el digestor. Tiene una estructura de lámina HR de 1/8" de espesor, con refuerzos, ejes, chumaceras superiores e inferiores, cadena de acero, cangilones en lámina HR de 1/8" de espesor. El fondo del elevador es graduable, para permitir el tensionamiento adecuado de la cadena. Tiene tolva de entrada y ducto de salida de frutas y compuesta de inspección y limpieza. El elevador es accionado por un motoreductor de 3 a 4 HP.

- **Digestor.** Un digestor de frutos de palma para 2 000 a 2 000 l, construido en lámina HR de ½" de espesor, con lámina de desgaste de 5/16" de espesor y su lámina de desgaste para el fondo en lámina HR de ¼" de espesor. Eje principal con 4 juegos de brazos agitadores, con motoreductor de 20 a 25 HP, dispone de sistema de inyección directa de vapor y compuesta de salida de fruta. El digestor estará provista de camisa de vapor con aislamiento térmico.
- **Prensa.** Una prensa de tornillos para 6 a 10 TM de fruta fresca de palma aceitera por hora, compuesta de un cuerpo principal con sus elementos interiores como canasta perforada, tornillos, ejes y conos de ajuste de presión hidráulica, con unidad hidráulica automatizada con motor eléctrico de 2 a 3 HP. La prensa estará accionada por un motoreductor de 25 a 30HP, con transmisión de fuerza entre motor y reductor por poleas y fajas y hacia los ejes de la prensa, por engranaje. La caja colectora de aceite crudo será en lámina de acero inoxidable así como la salida tubular.
- **Transportador rompedor y secador de torta.** Un rompedor secador de torta de tipo tornillo sinfín de 7 a 12 m de longitud, fabricado en lámina de HR de ¼" de espesor, provisto de camisa de calefacción y láminas de desgaste inferiores en lámina 3/16" de espesor. Eje de 2,5" a 3,5" de diámetro, con aletas de arrastre individualmente graduables. Con entrada de vapor a la camisa y salida con trampa de vapor. El tornillo sinfín estará accionado por motoreductor de 6 a 8 HP.
- **Desfibradora.** Una desfibradora compuesta de: a) Cámara separadora rectangular fabricada en lámina HR de 1/8" de espesor con fuelle de estrangulación para ajustar la cantidad de fibras. b) Tuberías de succión de fibras construida en lámina HR de 1/8" de espesor. c) Un ciclón separador de fibras construidas en lámina HR de 1/8" de espesor. Cuenta con cabeza centrifuga y plancha de desgaste. d) Un ventilador de succión de fibras con motor eléctrico de 20 a 30 HP, con sus conexiones de entrada y salida. e) Una exclusiva rotativa con motoreductor de 2 a 3 HP y

transmisión por piñones y cadena, con ducto de acople al ciclón. f) Estructura metálica para el montaje de toda la sección desfibradora.

- **Ducto y tubo de aceite crudo.** Conjunto de ductos y tubo metálico para el aceite crudo desde la salida de la prensa al tamiz vibratorio, fabricado en acero inoxidable.
- **Tamiz vibratorio.** Tamiz vibratorio para aceite crudo para su montaje encima del tanque. Cuenta con dos juegos de resortes que están unidos a un sistema de polea excéntrica y es accionado por un motor eléctrico de 2 HP con acople elástico y embudo recibidor.
- **Tanque de aceite crudo.** Tanque para recibir el aceite crudo y para montar encima el tamiz vibratorio, construido en lámina HR de 3/16" de espesor. Consta de un baffle intermedio, serpentín de calefacción, flotador y contacto eléctrico para la bomba.
- **Bomba para aceite crudo.** Una bomba para aceite crudo de tipo centrífugo con carcasa y turbina en fundición de acero. Motor eléctrico de 3 a 4 HP.
- **Tanque precalentador de aceite crudo.** Un tanque precalentador de aceite crudo construido en forma cilíndrica con serpentín de calefacción.
- **Tanque clarificador continuo.** Un tanque clarificador de aceite crudo de 2 m de diámetro y 4 m de altura construida en forma cilíndrica con fondo cónico y cuello superior reducido en su diámetro, fabricado en lámina HR de 1/4" de espesor. Cuenta con un tubo de entrada de aceite crudo con difusor, tubo de salida de lodos, tubo de salida de aceite con tapa antiespuma graduable en su altura, serpentín de calefacción y tubería con inyectores de vapor directo. Las paredes verticales provistas de aislamiento térmico.

- **Tanque reclarificador.** Un tanque reclarificador de aceite de 1 m de diámetro por 3 a 4 m de altura en forma cilíndrica, construido en lámina HR de 3/16" de espesor con serpentín de calefacción, tubo de entrada y salida de aceite.
- **Tanque secador de aceite.** Tanque secador de aceite de 2 m de diámetro y 2 m de altura en forma cilíndrica, construido en lámina HR de 3/16" de espesor, con serpentín de vapor y aislamiento térmico.
- **Bomba para aceite terminado.** Una bomba para aceite terminado de tipo centrífugo con carcasa y turbina en fundición de acero. Motor de 3 a 4 HP.
- **Tanque de lodos.** Tanque de lodos de aproximadamente 10 m³ de capacidad, construido en lámina HR de 3/16" de espesor, en forma cilíndrica con fondo cónico. Cuenta con serpentín de calefacción y aislamiento térmico.
- **Estructura de la sección clarificación.** Estructura metálica para sostener los tanques de toda la sección de clarificación. Cuenta con plataforma, escaleras y barandas. El piso de la plataforma y de la escalera es de lámina de hierro antideslizante.
- **Transportador de fibras.** Un transportador de fibras de tipo tornillo sinfín, de 10 a 14 m de longitud, fabricado en lámina de HR de 3/16" de espesor, eje tubular con puntas macizas, hélice y lámina de desgaste de 3/16" de espesor. El sinfín transportador contará con un motoreductor de 3 a 4 HP.
- **Canastilla de baño de sal.** Una canastilla perforada de acero inoxidable de 2 a 2,5 m de largo, 0,9 a 1 m de altura y 0,9 a 1,2 m de ancho. El diámetro de las perforaciones es de 2 a 5 mm para dejar pasar la salmuera y recoger las almendras y cáscaras.

- **Caldera.** Una caldera de baja presión, para la generación de 3 000 a 4 000 kg de vapor saturado por hora, a una presión de 5 a 8 bares¹⁵. La caldera deberá constar de los siguientes elementos:
 - Hogar para la combustión de fibra de palma aceitera, con compuertas para una alimentación manual y/o alimentación automática, y una compuerta para cenizas.
 - Cuerpo de la caldera en forma de 2 a 2,5 m de diámetro, con tubos de 3,5 a 4,5 de diámetro, expandidos en 2 espejos en los extremos y con placas perforadas intermedias como soporte, construidos en láminas de acero de 1/2" de espesor.
 - Ductos de alimentación.
 - Ventiladores con motor, de 2 a 3 HP, para tiraje de chimenea y combustión de la fibra.
 - Domo acumulador de vapor.
 - Chimeneas de 20 a 25 m de largo, construida en láminas HR de 1/4" de espesor.
 - Juego de tensores para la chimenea.
 - Tanque de alimentación de agua de 3 a 4 m³ de capacidad, construido en lámina HR de 1/8" de espesor, con flotador y nivel visor.
 - Bombas de alimentación de agua para la caldera.
 - Tablero eléctrico para manejo de la caldera.
 - Conjunto de aislamientos para el cuerpo de la caldera y el hogar compuesto de lana de vidrio y cubierta en lámina galvanizada.

- **Bomba para despacho de aceite.** Una bomba para los tanques de almacenamiento y despacho de aceite de tipo centrífugo con carcasa y turbina en fundición de acero. Motor eléctrico de 3 a 4 HP.

7.20.2. Equipos en la unidad de Refinación del aceite de palma.

- **Filtro de aceite crudo,** con área de filtración: 0,25 m², con filtro de malla de acero inoxidable 304.

¹⁵ El bar es una unidad de presión para medir fluidos, no es parte de las unidades del Sistema Internacional de Unidades. 1 bar = 10⁵ kPa. 1 Pa = 9,86 x 10⁻⁶ atm. 1 Pa = 1,45 x 10⁻⁴ PSI.

- **Intercambiador de calor**, con área de intercambiador de calor: 5 m², en material de acero inoxidable 304.
- **Bomba para el aceite crudo**, con potencia: 0,9 kW, caudal: 3,2 m³/h, altura: 30 m, en material de acero inoxidable 304.
- **Mezclador centrífugo**, con potencia: 9 kW, capacidad: 30 TMD, en material de acero inoxidable 304.
- **Tanque aceite de retorta**, con diámetro: 600 mm, altura: 1 800 mm, espesor: 5 mm, en material acero inoxidable 304.
- **Tanque de retención**, con potencia: 3 kW, diámetro: 800 mm, altura 1 800 mm, espesor: 6 mm, en material de acero inoxidable304.
- **Calentador de aceite crudo**, con potencia: 15,4 kW, área de intercambio de calor: 5 m².
- **Bomba de suministro de licor alcalino**, con potencia: 0,55 kW, caudal: 3,2 m³/h, altura: 20 m, en material de acero al carbono.
- **Bomba de dosificación de líquidos alcalinos**, con potencia: 0,55 kW, caudal: 3,2 m³/h, en material de acero al carbono.
- **Acidificador calentador de aceite**, área de intercambio de calor: 4 m², en material de acero inoxidable 304.
- **Tanque para ácido fosfórico**, con diámetro: 400 mm, altura: 500 mm, espesor: 4 mm, en material de acero inoxidable 304.
- **Bomba dosificadora de ácido fosfórico**, con potencia: 0,37 kW, caudal: 2,1 m³/h, en material del acero inoxidable 304.

- **Centrífuga de autolavado**, con potencia: 11 kW, caudal: 4,2 m³/h, en material de acero inoxidable 304.
- **Calentador de aceite intermedio**, área de intercambiador de calor: 4 m², en material de acero inoxidable 304.
- **Calentador de aceite**, área de intercambiador de calor: 6 m², en material de acero inoxidable 304.
- **Secador al vacío**, con diámetro: 800 mm, altura: 2 400 mm, espesor: 6 mm.
- **Tanque de agua caliente**, con diámetro: 1 000 mm, altura: 1 80 mm, espesor: 5 mm, en material de acero inoxidable 304.
- **Tanque elevado de agua blanda**, con diámetro: 1 00 mm, altura: 1 800 mm, espesor: 5 mm, en material de acero inoxidable 304.
- **Bomba de alimentación de aceite decolorado**, con potencia: 1,1 kW, caudal: 2 m³/h, altura: 30 m, en material de acero inoxidable 304.
- **Bomba de agua caliente**, con potencia: 0,37 kW, caudal: 1,6 m³/h, altura: 30 m, en material de acero inoxidable 304.
- **Tanque de aceite crudo**, con diámetro: 1 000 mm, altura: 1 800 mm, espesor: 5 mm, en material de acero inoxidable 304.
- **Tanque dosificador del álcali**, con diámetro: 800 mm, altura: 1 200 mm, espesor: 5 mm, en material de acero al carbono.
- **Tanque de la borra**, con diámetro: 800 mm, altura: 1 200 mm, espesor: 5 mm, en material de acero al carbono.

- **Bomba de la borra**, con potencia: 2,2 kW, caudal: 1,6 m³/h, altura: 20 m, en material de acero al carbono.
- **Bomba extractora desodorizante**, con potencia: 1,1 kW, caudal: 2,0 m³/h, altura: 30 m, en material de acero inoxidable 304.
- **Columna de desodorización**, con diámetro: 1 600 mm, altura: 3 000 mm, espesor: 8 mm.
- **Tanque depósito de aceite refinado**, con diámetro: 1 000 mm, altura: 2 400 mm, espesor: 6 mm, en material de acero inoxidable 304.

7.21. Normas Técnicas Peruanas - NTP para los protocolos en el control de calidad de los aceites.

Los protocolos para el análisis de laboratorio para el respectivo control de calidad de cada una de sus características, se encuentran regulados cada una en su respectiva Norma Técnica Peruana - NTP. Entre las NTP para los protocolos de los aceites son:

- Toma de muestras.
- Determinación de impurezas insolubles.
- Determinación del contenido de humedad y materias volátiles.
- Determinación de acidez libre.
- Determinación del índice de peróxido.
- Determinación del índice de yodo.
- Determinación del índice de la materia insaponificable.
- Determinación del índice de saponificación.
- Determinación del índice de refracción.
- Determinación del contenido de caroteno.
- Determinación del índice de anisidina.

CAPÍTULO VIII

EVALUACIÓN ECONÓMICA-FINANCIERA

8.1. Inversión.

8.1.1. **Inversión en Activos.** La inversión en activos tiene dos componentes: inversión en activos fijos, y, inversión en intangibles.

1. **Activos tangibles.** Son de naturaleza permanente, adquiridos en la etapa de inversión, tanto en la fase agrícola, como en la fase industrial.

a. **Componente Agrícola.** Se considera el plan de siembra detallado en el capítulo 7.6 de la presente investigación.

Tabla N° 56: Inversión en el componente agrícola (US \$)

Fuente: precios de mercado. Elaboración: Propia.

COMPONENTE	US \$/Ha	US \$
Viveros	135,92	271 846
- Semillas germinadas	69,84	139 680
- Insumos	10,20	20 399
- Suministros	2,91	5 818
- Maquinaria	2,07	4 131
- Equipos	21,82	43 636
- Mano de obra	29,09	58 182
Preparación de terreno	114,11	228 218
- Insumos	9,09	18 182
- Suministros	13,38	26 764
- Maquinaria	16,00	32 000
- Mano de obra	75,64	151 273
Instalación definitiva	80,70	161 396
- Insumos y materiales	41,06	82 124
- Herramientas	3,64	7 273
- Maquinaria	9,09	18 182
- Mano de obra	23,27	46 545
- Servicio de topografía	3,64	7 273
Total componente agrícola	330,73	661 461

- b. **Componente Industrial.** La planta de procesos, constará de dos unidades de procesos: Unidad de Extracción, y Unidad de Refinación. Emplearemos la siguiente metodología de cálculo:
- **Índice de costo**¹⁶, de "plantas químicas" para calcular el costo actual de una planta de un año anterior y una capacidad x.
 - **Exponente de capacidad**¹⁷, para calcular el costo de nuestra planta, teniendo como referencia la de la planta x.

Tabla N° 57: Índice de costos de plantas químicas
Fuente: Revistas Chemical Engineering, de diferentes años.

AÑO	C. E. Index
2000	394.1
2001	394.3
2002	395.6
2003	402.0
2004	444.0
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	585.7
2012	616.8
2013	648.7

- **Ecuación del Índice de Costos**, ó, método de Williams, nos permitirá calcular el costo de una planta química para un año n, conociendo el costo de la misma planta química en un año m:

¹⁶ *Índice de costos de construcción de plantas de la Chemical Engineering*, la base de este índice son los costos de construcción de plantas de productos químicos. Los índices tienen como año base 1957 - 1959, un valor de 100,0.

¹⁷ Permite estimar el costo de un equipo sin disponer de datos sobre equipos de la capacidad operacional, teniendo como referencia otro equipo similar, pero de capacidad diferente, cuyo costo sea conocido.

$$\frac{CE I_n}{CE I_m} = \frac{I_n}{I_m} \dots \dots \dots (12)$$

La ecuación (12), se puede reescribir como:

$$I_m = \left(\frac{C. E. Index_m}{C. E. Index_n} \right) * I_n \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

- I_m = valor de un planta en el año m [US \$]
- I_n = valor de la misma planta en el año n [US \$]
- $CE I_m$ = índice de costo del año m
- $CE I_n$ = índice de costo del año n

- **Costo de plantas similares, se tiene como referencia:**

Tabla N° 58: Costo de similares plantas procesadoras de aceite de palma, para años anteriores.

Fuente: (1): OLPESA¹⁸. (2) AGROAMANEKER S.A¹⁹. Elaboración: propia

AÑO	REF.	TMD	US\$
2009	(1)	240	1 248 000
2012	(2)	80	668 928

Empleando los valores de la Tabla N° 57 y Tabla N° 58, y reemplazándolos en la ecuación (13), los costos al año 2013, de las plantas de 240 TMD y 80 TMD, respectivamente, son:

$$I_{240 \text{ TMD}}^{\text{año 2013}} = \left(\frac{648,7}{521,9} \right) * 1 248 000 = 1 551 212 \text{ US\$}$$

¹⁸ OLPESA, Oleaginosa del Perú S.A. planta extractora de aceite crudo de palma, ubicada en Tocache, San Martín, selva baja.

¹⁹ AGROAMANEKER, Asociación Agropecuaria Nuevo Amanecer, planta extractora de aceite crudo de palma, ubicada en Puerto Inca, Huánuco, selva alta.

$$I_{\substack{80 \text{ TMD} \\ \text{año 2013}}} = \left(\frac{648,7}{616,8} \right) * 668\,928 = 703\,524 \text{ US \$}$$

Tabla N° 59: Costo de similares plantas procesadoras de aceite de palma, 2013

AÑO	TMD	US\$
2013	240	1 551 212
2013	80	703 524

- **Ecuación del Exponente de Capacidad**, nos permitirá calcular el costo de una planta química de capacidad n (en un año p), conociendo el costo de otra planta similar de capacidad m (en el mismo año p). Se tiene la siguiente relación:

$$\frac{I_n}{I_m} = \left(\frac{C_n}{C_m} \right)^\alpha \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

- I_n = costo de planta de capacidad n [US \$]
- I_m = costo de planta de capacidad m [US \$]
- C_n = capacidad de planta n [RFF TMD]
- C_m = capacidad de planta m [RFF TMD]
- α = exponente de capacidad

Empleando los valores de la Tabla N° 59, y reemplazándolos en la ecuación (14), se tiene la siguiente expresión:

$$\left(\frac{1\,551\,212}{703\,524} \right)^{\frac{240 \text{ TMD}}{80 \text{ TMD}}} = \left(\frac{240 \text{ TMD}}{80 \text{ TMD}} \right)^\alpha$$

De la relación anterior, despejando, el exponente de capacidad "α" es 0,72.

- **Costo de la planta química, al 2013**, empleando los valores de la Tabla N° 59, y el valor de α en la ecuación (14), se tiene:

$$\frac{1\ 551\ 212\ 2013}{I_{2013}} = \left(\frac{240\ \text{TMD}}{120\ \text{TMD}} \right)^{0,72}$$

De la relación anterior, despejando el costo de la planta con capacidad para procesar 120 TMD de RFF, para el año 2013, es de US \$ 941 922.

- **Costo de instalación, construcción e ingeniería, emplearemos la relación de cálculo de la Tabla N° 60.**

Tabla N° 60: Factores de la inversión total sobre el costo de la planta química.

Fuente: Chemical Engineering Elaboración: Propia.

AÑO	% interno	% del total
Equipo fabricado	37	
Maquinaria de proceso	14	
Tuberías, válvulas y ajuste	20	
Instrumentos de procesos y controles	7	
Bombas y compresores	7	
Equipo eléctrico y materiales	805	
Soportes, aislamiento y pintura	10	
Total Planta Química	100	62,4
Instalación, mano de obra		22
Construcción, materiales, mano de obra		5,6
Ingeniería y supervisión		10
Inversión Total		100

- **Inversión total de la planta química, está compuesta por la el costo de la planta química, propiamente dicha, más el costo de instalación, de la Tabla N° 60, se tiene:**

$$\text{Inversión activos industriales} = \frac{\text{Inversión planta química}}{0,624} \quad [\text{US \$}]$$

$$\text{Inversión activos industriales} = \frac{941\ 922}{0,624} = 1\ 509\ 490 \quad \text{US \$}$$

c. **Total inversión en los activos Fijos.**

Tabla N° 61: Resumen de la inversión en activos fijos.

ACTIVOS	US \$
Componente Agrícola	661 461
Componente Industrial	1 509 490
Total Inversión activos fijos	2 170 951

2. **Activos intangibles.** Son los de naturaleza temporal, adquiridos en la etapa de inversión, y son: a) Estudio del proyecto de inversión, y, b) Estudio de Impacto Ambiental.

a. **Costo del Estudio del Proyecto de Inversión.** Es aquel estudio que a su vez comprende: el estudio de: mercado, ingeniería, económicos y financiero. Se estima en 6,5 % del monto total de la inversión.

$$\text{Proyecto de Inversión}_{\text{costo}} = \left(\frac{\text{Inversión total}_{\text{costo}}}{\text{total}_{\text{costo}}} \right) * 0,065 \text{ [US \$]}$$

$$\text{Proyecto de Inversión}_{\text{costo}} = (2\ 663\ 749) * 0,065 = 173\ 144 \text{ US \$}$$

b. **Costo del Estudio de Impacto Ambiental.** Es aquel estudio, que permite identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirán la ejecución del presente proyecto de inversión. Se estima en 3,5 % del monto total de la inversión.

$$\text{EIA}_{\text{costo}} = \left(\frac{\text{Inversión total}_{\text{costo}}}{\text{total}_{\text{costo}}} \right) * 0,035 \text{ [US \$]}$$

$$\text{EIA}_{\text{costo}} = (2\ 663\ 749) * 0,035 = 93\ 231 \text{ US \$}$$

c. **Total Inversión de los Intangibles.** Está compuesta por el costo del Estudio del Proyecto de Inversión, más el costo del Estudio de Impacto Ambiental, se tiene:

Tabla N° 62: Resumen de la inversión de intangibles.

INTANGIBLE	US \$
Estudio del Proyecto de Inversión	173 144
Estudio de Impacto Ambiental -IEA	93 231
Total Intangibles	266 375

3. **Resumen de la Inversión en Activos.** Está compuesta por la inversión en los tangibles más la inversión en los intangibles, se tiene:

Tabla N° 63: Resumen de la inversión en activos totales.

ACTIVOS	US \$
Activos Fijos	2 170 951
Intangibles	266 375
Total Activos	2 437 325

- 8.1.2. **Capital de trabajo.** La empresa requiere ciertos recursos dinerarios para que la planta pueda operar sin que le falte materia prima, insumos y mano de obra. Se estima en 15 % de la inversión total de los activos industriales. ⁽¹¹⁾

$$\text{capital de trabajo} = \left(\frac{\text{activos fijos}}{\text{industriales}} \right) * 0,15 \quad [\text{US \$}]$$

$$\text{capital de trabajo} = (1\ 509\ 490) * 0,15 = 226\ 423 \quad \text{US \$}$$

- 8.1.3. **Resumen de la Inversión.** El total de la inversión para el diseño y ejecución del proyecto de inversión para la extracción y refinación del aceite de palma es:

Tabla N° 64: Resumen de la inversión.

COMPONENTES DE LA INVERSIÓN	US \$
Activos (Fijos e Intangibles)	2 437 325
Capital de trabajo.	226 423
Total Inversión	2 663 749

8.1.4. **Depreciación de activos.** El presente Proyecto contempla dos tipos de activos:

- a) Activos fijos pertenecientes al componente agrícola, y
- b) Activos fijos pertenecientes al componente industrial.

a. **Activos fijos pertenecientes al componente agrícola.** La palma aceitera tiene una vida útil de 25 años como mínimo. Se realiza la depreciación lineal en 25 años:

$$\text{depreciación}_{\text{componente agrícola}} = \left(\frac{\text{inversión comp. agrícola}}{\text{años deprec}} \right) \text{ [US \$]}$$

$$\text{depreciación}_{\text{componente agrícola}} = \left(\frac{661\ 461}{25} \right) = 26\ 458 \text{ US \$}$$

El valor en libros de los activos fijos del componente agrícola, después de 10 años, al final del proyecto, tenemos:

$$\text{val. libros}_{\text{comp agrícola}} = \left(\text{inv}_{\text{comp agrícola}} \right) - \left(\text{años}_{\text{proy}} * \text{deprec}_{\text{comp agrícola}} \right) \text{ [US \$]}$$

$$\text{val. libros}_{\text{comp agrícola}} = (661\ 461) - (10 * 26\ 458) = 396\ 876 \text{ US \$}$$

b. **Activos fijos pertenecientes al componente industrial.** Se asume que toda la inversión que se haga en este componente, también tendrá una vida útil de 10 años. Se realiza la depreciación lineal en 10 años:

$$\text{depreciación}_{\text{componente industrial}} = \left(\frac{\text{inversión comp. industrial}}{\text{años deprec}} \right) \text{ [US \$]}$$

$$\text{depreciación}_{\text{componente industrial}} = \left(\frac{1\ 509\ 490}{10} \right) = 150\ 949 \text{ US \$}$$

El valor en libros de los activos fijos del componente industrial, después de 10 años, al final del proyecto, tenemos:

$$\text{val. libros}_{\text{Industrial comp}} = (\text{inv}_{\text{Industrial comp}}) - (\text{años}_{\text{proy}} * \text{deprec}_{\text{Industrial comp}})$$

$$\text{val. libros}_{\text{Industrial comp}} = (1\ 509\ 490) - (10 * 150\ 949) = 0,0 \text{ US \$}$$

8.1.5. Amortización de intangibles. Los activos intangibles, son aquellos activos que carecen de naturaleza material, y pueden ser depreciados de acuerdo al criterio empresarial. Se asume una vida útil de 10 años. Se realiza la depreciación lineal en 10 años:

$$\text{amortización}_{\text{intangibles}} = \left(\frac{\text{inversión}_{\text{intangibles}}}{\text{años}_{\text{deprec}}} \right) \text{ [US \$]}$$

$$\text{amortización}_{\text{intangibles}} = \left(\frac{266\ 375}{10} \right) = 26\ 637 \text{ US \$}$$

8.1.6. Tipo de moneda en la inversión. Está en función del mayor porcentaje del tipo moneda en la estructura de la inversión.

Tabla N° 65: Estructura de la inversión.

COMPONENTE	MONEDA	US \$	US \$	%
Componente agrícola.	Nuevos Soles	661 461	661 461	24,83
Componente industrial.	US \$	1 505 490	2 002 288	75,17
Intangibles.	US \$	266 375		
Capital de trabajo.	US \$	226 423		
Total Inversión		2 663 749	2 663 749	100

De la Tabla N° 65, se aprecia que el 75,17 % de la inversión es en dólares americanos, por tanto, la moneda de la inversión deberá ser, dólares americanos.

8.2. Presupuesto de los Ingresos y Egresos.

8.2.1. **Presupuesto de los Ingresos.** Está dado por la venta del producto principal (aceite refinado de palma, y los subproductos (Oleína y Estearina). Se asume que se vende todo lo producido.

1. **Ingresos por venta del producto principal.** El precio de venta del aceite refinado de palma, en el mercado, está en función de precio del aceite crudo de palma, y este a su vez, está en función del precio de venta del Racimo de Fruto Fresco -RFF.

b. **Precio del racimo de fruto fresco -RFF.** Su precio en el mercado peruano, es equivalente al 22 % del precio del aceite crudo de palma, precio FOB. Ver Tabla N° 66.

c. **Precio del aceite crudo de palma (CPO).** El aceite crudo de palma, es un producto *commodity*²⁰, y su precio internacional está regulado por inversionistas de Indonesia²¹ ²² ²³ y Malasia. El precio de Indonesia es menor al precio de Malasia.

Se toma como base el precio FOB Indonesia, de fecha setiembre de 2013, y se proyecta, siguiendo la tendencia mostrada en el estudio de mercado detallado en el capítulo 5.3 de la presente investigación. Ver Tabla N° 67.

d. **Precio del aceite refinado palma (RDB).** Su precio en el mercado peruano está entre 45 % - 65 % del precio del aceite crudo de palma, precio FOB. Se asume un 55 %. Ver Tabla N° 68.

• El ingreso por venta del producto principal, se muestra en la Tabla N° 69.

²⁰ *Commodity*, es todo producto producido en masa por el hombre o incluso del cual existen enormes cantidades disponibles en la naturaleza, cuyo precio está regulado por un mercado definido.

²¹ <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palma&meses=120>

²² <http://fedapal.com/web/>

²³ http://es.mongabay.com/commodities/palm_oil.html

Tabla N° 66: Precios a futuro del RFF (US \$/TM).

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
173,53	188,26	202,99	217,72	232,44	247,17	261,90	276,63	291,36	306,09	320,82	335,54	350,27

Tabla N° 67: Precios FOB a futuro del aceite crudo de palma (US \$/TM).

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
788,77	855,72	922,67	989,62	1 056,56	1 123,51	1 190,46	1 257,41	1 324,36	1 391,30	1 458,25	1 525,20	1 592,15

Tabla N° 68: Precios a futuro del aceite refinado de palma (US \$/TM).

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1,224.67	1,328.62	1,432.56	1,536.51	1,640.45	1,744.40	1,848.34	1,952.29	2,056.23	2,160.18	2,264.12	2,368.07	2,472.01

Tabla N° 69: Ingreso por ventas del aceite refinado de palma (US \$/año).

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosecha RFF	3 000	9 500	19 000	27 000	34 000	38 500	40 000	40 000	40 000	40 000
PRODUCTO PRINCIPAL										
Aceite refinado (TM)	295	934	1 868	2 654	3 342	3 785	3 932	3 932	3 932	3 932
[US\$/ TM palm oil	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51
Ingreso por Producto	453 116	1 434 866	2 869 732	4 078 040	5 135 310	5 814 983	6 041 541	6 041 541	6 041 541	6 041 541

2. Ingresos por venta de los subproductos. Durante el proceso productivo, se obtienen los subproductos: a) Oleína, y, b) Estearina.

a. Precio de la Oleína.

Su precio internacional es de 0,67% por encima del precio internacional del aceite crudo de palma.

Su precio en el mercado peruano es del 22 % del precio FOB del aceite crudo de palma.

A pesar que el precio de la oleína irá en aumento, por estar en función del precio del aceite crudo de palma, y este ser un commodity, se asumirá un precio constante a partir del año de su producción.

De acuerdo al balance de masa respectivo, por 1 TM de RFF, se obtiene 0,0302 TM de oleína cruda.

Los ingresos y volúmenes de venta se muestran en la Tabla N° 70.

b. Precio de la Estearina.

El precio internacional de la estearina es de 5,70 % por debajo del precio del aceite crudo de palma.

Su precio en el mercado peruano es de 22 % del precio FOB del aceite crudo de palma.

Al igual que la oleína, el precio de la estearina irá en aumento; se asumirá un precio constante a partir del año de su producción.

De acuerdo al balance de masa respectivo, por 1 TM de RFF, se obtiene 0,0858 TM de estearina cruda.

Los ingresos y volúmenes de venta se muestran en la Tabla N° 71.

3. Total Ingresos. Debido a la venta del producto principal y a los subproductos. Se muestran la Tabla N° 72.

Tabla N° 70: Ingreso por ventas de subproductos (US \$/año).

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosecha RFF	3 000	9 500	19 000	27 000	34 000	38 500	40 000	40 000	40 000	40 000
PRODUCTOS SECUNDARIO 1: Oleina										
2) Oleina (TM)	91	287	574	815	1 027	1 163	1 208	1 208	1 208	1 208
[US\$/ TM oleina]	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17
Ing. por oleina:	19 857	62 880	125 759	178 710	225 042	254 827	264 756	264 756	264 756	264 756
PRODUCTOS SECUNDARIO 2: Estearina										
3) Estearina (TM)	257	815	1 630	2 317	2 917	3 303	3 432	3 432	3 432	3 432
[US\$/ TM estearina]	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30
Ing. por estearina:	52 845	167 343	334 686	475 607	598 912	678 180	704 603	704 603	704 603	704 603
Ingreso por subproductos	72 702	230 223	460 445	654 317	823 955	933 008	969 359	969 359	969 359	969 359

Tabla N° 71: Resumen de los ingresos (US \$/año).

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosecha RFF	3 000	9 500	19 000	27 000	34 000	38 500	40 000	40 000	40 000	40 000
PRODUCTO PRINCIPAL										
1) Aceite refinado (TM)	295	934	1 868	2 654	3 342	3 785	3 932	3 932	3 932	3 932
[US\$/ TM palm oil]	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51	1 536,51
Producto principal	453 116	1 434 866	2 869 732	4 078 040	5 135 310	5 814 983	6 041 541	6 041 541	6 041 541	6 041 541
PRODUCTOS SECUNDARIOS										
2) Oleina (TM)	91	287	574	815	1 027	1 163	1 208	1 208	1 208	1 208
[US\$/ TM oleina]	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17	219,17
Ing. por oleina:	19 857	62 880	125 759	178 710	225 042	254 827	264 756	264 756	264 756	264 756
3) Estearina	257	815	1 630	2 317	2 917	3 303	3 432	3 432	3 432	3 432
[US\$/ TM estearina]	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30	205,30
Ing. por estearina:	52 845	167 343	334 686	475 607	598 912	678 180	704 603	704 603	704 603	704 603
Subproductos	72 702	230 223	460 445	654 317	823 955	933 008	969 359	969 359	969 359	969 359
Total Ingresos	525 817	1 665 089	3 330 177	4 732 357	5 959 265	6 747 991	7 010 899	7 010 899	7 010 899	7 010 899

8.2.2. Presupuesto de los Egresos. Dentro del presupuesto de egresos consideraremos los siguientes:

- Costos de producción.
- Gastos administrativos.
- Gastos de ventas.
- Depreciación de activos.
- Amortización de activos.
- Servicio de la deuda.
- Impuesto a la Renta.

1. **Costos de producción.** Están detallados en el capítulo 7.17. de la presente investigación, están constituidos por: a) Costos directos, y, b) Costos indirectos.

Tabla N° 72: Costos de producción (US \$/año).

COSTOS DIRECTOS	US \$/año
Costos directos	3 620 213
Costos indirectos	122 425
Costos de Producción	3 742 638

2. **Gastos administrativos.** Están constituidos por: los relacionados con la administración general de la empresa, comprende los salarios de administración, contabilidad, servicios, suministros y consumos, entre otros. Se estima en el 20 % del costo de la mano de obra directa. ⁽¹¹⁾

$$\text{gto administrativos} = \left(\frac{\text{mano de obra}}{\text{directa}} \right) * 0,20 \quad [\text{US \$}]$$

Los gastos administrativos = (73 080) * 0,20 = 14 616 US \$/año.

3. **Gastos de ventas.** Están constituidos por: salarios de personal de esa función, mercadeo, de ventas, publicidad, entre otros. Se estiman en el 1 % del costo de la mano de obra directa. ⁽¹¹⁾

$$\text{gto de ventas} = \left(\frac{\text{costo total}}{\text{del producto}} \right) * 0,01 \quad [\text{US \$}]$$

Los gastos de ventas = (13 827 099) * 0,01 = 138 272 US \$/año.

4. **Depreciación de activos.** Están constituidos por: a) activos fijos pertenecientes al componente agrícola, y b) activos fijos pertenecientes al componente industrial. Su cálculo se detalla capítulo 8.1.4. de la presente investigación.

Depreciación de activos: 177 407 US \$/año.

5. **Amortización de intangibles.** Están constituidos por: a) Estudio del proyecto de inversión, y b) Estudio de Impacto Ambiental. Su cálculo se detalla en el capítulo 8.1.5. de la presente investigación.

Amortización de intangibles: 26 637 US \$/año.

6. **Servicio de la deuda.** Se refieren al pago de los intereses por año, generados por la inversión realizada, detallados en el capítulo 8.3.2 de la presente investigación. Ver Tabla N° 73.

7. **Impuesto a la Renta.** De conformidad con la normatividad legal vigente, el gobierno ha exonerado del pago del Impuesto a la Renta a la productividad de la palma aceitera en la selva peruana.

Impuesto a la Renta: 0,0 US \$/año.

8. **Total Egresos.** Se aprecia en la Tabla N° 74.

Tabla N° 73: Resumen de pagos por servicio de la deuda (US \$/año)

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Servicio de la deuda	199 781	187 246	173 457	158 289	141 605	123 252	103 063	80 856	56 428	29 558

Tabla N° 74: Resumen de los egresos (US \$/año).

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosecha RFF	3 000	9 500	19 000	27 000	34 000	38 500	40 000	40 000	40 000	40 000
Costos de producción	280 698	888 877	1 777 753	2 526 281	3 181 242	3 602 289	3 742 638	3 742 638	3 742 638	3 742 638
Gastos Administrativos	1 096	3 471	6 943	9 866	12 424	14 068	14 616	14 616	14 616	14 616
Gastos de Ventas	10 370	32 839	65 679	93 334	117 531	133 087	138 271	138 272	138 272	138 272
Depreciación de activos	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407
Amortización de intangibles	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637
Servicio de la deuda	199 781	187 246	173 457	158 289	141 605	123 252	103 063	80 856	56 428	29 558
Impuesto a la Renta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Egresos	695 991	1 316 478	2 227 877	2 991 814	3 656 847	4 076 740	4 202 634	4 180 427	4 155 999	4 129 129

8.2.3. Punto de Equilibrio. Es el punto en donde los ingresos totales recibidos se igualan a los egresos totales. Para poder calcular el punto de equilibrio, se requiere clasificar los egresos totales en: a) Costos fijos, y, b) Costos variables.

1. Costos fijos.

Tabla N° 75: Costos fijos (US \$/año).

COMPONENTE	US \$/año
Superintendencia	10 962
Mantenimiento	90 569
Suministro de operación	13 585
Laboratorio	7 308
Gastos de administración	14 616
Gastos de ventas	138 272
Depreciación de activos	177 407
Amortización de intangibles	26 637
Servicio de la deuda	29 558
Impuesto a la Renta	0
Total Costos Fijos	508 915

2. Costos variables.

Tabla N° 76: Costos variables (US \$/TM de RFF).

COMPONENTE	US \$/TM RFF
Materia prima e insumos	36,83
Mano de obra	1,83
Servicios	51,85
Total Costos Variables	90,51

- Punto de equilibrio, está calculado en 590 TM de aceite refinado de palma, lo que equivale a un volumen de ventas de 1 052 281 US \$. Ver Figura N° 49.

8.2.4. Costo unitario. Está calculado en 1 050 US \$/TM de aceite refinado de palma. Ver Figura N° 50.

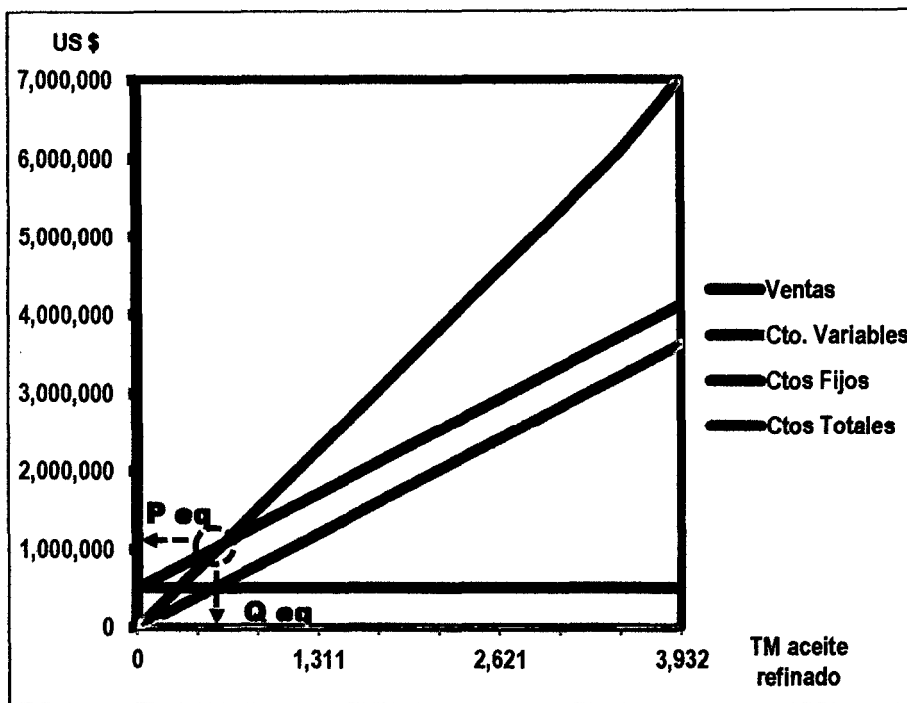


Figura N° 49: Punto de equilibrio.

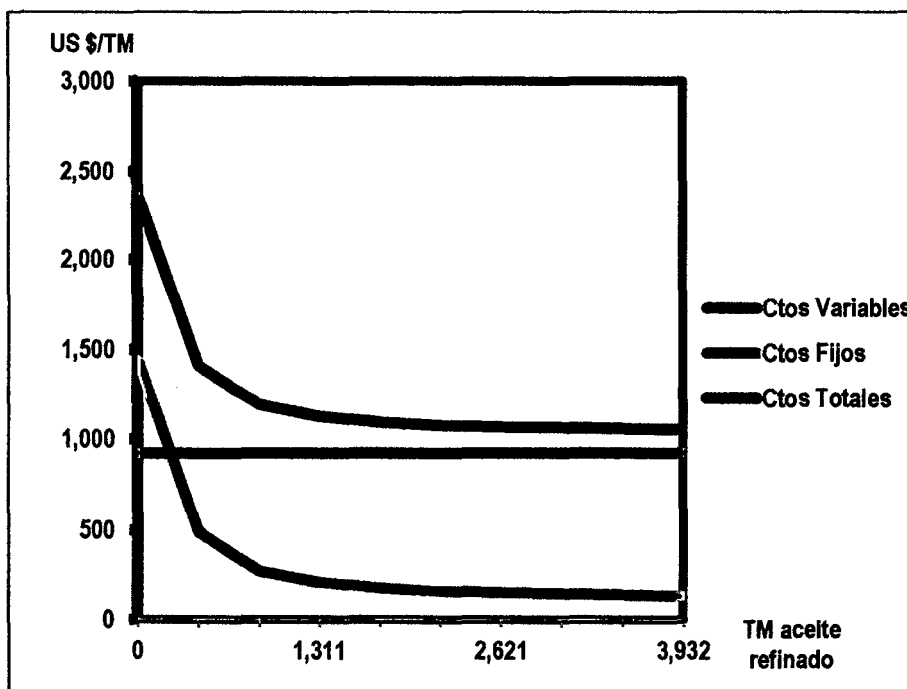


Figura N° 50: Costo unitario.

8.3. Financiamiento.

8.3.1. **Fuentes de recursos.** La inversión cuantificada en 2 663 749 US \$, ha sido detallada en el capítulo 8.1 de la presente investigación. Los recursos financieros provendrán de dos fuentes: a) 25 % de fuentes internas, y, b) 75 % de fuentes externas.

$$\text{capital propio} = (2\ 663\ 749) * 0,25 = 665\ 937\ \text{US \$}.$$

$$\text{capital financiado} = (2\ 663\ 749) * 0,75 = 1\ 997\ 812\ \text{US \$}.$$

8.3.2. **Servicio de la deuda.** La Tabla N° 77 muestra el servicio de la deuda.

- Financiamiento: 1 997 812 US \$.
- Interés: 10 % año.
- Período de pago: 10 años.
- Período de gracia: 0 años.
- Forma de pago: cuotas iguales.

Tabla N° 77: Cálculo del servicio de la deuda (US \$/año).

AÑO	DEUDA	INTERÉS	AMORTIZAC	CUOTA	SALDO DEUDOR
0	1 997 812				1 997 812
1	1 997 812	199 781	125 353	325 135	1 872 458
2	1 872 458	187 246	137 889	325 135	1 734,569
3	1,734,569	173 457	151 678	325 135	1 582 892
4	1 582 892	158 289	166 845	325 135	1 416 046
5	1 416 046	141 605	183 530	325 135	1 232 516
6	1 232 516	123 252	201 883	325 135	1 030633
7	1 030 633	103 063	222 071	325 135	808562
8	808 562	80 856	244 278	325 135	564 283
9	564 283	56 428	268 706	325 135	295 577
10	295 577	29 558	295 577	325135	0
		1 253 535	1 997 812	3 251 347	

8.3.3. Fuentes y usos de fondos. Es una herramienta financiera que nos permitirá definir la estructura financiera de la empresa, para utilizar las fuentes de corto y largo plazo, en usos de corto plazo y largo plazo, respectivamente.

Tabla N° 78: Fuentes y usos de fondos (US \$/año).

	US \$	%
I) USO DE FONDOS	2 663 749	100
Componente Agrícola	661 461	24,83
(viveros / preparación terreno / instalación definitiva)		
Componente Industrial	1 509 490	56,67
(equipos / instalación / contingencias/etc.)		
Intangibles	266 375	10,00
(Proyecto / EIA)		
Capital de trabajo	226 423	8,50
II) FUENTES DE FONDOS	2 663 749	100
Internas	665 937	25,00
Externas	1 997 812	75,00

8.3.4. Calendario de la inversión.

Tabla N° 79: Calendario de inversiones (US \$/año).

	0 (1)	0 (2)	0 (3)	1
I) FUENTES				
Internas	125 016	227 873	252 524	60 524
Externas	0	0	1 997 812	0
	125 016	227 873	2 250 336	60 524
II) USOS				
Componente agrícola	125 016	227 873	248 048	60 524
Componente industrial			1 509 490	
Intangibles			266 375	
Capital de trabajo			226 423	
	125 016	227,873	2 250 336	60 524

8.4. Estados Financieros Proyectados. Se muestra en la Tabla N° 80.

8.4.1. Estado de Pérdidas y Ganancias.

Tabla N° 80: Estado de Pérdidas y Ganancias proyectado (US \$/año).

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cosecha RFF	3 000	9 500	19 000	27 000	34 000	38 500	40 000	40 000	40 000	40 000
INGRESOS										
1) Aceite ref. de palma	453 116	1 434 866	2 869 732	4 078 040	5 135 310	5 814 983	6,041,541	6 041 541	6 041 541	6 041 541
2,3) Subproductos	72 702	230 223	460 445	654 317	823 955	933 008	969 359	969 359	969,359	969 359
Total Ingresos	525 817	1 665 089	3 330 177	4 732 357	5 959 265	6 747 991	7 010 899	7 010 899	7 010 899	7 010 899
EGRESOS										
Costos de producción	280 698	888 877	1 777 753	2 526 281	3 181 242	3 602 289	3 742 638	3 742 638	3 742 638	3 742 638
Utilidad Bruta	245 120	776 212	1 552 424	2 206 077	2 778 022	3 145 702	3 268 262	3 268 262	3 268 262	3 268 262
Gastos administrativos	1 096	3 471	6 943	9 866	12 424	14 068	14 616	14 616	14 616	14 616
Gastos de ventas	10 370	32 840	65 679	93 334	117 531	133 087	138 272	138 272	138 272	138 272
Utilidad de Operación	233 653	739 901	1 479 802	2 102 877	2 648 067	2 998 547	3 115 373	3 115 373	3 115 373	3 115 373
Depreciación	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407
Amortización	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637
Servicio de la deuda	199 781	187 246	173 457	158 289	141 605	123 252	103 063	80 856	56 428	29 558
Renta Neta	-170 173	348 610	1 102 301	1 740 543	2 302 418	2 671 250	2 808 265	2 830 472	2 854 900	2 881 771
Impuesto a la Renta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta	-170 173	348 610	1 102 301	1 740 543	2 302 418	2 671 250	2 808 265	2 830 472	2 854 900	2 881 771

8.4.2. Flujo de Caja.

Tabla N° 81: Flujo de Caja proyectado (US \$/año).

CONCEPTO	0 (1)	0 (2)	0 (3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capital Fijo	125 016	227 873	2 023 912	60 524									
Valor de rescate													-396 876
Amortización de la deuda				125 353	137 889	151 678	166 845	183 530	201 883	222 071	244 278	268 706	295 577
Δ Capital de Trabajo			226 423	0	0	0	0	0	0	0	0	-226 423	0
Utilidad Neta				-170 173	348 610	1 102 301	1 740 543	2 302 418	2 671 250	2 808 265	2 830 472	2 854 900	2 881 771
Depreciación de activos				177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407	177 407
Amortiz. de intangibles				26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637	26 637
FNF	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 005	414 767	1 154 888	1 777 742	2 322 933	2 673 412	2 790 239	2 790 239	3 016 662	3 187 115

Aportas				152 005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos				0	0	310 253	981 048	1 549 083	2 049 152	2 377 413	2 499 356	2 519 120	2 540 861
Saldo de Caja				0	414 767	844 404	796 695	773 850	624 260	412 826	290 883	497 542	646 254
Caja Acumulada				0	414 767	1 259 171	2 055 866	2 829 715	3 453 976	3 866 802	4 157 684	4 655 226	5 301 480

8.5. Indicadores de Rentabilidad

8.5.1. **Valor Actual Neto -VAN.** Es la diferencia del valor presente neto de efectivos y el valor actual de la inversión cuyo resultado se expresa en dinero. Se asume una tasa de descuento de 15 % año.

Tabla N° 82: Cálculo del Valor Actual Neto - VAN (US \$/año).

AÑO	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FNF	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 005	414 767	1 154 668	1 777 742	2 322 933	2 673 412	2 790 239	2 790 239	3 016 662	3 187 115

Con los datos de la Tabla N° 81, el Excel calcula el VAN = 3 929 285 US \$.

8.5.2. **Tasa Interna de Retorno -TIR.** Es la tasa de descuento que hace que los flujos netos de efectivo igualen el monto de la inversión.

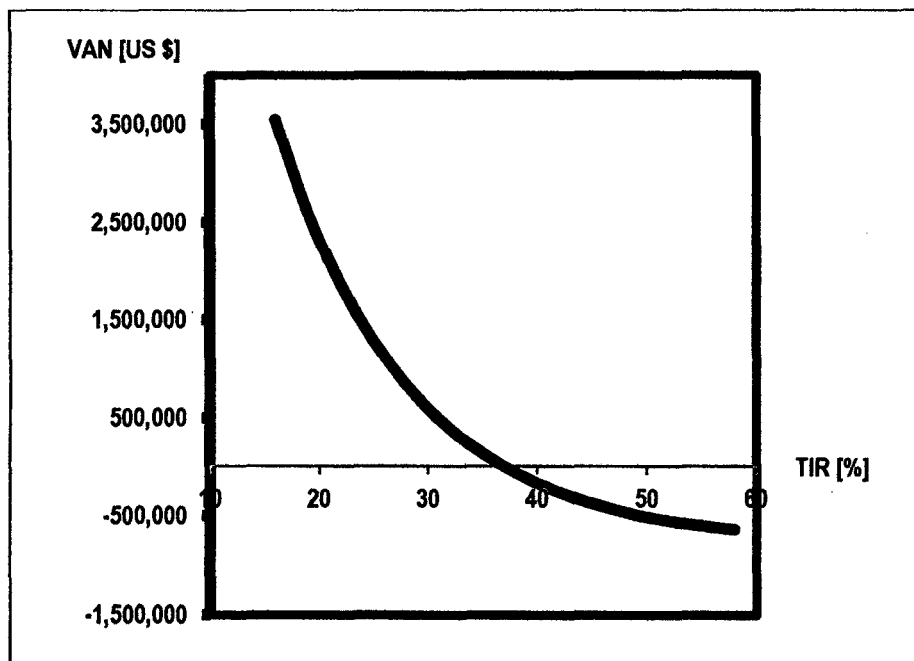


Figura N° 51: TIR (%) y VAN (US \$).

Como se puede apreciar en Figura N° 51, la TIR = 39,99 %.

8.5.3. Período de Recupero -PR. Es el tiempo necesario para que el Proyecto genere los recursos suficientes para recuperar la inversión realizada.

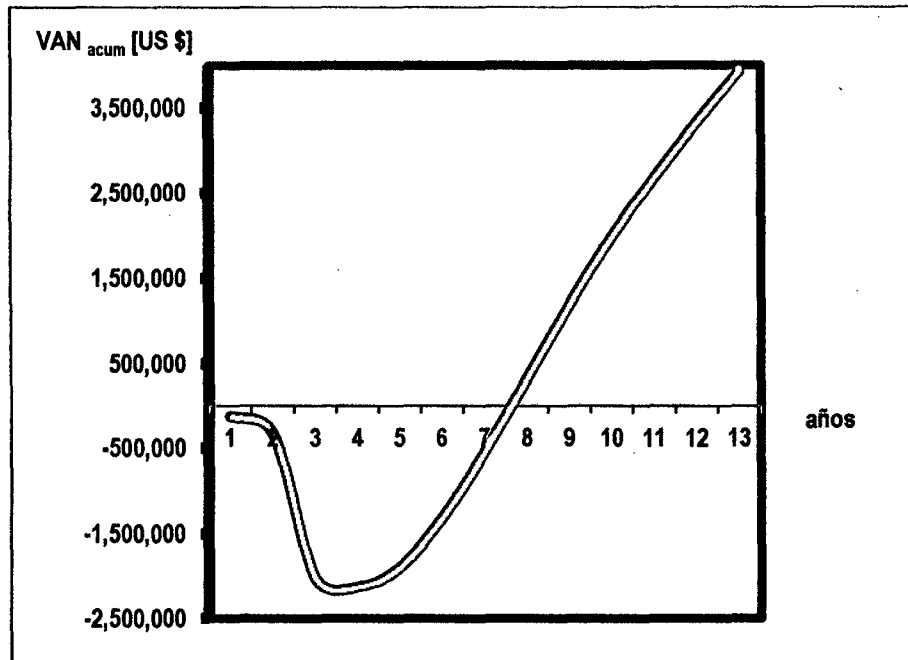


Figura N° 52: Período de Recupero (años).

En la Figura N° 52, el Período de Recupero es a los 3,5 años de iniciado la producción del aceite de palma (7,5 años de la inversión).

8.6. Análisis de sensibilidad

El análisis permitirá determinar qué tan sensible es la respuesta óptima mediante el método simplex, al cambio de sus variables. La sensibilidad es de +/- 5 %, +/- 10 %, +/- 15 %, y, +/- 20 %, a sus variables:

- Variación del precio de venta.
- Variación de los costos directos.
- Variación de los costos indirectos.

Tabla N° 83: Sensibilidad del precio de venta.

β	FNF [US\$ /año]													VAN	TIR
	0 (1)	0 (2)	0 (3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	[US\$/año]	[%]
0.75	-125 016	-227 873	-2 250 336	-283 457	-1 498	322 140	594 876	833 146	986 447	1 037 548	1 037 548	1 263 971	1 434 424	-67 853	10,47
0.80	-125 016	-227 873	-2 250 336	-257 166	81 757	488 648	831 294	1 131 109	1 323 847	1 388 093	1 388 093	1 614 516	1 784 969	731 590	20,20
0.85	-125 016	-227 873	-2 250 336	-230 875	165 011	655 157	1 067 912	1 429 072	1 661 246	1 738 638	1 738 638	1 965 061	2 135 514	1 531 033	25,11
0.90	-125 016	-227 873	-2 250 336	-204 584	248 266	821 666	1 304 530	1 727 035	1 998 646	2 089 183	2 089 183	2 315 606	2 486 059	2 330 476	29,46
0.95	-125 016	-227 873	-2 250 336	-178 294	331 520	988 175	1 541 148	2 024 998	2 336 045	2 439 728	2 439 728	2 666 151	2 836 604	3 129 919	33,39
1.00	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 005	414 767	1 154 668	1 777 742	2 322 933	2 673 412	2 790 239	2 790 239	3 016 662	3 187 115	3 929 385	36,99
1.05	-125 016	-227 873	-2 250 336	-125 712	498 029	1 321 193	2 014 383	2 620 925	3 010 845	3 140 818	3 140 818	3 367 241	3 537 694	4 728 806	40,34
1.10	-125 016	-227 873	-2 250 336	-99 421	581 283	1 487 702	2 251 001	2 918 888	3 348 244	3 491 363	3 491 363	3 717 786	3 888 239	5 528 249	43,48
1.15	-125 016	-227 873	-2 250 336	-73 130	664 538	1 654 210	2 487 619	3 216 851	3 685 644	3 841 908	3 841 908	4 068 331	4 238 784	6 327 692	46,43
1.20	-125 016	-227 873	-2 250 336	-46 839	747 792	1 820 719	2 724 237	3 514 815	4 023 043	4 192 453	4 192 453	4 418 876	4 589 329	7 127 135	49,24
1.25	-125 016	-227 873	-2 250 336	-20 548	831 047	1 987 228	2 960 855	3 812 778	4 360 443	4 542 998	4 542 998	4 769 421	4 939 874	7 926 578	51,91

Tabla N° 84: Sensibilidad a los costos directos.

β	FNF [US\$ /año]													VAN	TIR
	0 (1)	0 (2)	0 (3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	[US\$/año]	[%]
0.75	-120 016	-227 873	-2 250 336	-84 124	629 723	1 584 580	2 388 671	3 092 250	3 544 551	3 695 318	3 695 318	3 921 741	4 092 194	5 993 383	45,22
0.80	-125 016	-227 873	-2 250 336	-97 700	586 733	1 498 601	2 266 490	2 938 392	3 370 330	3 514 309	3 514 309	3 740 732	3 911 185	5 580 579	43,68
0.85	-125 016	-227 873	-2 250 336	-111 276	543 744	1 412 622	2 144 309	2 784 535	3 196 109	3 333 300	3 333 300	3 559 723	3 730 176	5 167 775	42,09
0.90	-125 016	-227 873	-2 250 336	-124 851	500 754	1 326 642	2 022 128	2 630 677	3 021 887	3 152 291	3 152 291	3 378 714	3 549 167	4 754 971	40,45
0.95	-125 016	-227 873	-2 250 336	-138 427	457 764	1 240 663	1 899 946	2 476 819	2 847 666	2 971 282	2 971 282	3 197 705	3 368 158	4 342 167	38,75
1.00	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 005	414 767	1 154 668	1 777 742	2 322 933	2 673 412	2 790 239	2 790 239	3 016 662	3 187 115	3 929 385	36,99
1.05	-125 016	-227 873	-2 250 336	-165 578	371 785	1 068 705	1 655 584	2 169 104	2 499 224	2 609 264	2 609 264	2 835 687	3 006 140	3 516 558	35,17
1.10	-125 016	-227 873	-2 250 336	-179 154	328 795	982 725	1 533 403	2 015 246	2 325 003	2 428 255	2 428 255	2 654 678	2 825 131	3 103 754	33,27
1.15	-125 016	-227 873	-2 250 336	-192 730	285 806	896 746	1 411 222	1 861 389	2 150 782	2 247 246	2 247 246	2 473 669	2 644 122	2 690 950	31,28
1.20	-125 016	-227 873	-2 250 336	-206 305	242 816	810 767	1 289 041	1 707 531	1 976 560	2 066 237	2 066 237	2 292 660	2 463 113	2 278 146	29,19
1.25	-125 016	-227 873	-2 250 336	-219 881	199 826	724 787	1 166 860	1 553 673	1 802 339	1 885 228	1 885 228	2 111 651	2 282 104	1 865 342	26,99

Tabla 85: Sensibilidad de los costos indirectos.

β	FNF [US\$ /año]													VAN	TIR
	0 (1)	0 (2)	0 (3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	[US\$/año]	[%]
0.75	-125 016	-227 873	-2 250 336	-149 107	422 044	1 169 222	1 798 425	2 034 897	2 070 200	2 820 879	2 820 879	3 047 302	3 217 755	3 999 162	37,30
0.80	-125 016	-227 873	-2 250 336	-150 166	420 590	1 166 314	1 794 293	2 343 774	2 697 012	2 814 758	2 814 758	3 041 181	3 211 634	3 985 202	37,24
0.85	-125 016	-227 873	-2 250 336	-150 625	419 136	1 163 407	1 790 161	2 338 571	2 691 120	2 808 637	2 808 637	3 035 060	3 205 513	3 971 242	37,18
0.90	-125 016	-227 873	-2 250 336	-151 085	417 682	1 160 499	1 786 029	2 333 368	2 685 228	2 802 515	2 802 515	3 028 939	3 199 392	3 957 282	37,12
0.95	-125 016	-227 873	-2 250 336	-151 544	416 228	1 157 591	1 781 897	2 328 165	2 679 337	2 796 394	2 796 394	3 022 818	3 193 270	3 943 322	37,06
1.00	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 005	414 767	1 154 668	1 777 742	2 322 933	2 673 412	2 790 239	2 790 239	3 016 662	3 187 115	3 929 385	36,99
1.05	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 462	413 321	1 151 776	1 773 634	2 317 759	2 667 553	2 784 152	2 784 152	3 010 575	3 181 028	3 915 403	36,93
1.10	-125 016	-227 873	-2 250 336	-152 921	411 867	1 148 869	1 769 502	2 312 556	2 661 662	2 778 030	2 778 030	3 004 454	3 174 907	3 901 443	36,87
1.15	-125 016	-227 873	-2 250 336	-153 380	410 413	1 145 961	1 765 370	2 307 353	2 655 770	2 771 909	2 771 909	2 998 333	3 168 786	3 887 483	36,81
1.20	-125 016	-227 873	-2 250 336	-153 839	408 959	1 143 054	1 761 238	2 302 149	2 649 878	2 765 788	2 765 788	2 992 211	3 162 664	3 873 523	36,75
1.25	-125 016	-227 873	-2 250 336	-154 298	407 506	1 140 146	1 757 106	2 296 946	2 643 987	2 759 667	2 759 667	2 986 090	3 156 543	3 859 563	36,69

- 8.6.1. **Sensibilidad al precio de venta.** La Tabla N° 83, muestra la solución óptima (segunda columna de la derecha) a la sensibilidad de esta variable, para cada valor de β , existe un valor de VAN. La optimización está dada por el área bajo la curva. Ver Figura N° 52.
- 8.6.2. **Sensibilidad a los costos directos.** La Tabla N° 84, muestra la solución óptima (segunda columna de la derecha) a la sensibilidad de esta variable, para da valor de β , existe un valor de VAN. La optimización está dada por el área bajo la curva. Ver Figura N° 52.
- 8.6.3. **Sensibilidad a los costos indirectos.** La Tabla N° 85, muestra la solución óptima (segunda columna de la derecha) a la sensibilidad de esta variable, para cada valor de β , existe un valor de VAN. La optimización está dada por el área bajo la curva. Ver Figura N° 52.

En la Tabla N° 53, el área achurada de color rojo, muestra la sensibilidad de todas las variables del Proyecto.

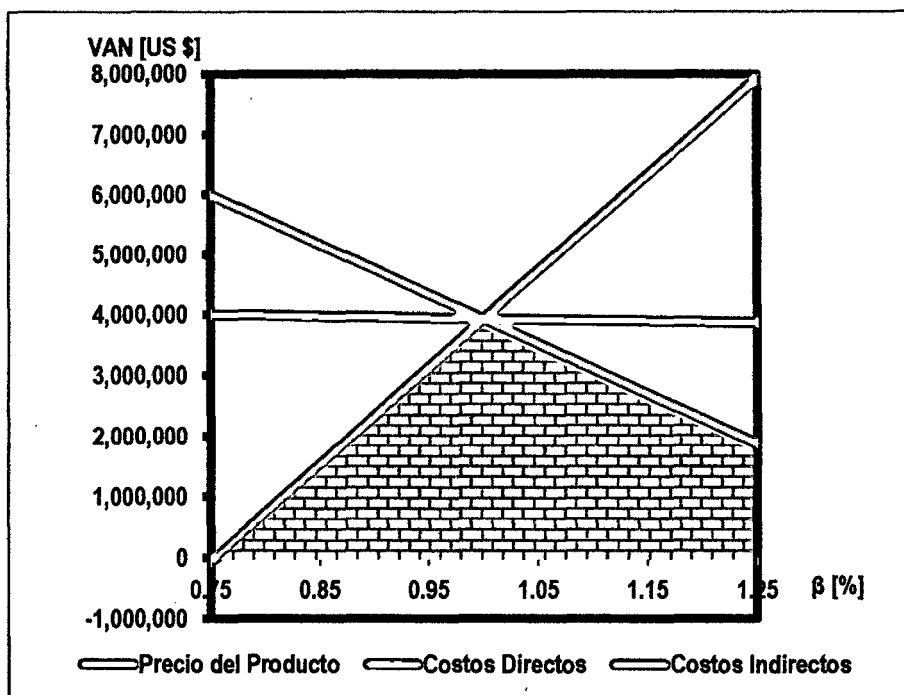


Figura N° 53: Sensibilidad del Proyecto.

CAPÍTULO IX

EVALUACIÓN AMBIENTAL

9.1. Evaluación ambiental en la extracción y refinación del aceite de palma.

El presente Proyecto comprende dos fases: la fase agrícola y la fase industrial, en tal sentido se requieren evaluaciones ambientales a ambas fases.

En la Evaluación ambiental del Componente agrícola, el diseño y metodología ya han sido desarrollados en otra tesis de investigación. ⁽²⁰⁾

En la Evaluación ambiental del Componente industrial, el diseño y metodología será expuesto en las siguientes líneas.

9.2. Estándar de calidad -ECA. Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Tabla 86: Estándares Nacionales de Calidad del aire [microgramos/metro³].

Fuente: Decreto Supremo N° 074-2001-PCM (2001)

CONTAMINANTES	PERÍODO	FORMA DEL ESTÁNDAR.		MÉTODO DE ANÁLISIS ⁽¹⁾
		VALOR	FORMATO	
SO ₂	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia Uv (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez/año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercia / filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
CO ₂	8 horas	10 000	Promedio móvil	Infrarrojo no disperso (NDIR) (método automático)
	1 hora	30 000	NE más de 1 vez/año	
NO ₂	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
O ₃	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (mét. automático)
Pb	Anual ⁽²⁾	0,5	Promedio aritmético de los valores mensuales	Método para PM 10 (espectrometría de absorción atómica)
	Mensual	1,5	NE más de 4 veces/año	
H ₂ S	24 horas ⁽²⁾			Fluorescencia UV (mét. automático)

Tabla 87: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido [dBA].

Fuente: Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (2003)

ZONA DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS	
	HOR DIURNO	HOR NOCTURNO
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Tabla 88: Estándares Calidad Ambiental para el Dióxido de Azufre.

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM (2008)

PARÁMETRO	PERÍODO	VALOR	VIGENCIA	FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	80	01/01/2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	20	01/01/2014		

Tabla 89: Estándares Calidad Ambiental Compuestos Orgánicos Volátiles -COV; Hidrocarburos Totales -HT; Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras -PM_{2,5}

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM (2008)

PARÁMETRO	PERÍODO	VALOR	VIGENCIA	FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Dióxido de azufre (SO ₂)	Anual	4 µg/m ³	01/01/2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2 µg/m ³	01/01/2014		
Hidrocarburos totales (HT)	24 horas	100 mg/m ³	01/01/2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	04 horas	50 µg/m ³	01/01/2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 µg/m ³	01/01/2014	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
Hidrógeno sulfurado (H ₂ S)	24 horas	150 µg/m ³	01/01/2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)

9.3. Identificación de los componentes ambientales.

Se realiza la identificación de acuerdo al proceso productivo detallado en al capítulo 7.13 de la presente investigación.

Los medios a analizar serán los siguientes: a) Medio Físico, b) Medio Biótico, c) Medio Socioeconómico.

9.3.1. Medio Físico. Está compuesto por: a) aire, b) agua, c) suelo, d) clima, y, e) paisaje. La Tabla N° 90 muestra sus componentes y respectivos análisis

Tabla N° 90: Componentes e indicadores del medio físico.

COMPONENTE	INDICADOR	ANÁLISIS
Aire	Contaminación por CO	No se genera
	Contaminación por NO ₂	No se genera
	Contaminación por SO	No se genera
	Contaminación por TPS	No se genera
	Contaminación sonora	ligeramente
Agua	Caudales fluviales	No lo genera
	Calidad biológica	No lo altera
	Proceso de eutroficación	No se genera
Suelo	Relieve y topografía	No se altera
	Calidad	No se altera
	Contaminación por N	No lo contamina
	Contaminación por conductividad	No lo contamina
	Erosión	No lo compromete
	Uso agrícola	No lo emplea
	Uso industrial	Si lo emplea
Clima	Régimen de vientos	No lo altera
	insolación	No aplicable
Paisaje	Paisajes singulares	No lo altera
	intervisibilidad	No la altera

9.3.2. Medio Biótico. Está compuesto por: a) flora, y, b) fauna. La Tabla N° 91 muestra sus componentes y respectivos análisis.

Tabla N° 91: Componentes e indicadores del medio biótico.

COMPONENTE	INDICADOR	ANÁLISIS
Flora	Vegetación natural	No lo altera
	En peligro de extinción	No perjudica
Fauna	Fauna natural	No lo altera
	En peligro de extinción	No perjudica

9.3.3. Medio Socioeconómico. Está compuesto por: a) social, y, b) económico. La Tabla N° 92 muestra sus componentes y respectivos análisis.

Tabla N° 92: Componentes e indicadores del medio socioeconómico.

COMPONENTE	INDICADOR	ANÁLISIS
Social	Sitios arqueológicos	No existen
	Estilo de vida	Mejora
Económico	Empleo	Ofrecido
	Actividades comerciales	mejora
	Recreación	mejora

9.4. Matriz de Leopold²⁴.

Mediante la matriz de Leopold, realizaremos la Evaluación del Impacto Ambiental del proceso productivo de la extracción y posterior refinación del aceite de palma.

La evaluación abarcará los componentes del medio físico, medio biótico y medio socioeconómico.

²⁴ Es un método cuantitativo de Evaluación de Impacto ambiental, que permite identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural.

9.5. Identificación de los Aspectos Ambientales Significativos²⁵.

9.5.1. Aspectos ambientales significativos en las emisiones. Se analiza las posibles descargas directas de fluidos gaseosos a la atmósfera.

Tabla N° 94: Aspectos Ambientales Significativos en las emisiones.

N°	ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO	IMPACTO AMBIENTAL
1	<ul style="list-style-type: none">• Generación de vapor:<ul style="list-style-type: none">➤ Material volátil.➤ Generación de CO₂.➤ Generación de SO₂.	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación del aire.• Contaminación del suelo.• Daños físicos al personal.
2	<ul style="list-style-type: none">• Emanación de gases tóxicos:<ul style="list-style-type: none">➤ Fumigación contra plagas.➤ Empleo de NaOH.➤ Empleo de H₃PO₄.	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación del aire.• Contaminación del suelo.• Daños físicos al personal.

9.5.2. Aspectos ambientales significativos en los residuos sólidos. Se analiza las posibles sustancias sólidas o semisólidas dispuestas al ambiente.

Tabla N° 95: Aspectos Ambientales Significativos en los sólidos.

N°	ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO	IMPACTO AMBIENTAL
3	<ul style="list-style-type: none">• Potencial explosión:<ul style="list-style-type: none">➤ Explosión de tanque de almacenamiento de aire comprimido.➤ Explosión de caldera.	<ul style="list-style-type: none">• Daños físicos al personal.• Contaminación del aire.• Contaminación del suelo.
4	<ul style="list-style-type: none">• Potencial incendio.	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación del aire.• Contaminación del suelo.
5	<ul style="list-style-type: none">• Generación y disposición de residuos sólidos -RR.SS.:<ul style="list-style-type: none">➤ Industriales.➤ Peligrosos.	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación del agua.• Contaminación del suelo.

9.5.3. Aspectos ambientales significativos en los efluentes. Se analiza las posibles descargas directas de fluidos líquidos al ambiente.

²⁵ Es aquel aspecto ambiental (elemento, actividad, producto o servicio de una organización que pueda interactuar con el ambiente) que tiene o puede tener un impacto sobre el ambiente.

Tabla N° 96: Aspectos Ambientales Significativos en los efluentes.

N°	ASPECTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO	IMPACTO AMBIENTAL
6	<ul style="list-style-type: none"> • Agua condensada contaminada con aceite. • Agua contaminada con ácidos grasos libres. • Purga del caldero. • Agua de descarga de bomba de vacío. • Agua de lavado en el desgomado. • Aguas servidas. • Agua contaminada con productos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del agua. • Contaminación del suelo.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial derrame de sustancias químicas: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Soda cáustica. ➢ Ácido fosfórico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del agua. • Contaminación del suelo. • Contaminación del aire. • Daños físicos al personal.

9.6. Acciones de mitigación²⁶.

9.6.1. Acciones de mitigación en las emisiones.

Tabla N° 97: Acciones de mitigación en las emisiones.

N°	AAS	PROCESO RELACIONADO	ACCIONES DE MITIGACIÓN
1	Generación de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Reacción incompleta al quemar el combustible líquido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Respetar los Límites Máximos Permisibles -LMP. • Contar con planes de monitoreo. • Contar con planes de contingencia. • Actuar de acuerdo al protocolo de la Ficha de Seguridad de los insumos empleados.
2	Emanación de gases tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> • Racimos de Fruto Fresco -RFF, con residuos de fungicidas e insecticidas. • Neutralización de los ácidos grasos libres -AGL. • Desgomado del aceite crudo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con planes de monitoreo. • Contar con planes de contingencia. • Actuar de acuerdo al protocolo de la Ficha de Seguridad de los insumos empleados.

²⁶ Son las medidas y acciones orientadas a atenuar, minimizar o eliminar los impactos ambientales generados por el Proyecto de la presente tesis.

9.6.2. Acciones de mitigación en los residuos sólidos.

Tabla N° 98: Acciones de mitigación en los residuos sólidos.

N°	AAS	PROCESO RELACIONADO	ACCIONES DE MITIGACIÓN
3	Potencial explosión	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de vapor. • Extracción y refinación del aceite. • Generación de aire comprimido. • Almacén general • Laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de actividades críticas, características claves y criterios de operación adecuados. • Contar con planes de contingencia.
4	Potencial incendio	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de vapor. • Almacén general. • Mantenimiento preventivo de maquinarias. • Reparación de equipos. • Pintado de equipos. • Montaje de estructuras de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de actividades críticas, características claves y criterios de operación adecuados. • Contar con planes de contingencia.
5	Generación de RR.SS.	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de vapor. • Extracción y refinación del aceite. • Desfrutado (tallos y raquis). • Palmistería (fibra). • Palmistería (nueces). • Mantenimiento preventivo de maquinarias. • Reparación de equipos. • Fumigación contra plagas. • Montaje de estructuras de equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos agrícolas empleados en la elaboración del compost²⁷. • Desechos de la tusa, fibra y nueces empleados como combustible sólido. • Lodos a la planta de tratamiento. • Disposición final de RR.SS. • Colocar hidrociclón para partículas de carbón (hollín). • Contar con plan de monitoreo. • Actuar de acuerdo al protocolo de la Ficha de Seguridad de los insumos sólidos empleados.

²⁷ El compost, o abono, es el producto que se obtiene a partir de la fermentación de materia orgánica, en este caso, provenientes de las plantaciones de la palma aceitera.

9.6.3. Acciones de mitigación en los efluentes.

Tabla N° 99: Acciones de mitigación en los efluentes.

N°	AAS	PROCESO RELACIONADO	ACCIONES DE MITIGACIÓN
6	Aguas	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción y esterilización del RFF. • Extracción del aceite. • Separación del aceite del canal de efluentes. • Refinación del aceite. • Servicios higiénicos: • Limpieza de tanques, techos y estructuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • El impacto ocasionado por la generación de efluentes se reduce al enviar los efluentes a la planta de tratamiento, lo cual permite verter en el cuerpo colector aguas más limpias. • Contar con planes de monitoreo.
7	Sustancias químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Fumigación contra plagas. • Recepción y esterilización del RFF • Almacén general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuar de acuerdo al protocolo de la Ficha de Seguridad de los insumos líquidos empleados.

9.7. EMISIÓN DE CO₂.

Es estima que 1 Ha de palma aceitera absorbe de la atmósfera cerca de 540 toneladas de CO₂, lo cual la convierte en una especie particularmente eficiente en esta aspecto. ⁽¹⁴⁾

Por otro lado, el cultivo requiere 19,2 GJ de inversión de energía/Ha y produce 182,1 GJ, lo que lo ubica en una posición muy favorable con relación a otros cultivos como la soya, que demandan grandes cantidades de energía para producir aceite.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1. La factibilidad técnica de la obtención del aceite refinado de palma a nivel piloto, empleando la tecnología descrita en la presente investigación, aplicando los procedimientos y técnicas señaladas, ha sido comprobada; debido a que se obtuvieron resultados experimentales satisfactorios, en cuanto a calidad y cantidad del producto esperado.**
- 2. La temperatura, variable manipulada en la experimentación, es la variable fundamental en todo el proceso, de ella depende la cantidad de materia obtenida y la cantidad de energía transferida, es decir, es la principal responsable de la eficiencia y eficacia del proceso productivo.**
- 3. De acuerdo al Estudio de Mercado, se concluye que la capacidad de planta para procesar 40 000 TM/año (120 TMD) de RFF, queda asegurada, debido a la gran demanda insatisfecha del aceite refinado de palma., tanto para el mercado nacional, como internacional.**
- 4. De acuerdo a la Evaluación Económica del Proyecto, se concluye que el Proyecto es rentable, con un VAN de 3 929 363 US \$, con una TIR de 39,99 %, y con un PR en 3,5 años de iniciado la producción.**
- 5. La Evaluación Ambiental del Proyecto, señala que no existen aspectos ambientales significativos que puedan comprometer el ecosistema al desarrollar el Proyecto; permitiendo la reutilización de los desperdicios sólidos generados.**

RECOMENDACIONES

- 1.** Tener un especial cuidado en el control y manipulación de la temperatura, pues de ella depende la optimización del sistema productivo en la industrialización de la palma aceitera.
- 2.** Determinadas la viabilidad técnica, viabilidad económica, y viabilidad ambiental del proceso productivo en la industrialización de la palma aceitera, se recomienda el desarrollo y ejecución del presente Proyecto.
- 3.** Promover la industrialización de la palma aceitera como sustituto de la hoja de coca en la Amazonía peruana, facilitando la reforestación ocasionada por el narcotráfico.
- 4.** Desarrollar un modelo matemático, teniendo como variable de control a la temperatura, en todas las etapas del proceso productivo en la industrialización de la palma aceitera, con el objetivo de maximizar la cantidad y calidad del aceite obtenido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alakali J. S., Eze S. O. & Ngadi M.O. "*Specific Heat Capacity of Crude Palm Oil*", International Journal of Chemical Engineering and Applications. Vol 3, N° 5. 2012
- [2] Alvarado Tobías, Mercedes O. "*Evaluación del proceso de clarificación en la planta de beneficio Palmagro S.A.*". Tesis para optar el postgrado de Magister en Agronomía con mención en Especialista en cultivos perennes industriales, en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2010
- [3] Bailey, Alton E. "*Aceites y grasas industriales*". Editorial Reverté. S.A. Barcelona, España. 2004
- [4] Costa Lostaunau, José. "*Estudio preliminar para la implementación de una planta de aceite de palma*". Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial, FII - UdL. Lima, Perú. 1981.
- [5] Cuadros García, Ciceley. "*Estudio preliminar para la instalación de una planta refinadora de aceite de palma comestible*". Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial, FII - UdL, Lima, Perú. 1985.
- [6] Delgado Rodríguez, Francisco. "*Palma de aceite*". Cali, Colombia. 2010.
- [7] FAO, Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. "*Palma de Aceite*", http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/PALMADEACEITE.HTM. 2013.

- [8] Fernández Paniagua, Carlos E. "*Estudio preliminar del proyecto palma aceitera de Pucallpa - Dpto. Ucayali*". Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, FIA - UNALM, Lima, Perú. 1988.
- [9] Gil Vivar, Marco A. "*Optimización del proceso de desodorización en una planta de aceites y grasas*". Informe de Ingeniería para optar el título profesional de Ingeniero Químico, FIQT - UNI. Lima, Perú. 2004.
- [10] Guerrero Best, Ernesto A. "*Análisis económico-financiero de la industria de insumos oleaginosos en el Perú durante 1980 - 1984: el caso del aceite de palma africana, Endepalma*". Tesis para optar el grado académico de Economista, FE - UdL, Lima, Perú. 1987.
- [11] Guzmán Castro, Fernando. "*Preparación y evaluación de proyectos de la industria química*". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2008.
- [12] Jiménez Pasmíño, Galo E. "*Diseño y construcción de un tanque para almacenar 2 000 toneladas de aceite de palma basada en la Norma API 650-2007*". Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro de Investigación Científica y Tecnológica. Guayaquil, Ecuador. 2007.
- [13] Machado Bonilla David O. & Rivera Cartagena Santos I. "*Análisis de prefactibilidad para la instalación de planta extractora de aceite*". Tesis para optar el postgrado de Master en Dirección Empresarial, Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamérica - UNITEC, Tegucigalpa, Honduras. 2011.
- [14] Ministerio de Agricultura. "*Manual técnico del cultivo de palma aceitera*". Dirección General de Competitividad Agraria, Lima, Perú. 2008.

- [15] Mohd Zin, Rohani Binti. *"Process design in degumming and bleaching of palm oil"*. Tesis para optar el título de Ingeniero, en el Centre of lipids engineering and applied research -CLEAR, Universiti Teknologi Malaysia. Research Vote N° 74198, Malasia. 2006.
- [16] Morillo Osmar, Fernández Solymar, Hernández Helisg, Castillo Gilda & Marquina Germania. *"Parámetros de extracción del aceite de palma africana utilizando CO₂ supercrítico"*. Revista Bioagro, vol 22 (2), pp. 89-94, Venezuela. 2010.
- [17] Neira Corrales, M. Leonor & Barragán Barragán, Máximo. *"Instalación de una planta de proceso continuo para la refinación de aceite de palma"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, FIQM (hoy FIQT) - UNI, Lima, Perú. 1974
- [18] Pajan Lan, Harold P. *"Diseño de una Planta de extracción y refinación de aceite de oliva"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, FIQM (hoy FIQT) - UNI. Lima, Perú. 1993.
- [19] Paucar Menacho, Luz María. *"Refinación de aceites y grasas"*. Lima, Perú. 2010.
- [20] Ríos Ruiz, Holden Audrey. *"Propuesta metodológica para evaluar el impacto ambiental, en proyectos de inversión del cultivo de la palma aceitera, en la flora de los bosques secundarios: Caso Caserío de Shambillo de la provincia de Padre Abad de la Región Ucayali"*. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias con mención en Proyectos de Inversión, FIECS - UNI, Lima, Perú. 2008.
- [21] Robles Quintania Cipriano & Santamaría Díaz Sul. *"Tratamiento y conservación del aceite de palma africana"*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, FIQ - US, Santander, Colombia. 1972.

- [22] Shimabukuro Yamashiro, Diana & Torres López, Edelina R. *“Estudio técnico de la extracción de aceite esencial de Piper Aduncum L. “Matico” y Diseño de Planta piloto”*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, FIQM (hoy FIQT) - UNI. Lima, Perú. 1992.
- [23] UNOPS, Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos. *“Estudio de factibilidad para la instalación del cultivo y planta de transformación de la palma aceitera en la localidad del Pongo de Caynarachi - Región San Martín”*. Lima, Perú. 1999.
- [24] Velásquez Martínez J. R., Trujillo Castillo L. F., Yánes García M. & Medina Juárez L.A. *“Fraccionamiento y caracterización de las fracciones (oleína y estearina) del aceite crudo de palma africana producido en el Estado de Tabasco”*, IX Congreso de Ciencia de los alimentos y V Foro de ciencia y tecnología de alimentos. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México. 2007.
- [25] Villa Alba Lucía, Jiménez Pablo Edgar, Valbuena Raúl Iván, Bastidas Silvio, & Núñez Víctor Manuel. *“Preliminary study of the establishment of cryoconservation protocol for oil palm (Elaeis guineensis Jacq)”*. Revista Agronomía Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, vol 25 (2), pp. 215-223, Medellín, Colombia. 2007.
- [26] Zumarán Bustios, Agustín V. *“Estudio preliminar para la instalación de una planta de extracción de aceite de palma y palmiste”*. Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial, FII - UdL, Lima, Perú. 1986.

ANEXOS

ANEXO N° 1

**FICHA TÉCNICA DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
EMPLEADOS EN LA REFINACIÓN DEL ACEITE DE PALMA**

**HIDRÓXIDO DE SODIO
Ficha Técnica**

FICHA TÉCNICA	
Nombre	: HIDRÓXIDO DE SODIO
1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
Líquido, incoloro, transparente o ligeramente turbio. Todas las soluciones son higroscópicas fuertemente alcalinas y corrosivas. Soluble en agua, alcohol y glicerol.	
2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
Estado físico	: Líquido viscoso
Peso molecular	: 39,9971 g/mol
Color	: blanquecino
Olor	: Inodoro
Punto de Fusión	: 10 °C
Punto de Ebullición	: 145 °C
Densidad líquido	: 1 530 kg/m ³ (15,6 °C y 50 % peso)
pH	: 13
viscosidad	: 50 cp (20 °C)
solubilidades	: Metanol, etanol, glicerina
insoluble	: Acetona y éter
3. APLICACIONES	
• Química Orgánica e Inorgánica: Fabricación de compuestos de sodio que pueden, a su vez, ser intermedios (como el Fenolato Sódico) en la preparación de aspirina o producto final como e hipoclorito de sodio,	

importante blanqueador y desinfectante base de lejías.

- **Industria Textil:** Operaciones de acabado y apresto como el mercerizado, en el que mejora el brillo y la absorción de tintes, la limpieza removiendo ceras y pectinas, y el blanqueado con un agente oxidante.
- **Detergentes y Tensoactivos:** La sosa interviene en la hidrólisis de grasas y aceites vegetales y animales, para producir los detergentes. En la fabricación de los polvos, intervienen además otros compuestos de sodio en el que también está presente la sosa.
- **Producción de Gas y Petróleo:** La sosa se emplea en perforación para controlar el PH de los barros y lodos, y también como bactericida. En el refinado del petróleo, se emplea para extraer azufre, compuestos de azufre y ácidos.
- **Producción de Aluminio:** Extracción de la alúmina de la bauxita, mineral base.
- **Industria de la Celulosa y el Papel:** La sosa actúa sobre la pulpa para producir celulosa. En la industria papelera, blanquea la materia prima reciclada.
- **Industria del Rayón:** Disolución de la lignina de la pulpa.
- **Industria Alimenticia:** Refinado de aceites animales y vegetales, limpieza de botellas y equipos de fabricación de cervezas y pelado de papas, frutas y vegetales.
- **Tratamiento de Agua:** Control del PH y regeneración de resinas iónicas.
- **Industria Agrícola:** Tratamiento de la paja para mejorar su valor nutritivo y digestibilidad. Limpieza de equipos lácteos.
- **Otros Usos:** Decapado de pinturas, agente extractor en secado, en el esmaltado e incluso en desengrase y limpieza de metales.

4. PRESENTACIÓN

A granel.

5. CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE

- Ventilación apropiada.
- El transporte se debe realizar en tanques cisternas, o envases contruidos en hierro, acero o plástico, temperaturas inferiores a 40 °C.
- En condiciones más exigentes, se deben utilizar recipientes contruidos en níquel o aleaciones más resistentes a la corrosión alcalina.

ÁCIDO FOSFÓRICO
Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA	
Nombre	: ÁCIDO FOSFÓRICO
1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
Líquido incoloro, ligeramente turbio. Corrosivo. Soluble en agua.	
2. PROPIEDADS FÍSICO-QUÍMICAS	
Estado físico	: Líquido
Peso molecular	: 98,0
Color	: transparente
Olor	: Inodoro
Punto de Fusión	: 42 °C
Punto de Ebullición	: 158 °C
Densidad líquido	: 1 685 kg/m ³
pH	: 1,5
viscosidad	: No disponible
solubilidades	: Miscible con agua
insoluble	: No disponible
3. APLICACIONES	
<ul style="list-style-type: none">• Industria agrícola: Constituye la fuente de compuestos de importancia industrial llamados fosfatos, empleados como fertilizantes para la agricultura.• Industria de alimentos balanceados: Constituye fuente principal para obtener los fosfatos, empleados como componente nutricional en alimentos balanceados para animales.• Industria de detergentes: Como materia prima para producir detergentes y jabones.	

- **Industria de alimentos:** Como materia prima para producir gelatinas y gaseosas.
- **Industria química:** como catalizador para manufactura de etanol, como estabilizador del suelo.
- **Otros Usos:** Fabricación de ceras y pulimentadores.

4. PRESENTACIÓN

En envases de polietileno.

5. CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE

- Ventilación apropiada.
- Almacenamiento en tanques de acero inoxidable, de acero al carbono recubierto de fibra de vidrio o polipropileno.
- El transporte se debe realizar en bidones de polipropileno.

TIERRA DECOLORANTE
Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA	
Nombre	: TIERRA DECOLORANTE
1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
<p>Sólido. Roca sedimentaria silícea formada por microfósiles. Tratada con ácido clorhídrico.</p>	
2. ANÁLISIS QUÍMICOS	
SiO ₂	: 53,5 %
MgO	: 30,5 %
Al ₂ O ₃	: 4,0 %
Fe ₂ O ₃	: 1,5 %
K ₂ O	: 1,0 %
CaO	: 0,7 %
Na ₂ O	: 0,3 %
3. APLICACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Reduce los niveles de clorofila y otros pigmentos/partículas responsables del color. • Elimina fosfolípidos y jabones. • Presenta una excelente absorción de metales pesados. • Muestras óptimas propiedades de filtración. • No contiene ácidos minerales. • Sirve como medio de filtración, su granulometría es ideal para la filtración del agua. • Se utilizan para las filtraciones en química y en la fabricación de la cerveza donde se ha descubierto que desprenden plomo, arsénico y cianuro en cantidades no peligrosas pero justo en el límite de lo legal. • Se le utilizó también, para estabilizar la nitroglicerina, y formas con ella la 	

dinamita.

- Otras aplicaciones, como agente abrasivo, incluyen: el pulido de metales, en los dentífricos y en cremas exfoliantes.
- Sirven también como pesticida natural no venenoso, sobre todo, en la agricultura biológica.
- Puede ser utilizada para la retirada del ADN en presencia del agente caotrópico altamente concentrado.

4. PRESENTACIÓN

En bolsas de polietileno.


5. CONDICIONES DE USO Y ALMACENAJE

- Ventilación apropiada.
- Almacenamiento en lugares secos.
- El transporte se debe realizar en parihuelas de madera, cada 50 bolsas.

ANEXO N° 2

**FICHA DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS
EMPLEADOS EN LA REFINACIÓN DEL ACEITE DE PALMA**

**HIDRÓXIDO DE SODIO
Ficha de Seguridad**


HOJA DE SEGURIDAD			
CAS	1310-73-2	Sosa cáustica.	
NU	1823	Hidrato de sodio.	
CE Índice Anexo I	011-002-00-6	Sosa.	
CE / E INE CS	215-185-5	NaOH	
		Masa molecular: 40,0	
TIPOS DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles.	NO poner en contacto con el agua.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
Explosión	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos).	NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos).	
Exposición		¡EVITAR LA DISPERSIÓN	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS


		N DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	LOS CASOS!
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE • Símbolo: C	

<p>NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 <p>Clasificación NU</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de Peligros NU: 8 • Grupo de Envasado NU: II <p>Clasificación GHS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peligro • Nocivo en caso de ingestión. • Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. • Puede provocar irritación respiratoria.
<p>RESPUESTA DE EMERGENCIA</p>	<p>ALMACENAMIENTO</p>
<p>Código NFPA: H3; F0; R1</p>	<p>Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</p>
<p>DATOS IMPORTANTES</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • ESTADO FÍSICO; ASPECTO, Sólido blanco e higroscópico, en diversas formas. • PELIGROS QUÍMICOS, La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoniaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor. (Ver Notas). • LÍMITES DE EXPOSICIÓN, 	<ul style="list-style-type: none"> • VÍAS DE EXPOSICIÓN, Efectos locales graves. • RIESGO DE INHALACIÓN, Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa. • EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN, La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. • EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA, El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.

<p>TLV: 2 mg/m³ (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK: 1lb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009).</p>	
<p>PROPIEDADES FÍSICAS</p>	
<p>Punto de fusión: 10 °C Punto de ebullición: 145 °C Densidad: 1 530 kg/m³</p>	<p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 109 (muy elevada).</p>
<p>DATOS AMBIENTALES</p>	
<p>Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente. Debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
<p>NOTAS</p>	
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Otro N° NU: NU1824 Disolución de hidróxido de sodio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III.</p>	
<p>INFORMACIÓN ADICIONAL</p>	
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 2 mg/m³</p>	

ÁCIDO FOSFÓRICO
Ficha de Seguridad

HOJA DE SEGURIDAD			
CAS	7664-38-2	Ácido ortofosfórico	
RTECS	TB6300000	Ácido fosfórico	
ICSC	1008	H ₃ PO ₄	
N	1805		
CE	015-011-00-6	Masa molecular: 98,0	
TIPOS DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno están permitidos todos los agentes extintores.
Explosión			
Exposición		¡EVITAR LE GENERACIÓN DE NIEBLAS!	
Inhalación	Sensación de quemazón, tos, jadeo, dolor de garganta.	Ventilación.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento, dolor, ampollas, quemaduras.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad o protección	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar

		ocular combinada con la protección respiratoria.	las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal, sensación de quemazón, shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: traje de protección química incluyendo equipo autónomo de respiración.</p>		<p>Separado de alimentos y piensos. Ver peligros químicos. Mantener un lugar seco y bien cerrado.</p>	<p>No transportas con alimentos y piensos. Símbolo C R: 34 S: (1/2-)26-45 Nota B Clasificación de peligros: UN: 8 Grupo de envasado UN: III CE:</p> 
DATOS IMPORTANTES			
<ul style="list-style-type: none"> • ESTADO FÍSICO; ASPECTO, Cristales higroscópicos, incoloros. • PELIGROS FÍSICOS • PELIGROS QUÍMICOS, La sustancia polimeriza violentamente bajo la influencia de compuestos azo, epóxidos y otros compuestos polimerizables. Por combustión, formación de humos tóxicos 		<ul style="list-style-type: none"> • VÍAS DE EXPOSICIÓN, La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión. • RIESGO DE INHALACIÓN, Por evaporación de esta sustancia a 20 °C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire. • EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN, La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el 	

<p>(óxidos de fósforo). La sustancia se descompone en contacto con alcoholes, aldehídos, cianuros, cetonas, fenoles, ésteres, sulfuros, halogenados orgánicos, produciendo humos tóxicos. La sustancia es moderadamente ácida. Ataca los metales formando gas inflamable de hidrógeno. Reacciona violentamente con bases.</p> <p>• LÍMITES DE EXPOSICIÓN, TLV (como TWA): 1 mg/m³, (como SEL): 3 mg/m³ (ACGIH 2004). MAK: 2 mg/m³ (fracción inhalable); categoría de limitación de pico: I(2)Ib, riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2005). LEG UE: 1 mg/m³ (8h, 2 mg/m³ (corto plazo).</p>	<p>tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p> <p>• EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</p>
<p>PROPIEDADES FÍSICAS</p>	
<p>Punto de fusión: 42 °C Punto de ebullición: 158°C Densidad: 1 685 kg/m³ Solubilidad en agua: muy elevada.</p>	<p>Presión de vapor, Pa a 20 °C: 4. Se descompone por debajo del punto de ebullición a 213 °C</p>
<p>DATOS AMBIENTALES</p>	
<p>NOTAS</p>	
<p>NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia, cuando se deba disolver o diluir, añadir MUY LENTAMENTE el ácido al agua mezclando continuamente. Código NFPA: H 2; F O; R O;</p>	
<p>INFORMACIÓN ADICIONAL</p>	
<p>FISQ: 4-012 Ácido ortofosfórico.</p>	

TIERRA DECOLORANTE
Ficha de Seguridad

HOJA DE SEGURIDAD			
CAS	61790-53-2	Tierra de diatomeas	
RTECS	HL8600000	Diatomita no calcinada	
ICSC	0248	SiO ₂	
N			
CE		Masa molecular: 60,8	
TIPOS DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	No combustible		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores
Explosión			
Exposición		EVITA LA DISPERSIÓN DEL POLVO	
Inhalación	Tos	Extracción localizada o protección respiratoria	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica
Piel	Piel seca, aspereza	Guantes protectores	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón
Ojos	Enrojecimiento, dolor	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar los lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica
Ingestión		No comer, ni	

		beber, ni fumar durante el trabajo	
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P1 contra partículas inertes)			
DATOS IMPORTANTES			
<ul style="list-style-type: none"> • ESTADO FÍSICO; ASPECTO, Polvo fino, amorfo o inodoro. • PELIGROS FÍSICOS, al calentar el material a altas temperaturas se forma sílice cristalina. • PELIGROS QUÍMICOS, • LÍMITES DE EXPOSICIÓN, TLV (como TWA): 10 mg/m³. 		<ul style="list-style-type: none"> • VÍAS DE EXPOSICIÓN, La sustancia se puede absorber por inhalación. • RIESGO DE INHALACIÓN, La evaporación de esta sustancia a 20 °C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire. • EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN, • EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA, La sustancia puede afectar a los pulmones, dando lugar a una fibrosis. 	
PROPIEDADES FÍSICAS			
Color: Blanco lechoso Olor: Inodoro Punto de fusión: 1400 - 1750 °C Punto de ebullición: > 2 200 °C		Densidad: 2 300 kg/m ³ Solubilidad en agua: insoluble pH: 9,0 - 10,5	
DATOS AMBIENTALES			
NOTAS			
La bibliografía sugiere que la fibrosis puede ser debida a contaminantes cristalinos. Está indicado examen médico periódico dependiendo llevar a casa la ropa de trabajo.			
INFORMACIÓN ADICIONAL			
FISQ: 3-188 Tierra de diatomeas (no calcinada).			