

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA  
INSTALACIÓN DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE  
POLVILLO DE ARROZ**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**CÉSAR ANDRÉS RAMÍREZ ROMERO**  
**cesar\_ram85@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON OSWALDO ACUÑA GORDILLO**  
**oswaldo.acuna@epn.edu.ec**

**Quito, Septiembre 2014**

© Escuela Politécnica Nacional 2014  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, César Andrés Ramírez Romero, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

César Andrés Ramírez Romero

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por César Andrés Ramírez Romero, bajo mi supervisión.

-----  
Ing. Oswaldo Acuña  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por ayudarme en todo lo que he necesitado, a mi padre César Ramírez y a mi madre Marlene Romero, que con su amor infinito han sabido educarme como un hombre de bien, y han estado pendientes de mí en cada instante, a lo largo de mi carrera universitaria.

A Diana y Giuly, mis hermanas, que siempre han estado incondicionalmente apoyándome y escuchándome cuando he tenido algún problema.

A mi tía Bety y a Lita por su apoyo en los momentos más difíciles que se me han presentado.

Al Ingeniero Oswaldo Proaño por su guía, ayuda desinteresada y por los conocimientos que supo impartirme.

Al Ingeniero Oswaldo Acuña por sus conocimientos y ayuda brindada a lo largo de la investigación

Al Señor Wilman Quezada por la ayuda que me brindo en el laboratorio al momento de manejar los equipos.

A la Señora Cecilia Troya por la confianza y la ayuda que me dio a lo largo de todo el proyecto de titulación.

A mis amigos, Javier por facilitarme la materia prima para la investigación del proyecto, Pablo por brindarme sus consejos y apoyo durante todo el proceso de investigación.

A todos mis amigos de la universidad Andrés, Martín, Dalton, Carito, Josethe, Sebas, Stalin, Raisa y Fercho por su apoyo brindado.

## INDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xix</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1. Situación del cultivo de arroz en el Ecuador	1
1.1.1. Generalidades del cultivo de arroz	1
1.1.1.1. Taxonomía del arroz	2
1.1.1.2. Distribución geográfica y superficie	2
1.1.1.3. Composición química	5
1.1.2. Producción	8
1.1.3. Mercado nacional	9
1.1.4. Exportaciones	10
1.1.5. Importaciones	11
1.2. Extracción de aceite	13
1.2.1. Tratamiento térmico de los productos oleaginosos	13
1.2.1.1. Tratamiento térmico por extrusión	13
1.2.1.2. Tratamiento térmico por estufa	14
1.2.2. Extracción mecánica	14
1.2.3. Teoría de la extracción sólido-líquido	14
1.2.3.1. Etapas para la extracción sólido-líquido	15
1.2.3.2. Métodos de extracción	16
1.2.4. Extracción sólido-líquido (con disolventes)	17
1.2.4.1. Disolventes usados en la extracción sólido-líquido de semillas oleaginosas	17
1.2.4.2. Recuperación del disolvente	18
1.2.5. Tipos de extractor sólido-líquido	18
1.2.5.1. Extractor sólido-líquido a nivel de laboratorio	19
1.2.5.2. Extractor sólido-líquido a nivel de industria	20
1.2.6. Composición de los aceites	22
1.2.6.1. Características químicas	23
1.2.6.2. Características físicas	28
1.3. Situación del mercado de aceites vegetales en el Ecuador	30
1.3.1. Producción de aceite vegetal en el Ecuador	30
1.3.2. Consumo de aceite vegetal en el Ecuador	31
1.3.3. Exportaciones de aceite	31
1.3.4. Importaciones de aceite	32
1.3.5. Estados Financieros e Indicadores del Proyecto	34
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>43</b>

2.1	Materiales	43
2.2.	Evaluación del efecto del pre-tratamiento de la materia prima en el proceso de extracción del aceite por solvente y de los índices de calidad	43
2.2.1.	Pre-tratamientos de la materia prima	44
2.2.1.1.	Pre-tratamiento en estufa	44
2.2.1.2.	Pre-tratamiento en extrusor	45
2.2.2.	Extracción y recuperación del aceite	45
2.2.2.1.	Extracción de aceite	45
2.2.2.2.	Recuperación del aceite	46
2.2.2.3.	Filtración del aceite	46
2.2.3.	Propiedades físicas y químicas del aceite	47
2.2.3.1.	Propiedades físicas del aceite	47
2.2.3.2.	Propiedades químicas del aceite	48
2.3	Balances de masa y energía	49
2.3.1.	Dimensionamiento de la planta	49
2.3.2.	Balances de masa	49
2.3.2.1.	Tratamiento Térmico	51
2.3.2.2.	Extracción	51
2.3.2.3.	Recuperación de hexano y aceite	51
2.3.2.4.	Desolventizado	51
2.3.2.5.	Filtrado	52
2.3.3.	Balances de energía	53
2.3.3.1.	Pre-tratamiento Térmico	53
2.3.3.2.	Extracción o lixiviación	53
2.3.3.3.	Fraccionamiento de la miscela	56
2.3.3.4.	Desolventización	57
2.4.	Dimensionamiento de los equipos	58
2.4.1.	Equipo de pesaje	58
2.4.2.	Equipo de extrusión	59
2.4.3.	Equipo de extracción	59
2.4.4.	Evaporador	60
2.4.5.	Desolventizador	60
2.4.6.	Filtro	61
2.4.7.	Tanques de almacenamiento para aceite y hexano	61
2.4.8.	Elaboración de planos de la planta industrial	61
2.5	Análisis económico	62
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>63</b>
3.1.	Evaluación del efecto del pre-tratamiento de la materia prima en el proceso de extracción del aceite por solvente y de los índices de calidad	63
3.1.1.	Pretratamiento de la materia prima	63
3.1.1.1.	Pre-tratamiento en estufa	63
3.1.1.2.	Pre-tratamiento en extrusor	64
3.1.2.	Extracción y recuperación del aceite	67

3.1.2.1. Extracción de aceite de polvillo pre-tratado en estufa	67
3.1.2.2. Extracción de aceite de polvillo pre-tratado en extrusor	69
3.1.2.3. Filtración del aceite	73
3.1.3. Propiedades físicas y químicas del aceite	73
3.1.3.1. Propiedades físicas	73
3.1.3.2. Pruebas Químicas	80
3.2. Dimensionamiento de la capacidad de los equipos con base en el proceso de extracción de aceite crudo	100
3.2.1. Balances de masa	102
3.2.1.1. Extrusión	102
3.2.1.2. Extracción	103
3.2.1.3. Recuperación de aceite y hexano	103
3.2.1.4. Desolventizado	103
3.2.1.5. Filtración	104
3.2.2. Balances de energía	104
3.2.2.1. Energía requerida para la extracción	104
3.2.2.2. Energía requerida para la recuperación	106
3.2.2.3. Energía requerida para desolventización	106
3.2.3. Dimensionamiento y Elección de equipos	108
3.2.3.1. Sub-área de tratamiento térmico	109
3.2.3.2. Sub-área de extracción	110
3.2.3.3. Sub-área de recuperación	111
3.2.3.4. Equipos auxiliares y periféricos	112
3.2.4. Requerimiento de personal por áreas	114
3.2.4.1. Personal área de producción	114
3.2.4.2. Personal área administrativa	115
3.2.5. Lay out	115
3.2.5.1. Dimensionamiento de equipos	115
3.2.5.2. Área administrativa	118
3.2.5.3. Área de laboratorio	118
3.2.5.4. Área de patios y parqueaderos	118
3.3. Estudio de pre-factibilidad económica de instalación de la planta.	119
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>131</b>
4.1. Conclusiones	131
4.2. Recomendaciones	132
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>142</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.1.</b>	Clasificación taxonómica del arroz	2
<b>Tabla 1.2.</b>	Superficie cosechada desde el año 2006 hasta 2011	5
<b>Tabla 1.3.</b>	Composición y energía de los cereales	6
<b>Tabla 1.4.</b>	Composición del polvillo de arroz en 100g de muestra	7
<b>Tabla 1.5.</b>	Contenido de vitaminas y minerales del polvillo de arroz en 100g	7
<b>Tabla 1.6.</b>	Contenido de aminoácidos del polvillo de arroz, en porcentaje (%) de proteína bruta	8
<b>Tabla 1.7.</b>	Superficie, Producción y Rendimiento a nivel nacional	8
<b>Tabla 1.8.</b>	Precios de arroz en USD del Ecuador por kilogramo	9
<b>Tabla 1.9.</b>	Exportaciones de arroz en toneladas por Partida Nandina	10
<b>Tabla 1.10.</b>	Exportaciones de arroz en miles de USD por Partida Nandina	10
<b>Tabla 1.11.</b>	Importaciones de arroz en toneladas métricas por Partida Nandina	11
<b>Tabla 1.12.</b>	Importaciones de arroz en miles de USD FOB por Partida Nandina	12
<b>Tabla 1.13.</b>	Importaciones de arroz en miles de USD CIF por Partida Nandina	12
<b>Tabla 1.14.</b>	Ácidos grasos del aceite de polvillo de arroz en porcentaje	24
<b>Tabla 1.15.</b>	Producción, consumo y excedentes de aceite de palma	30
<b>Tabla 1.16.</b>	Exportaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en toneladas	31
<b>Tabla 1.17.</b>	Exportaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares FOB	32
<b>Tabla 1.18.</b>	Importaciones de aceites por partida nandina desde 2008	

	hasta 2012 en toneladas	32
<b>Tabla 1.19.</b>	Importaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares FOB	33
<b>Tabla 1.20.</b>	Importaciones de aceites por Partida Nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares CIF	33
<b>Tabla 3.1.</b>	Análisis de varianza para la pérdida de peso en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa	64
<b>Tabla 3.2.</b>	Análisis de varianza para la pérdida de peso en porcentaje, de las muestras pre- tratadas en extrusor	65
<b>Tabla 3.3.</b>	Análisis de varianza para rendimiento de aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-tratadas en estufa	67
<b>Tabla 3.4.</b>	Análisis de varianza para rendimiento aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-tratadas en extrusor	70
<b>Tabla 3.5.</b>	Análisis de varianza para la densidad relativa (25/25°C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa	74
<b>Tabla 3.6.</b>	Análisis de varianza para la densidad relativa (25/25°C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor	75
<b>Tabla 3.7.</b>	Análisis de varianza para el punto de enturbiamiento (Nube) de las muestras pretratadas en estufa	77
<b>Tabla 3.8.</b>	Análisis de varianza punto de enturbiamiento (Nube) de las muestras pretratadas en extrusor	77
<b>Tabla 3.9.</b>	Análisis de varianza para el punto de vertido de las muestras pretratadas en estufa	78
<b>Tabla 3.10.</b>	Análisis de varianza para el punto de vertido de las muestras pretratadas en extrusor	78
<b>Tabla 3.11.</b>	Análisis de varianza para el punto de solidificación de las muestras pretratadas en estufa	79
<b>Tabla 3.12.</b>	Análisis de varianza para el punto de solidificación de las muestras pretratadas en extrusor	79
<b>Tabla 3.13.</b>	Análisis de varianza para la acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en porcentaje (%) en masa	82
<b>Tabla 3.14.</b>	Análisis de varianza para la acidez del aceite de polvillo de Arroz pre-tratado en extrusor, en porcentaje (%) de masa	84

<b>Tabla 3.15.</b>	Análisis de varianza para índice de Iodo de las muestras de aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en (cg/g)	86
<b>Tabla 3.16.</b>	Análisis de varianza para el índice de iodo de las muestras de aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor en (cg/g)	88
<b>Tabla 3.17.</b>	Análisis de varianza para el índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa en (mg/g)	91
<b>Tabla 3.18.</b>	Análisis de varianza para índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (mg/g)	93
<b>Tabla 3.19.</b>	Análisis de varianza para la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en (%)de masa	96
<b>Tabla 3.20.</b>	Análisis de varianza para la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (%) de masa	98
<b>Tabla 3.21.</b>	Recuperaciones y pérdidas de hexano por etapa de proceso	104
<b>Tabla 3.22.</b>	Vapor y calor utilizado en cada etapa del proceso	108
<b>Tabla 3.23.</b>	Sub-áreas de producción de la planta extractora con equipos códigos y gastos energéticos	109
<b>Tabla 3.24.</b>	Equipos periféricos y gastos energéticos	113
<b>Tabla 3.25.</b>	Lista de empleados de la planta del área de producción en 24 horas	114
<b>Tabla 3.26.</b>	Lista de empleados de la planta del área administrativa	115
<b>Tabla 3.27.</b>	Lista de equipos del área de producción y periférico con dimensiones de largo ancho y altura	116
<b>Tabla 3.28.</b>	Requerimiento de agua como refrigerante para condensación de hexano	117
<b>Tabla 3.29.</b>	Inversión total	119
<b>Tabla 3.30.</b>	Ventas netas	119
<b>Tabla 3.31.</b>	Inversión fija	120
<b>Tabla 3.32.</b>	Capital de operación	120
<b>Tabla 3.33.</b>	Costo de producción anual	121

<b>Tabla 3.34.</b>	Costo unitario del producto	121
<b>Tabla 3.35.</b>	Flujo neto de fondos desde 2014-2024	122
<b>Tabla 3.36.</b>	Estado de pérdidas y ganancias proyectado a 10 años	123
<b>Tabla 3.37.</b>	Valor actual neto (USD)	124
<b>Tabla 3.38.</b>	Cálculo de la TIR	125
<b>Tabla 3.39.</b>	Periodo de recuperación de la inversión	126
<b>Tabla 3.40.</b>	Relación/ costo beneficio	127
<b>Tabla 3.41.</b>	Análisis y determinación del punto de equilibrio (USD)	129
<b>Tabla 3.42.</b>	Determinación punto de equilibrio en porcentaje y en (USD)	129
<b>Tabla AXI.1.</b>	Primera prueba peso perdido en porcentaje muestra de estufa	170
<b>Tabla AXI.2.</b>	Segunda prueba peso perdido en porcentaje muestra de estufa	170
<b>Tabla AXII.1.</b>	Primera prueba peso perdido en porcentaje muestra de extrusor	171
<b>Tabla AXII.2.</b>	Segunda prueba peso perdido en porcentaje muestra de extrusor	171
<b>Tabla AXIII.1.</b>	Primera prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo	172
<b>Tabla AXIII.2.</b>	Segunda prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo	172
<b>Tabla AXIII.3.</b>	Tercera prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo	173
<b>Tabla AXIV.1.</b>	Primera prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor	174
<b>Tabla AXIV.2.</b>	Segunda prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor	174
<b>Tabla AXIV.3.</b>	Tercera prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor	174
<b>Tabla AXV.1.</b>	Primera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa	175
<b>Tabla AXV.2.</b>	Segunda prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa	175

<b>Tabla AXV.3.</b>	Tercera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa	176
<b>Tabla AXVI.1.</b>	Primera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor	177
<b>Tabla AXVI.2.</b>	Segunda prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor	177
<b>Tabla AXVI.3.</b>	Tercera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor	178
<b>Tabla AXVII.1.</b>	Primera prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa	179
<b>Tabla AXVII.2.</b>	Segunda prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa	179
<b>Tabla AXVII.3.</b>	Tercera prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa	180
<b>Tabla AXVII.4.</b>	Primera prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor	180
<b>Tabla AXVII.5.</b>	Segunda prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor	181
<b>Tabla AXVII.6.</b>	Tercera prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor	181
<b>Tabla AXVIII.1.</b>	Primera prueba de acidez de aceite tratado en estufa	182
<b>Tabla AXVIII.2.</b>	Segunda prueba de acidez de aceite tratado en estufa	182
<b>Tabla AXVIII.3.</b>	Tercera prueba de acidez de aceite tratado en estufa	182
<b>Tabla AXIX.1.</b>	Primera prueba de acidez de aceite tratado en extrusor	183
<b>Tabla AXIX.2.</b>	Segunda prueba de acidez de aceite tratado en extrusor	183
<b>Tabla AXIX.3.</b>	Tercera prueba de acidez de aceite tratado en extrusor	183
<b>Tabla AXX.1.</b>	Primera prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa	184
<b>Tabla AXX.2.</b>	Segunda prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa	185
<b>Tabla AXX.3.</b>	Tercera prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa	186
<b>Tabla AXXI.1.</b>	Primera prueba de índice de iodo de aceite tratado en extrusor	187
<b>Tabla AXXI.2.</b>	Segunda prueba de índice de iodo de aceite tratado en extrusor	188
<b>Tabla AXXI.3.</b>	Tercera prueba de índice de iodo de aceite tratado en extrusor	189

<b>Tabla AXXII.1.</b>	Primera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa	190
<b>Tabla AXXII.2.</b>	Segunda prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa	191
<b>Tabla AXXII.3.</b>	Tercera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa	191
<b>Tabla AXXIII.1.</b>	Primera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor	192
<b>Tabla AXXIII.2.</b>	Segunda prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor	193
<b>Tabla AXXIII.3.</b>	Tercera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor	193
<b>Tabla AXXIV.1.</b>	Primera prueba de materia insaponificable de aceite en estufa	194
<b>Tabla AXXIV.2.</b>	Segunda prueba de materia insaponificable de aceite en estufa	194
<b>Tabla AXXIV.3.</b>	Tercera prueba de materia insaponificable de aceite en estufa	195
<b>Tabla AXXV.1.</b>	Primera prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor	196
<b>Tabla AXXV.2.</b>	Segunda prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor	196
<b>Tabla AXXV.3.</b>	Tercera prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor	197
<b>Tabla AXXIX.1.</b>	Construcción de la planta	213
<b>Tabla AXXIX.2.</b>	Maquinaria y equipo	214
<b>Tabla AXXIX.3.</b>	Equipo de computación	215
<b>Tabla AXXIX.4.</b>	Equipos de oficina	215
<b>Tabla AXXIX.5.</b>	Muebles y enseres	215
<b>Tabla AXXIX.6.</b>	Otros activos	216
<b>Tabla AXXX.1.</b>	Costo de polvillo de arroz	217
<b>Tabla AXXX.2.</b>	Costo de hexano perdido	217
<b>Tabla AXXX.3.</b>	Inventario de hexano para la extracción	217

<b>Tabla AXXX.4.</b>	Mano de obra directa	218
<b>Tabla AXXX.5.</b>	Suministros	219
<b>Tabla AXXX.6.</b>	Costo de consumo energético	219
<b>Tabla AXXX.7.</b>	Mano de obra indirecta	220
<b>Tabla AXXX.8.</b>	Gastos administrativos	220
<b>Tabla AXXX.9.</b>	Gastos de ventas	221
<b>Tabla AXXX.10.</b>	Depreciación	221
<b>Tabla AXXX.11.</b>	Reparación y mantenimiento	222
<b>Tabla AXXX.12.</b>	Seguros	222

## ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
<b>Figura 1.1.</b>	Estructura primaria del grano de arroz	1
<b>Figura 1.2.</b>	Zonificación del cultivo de arroz en el 2009	4
<b>Figura 1.3.</b>	Polvillo de arroz traído de Milagro	7
<b>Figura 1.4.</b>	Aceite de polvillo de arroz refinado y crudo	23
<b>Figura 2.1.</b>	Flujo experimental de la extracción de aceite de polvillo de arroz	44
<b>Figura 2.2.</b>	Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite crudo de polvillo de arroz	50
<b>Figura 3.1.</b>	Pesos perdidos en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en estufa	64
<b>Figura 3.2.</b>	Peso perdido en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en extrusor	65
<b>Figura 3.3.</b>	Promedio de los pesos perdidos en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa y extrusor	66
<b>Figura 3.4.</b>	Rendimiento de aceite en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en estufa	68
<b>Figura 3.5.</b>	Polvillo de arroz antes de entrar a los tratamientos térmicos	69
<b>Figura 3.6.</b>	Rendimiento de aceite en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en extrusor	70
<b>Figura 3.7.</b>	Promedios de los rendimientos de aceite en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa, extrusor, y sin pre-tratamiento con sus respectivas desviaciones estándar	72
<b>Figura 3.8.</b>	Muestra de polvillo de arroz extruido	72
<b>Figura 3.9.</b>	Densidad relativa de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura, en unidades adimensionales	74
<b>Figura 3.10.</b>	Densidad relativa de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, respecto a la temperatura en	



	unidades adimensionales	75
<b>Figura 3.11.</b>	Promedios de las densidades relativas (25/25°C) de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin pre-tratamiento en unidades adimensionales	76
<b>Figura 3.12.</b>	Promedios de los puntos de Nube de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C	77
<b>Figura 3.13.</b>	Promedios de los puntos de vertido de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C	78
<b>Figura 3.14.</b>	Promedios de los puntos de solidificación de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C	80
<b>Figura 3.15.</b>	Tubo de ensayo con capa inferior ácida, de muestras tratadas térmicamente	81
<b>Figura 3.16.</b>	Acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura	83
<b>Figura 3.17.</b>	Acidez del aceite de polvillo de arroz pre- tratado en extrusor respecto a la temperatura	84
<b>Figura 3.18.</b>	Promedio de la prueba de acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin pre-tratamiento en porcentaje (%) en masa de ácido oleico	85
<b>Figura 3.19.</b>	Índice de iodo del aceite de polvillo de arroz pre- tratado en estufa respecto a la temperatura	87
<b>Figura 3.20.</b>	Índice de iodo del aceite de polvillo de arroz pre- tratado en extrusor respecto a la temperatura	89
<b>Figura 3.21.</b>	Promedio de los índices de iodo del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin tratamiento en (cg/g)	89
<b>Figura 3.22.</b>	Índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura	91
<b>Figura 3.23.</b>	Índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, respecto a la temperatura	94
<b>Figura 3.24.</b>	Aceite de polvillo de arroz	94
<b>Figura 3.25.</b>	Promedio de los índices de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y	

	sin pre-tratamiento, en (mg/g)	95
<b>Figura 3.26.</b>	Materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura	97
<b>Figura 3.27.</b>	Materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, respecto a la temperatura	99
<b>Figura 3.28.</b>	Promedio de la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en extrusor y sin pre-tratamiento térmico, en (%) de masa	99
<b>Figura 3.29.</b>	Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite crudo	101
<b>Figura 3.30.</b>	Análisis y determinación del punto de equilibrio en (USD) y (%)	130
<b>Figura AXXVIII.1.</b>	Extrusor Muyang	210
<b>Figura AXXVIII.2.</b>	Extractor DeSmet	210
<b>Figura AXXVIII.3.</b>	Evaporador de recuperación kmec	211
<b>Figura AXXVIII.4.</b>	Desolventizador tostador	211
<b>Figura AXXVIII.5.</b>	Filtro de aceite crudo	212
<b>Figura AXXVIII.6.</b>	Caldero MT	212

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Informe de resultados de análisis bromatológico de polvillo de arroz	143
<b>ANEXO II</b> Norma INEN para la densidad relativa de aceites	144
<b>ANEXO III</b> Norma INEN para el índice de saponificación de aceite	149
<b>ANEXO IV</b> Norma INEN de la materia insaponificable de aceite	152
<b>ANEXO V</b> Norma INEN de la acidez de aceites	157
<b>ANEXO VI</b> Norma INEN del índice de yodo de aceites	161
<b>ANEXO VII</b> Norma INEN de rancidez de aceites	165
<b>ANEXO VIII</b> Perfil de ácidos grasos del aceite crudo de polvillo de arroz	167
<b>ANEXO IX</b> Propiedades del vapor saturado	168
<b>ANEXO X</b> Propiedades físicas del agua a la presión de saturación	169
<b>ANEXO XI</b> Pesos perdidos en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa, primer pre-tratamiento y repetición	170
<b>ANEXO XII</b> Pesos perdidos en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en extrusor, primer pre-tratamiento y repetición	171
<b>ANEXO XIII</b> Rendimientos de aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-tratadas en estufa y sin pre-tratamiento	172
<b>ANEXO XIV</b> Rendimientos de aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-	

tratadas en extrusor	174
<b>ANEXO XV</b>	
Pruebas de densidad relativa (25/25°C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa y sin pre-tratamiento	175
<b>ANEXO XVI</b>	
Prueba de densidad relativa (25/25°C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor	177
<b>ANEXO XVII</b>	
Resultados de las pruebas de nube, vertido y solidificación de los tratamientos térmicos en estufa, extrusión y sin tratamiento	179
<b>ANEXO XVIII</b>	
Pruebas de acidez del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en estufa y sin pre-tratamiento en (%) de masa	182
<b>ANEXO XIX</b>	
Prueba de acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en porcentaje (%) de masa de ácido oleico	183
<b>ANEXO XX</b>	
Prueba de índice de yodo del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en estufa y sin pre-tratamiento en (cg/g)	184
<b>ANEXO XXI</b>	
Prueba de índice de yodo del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en extrusor en (cg/g)	187
<b>ANEXO XXII</b>	
Pruebas de índice de saponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa y sin pre-tratamiento en (mg/g)	190
<b>ANEXO XXIII</b>	
Pruebas de índice de saponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor en (mg/g)	192
<b>ANEXO XXIV</b>	
Pruebas de materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa y sin pre-tratamiento, en (%) de masa	194
<b>ANEXO XXV</b>	
Pruebas de materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (%) de masa	196
<b>ANEXO XXVI</b>	
Diagrama de bloques de los balances de masa y energía	198

<b>ANEXO XXVII</b>	
Plano PFD y lay out de la planta extractora	205
<b>ANEXO XXVIII</b>	
Maquinaria principal de la planta extractora	210
<b>ANEXO XXIX</b>	
Activos fijos	213
<b>ANEXO XXX</b>	
Rubros del capital de trabajo	217
<b>ANEXO XXXI</b>	
Nómina	223

## RESUMEN

Se realizó el estudio de pre factibilidad técnico económico de instalación de la planta extractora de aceite de polvillo de arroz, con base en la producción anual según datos del MAGAP de 90 452 t anuales de polvillo de arroz, de las cuales se utiliza un 60 %, estimándose una producción anual de 10 000 t de aceite crudo.

Se evaluó el porcentaje de aceite crudo, de polvillo pre-tratado térmicamente con 2 tipos de tratamiento, extrusión y secado en estufa. Para el pretratamiento térmico en estufa se trabajó con 2 niveles de temperatura (80 y 100 °C) por (30 y 60 min), se usó un testigo sin pretratamiento térmico. En el pretratamiento por extrusión se utilizó la temperatura de cabeza del extrusor (130 y 140 °C) con una velocidad del tornillo de (180 y 200 RPM) (Benítez, 2010, p.3) (Galbiati, 2007, p.10).

Luego de terminar los acondicionamientos térmicos, las variables de respuesta fueron porcentaje de aceite crudo extraído y los índices de calidad físico-químicos. Para determinar el porcentaje de aceite crudo extraído, se realizó la extracción de aceite del polvillo según el método de Butt con hexano como solvente en una relación (p/v) 1:3. La segunda variable de respuesta fue el análisis de calidad del aceite crudo en el que se evaluaron las propiedades físicas del aceite crudo mediante las pruebas de densidad relativa, punto de nube, punto de vertido, y punto de solidificación. También se evaluaron las propiedades químicas del aceite crudo con los análisis de índice de acidez, saponificación, yodo, rancidez, materia insaponificable y perfil de ácidos grasos.

Luego de realizar estas pruebas se determinó que el mejor rendimiento de extracción de aceite (18,54 %) se obtuvo con extrusión a 130 °C y 180 RPM. Se observó que la extrusión realizada al polvillo inactiva a la enzima lipasa presente en el material, por este motivo el aceite, presentó un bajo índice de acidez, ausencia de rancidez y mantiene entre 99,6 -104 cg/g al índice de iodo, y entre 184 -185 mg/g al índice de saponificación. Los índices físico-químicos como densidad relativa, punto de enturbiamiento, punto de vertido, punto de solidificación, índice de

insaponificación no presentan una diferencia significativa entre las muestras con tratamientos térmicos y la muestra testigo.

Con los datos de la muestra (130 °C y 180 RPM) que obtuvo el mejor resultado en rendimiento y calidad en las pruebas físico-químicas, se calcularon los flujos máxicos y también los balances de energía para dimensionar los equipos que se van a utilizar en la planta extractora de aceite. La planta extractora está ubicada en el Cantón Milagro por cercanía a las piladoras de arroz y se trabajará 24 horas diarias los 360 días del año.

El análisis económico permite estimar una inversión fija de 648 805 dólares, más un capital de trabajo de 1 600 720 dólares. El costo de producción anual de la planta es de 7 218 254 dólares y el ingreso anual es de 16 715 950 dólares. Se obtuvo una TIR del 39,45 % con una recuperación de la inversión en el primer año, y un punto de equilibrio de 37,07 %.

## INTRODUCCIÓN

El polvillo de arroz es un subproducto del pilado, se lo obtiene después del pulido que se realiza al grano, con el objetivo de blanquearlo. El polvillo se utiliza como un componente para balanceados de animales, específicamente rumiantes

Sin embargo este subproducto tiene un gran potencial, debido a que posee un contenido de aceite del 18 % en promedio, se conoce también que el perfil de ácidos grasos es equilibrado y contiene antioxidantes como vitamina E (con efectos hipocolesterolémicos), también contiene el polvillo un 13 % de proteína de buena calidad biológica y un 20 % de fibra (Quintero, 2011, p. 2).

El aceite crudo de polvillo que se obtiene de la extracción posee  $\alpha$ -tocoferol que tiene propiedades antioxidantes, y aporta con vitamina E para la nutrición humana (Sayago y Marín, 2007, p. 78).

Es importante mencionar también que en países como China, India y Japón existe una producción de miles de toneladas de aceite de polvillo de arroz, y una gran oferta de este aceite en el mercado libre (Juliano, 1994, p. 132-133).

Con estos antecedentes se planteó como objetivo general estudiar la prefactibilidad técnica y económica para la instalación de una planta extractora de aceite crudo de polvillo de arroz mediante la utilización de un solvente orgánico como es el hexano.

Dentro de los objetivos específicos de la investigación se realizó la evaluación de los tratamientos térmicos realizados al polvillo de arroz, y se determinaron las variables de repuesta como, rendimientos de aceite y características físico-químicas del mismo. Otro objetivo fue dimensionar la capacidad de los equipos con base en el proceso de extracción de aceite crudo, y finalmente se determinó la prefactibilidad económica de la instalación de la planta.



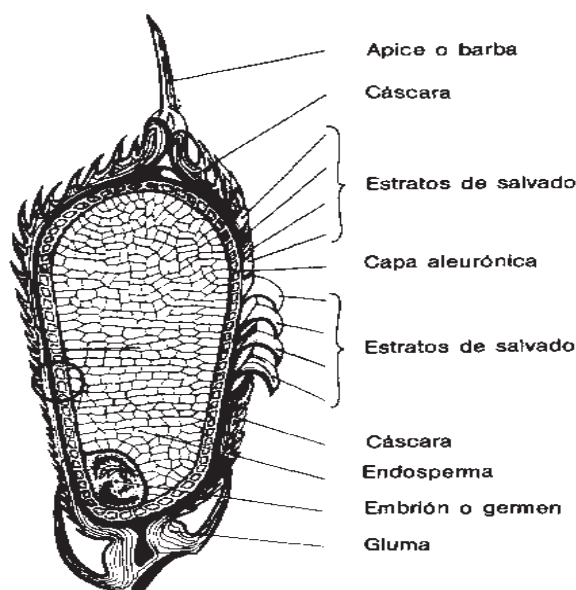
# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. SITUACIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL ECUADOR

### 1.1.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ

El arroz es un cultivo semi-acuático propio de la región costera, es una planta monocotiledónea y es el fruto en grano de la planta (*Oryza sativa*, L.) que pertenece a la familia Poaceae de las gramíneas. Tiene raíces fibrosas, delgadas y fasciculadas de dos tipos: las raíces adventicias secundarias que poseen una libre ramificación, y se originan desde los nudos inferiores del tallo joven. Y las seminales que tienen lugar de la radícula y son de naturaleza temporal (Franquet, 2004, p. 14).

En la figura 1.1 el grano de arroz (arroz cáscara o paddy) está compuesto por una capa exterior protectora, conocida comúnmente como cascarilla, que está compuesta de sub cubiertas como: pericarpio, cubierta seminal y nucela. También posee la capa de aleurona, que protege a la cubierta de sub-aleurona en la cual se encuentra el endospermo amiláceo o interior (Juliano, 1994, p. 12).



**Figura 1.1.** Estructura primaria del grano de arroz  
(FAO, 2011)

### 1.1.1.1. Taxonomía del arroz

El arroz es una planta de tipo espermatofita, subtipo angiosperma y también una fanerógama (INIAP, 2007, p. 11). En la tabla 1.1 se observa su clasificación.

**Tabla 1.1.** Clasificación taxonómica del arroz

<b>Clase</b>	Monocotiledónia
<b>Orden</b>	Glumiflorales
<b>Familia</b>	Gramineae
<b>Subfamilia</b>	Panicoideas
<b>Tribu</b>	Oryzeae
<b>Subtribu</b>	Oryzineas
<b>Género</b>	Oryza

(INIAP, 2007, p. 11)

### 1.1.1.2. Distribución geográfica y superficie

#### Distribución geográfica mundial

El continente Asiático posee la mayor superficie cosechada de arroz en el mundo, también concentra la mayor cantidad de frontera agrícola dedicada al cultivo de arroz.

Los principales países que siembran arroz son: India, China, Bangladesh e Indonesia que acaparan entre ellos el 61,92 % del total mundial, en contraste el Ecuador posee únicamente el 0,24 % del total ocupando el puesto número 30 dentro del ranking mundial de la superficie cosechada (INEC, 2011, p. 4).

### **Distribución geográfica en el Ecuador**

El arroz se cultiva en una amplia zona de condiciones climáticas de latitud 45° norte y 20° sur del Ecuador y es posible cultivarlo hasta una altura de 1 500 metros sobre el nivel del mar dependiendo de las variedades (INIAP, 2007, p. 45).

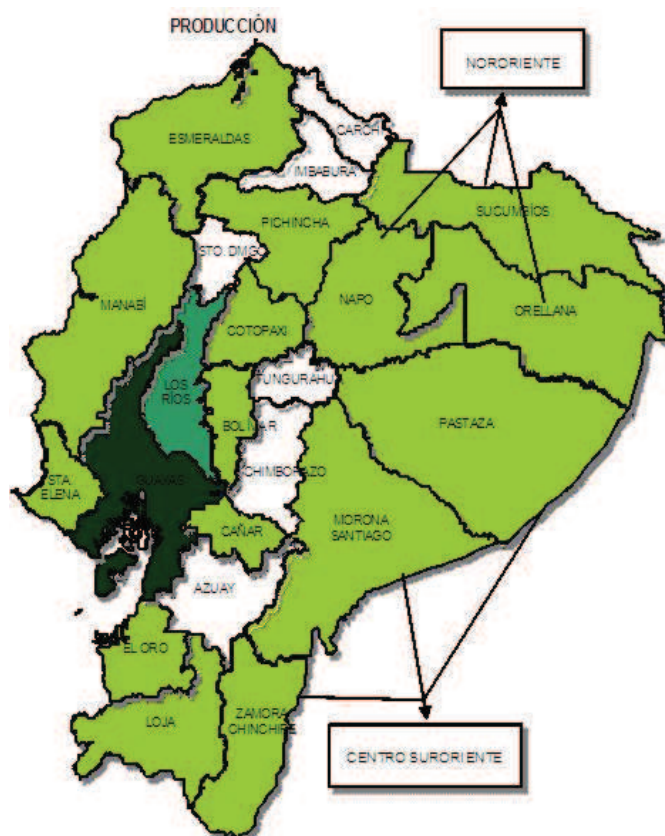
La región donde se localiza la mayor superficie sembrada de arroz en el Ecuador es en la costa, y las provincias que aportan con el 94 % de la producción total son Guayas y Los Ríos (INIAP, 2007, P. 146).

En la figura 1.2 se aprecia la provincia del Guayas con el color verde más oscuro con más del 60 % de la producción de arroz. Le sigue Los Ríos con el color verde menos intenso con una producción entre el 60 al 40 %, y las demás provincias en verde más claro con menos del 20 % y las que están en blanco no producen arroz en el Ecuador.

También existe una producción de arroz en la provincia de Loja en el Cantón Macará, en este sitio se produce arroz de secano con una producción de 120 quintales por hectárea.

Los cantones de la provincia del Guayas que tienen una mayor producción son Naranjal, Samborondón, Yaguachi, Milagro y Daule.

Los cantones de la provincia de Los Ríos con mayor producción son Babahoyo, Vinces, Quevedo, y Ventanas.



**Figura 1.2.** Zonificación del cultivo de arroz en el 2009  
(INEC, 2011, p. 37)

Según las estadísticas nacionales agropecuarias se conoce que existen en el país 324 875 ha de arroz en el año 2005, con un rendimiento promedio de 3,40 t/ha, considerado menor al promedio regional del área andina.

También hay a nivel nacional 75 840 UPA (Unidades Productivas Agropecuarias) sembradas con arroz de las cuales el 65 % son de menos de 10 ha, es decir de pequeños productores.

Por esta razón el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, y ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país (INIAP, 2007, p. 145). En la tabla 1.2 se observa la superficie cosechada en miles de hectáreas

**Tabla 1.2.** Superficie cosechada desde el año 2006 hasta 2011

<b>Superficie cosechada de arroz (ha)</b>	
<b>Año</b>	<b>Superficie en (ha)</b>
2006	374 181
2007	355 002
2008	338 270
2009	361 328
2010	393 137
2011	329 957
<b>Promedio</b>	<b>352 940,08</b>

(MAGAP, 2012, p. 13)

**1.1.1.3. Composición química**

El grano de arroz está compuesto por tres partes básicas, la cascarilla, la capa aleurónica y el grano pulido o endospermo. Entre las composiciones de cada una de estas partes se tiene a la capa de aleurona, que después del pilado se transforma en salvado de arroz, que posee el máximo contenido energético y proteico, y la cascarilla el mínimo. Solo se puede ingerir la fracción de arroz integral o pardo que está compuesta de carbohidratos.

Las proporciones de estas 3 capas se encuentran de la siguiente manera: la aleurona constituye del 8-10 % del peso del grano en promedio, la cascarilla constituye el 20 % y el endospermo el 70 % del peso total del grano (Hernández, 1999, p. 405).

El arroz integral está constituido por el endospermo y el salvado de arroz, el salvado está compuesto por el embrión y las capas externas (pericarpio, tegmen y aleurona) y el arroz pulido está formado por el endospermo (Hernández, 1999, p. 403). En la tabla 1.3 se presenta la composición y energía de los cereales. En la Tabla 1.4, se presenta la composición aproximada del polvillo de arroz en 100 g de muestra.

**Tabla 1.3.** Composición y energía de los cereales, calculados al 14% de humedad, valores expresados en (%), valores expresados en kJ.100

Propiedad	Arroz integral	Trigo	Maíz	Cebada	Sorgo	Centeno	Avena
Proteína (Nx6,25)	7,3	10,6	9,8	11	8,3	8,7	9,3
Lípidos	2,2	1,9	4,9	3,4	3,9	1,5	5,9
Carbohidratos	64,3	69,7	63,06	55,8	58	71,8	62,9
Fibra cruda	0,8	1	2	3,7	4,1	2,2	5,6
Cenizas	1,4	1,4	1,04	1,9	2,6	1,8	2,3
Digestibilidad Verdadera	99,7	96	95	88	84,8	77	84,1
Utilización neta de la proteína	73,8	53	580	62	50	59	59,1
Energía Digestible (kJ)	1550	1360	1450	1320	1290	1330	1160

(Hernández, 1999; Juliano, 1994)

### Composición química del polvillo de arroz

Anteriormente se mencionó que el polvillo de arroz (salvado de arroz) es la capa de aleurona que recubre el endospermo, y se obtiene luego del pulido o blanqueado del grano integral. Se conoce que el polvillo representa del 8-10 % del peso del grano, es una buena fuente energética que contiene del 15-20 % de grasa (Quintero y Sánchez, 2011, p. 2). En la figura 1.3 se observa el polvillo de arroz

Se conoce también que el perfil de ácidos grasos presenta mayor cantidad de ácidos grasos insaturados y contiene antioxidantes (con efectos hipocolesterolémicos), también contiene un 13 % de proteína de buena calidad biológica y un 20 % de fibra (Quintero y Sánchez, 2011, p. 2). En la actualidad este subproducto del pilado de arroz se subutiliza al destinarse únicamente para la alimentación animal y ofertar al mercado a precios muy bajos. En la tabla 1.5, se presenta la composición aproximada del polvillo de arroz al 14 % de humedad.



**Figura 1.3.** Polvillo de arroz traído de Milagro

En la tabla 1.5, se muestra el contenido de vitaminas y minerales, las vitaminas del grupo B se concentran en las capas de salvado al igual que el  $\alpha$ -tocoferol (Vit. E) y fósforo. Se observa en la tabla 1.6, el contenido de aminoácidos donde se aprecia que el polvillo de arroz tiene un alto contenido de Leucina, Fenilalanina + tirosina y Valina.

**Tabla 1.4.** Composición del polvillo de arroz en 100 g de muestra

<b>Composición aproximada del polvillo de arroz con el 14 % de humedad</b>						
Proteína cruda (gN*5,95)	Grasa cruda (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza cruda (g)	Carbohidratos presentes (g)	Energía (kcal)	Densidad (g/ml)
11,3-14,9	15,0-19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34,0-62,0	399-476	1,16-1,29

(Juliano, 1994, p. 12)

**Tabla 1.5.** Contenido de vitaminas y minerales del polvillo de arroz en 100 g

<b>Contenido de vitaminas y minerales del polvillo de arroz al 14 % de humedad</b>							
Tiamina (Vit. B1) (mg)	Riboflavina (Vit. B2) (mg)	Niacina (mg)	$\alpha$ -Tocoferol (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Fósforo (g)
1,20-2,40	0,18-0,43	26,7- 49,9	2,60-13,3	30,0-120,0	8,6- 43,0	4,3- 25,8	1,1-2,5

(Juliano, 1994, p. 12)

**Tabla 1.6.** Contenido de aminoácidos de polvillo de arroz, en porcentaje (%) de proteína bruta

Contenido de aminoácidos del polvillo de arroz al 14 % de humedad								
Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina Cisteína	Fenilalanina Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina
2,7-3,3	2,7-4,1	6,9-7,6	4,8-5,4	4,2-4,8	7,7-8,0	3,8-4,2	3,8-4,2	4,9-6,0

(Juliano, 1994, p. 12):

### 1.1.2. PRODUCCIÓN

Para la producción de arroz en el Ecuador existen diferentes variedades del cultivo, entre ellas se tienen: INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14 e INIAP 415, que han sido desarrolladas en el Instituto Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP), (INEC, 2011, p. 33). En la tabla 1.7 se observa la superficie y producción de arroz.

En la producción de arroz del Ecuador existen dos ciclos muy marcados, el ciclo de invierno en el que se obtiene picos de producción en el meses de abril y mayo, periodo en el que se genera el 46 % de la producción y los excedentes exportables. El segundo ciclo en importancia se registra en los meses de octubre a noviembre en el que se produce un 32 % del total anual. El restante 22 % corresponde a las cosechas de enero a marzo y junio a septiembre (MAGAP, 2012, p. 13).

**Tabla 1.7.** Superficie, Producción y Rendimiento de arroz a nivel nacional

Año	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Producción de arroz en cáscara, seco y limpio	Rendimiento
	(ha)	(ha)	(t)	(t/ha)
2008	365 000	338 270	1 054 787	3,12
2009	380 345	361 328	1 098 516	3,04
2010	414 149	393 137	1 706 193	4,34
2011	378 643	329 957	1 477 941	4,48
<b>PROMEDIO</b>	<b>384 534,25</b>	<b>355 673,00</b>	<b>1 334 359,36</b>	<b>3,74</b>

(MAGAP, 2012, p. 13)



### 1.1.3. MERCADO NACIONAL

El Ecuador es un país autosuficiente e incluso con excedentes en la producción de arroz debido a que su consumo se basa únicamente en la producción existente. En los mercados mayoristas el arroz se comercializa en varias ferias a nivel nacional: Ambato, Azogues, Cuenca, Esmeraldas, Guaranda, Guayaquil, Ibarra, Loja, Machala, Portoviejo, Quito, Riobamba, Santo Domingo y Tulcán (INEC, 2011, p. 33).

Los precios del arroz a nivel del productor, mayorista y consumidor desde el año 2004 hasta el 2008 se muestran en la Tabla 1.8, donde se evidencia una tendencia al alza de los precios con el tiempo.

Las tendencias de incremento de los precios entre el 2000-2008 tanto de productores, mayoristas y consumidores son 12,5 %; 9,2 %; y 8,3 respectivamente (MAGAP, 2010, p. 11).

**Tabla 1.8.** Precios de arroz en USD del Ecuador por kilogramo

<b>Años</b>	<b>Finca</b>	<b>Mayorista</b>	<b>Consumidor</b>
2004	0,24	0,58	0,68
2005	0,23	0,58	0,66
2006	0,17	0,54	0,62
2007	0,22	0,62	0,7
2008	0,3	0,8	0,86
<b>Promedio 06-08</b>	<b>0,23</b>	<b>0,65</b>	<b>0,73</b>

(MAGAP, 2010, p. 11)

El consumo per cápita promedio es de 112 kg al año y se lo obtiene considerando la producción nacional más las importaciones y menos las exportaciones, y ese resultado en kilogramos se lo divide para la población existente (INEC, 2011, p. 47).

#### 1.1.4. EXPORTACIONES

Las exportaciones de arroz entre los años 2008-2012 muestran que el rubro perteneciente al arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido tiene la mayor representación con un 96,34 % del total en promedio para este periodo, seguido por el arroz partido con el 3,51 % y por el arroz descascarillado con el 0,15 % (INEC, 2011, p. 42). En las tablas 1.9 y 1.10 se observa las exportaciones de arroz.

**Tabla 1.9.** Exportaciones de arroz en toneladas métricas por Partida Nandina en el periodo 2008-2012

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008 (t)</b>	<b>2009 (t)</b>	<b>2010 (t)</b>	<b>2011 (t)</b>	<b>2012 (t)</b>
1006300000	Arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido o glaseado	0,00	5 022,51	12 791,15	25 349,83	14 391,61
1006400000	Arroz partido	5 419,16	20,81	3,41	17,65	25,94
<b>TOTAL</b>		<b>5 419,16</b>	<b>5 043,32</b>	<b>12 794,56</b>	<b>25 367,48</b>	<b>14 417,55</b>

(BCE, 2013, p. 45)

**Tabla 1.10.** Exportaciones de arroz en miles de USD por Partida Nandina en el periodo 2008-2012

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
		<b>Miles de USD FOB</b>	<b>Miles de USD FOB</b>	<b>Miles de USD FOB</b>	<b>Miles de USD FOB</b>	<b>Miles de USD FOB</b>
1006300000	Arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido o glaseado	0,00	3 339,76	8 182,61	19 570,92	10 794,55
1006400000	Arroz partido	1 986,05	22,45	23,97	25,82	33,32
<b>TOTAL</b>		<b>1 986,05</b>	<b>3 362,21</b>	<b>8 206,58</b>	<b>19 596,74</b>	<b>10 827,87</b>

(BCE, 2013, p. 45)

### 1.1.5. IMPORTACIONES

Las importaciones de arroz en el Ecuador están representadas en su mayoría por el arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido con el 98,55 % del total en promedio para el periodo 2008-2012, seguido por el arroz descascarillado con un 1,35 % y por el arroz partido con un 0,10 % (INEC, 2011, p. 44).

En el año 2011 Ecuador importó arroz semi-blanqueado y blanqueado de EEUU e Italia en los porcentajes en peso de 85,70 % y 14,30 %, respectivamente.

En el 2012 por el contrario la mayor importación fue del Perú con el 97,35 % del porcentaje total en peso y las demás importaciones fueron de EEUU con 1,33 %, Brasil con 0,86 %, Italia 0,34 %, y Corea del Norte con 0,15 % (BCE, 2013, p. 45).

También se importaron 1 065 toneladas de arroz descascarillado del Perú en el año 2012 (BCE, 2013, p. 45). En las tablas 1.11, 1.12 y 1.13 se observan las importaciones de arroz desde el 2008 hasta el 2012.

**Tabla 1.11.** Importaciones de arroz en toneladas métricas por Partida Nandina en el periodo 2008-2012

Nandina	Producto	2008	2009	2010	2011	2012
		(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
1006200000	Arroz descascarillado (arroz cargo o pardo)	0,70	0,00	0,00	0,00	1 065,00
1006300000	Arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido o glaseado	98,04	105,23	168,90	152,66	39 731,55
<b>TOTAL</b>		<b>98,74</b>	<b>105,23</b>	<b>168,90</b>	<b>152,66</b>	<b>40 796,55</b>

(BCE, 2013, p. 45)

**Tabla 1.12.** Importaciones de arroz en miles de USD FOB por Partida Nandina en el periodo 2008-2012

Nandina	Producto	2008	2009	2010	2011	2012
		Miles de USD FOB	Miles de USD FOB	Miles de USD FOB	Miles de USD FOB	Miles de USD FOB
1006200000	Arroz descascarillado (arroz cargo o pardo)	1,38	0,00	0,00	0,00	721,80
1006300000	Arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido o glaseado	150,02	167,96	230,66	222,64	15 574,48
<b>TOTAL</b>		<b>151,40</b>	<b>167,96</b>	<b>230,66</b>	<b>222,64</b>	<b>16 296,28</b>

(BCE, 2013, p. 45)

**Tabla 1.13.** Importaciones de arroz en miles de USD CIF por Partida Nandina en el periodo 2008-2012

Nandina	Producto	2008	2009	2010	2011	2012
		Miles de USD CIF	Miles de USD CIF	Miles de USD CIF	Miles de USD CIF	Miles de USD CIF
1006200000	Arroz descascarillado (arroz cargo o pardo)	1,49	0,00	0,00	0,00	750,26
1006300000	Arroz semi-blanqueado o blanqueado, incluso pulido o glaseado	187,47	185,40	264,29	254,69	16 295,02
<b>TOTAL</b>		<b>188,96</b>	<b>185,40</b>	<b>264,29</b>	<b>254,69</b>	<b>17 045,28</b>

(BCE, 2013, p. 45)

## **1.2 EXTRACCIÓN DE ACEITE**

### **1.2.1. TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS PRODUCTOS OLEAGINOSOS**

El tratamiento térmico que se emplea en los productos oleaginosos y otros parecidos como en el caso del polvillo de arroz, se denominan cocción, también se combinan en algunos procesos las operaciones de fusión y cocción. En las diferentes operaciones de tratamiento térmico la finalidad es la misma, coagular las proteínas de las paredes de las células oleaginosas y hacerlas permeables al paso del aceite (Bailey, 2001, p. 431).

El paso del aceite a través de la sustancia sólida se produce además a causa de la disminución de la viscosidad por la temperatura. Debido a que las semillas oleaginosas y similares nunca se encuentran totalmente secas, el pre-tratamiento térmico depende de la presencia de humedad en el material a tratar (Bailey, 2001, p. 431).

#### **1.2.1.1. Tratamiento térmico por extrusión**

El tratamiento térmico que se aplica para el polvillo de arroz es de cocción-extrusión, cuyo efecto es la transformación del material que contiene almidones y proteínas. La extrusión es un tratamiento térmico que ofrece ventajas en costos, energía, tiempo, diseño, flexibilidad y versatilidad (Bello, 2005, p. 55-56; Salunkhe y Chavan, 1992, p. 438).

El proceso de extrusión ayuda a la cocción y dar forma al producto en un tiempo muy corto y a una alta temperatura entre 120-250 °C, también permite la desnaturalización de las enzimas que generan la rancidez en los alimentos, también inactiva los factores antinutritivos presentes en muchas oleaginosas y leguminosas crudas (Bouber, 1991, p. 91).

El polvillo de arroz que está dentro del compartimiento del tornillo se cocina a presión y su configuración molecular se modifica, para transformarse de una masa granular a una masa plastificada (Muller y Riel, 1990, p. 79).

#### **1.2.1.2. Tratamiento térmico por estufa**

Las condiciones para el tratamiento en estufa de polvillo de arroz son aproximadamente 2 horas a 80 °C en una estufa de bandejas, sin embargo este método resulta más costoso por el gasto de energía y se demora más tiempo en inactivar las enzimas lipasas (Pacheco, 2001, p. 1).

### **1.2.2. EXTRACCIÓN MECÁNICA**

La extracción mecánica del aceite de oleaginosas es el método más antiguo para obtener aceite y se basa en la aplicación de la presión sobre una masa de semillas o frutos oleaginosos confinados en bolsas, telas, mallas u otros artificios adecuados. Se recurre a la extracción por presión cuando el contenido de aceite es mayor al 20 % en peso (Bailey, 2001, p. 440).

### **1.2.3. TEORÍA DE LA EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO**

La extracción de uno de los compuestos o sustancias que forman parte de un sólido por la disolución en un líquido, es una clara muestra de separación por transferencia de materia (Baeza, 2007, p. 5). Extracción sólido-líquido es el término que se utiliza para nombrar la operación en la que uno de los compuestos de una sustancia sólida es transferido a un líquido llamado disolvente. El compuesto que se transfiere de la fase sólida a la líquida adopta el nombre de soluto, y el sólido insoluble se denomina inerte (Baeza, 2007, p. 5; Ibartz, 2005, p. 767). La extracción sólido-líquido recibe algunos nombres de acuerdo al objetivo del proceso por realizarse, se le conoce como lixiviación cuando se desea obtener un componente valioso o soluto que está

contenido en un sólido como el caso del polvillo de arroz, que vendría a ser el sólido y el soluto el aceite. Otro nombre con el que se conoce a este proceso es el lavado, en este caso se llama así cuando es necesario eliminar algún componente no deseable de un sólido. Finalmente se la conoce también como percolación, sin embargo, se refiere a la manera de agregar o verter el solvente sobre el sólido más que al objetivo perseguido (Ibartz, 2005, p. 767).

La extracción sólido-líquido tiene lugar siempre en dos etapas, la primera consiste en el contacto del disolvente con el sólido para disolver el componente soluble o soluto, y la separación del soluto de la disolución y el resto del sólido (Baeza, 2007, p. 5).

#### **1.2.3.1. Etapas para la extracción sólido-líquido**

Para realizar la extracción o lixiviación de un soluto contenido en un sólido mediante el uso de un disolvente líquido, es necesario pasar por tres etapas sucesivas hasta llegar al equilibrio.

**Cambio de fase del soluto.** Es la migración del soluto desde la fase sólida al líquido, y la disolución del soluto se efectúa mediante una interfase sólido-líquido. Se puede considerar que el proceso de disolución es instantáneo de modo que no influye en la velocidad global de extracción (Aulton, 2004, p. 18; Ullauri, 2010, p. 4).

**Difusión del soluto en el disolvente contenido en los poros del sólido.** Para que se produzca el paso del soluto o aceite desde el interior del sólido o polvillo de arroz hasta su superficie, es necesario que exista un gradiente de concentración entre la interfase sólido-líquido y la superficie externa del sólido. El disolvente que se encuentra en el interior de los poros del sólido se mantiene en estado estacionario, de manera que el paso de soluto desde lugares que tienen una mayor concentración hacia el exterior, se efectúan solamente por difusión molecular (Ullauri, 2010, p. 4).

Si se desea incrementar la transferencia de materia es conveniente elevar la temperatura debido a que esto aumenta la difusividad. Si se desea que la velocidad de transferencia aumente es conveniente disminuir la longitud de los poros (Aulton, 2004, p. 19).

**Transferencia del soluto desde la superficie de las partículas hasta el seno de la disolución.** Luego de que el soluto ha llegado a la superficie del sólido se transporta desde este punto hasta el centro de la disolución debido a un gradiente de concentración, y se efectúa la transferencia de materia por transporte molecular y turbulento de manera simultánea (Ibartz, 2005, p. 769). Otro factor importante que se debe tener en cuenta para incrementar la velocidad de transferencia es el tipo de disolvente que se va a utilizar, es recomendable usar un disolvente selectivo con una viscosidad baja para que pueda circular con facilidad (Ullauri, 2010, p. 4-5).

#### 1.2.3.2. Métodos de extracción

Para poder llevar a cabo la extracción de los solutos contenidos en un sólido se puede utilizar tres tipos de operación que son el contacto simple único, el contacto simple repetido y contacto múltiple en contracorriente.

**Contacto simple único.** Este tipo de método consiste en poner en contacto el disolvente (D) con el sólido (R) para obtener un refinado o torta ( $R_1$ ) que posee al sólido inerte y una solución o miscela, también da como resultado el producto deseado que es el soluto disuelto en el solvente (Hermida, 2000, p. 440).

**Contacto simple repetido.** Este método de extracción también se denomina contacto múltiple en corriente directa y su modo de operación se basa en la repetición del método de contacto simple único, es decir se repite el contacto del sólido (R), sucesivamente con el disolvente (D), y a su vez el disolvente a utilizar se subdivide en varias fracciones, utilizando cada una de estas en las distintas etapas de extracción (Ibartz, 2005, p. 779).



**Contacto múltiple en contracorriente.** En esta extracción la alimentación del sólido y el disolvente ingresan al sistema por lados opuestos, el flujo de refinado se va empobreciendo de soluto paulatinamente desde la primera hasta la etapa final, mientras que el flujo de extracto o miscela se va enriqueciendo de soluto desde la última etapa a la primera (Ibartz, 2005, p. 779).

Los cálculos para la resolución de este tipo de operación unitaria pueden realizarse por métodos algebraicos o gráficos, sin embargo también existe una herramienta muy utilizada como es el caso del diagrama triangular (Hermida, 2000, p. 440).

#### **1.2.4. EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO (CON DISOLVENTES)**

La extracción sólido-líquido es un proceso que tiene como objetivo separar uno o más compuestos incluidos en una fase sólida, a través del uso de un disolvente. El material que se traspassa de la fase sólida a la líquida recibe el nombre de soluto y el material que queda como torta o sólido se le denomina inerte (Lamarque, 2008, p. 41-44).

También se conoce con otros nombres a la extracción sólido-líquido de acuerdo al objetivo del proceso como por ejemplo lixiviación, lavado, percolación (Lamarque, 2008, p. 41-44).

##### **1.2.4.1. Disolventes usados en la extracción sólido-líquido de semillas oleaginosas**

El método de extracción de aceite más eficaz es el que utiliza solvente orgánico para extraer el soluto contenido en las semillas oleaginosas, representa mayores ventajas al momento de manipular las semillas u otro material con un bajo contenido de aceite (Bailey, 2001, p. 448).

Para la extracción se utilizan compuestos hidrocarbonados volátiles purificados provenientes del petróleo como son el hexano, heptano y éter de petróleo, en la mayoría de plantas extractoras por solvente se utiliza el hexano que es el más común (Bailey, 2001, p. 450). Cuando existen semillas oleaginosas con un contenido de aceite mayor al 20 % es normal someterla a un prensado previo a su extracción, para eliminar una parte considerable de aceite, ya que si no se hace esta operación se formarían emulsiones con el disolvente (Bailey, 2001, p. 449).

#### **1.2.4.2. Recuperación del disolvente**

La recuperación del hexano consiste en llevar a una temperatura de 70 °C la miscela o mezcla de aceite y solvente luego de la extracción, con el objetivo de separar el aceite del disolvente por destilación, y mediante la utilización de un refrigerante condensar el vapor del hexano y recolectarlo en otro recipiente para luego volver a ser utilizado en una siguiente extracción (Sánchez, 2003, p. 42).

El hexano es el disolvente más común y utilizado en la extracción de aceite de semillas oleaginosas, tiene un punto de ebullición de 69,5 °C, un punto de fusión de -95.6 °C y una densidad de 0,66 g/mL a 20 °C. Su fórmula química es  $C_6H_{14}$  y su peso molecular 86,17 g/mol (Bailey, 2001, p. 448; Primo, 2007, p. 941).

#### **1.2.5. TIPOS DE EXTRACTOR SÓLIDO-LÍQUIDO**

La clasificación de extractores sólido-líquido se realiza de acuerdo a algunos parámetros como el tamaño de partícula sobre la que se va a realizar la extracción de soluto, también se pueden clasificar de acuerdo al disolvente que se va a usar sea este volátil o no. Pero la clasificación más relevante se hace considerando el método de contacto del solvente con el material a extraer (Ibartz, 2005, p. 792). Se debe mencionar que en la siguiente clasificación no se toma en cuenta todos los tipos de extractores existentes, sin embargo se incluye los más importantes. Los extractores se clasifican en 3 grupos: los de contacto simple, los de múltiples

contactos con lecho fijo y los extractores continuos de lecho móvil (Ibartz, 2005, p. 792).

A continuación se muestra una clasificación de acuerdo a estos 3 tipos y a la escala de extracción a nivel laboratorio e industrial.

#### **1.2.5.1. Extractor sólido-líquido a nivel de laboratorio**

A nivel de laboratorio se utilizan dos métodos de extracción muy conocidos como son el de Soxhlet y el de Butt, ambos se caracterizan por ser tubos de vidrio en los cuales se introduce la semilla oleaginosa o material a extraer (Bailey, 2001, p. 450; Ibartz, 2005, p. 799)

**Extractor Soxhlet.** Consiste en hacer hervir el disolvente extractor que se encuentra dentro de un balón de vidrio mediante la ayuda de un baño maría, y los vapores producidos como resultado de la ebullición del solvente, son condensados mediante el uso de un refrigerante que se encuentra en la parte superior del equipo. El vapor condensado es enviado a un recipiente que contiene el sólido con el soluto a extraer, una vez que se realiza la extracción del soluto, el extracto es enviado de nuevo al balón donde se vuelven a producir vapores de disolvente que se utilizan en nuevas extracciones. De esta forma se va acumulando el soluto en el balón, mientras que el sólido va perdiendo este compuesto (Costa y Cervera, 1991, p. 51).

**Extractor Butt.** Este método de extracción consiste en verter constantemente el disolvente puro previamente condensado en el refrigerante, y dejarlo caer sobre la parte superior del sólido con el soluto a extraer, percolándose a través de dicha masa por medio de gravedad, hasta que la extracción del aceite sea lo suficientemente completa. Este método es muy eficiente a nivel de laboratorio debido a que gasta menos disolvente y se lo puede realizar en menos tiempo que el método soxhlet, sin embargo en la práctica su eficacia es muy pequeña, y solo

se llega a conseguir una extracción total empleando grandes volúmenes de disolvente con relación al volumen del aceite extraído (Bailey, 2001, p. 451).

#### **1.2.5.2. Extractor sólido-líquido a nivel de industria**

Como se mencionó anteriormente existen 3 tipos de extracción según el método de contacto como son el contacto simple, sistemas de múltiples contactos con lecho fijo y extractores continuos de lecho móvil.

**Extractores de contacto simple.** Este tipo de extractores están compuestos principalmente de un recipiente abierto con un fondo falso en el que se colocan las semillas o substancias oleaginosas, este fondo es una rejilla que funciona como filtro el instante que se agrega el disolvente sobre la superficie del sólido a extraer, de manera que se realiza la percolación del solvente sobre el lecho. La disolución aceite-solvente atraviesa la rejilla para ser recogida como extracto, frecuentemente se añade disolvente en tal cantidad que el sólido a extraer queda sumergido en el disolvente (Costa y Cervera, 1991, p. 50). Se utilizan estos extractores generalmente en pequeñas plantas industriales para la extracción de azúcares y principalmente para semillas oleaginosas. Se considera importante el cerrar este tipo de extractores por consideraciones higiénicas y sobre todo para evitar la pérdida del disolvente (Costa y Cervera, 1991, p. 50).

**Sistemas de múltiples contactos con lecho fijo.** Este sistema consiste en hacer circular el disolvente a través de una serie de tanques que contienen el sólido a extraer, de modo que el disolvente fresco se introduce en el tanque donde el polvillo de arroz este más agotado en soluto o aceite, fluyendo por los distintos tanques arrastrando el aceite y dejando el sistema por el tanque recién cargado. Como se trabaja con disolvente volátil como el hexano es necesario usar depósitos cerrados que operan a presión para facilitar la penetración del disolvente a través del lecho. Esta serie de tanques de extracción se conoce como batería de difusión Robert (Ibartz, 2005, p. 794).

**Extractores continuos de lecho móvil.** Este tipo de extractores tiene el lecho de partículas sólidas en movimiento, y la mayoría de ellos opera en contracorriente a continuación se describe el funcionamiento de algunos extractores.

El extractor Bollmann también llamado Hansa-Muhle está compuesto de un elevador de cangilones y está encerrado en una cámara vertical, los cangilones se cargan con el sólido en la parte superior derecha del extractor, a medida que baja la canasta se rocían con el solvente (McCabe, 2001, p. 800).

El extractor Hildebrandt es de inmersión debido a que todo el tiempo se encuentra el sólido sumergido en el disolvente, y consta de 3 elementos interconectados y unidos en forma de U, se coloca el sólido por uno de los tubos verticales y se utiliza un tornillo sin fin que actúa como transportador del material hacia abajo, otro tubo de forma horizontal con tornillo sin fin lo traslada hacia otro tubo vertical, por donde asciende hasta ser descargado por su parte superior (Suryanarayana, 2002, p. 513)

El extractor de Bonotto tiene una columna vertical que se divide en secciones mediante platos horizontales, cada plato posee una abertura conformada de manera alterna en cada 2 platos consecutivos, el sólido a extraer se alimenta por la parte superior de dicha columna y el disolvente por la parte inferior, para que al final la miscela salga por la parte superior del otro extremo. Este tipo de extractor se basa en el principio de extracción en columna por inmersión con sus respectivas variantes (Coulson y Richardson, 2003, p. 489; Suryanarayana, 2002, p. 515).

En el caso del extractor Rotocel su funcionamiento se basa en la extracción por percolación, tiene una cámara vertical de forma cilíndrica y cerrada, en la cual gira un tanque de la misma forma que está dividido en algunos compartimientos, y la parte inferior o fondo tiene forma de embudo o cuña y posee un orificio para descarga (Ibartz, 2005, p. 794).

El extractor DeSmet se basa en la extracción por percolación y de lecho móvil, consiste en una cámara metálica que contiene una cinta transportadora en la cual

va colocado el salvado de arroz, y sobre este material se rocía disolución intermedia que viene del fondo de la cámara.

La disolución intermedia de hexano y aceite se lixivia a través del sólido, mientras la cinta transportadora sigue avanzando, y al final de la cinta se agrega disolvente fresco y una vez que el solvente se ha escurrido a través del salvado de arroz, y el soluto contenido en el mismo se ha agotado, se descarga el material contenido.

Después la banda transportadora es llenada con salvado de arroz nuevo iniciando la cadena de extracción, y la miscela final se obtiene en el fondo de la cámara metálica. En la extracción los flujos másicos de sólido y disolvente circulan en contra corriente debido a las bombas que transportan la miscela a las diferentes partes de la banda transportadora (Ibartz, 2005, p. 795).

#### **1.2.6. COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES**

Los aceites vegetales están compuestos por los triglicéridos que son mezclas de ésteres de glicerina con los ácidos grasos, estos ácidos grasos a su vez están conformados en su mayoría por ácidos grasos insaturados cuando el aceite se encuentra en su forma líquida, salvo el caso del aceite de palma (Rodríguez, 2008, p. 108).

Los glicéridos están conformados por tres tipos: los triglicéridos, diglicéridos y los monoglicéridos. Los triglicéridos se dividen a su vez en simples y mixtos, los simples cuando los tres ácidos grasos son idénticos y mixtos si son distintos entre sí. En el caso de los diglicéridos solo se tienen dos radicales de ácidos grasos y en los monoglicéridos un solo radical, y en donde no existen ácidos grasos se encuentran grupos hidroxilos libres (Bailey, 2001, p. 4-5). En la figura 1.4 se observa el aceite crudo de polvillo de arroz.



**Figura 1.4.** Aceite de polvillo de arroz refinado y crudo

Es común encontrar en los aceites vegetales comestibles ácidos grasos insaturados como el ácido oleico que contiene un solo doble enlace o insaturación C18:1, el linoléico de estructura parecida al oleico con dos insaturaciones C18:2 o dos dobles enlaces, y el ácido linolénico C18:3 con tres insaturaciones o dobles enlaces (Ortuño, 2006, p. 184).

#### 1.2.6.1. Características químicas

Para determinar la calidad del aceite de polvillo de arroz es necesario tener en cuenta las características químicas que posee, uno de los indicadores es el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados, que se muestra en la tabla 1.14.

Existen también otros indicadores químicos como el índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz, que es 185,3 mg/g, la materia insaponificable 4,64 en % de masa, el contenido de yodo 99,9 cg/g, el índice de acidez o ácidos grasos libres 4-6 % (Bailey, 2001, p. 134-135).

**Tabla 1.14.** Ácidos grasos del aceite de polvillo de arroz en porcentaje

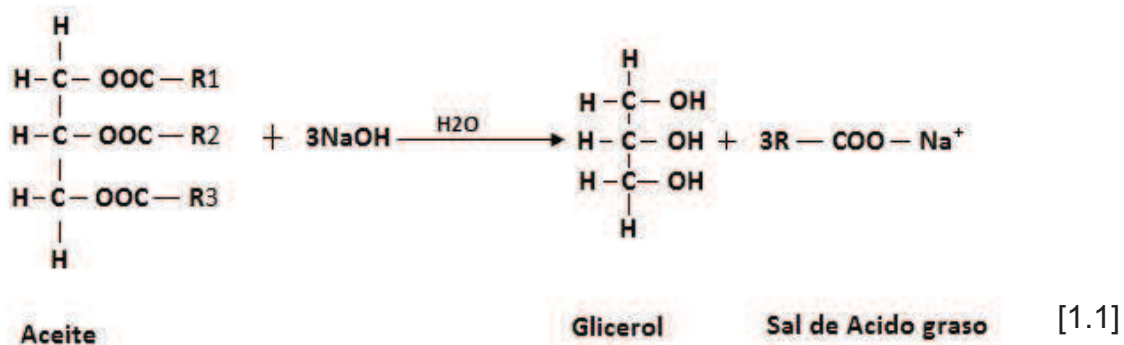
Características químicas del aceite de polvillo de arroz en (%)	
Ácido Mirístico	0,50
Ácido Palmítico	11,70
Ácido Esteárico	1,70
Ácido Aráquico	0,50
Ácido Oleico	39,20
Ácido Linólico	35,10

(Bailey, 2001, p. 135)

### Índice de Saponificación

La saponificación consiste en hidrolizar un éster para formar el alcohol correspondiente y también el ácido o la sal del ácido específico. En el caso de las grasas y aceites significa la reacción entre una base fuerte y un aceite o grasa, esto da como resultado la formación de un jabón y glicerina, como se observa en la reacción 1.1 (Bolaños y Herrera, 2003, p. 27).

El índice de saponificación es la medida o cantidad de hidróxido o base que se necesita para saponificar una masa de grasa o aceite, esta medida se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio que se necesita para saponificar un gramo de triacilglicerol (aceite) (Bolaños y Herrera, 2003, p. 27).





El peso molecular medio del aceite o grasa está relacionado en forma inversa con el índice de saponificación. El proceso normal de saponificación consiste en calentar el exceso de una disolución de hidróxido de potasio o sodio en etanol, con una masa conocida de aceite (triacilglicerol), hasta completar la reacción de saponificación. El exceso de hidróxido o base se valora con una solución modelo de un ácido y se calcula el índice de saponificación a partir de la cantidad de hidróxido o base, que reacciona con la muestra de aceite (Bolaños y Herrera, 2003, p. 27).

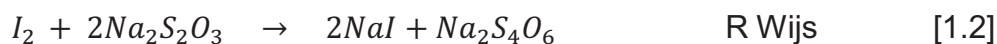
### **Índice de Iodo**

La determinación del índice de iodo en aceites que contienen dobles enlaces, se realiza con base en la absorción del halógeno según ciertas condiciones para provocar resultados estequiométricos. Como agentes de halogenación, se emplean normalmente el yodo, el monoclóruo o el monobromuro de iodo (Bolaños y Herrera, 2003, p. 27-28). El índice de iodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa o aceite. Esta medida será mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces, es decir que cuanto más grande es el índice de iodo, la grasa es líquida e insaturada (Guarnizo y Martínez, 2002, p. 175; Moreno, 2003, p. 16).

El índice o número de iodo es la cantidad de gramos de iodo absorbidos por 100 gramos de grasa. Los resultados se expresan en términos de iodo, (cg de yodo/ g de aceite o grasa), sin que esto dependa del halógeno o combinación de halógenos utilizados (Guarnizo y Martínez, 2002, p. 175).

El procedimiento más común para la determinación de este índice es la adición de un exceso de halógeno a una muestra de aceite, previamente pesada y disuelta en un solvente orgánico (tetracloruro de carbono o cloroformo), la siguiente reacción de reducción del exceso de halógeno con el componente yoduro de potasio, y finalmente, la valoración con una disolución de referencia de tiosulfato de sodio, empleando una disolución de almidón de indicador (Bolaños y Herrera, 2003, p.28).

Uno de los métodos más conocidos para la determinación del índice de iodo es el de Wijs, siendo este muy utilizado a nivel industrial y laboratorio. En la ecuación 1.2 se puede observar la reacción que se forma al determinar el índice de iodo de un triacilglicerol (Bolaños y Herrera, 2003, p.28).



El índice de yodo es una medida del grado medio de insaturación de determinadas sustancias orgánicas, y se expresa como los centigramos de yodo absorbidos, bajo condiciones determinadas, por cada gramo de sustancia (INEN37, 1973, p. 1)

### **Índice de Acidez**

El índice de acidez significa que a una grasa o aceite se le da una medida al grado de descomposición, debido a la acción de las enzimas lipasas o por alguna otra causa. La descomposición de un aceite se acelera por la luz y el calor, esta descomposición produce rancidez, que se acompaña generalmente por la formación de ácidos grasos libres, esta determinación es usada con frecuencia como una indicación general previa al consumo de un aceite, es decir que es un indicador de la calidad y una condición para consumo humano (Bolaños y Herrera, 2003, p.28-29).

El índice de acidez de una grasa o aceite también se puede definir como la cantidad de miligramos de hidróxido de sodio o potasio que se requiere para neutralizar los ácidos grasos libres por gramo de muestra, y constituye una medida del grado de hidrolisis de una grasa. Es frecuente también expresar el resultado como el porcentaje de ácido oleico presente en una muestra de aceite (Del Ángel y Interián, 2013, p.139).

La acidez de una grasa o aceite, es el contenido de ácidos grasos libres, que se expresan convencionalmente como gramos de ácido oleico, laúrico o erúxico por

cada 100 g de sustancia. Por el contrario el índice de acidez significa el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres que están contenidos en 1 gramo de aceite o grasa (INEN38, 1973, p. 1).

### **Índice de Rancidez**

Existen determinadas pruebas que evalúan la calidad de una grasa o aceite de acuerdo a su grado de rancidez, como el índice de peróxidos y el valor del ácido tiobarbitúrico (TBA). También existe la rancidez cetónica que es ocasionada por la oxidación de enzimas de ciertos ácidos grasos saturados que poseen un bajo peso molecular, para generar metil cetonas (Barreiro y Sandoval, 2006, p. 44).

Se pueden producir las enzimas por determinados hongos, principalmente por *Penicillium*, *Aspergillus* y *Monilia* sp, que crecen en los alimentos grasos. La reversión del sabor es un fenómeno que ocurre en la mayoría de aceites como el de soya, linaza, pescado, y otros más, los cuales adquieren un olor no característico después de un ligero proceso de rancidificación (Barreiro y Sandoval, 2006, p. 44).

La reversión del sabor se define como la aparición de sabores objetables que provienen de una menor oxidación que la necesaria para generar rancidez verdadera. Se supone como responsable a las grasas que contienen más de dos enlaces no saturados y un isómero del ácido linoléico (9,15 ácido linoléico), formado por hidrogenación de la grasa. Es importante mencionar que para prevenir la reversión de las grasas los antioxidantes no son de utilidad, y la prevención está más ligada a las técnicas de hidrogenación de los aceites que se utilizan (Barreiro y Sandoval, 2006, p. 44).

Para la determinación del índice de rancidez se puede utilizar métodos como la reacción de Kreis, que permite detectar la rancidez incipiente en las grasas y aceites vegetales o animales. La rancidez es el deterioro que puede suceder en la grasa y aceite comestible, por efecto de transformaciones químicas o enzimáticas de carácter oxidativo (INEN45, 1973, p. 1).

### **Materia Insaponificable**

La materia insaponificable es el conjunto de sustancias constituyentes de las grasas y aceites, son solubles en disolventes grasos pero no son saponificables por los álcalis. En este grupo se toman en cuenta los hidrocarburos, esteroides, pigmentos y alcoholes alifáticos (Calderón, 1976, p. 9).

Todas las grasas y aceites contienen materia insaponificable en cantidades variables, a esta materia se la encuentra en grasas de origen animal y vegetal, en cantidades del 1 al 2 %. Un criterio importante para la evaluación de la pureza de la grasa es la cantidad y tipo de materia insaponificable (Calderón, 1976, p. 9).

El método que se sigue para poder determinar la materia insaponificable, es saponificar la grasa o aceite, y luego de realizar este proceso se elimina la fracción insaponificable, mediante la utilización de un disolvente apropiado tal como éter etílico o éter de petróleo (Calderón, 1976, p. 9).

#### **1.2.6.2. Características físicas**

Se puede medir las características físicas del aceite de polvillo arroz con algunos métodos, como la densidad relativa, el punto de enturbiamiento, el punto de escurrimiento, y el punto de solidificación. La densidad relativa del aceite de polvillo de arroz es de 0,9166 a 25/25 °C (Bailey, 2001, p. 135).

#### **Densidad Relativa**

Una medición similar a la densidad es la densidad relativa, que es el cociente o resultado de la masa de cualquier sustancia, entre la masa de un volumen igual de agua en las mismas condiciones. Esta razón equivale a la densidad de una sustancia dividida entre la densidad del agua (Burns, 2003, p. 62).

$$\text{Densidad relativa de una sustancia} = \frac{\text{Densidad de la sustancia}}{\text{Densidad del agua}}$$

La densidad relativa no tiene unidades debido a que se dividen dos valores con las mismas unidades, esto da un número adimensional, por lo tanto si se quiere determinar la densidad relativa del agua, su resultado será 1. Si se trabaja con unidades del SI, en que la densidad del agua es muy próxima a 1 g/mL a temperaturas de (25 °C), entonces la densidad relativa de una sustancia es numéricamente igual a su densidad (Burns, 2003, p. 62).

La densidad relativa a 25/25 °C, ( $d_{25}$ ). Es la relación entre la masa de un volumen dado de una sustancia a 25 °C y la masa de un volumen igual de agua a 25 °C (INEN35, 1973, p. 1).

**Punto de enturbiamiento (nube).** Es cuando el aceite empieza a formar cristales cuando se enfría a determinadas condiciones de temperatura, y el punto de enturbiamiento del aceite de polvillo de arroz puede variar desde bajo de los 0 °C hasta 17 °C (Gunstone, 2011, p. 303).

**Punto de escurrimiento (Pour point).** Es la temperatura en la cual el aceite deja de fluir y su textura se torna gelatinosa (Gunstone, 2011, p. 303).

**Punto de solidificación.** Es la temperatura a la cual el aceite se solidifica cuando es enfriado, en el caso del polvillo de arroz entre -1 a 0,5 °C (Salunkhe y Chavan, 1992, p. 438).

### 1.3 SITUACIÓN DEL MERCADO DE ACEITES VEGETALES EN EL ECUADOR

Las empresas que procesan aceites y grasas vegetales tanto para la alimentación, el aseo y otros usos industriales se encuentran en su mayoría en las provincias del Guayas, Pichincha y Manabí. Las industrias más importantes son: Jabonería Nacional SA, Industrias Químicas Asociadas SA, Jabonería Asociada SA, Jabonería Maravilla, Jabonería Wilson SA, Jabonería Guayaquil, Industrias Ales SA, Industrias DANEC SA, Oleaginosas del Ecuador SA, Amour Dial Ecuador SA, Compañías Limitada La Fabril, Química Manabita Cia Ltda., Laboratorios Guerrero SA, Maserpu SA (MIPRO, 2012, p. 23). Los aceites que más se importan al país son el de soya y el de girasol, y a su vez el aceite importado más consumido es el de soya, que tiene una gran aceptación en el mercado local (BCE, 2013, p. 45).

#### 1.3.1. PRODUCCIÓN DE ACEITE VEGETAL EN EL ECUADOR

El aceite que más se produce en el Ecuador es el aceite de palma africana, en el año 2011 se produjeron 472 988,00 t y se estima que en el año 2012 unas 480 000,00 t (FEDAPAL, 2011, p. 5). En la tabla 1.15 se observa la producción de aceite.

**Tabla 1.15.** Producción, consumo y excedentes de aceite de palma en el Ecuador en toneladas

AÑO	PRODUCCIÓN (t)	CONSUMO (t)	EXCEDENTE (t)
2007	396 301,00	211 277,00	185 024,00
2008	418 380,00	209 675,00	208 705,00
2009	428 594,00	210 485,00	218 109,00
2010	380 301,00	209 840,00	170 461,00
2011	472 988,00	211 949,00	261 039,00
2012*	480 000,00	210 000,00	270 000,00

(FEDAPAL, 2011, p. 23)

### 1.3.2. CONSUMO DE ACEITE VEGETAL EN EL ECUADOR

En cuanto al mercado de aceites vegetales en el Ecuador se conoce que el consumo anual per cápita es de 8,27 litros mientras que el consumo de manteca vegetal es de 1,62 kg al año, este es un dato promedio ya que el consumo real depende del ingreso familiar de acuerdo al segmento de la población (INEC, 2011, p. 33). También se puede obtener los datos de consumo per cápita de aceite vegetal, al utilizar la información de producción de aceites sumados a las importaciones de aceite y restando las exportaciones, de esta forma se puede obtener datos confiables de consumo.

### 1.3.3. EXPORTACIONES DE ACEITE

El mayor rubro de exportaciones de aceite vegetal tanto refinado como crudo proviene de la producción de aceite de palma africana como se observa en la tabla 1.16, y en la tabla 1.17 se observan la exportaciones en miles de dólares FOB.

**Tabla 1.16.** Exportaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en toneladas

Nandina	Producto	2008 (t)	2009 (t)	2010 (t)	2011 (t)	2012 (t)
1507	Aceite de Soya	10 814,84	19 075,07	8 213,67	3 244,64	1 292,10
1508	Aceite de Maní	-	-	-	-	-
1511	Aceite de Palma	177 491,05	185 599,46	145 781,24	249 883,57	276 069,32
1512	Aceite de Girasol	200,75	2 484,74	1 729,41	233,14	35,10
1515210000	Aceite de Maíz	-	0,06	0,18	-	0,39
	<b>TOTAL</b>	188 506,64	207 159,33	155 724,50	253 361,35	277 396,91

(BCE, 2013, p. 45)

**Tabla 1.17.** Exportaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares FOB

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2009</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2010</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2011</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2012</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>
1507	Aceite de Soya	21 948,33	35 040,13	11 341,84	4 723,22	1 938,92
1508	Aceite de Maní	-	-	-	-	-
1511	Aceite de Palma	190 480,70	141 346,00	140 486,65	302 353,12	300 914,99
1512	Aceite de Girasol	233,40	2 708,70	1 689,45	391,61	57,00
1515210000	Aceite de Maíz	-	0,69	2,35	-	0,55
	<b>TOTAL</b>	212 662,43	179 095,52	153 520,29	307 467,95	302 911,46

(BCE, 2013, p. 45)

**1.3.4. IMPORTACIONES DE ACEITE****Tabla 1.18.** Importaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en toneladas

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008</b> <b>(t)</b>	<b>2009</b> <b>(t)</b>	<b>2010</b> <b>(t)</b>	<b>2011</b> <b>(t)</b>	<b>2012</b> <b>(t)</b>
1507	Aceite de Soya	113 611,67	118 166,74	112 097,82	112 136,64	107 958,84
1508	Aceite de Maní	0,53	0,41	0,39	-	0,39
1511	Aceite de Palma	574,30	37,26	15 501,71	11 828,72	66,88
1512	Aceite de Girasol	11 599,95	9 237,92	12 812,75	17 423,80	15 381,40
1515210000	Aceite de Maíz	87,90	68,22	63,24	-	-
	<b>TOTAL</b>	125 874,35	127 510,55	140 475,91	141 389,16	123 407,51

(BCE, 2013, p. 45)



En las tablas 1.18, 1.19 y 1.20 se observan las importaciones en (t) y en (USD)

**Tabla 1.19.** Importaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares FOB

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2009</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2010</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2011</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>	<b>2012</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>FOB</b>
1507	Aceite de Soya	139 147,99	103 794,18	107 472,91	135 940,45	132 695,58
1508	Aceite de Maní	2,09	1,31	1,52	-	1,67
1511	Aceite de Palma	100,31	32,96	13 832,55	12 191,63	69,68
1512	Aceite de Girasol	18 127,29	8 894,11	13 088,95	23 520,98	18 717,59
1515210000	Aceite de Maíz	115,63	84,60	82,01	-	-
	<b>TOTAL</b>	157 493,31	112 807,16	134 477,94	171 653,06	151 484,52

(BCE, 2013, p. 45)

**Tabla 1.20.** Importaciones de aceites por partida nandina desde 2008 hasta 2012 en miles de dólares CIF

<b>Nandina</b>	<b>Producto</b>	<b>2008</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>CIF</b>	<b>2009</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>CIF</b>	<b>2010</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>CIF</b>	<b>2011</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>CIF</b>	<b>2012</b> <b>Miles de</b> <b>usd</b> <b>CIF</b>
1507	Aceite de Soya	147 772,13	111 930,42	114 718,65	142 777,73	138 449,72
1508	Aceite de Maní	2,27	1,61	1,70	-	1,93
1511	Aceite de Palma	109,94	36,51	15 306,84	13 171,66	74,00
1512	Aceite de Girasol	19 034,56	9 508,58	13 964,63	24 580,35	19 545,21
1515210000	Aceite de Maíz	123,05	90,91	90,39	-	-
	<b>TOTAL</b>	167 041,95	121 568,03	144 082,21	180 529,74	158 070,86

(BCE, 2013, p. 45)

### 1.3.5. ESTADOS FINANCIEROS E INDICADORES DEL PROYECTO

Los estados financieros han sido preparados de acuerdo con los principios de contabilidad generalmente aceptados en el Ecuador. Las principales políticas de contabilidad son las siguientes:

**Inversiones temporales.** Están registradas al costo que no exceden al valor de mercado (Baca, 2004, p. 45).

**Inventarios.** Están valorados al costo promedio, los cuales no exceden el valor de mercado, excepto importaciones en tránsito que están al costo de adquisición (Sapag Chain, 2003, p.23)

**Maquinaria, mobiliario y equipo.** Está registrado al costo histórico. Las provisiones para depreciación se cargan a los resultados del año y se calcula bajo el método de línea recta y las tasas de depreciación están basadas en los porcentajes establecidos en la Ley de Régimen Tributario Internacional (Baca, 2005, p.23).

**Método de línea recta.** En el método de depreciación en línea recta se supone que el activo se desgasta por igual durante cada periodo contable. Este método se usa con frecuencia por ser sencillo y fácil de calcular. EL método de la línea recta se basa en el número de años de vida útil del activo, de acuerdo con la fórmula: (Escuela Politécnica Nacional, 2008)

$$\frac{\text{Costo} - \text{Valor} - \text{de} - \text{desecho}}{\text{Años} - \text{de} - \text{Vida} - \text{Útil}} = \begin{array}{l} \text{Monto de la depreciación para cada año} \\ \text{de vida del activo o gasto de depreciación anual} \end{array}$$

**Cargos diferidos.** Corresponden a costos de edición, los cuales están registrados al costo. Los costos de edición son amortizados por el método de línea recta en un periodo de tres años.

**Provisiones.** Se reconoce una provisión sólo cuando la Compañía tiene una obligación presente como resultado de un evento pasado y es probable que se requieran recursos para cancelar la obligación y se puede hacer un estimado confiable del monto de la obligación (Barreno, 2005, p.56).

**Reconocimiento de ingresos.** Los ingresos se reconocen cuando es probable que los beneficios económicos asociados a la transacción, fluyan a la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz y el monto de ingreso puede ser medido confiablemente. Las Ventas son reconocidas netas posterior a las devoluciones y descuentos, cuando se ha entregado el bien y se ha transferido los ingresos y beneficios inherentes (Baca, 2005, p.172).

**Registros contables y unidad monetaria.** Los registros contables de la Compañía se llevan en Dólares de EE.UU., que es la moneda de curso legal adoptada en el Ecuador, a partir del año 2000.

**Inversiones.** Las Inversiones son aplicaciones que las personas naturales o jurídicas dan a sus fondos, tanto propios como ajenos, y que se realiza con el ánimo de obtener una rentabilidad o beneficio futuro, y estas se las realiza en: Activos Fijos, Activos Diferidos y Capital de Trabajo (Baca, 2005, p.97).

**Activos fijos.** Conjunto de elementos patrimoniales adscritos a la sociedad de forma imprescindible para la propia actividad de la misma, se denominan también activos intangibles (Guzmán y Romero, 2005, p. 68).

**Activos diferidos.** Está integrado por valores cuya rentabilidad está condicionada generalmente, por el transcurso del tiempo, es el caso de inversiones realizadas por el negocio y que un lapso se convertirán en gastos. Así, se pueden mencionar los gastos de instalaciones, las primas de seguro, patentes de inversión, marcas, de diseños comerciales o industriales, asistencia técnica (Meneses, 2001, p. 172).

**Capital de trabajo.** Son aquellos que la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz necesita para operar en un período de explotación.

Se puede decir que una Planta extractora de aceite de polvillo de arroz tiene un capital neto de trabajo cuando sus activos corrientes son mayores que sus pasivos a corto plazo, esto conlleva a que si una organización desea empezar alguna operación comercial o de producción debe manejar un mínimo de capital de trabajo que dependerá de la actividad a emprender.

El Capital de trabajo se sustenta en la medida en la que se pueda hacer un buen manejo sobre el nivel de liquidez, ya que mientras más amplio sea el margen entre los activos corrientes que posee la organización y que sus pasivos circulantes mayor será la capacidad de cubrir las obligaciones a corto plazo; el capital de trabajo permitirá financiar la primera producción antes de recibir ingresos (Meneses, 2001, p. 125).

El capital de trabajo se encuentra formado por los siguientes rubros:

**Compras.** Son aquellos ingresos necesarios para operar como empresa de producción de aceite en base al polvo de arroz.

**Materiales Directos.** Son aquellos que intervienen en el proceso productivo y terminan formando parte del producto final (Estupiñan, 2001, p. 224).

**Mano de Obra Directa.** Se refiere al costo de la mano de obra de los trabajadores que participan en la producción (Baca, 2005, p.162).

**Mano de Obra indirecta.** Está dado por aquellos trabajadores que apoyan los procesos productivos en actividades de supervisión, vigilancia, limpieza, mantenimiento (Baca, 2005, p.114).

**Materiales Indirectos.** Son aquellos que participan en el proceso productivo, pero que no llegan a constituir parte integrante del producto terminado (Baca, 2005, p.160).

**Suministros y Servicios.** Corresponde a gastos por conceptos de agua, energía eléctrica, asistencia técnica, seguros y repuestos de maquinaria y equipos (Baca, 2005, p. 96)

**Gastos Administrativos.** Comprenden todos los desembolsos en que se incurre, como pagos correspondientes al personal administrativo, adquisición de materiales de oficina (Baca, 2005, p.165).

**Gastos Ventas.-** Comprende todos los gastos que implica las operaciones de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz que realizara el Relacionador Público (Baca, 2005, p.168).

**Inversión total.** Esta inversión total se entiende como los recursos Tangibles, Intangibles, Financieros y Humanos que requiere la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz para poder operar normalmente en el tiempo de un año (Baca, 2005, p. 97).

**Inversión en Activos Diferidos o Intangibles.** Las inversiones en activos diferidos o intangibles están representadas por aquellas cuyos beneficios se obtendrán en varios períodos. Este grupo tienen las características de que incluye valores intangibles, es decir está integrado por valores cuya recuperabilidad está condicionada generalmente por el transcurso del tiempo, es el caso de inversiones realizadas por el negocio y que en lapso de tiempo se convertirán en gastos.

Dentro de este grupo se encuentran comprendidos los gastos de organización atendidos anticipadamente y que se armonizan o difieren en varias anualidades. Los fondos para atender las cuentas por cobrar, que se deban amortizarse en varias anualidades y los depósitos de garantía, son cuentas del activo diferido, entre otras (Meneses, 2001, p. 123).

**Depreciación.** Estimación del desgaste o pérdida del valor que sufre un activo fijo por su utilización en la actividad productiva, por el paso del tiempo o por la aparición de métodos de producción más eficientes (Baca, 2005, p.160).

La Depreciación no implica una salida de dinero efectivo de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz ya que es una cuenta de reserva para dar de baja un activo fijo y poder ser substituido por otro cuando haya cumplido la vida útil.

**Amortización.** Es la pérdida de valor de un activo financiero por medio de su pago, es aplicable para los activos diferidos, es decir los activos intangibles que constituyen parte integrante del proyecto. Por lo tanto consiste en ir dando de baja al activo diferido de acuerdo a la norma de contabilidad (Baca, 2005, p.165).

**Gastos administrativos.** Se encuentran constituidos por aquellos rubros que se deben incurrir para el funcionamiento de las actividades administrativas globales de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz, es decir la operación general de la empresa (Baca, 2005, p.182).

**Gastos de ventas.** Son aquellos desembolsos relacionados con la logística de los productos, tanto la publicidad y propaganda necesarias para la venta (Baca, 2005, p.182).

### **Proyección de ingresos y egresos de la planta extractora de aceite de polvillo de arroz**

**Presupuesto de ingresos.** Es la planificación de los ingresos de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz en proyección al comportamiento en diez años del flujo de efectivo, por concepto de los productos, es decir que los ingresos son provenientes de la venta aceite.

El presupuesto toma como base la demanda total del producto a satisfacer en el estudio de mercado, teniendo muy en cuenta como limitante, la máxima capacidad

de producción de aceite de polvillo de arroz, de esta manera los datos se encuentran planificados en base a la producción y el volumen de ventas.

**Ingresos por ventas.** Los ingresos están dados por las operaciones que realiza la Planta extractora en la venta de aceite de polvillo de arroz de sus diferentes líneas de producción, esto es cuantificable en un período de tiempo, está relacionado directamente con el volumen de producción.

### **Estado de resultado**

Es el documento contable que corresponde al análisis o al detalle de las cifras y datos provenientes del ejercicio económico de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz durante un período determinado. Este instrumento contable permite determinar la utilidad neta del ejercicio económico de la empresa, así como también los sueldos y utilidades de los trabajadores, y los impuestos establecidos por la ley tributaria que debe cumplir la organización (Weston, 2006).

### **Flujo de caja**

El flujo de caja es la expresión de una magnitud económica realizada de una cantidad por unidad de tiempo, es decir entrada o salida de fondos de caja (Barreno, 2005, p.56).

El análisis financiero de este instrumento contable es importante por cuanto permite determinar el comportamiento de ingresos y egresos de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz, es decir el movimiento de efectivo. Para su cálculo se proyecta una serie de diez años, con el objetivo de realizar los cálculos posteriores del VAN y TIR.

### **Determinación del valor actual neto (VAN)**

Valor actual neto o Valor presente neto son términos que proceden de la expresión inglesa Net Present Value. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español (Baca, 2005, p. 213).

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente, de ahí su nombre, de un determinado número de flujos de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado.

La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera (Escuela Politécnica Nacional, 2008, p. 56). Para proceder al cálculo se establecerá una tasa que representa el costo de oportunidad de la siguiente forma:

$i = \text{tasa pasiva (recursos propios)} + \text{tasa activa (recursos de terceros)} + \text{riesgo país.}$

Los datos de tasas de interés, Riesgo País e Inflación han sido tomados del Banco Central del Ecuador, al 30 de diciembre del 2012.

### **Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno indica el porcentaje de rentabilidad que obtendrá el inversionista por la decisión de invertir en una alternativa de inversión seleccionada (Baca, 2005, p. 221).

Por medio de este instrumento se puede evaluar el proyecto ya que cuando la TIR es mayor que la tasa de oportunidad, el rendimiento que obtendrá el inversionista realizando la inversión es mayor que el que tendrá en la mejor alternativa, por lo tanto conviene realizar la inversión. En la fórmula 1.3 se observa el modo de calcular la tasa interna de retorno



$$TIR = tm + (TM - tm) * (VAN^{tm} / (VAN^{tm} - VAN^{TM})) \quad [1.3]$$

Donde:

*TM*: Tasa Mayor

*tm*: Tasa Menor

### **Período de recuperación de la inversión (PRI)**

Este período está determinado por el tiempo que debe transcurrir para recuperar la inversión, es decir en donde el flujo acumulado se convierte en positivo a partir de ese momento la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz contaría con los recursos para cubrir los egresos necesarios durante la vida útil del proyecto (Meneses, 2001, p. 179).

### **Relación costo beneficio.**

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto (Baca, 2005, p. 15).

Este método se aplica a la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas

$R (C/B) = \text{SUMATORIA (Flujos generados por proyecto / inversión [egresos])}$

### **Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio se produce cuando el ingreso total por volumen de producción es igual a los costos totales en que incurre la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz. A partir de ese punto, el incremento de producción origina un beneficio, mientras que por debajo de ese punto, el servicio de turismo ocasiona pérdidas (Escuela Politécnica Nacional, 2012).

Matemáticamente para la determinación del punto de equilibrio tenemos la fórmula 1.4 para poder determinar este índice financiero

$$PE = CF / (Pu - Cvu) \quad [1.4]$$

Dónde:

*Pu*: Precio de venta unitario

*CF*: Costo Fijo

*Cvu*: Costo variable unitario

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 MATERIALES**

El material vegetal que se utilizó como materia prima en el proyecto fue polvillo de arroz (*Oryza sativa*), que es un sub-producto del pilado de arroz que consiste en la capa intermedia llamada aleurona, que está entre la cascarilla y el grano de arroz (Pestana, 2009, p. 3-11).

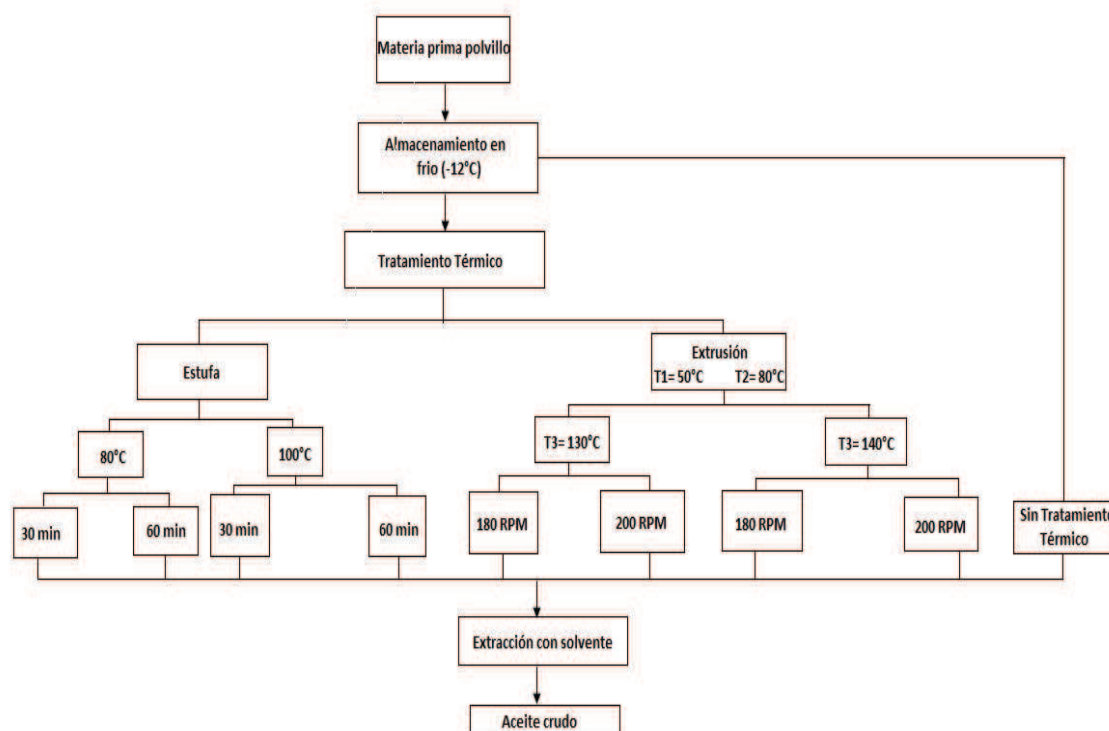
El polvillo de arroz fue adquirido en la piladora Juanita de propiedad del señor Manuel López, ubicada en la vía Quevedo- Valencia en la Provincia de los Ríos, se almacenó a -12 °C en el cuarto frío número 4 de la planta piloto del Departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología (DECAB) para disminuir la acción de la enzima lipasa que enrancia la materia prima.

También se utilizó hexano como solvente orgánico para la extracción de aceite del polvillo de arroz. Los materiales empleados en los pre-tratamientos térmicos, en la extracción de aceite, recuperación del aceite y hexano, filtración, y análisis de las características físico-químicas constan en los respectivos métodos utilizados.

### **2.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR SOLVENTE Y DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD**

Para evaluar el efecto del pre-tratamiento térmico que se dio al polvillo de arroz antes del proceso de extracción por solvente, se trabajó con 2 tratamientos térmicos: extrusión y secado en estufa, y se valoraron variables de respuesta como porcentaje de aceite crudo obtenido y sus propiedades físicas y químicas.

En el cuadro de la figura 2.1 se exponen las etapas del proceso de investigación



**Figura 2.1.** Flujo experimental de la extracción de aceite de polvillo de arroz

Antes de realizar los tratamientos térmicos, se realizó un análisis bromatológico.

## 2.2.1. PRE-TRATAMIENTOS DE LA MATERIA PRIMA

### 2.2.1.1. Pre-tratamiento en estufa

Se utilizó una cantidad de 300 g de polvillo de arroz en cada ensayo de secado en estufa P SELECTA, N° 94589, modelo 140-B, del laboratorio de Investigación de Procesos, se determinó el tiempo y temperatura; y se evaluó el porcentaje de extracción de aceite, se trabajó con 2 niveles de temperatura (80 y 100 °C) por (30 y 60 minutos) y se usó un testigo sin pre-tratamiento. Los ensayos se realizaron por duplicado, en total se realizaron 8 ensayos, se pesaron todas las muestras después de cada pre-tratamiento para determinar la pérdida de humedad luego de cada ensayo (Benítez, 2010, p. 56; Galbiati, 2007, p. 25).

### **2.2.1.2. Pre-tratamiento en extrusor**

Se trataron térmicamente 300 g de polvillo en cada ensayo en un extrusor Brabender con tornillo 1:3 y boquilla de 3mm, a 3 temperaturas T1= 50 °C, T2= 80 °C y T3 o temperatura de cabeza a (130 y 140 °C) y la velocidad del tornillo (180 y 200 RPM), se utilizó una muestra sin pre-tratamiento como testigo y los ensayos se realizaron por duplicado, en total se realizaron 8 ensayos, se pesaron todas las muestras después de cada pre-tratamiento.

## **2.2.2. EXTRACCIÓN Y RECUPERACIÓN DEL ACEITE**

Luego de terminar los acondicionamientos, la primera variable de respuesta fue el porcentaje de aceite crudo obtenido luego de la extracción y recuperación del aceite crudo de polvillo de arroz.

### **2.2.2.1. Extracción de aceite**

Se pesó 25 g de polvillo pre-tratado en una balanza electrónica ADAM, 300 g, 0,01 g y se colocó el material dentro de un cartucho de extracción de 9,2 cm de altura y 3,5 cm de diámetro que luego fue colocado dentro del tubo Butt. Después el tubo Butt fue ensamblado con el refrigerante. Así mismo se agregó 75 mL de hexano en un balón de extracción Schott Duran de 250 mL de capacidad, también se agregaron núcleos de ebullición en el balón con el objetivo de tener una ebullición estable. Luego se colocó el balón con hexano en la parte inferior del tubo Butt. Después de armar todo el equipo de extracción se expuso a ebullición el hexano contenido en balón, a una temperatura de 160 °C de la fuente de calentamiento.

Desde el instante que empezó la ebullición del hexano se tomó el tiempo de extracción que fue de 30 minutos, este tiempo fue determinado como el tiempo óptimo de extracción en las pruebas preliminares con 3 tipos de muestra. La

primera muestra fue sin pre-tratamiento térmico la segunda muestra fue pre-tratada en estufa a 130 °C por 3 horas y la tercera en extrusor a 140 °C y 200 RPM, y en las 3 muestras se obtuvo como tiempo 30 minutos. Al finalizar la extracción se dejó enfriar hasta 70 °C el balón para poder llevarlo a la recuperación. Este proceso se realizó para todas las muestras pre-tratadas tanto de estufa como extrusión.

#### **2.2.2.2. Recuperación del aceite**

Para la recuperación se colocó el balón de 250 mL con hexano y aceite en el rotavapor BUCHI, KRvr 65/45 y se calentó con un baño de agua a 91 °C, se recolectó el hexano en el balón de recuperación PYREX de 1000 mL, mientras se hizo girar el balón de 250 mL a 80 RPM durante 10 minutos.

Después se retiró el balón de 250 mL previamente tarado, con aceite y se dejó enfriar, luego se pesó. Se esperó a que el hexano residual contenido en el aceite se evapore durante 5 horas aproximadamente o a su vez se lo colocó en la estufa a 72 °C durante 15 minutos para evaporar el hexano residual, luego se pesó el aceite del balón para determinar el rendimiento de la extracción. Se midió en una probeta de 500 mL el volumen de hexano recuperado para determinar su porcentaje de recuperación.

#### **2.2.2.3. Filtración del aceite**

Se recolectó una cantidad de 50 g de aceite crudo para filtrar, se utilizó un embudo de vidrio y papel filtro estándar, se agregó el aceite en el embudo y se dejó filtrar durante 24 horas hasta ver en el papel filtro una sustancia pastosa que corresponde al contenido de ceras para luego pesar nuevamente el aceite filtrado y determinar la pérdida de aceite por filtración en el papel filtro mediante la diferencia entre los 50 g iniciales y el peso del aceite luego de la filtración.

La diferencia entre el peso inicial y el peso final, es aproximadamente el peso de las ceras retenidas (Bailey, 2001, p. 466).

### **2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE**

La segunda variable de respuesta fueron los análisis de calidad del aceite crudo según las normas INEN de grasas y aceites.

#### **2.2.3.1. Propiedades físicas del aceite**

Las propiedades físicas del aceite crudo se determinaron con los métodos descritos en las normas INEN NTE 0035-1973 para densidad relativa que se observa en el anexo II, y el punto de nube, punto de vertido, y punto de solidificación.

**Determinación de la densidad relativa.** se utilizó aceite de polvillo de arroz como muestra específica y agua destilada como el compuesto de referencia. La prueba inició considerando todos los materiales necesarios para la medición como el picnómetro de 25 mL, 30 mL de aceite de polvillo, agua destilada y una balanza analítica electrónica ADAM, 300 g, 0,0001 g. El picnómetro limpio y seco se pesó en la balanza analítica que dio como resultado un peso  $m$ .

Se agregó agua destilada al picnómetro a una temperatura de 25 °C, y se pesó y se obtuvo un peso  $m_1$ . De igual forma se agregó el aceite al picnómetro a 25 °C para obtener un peso  $m_2$ .

Luego de obtener todos los datos de los pesos  $m$ ,  $m_1$ , y  $m_2$  se procedió al cálculo de la densidad relativa ( $d_{25}$ ).

Se debe repetir todo este procedimiento nuevamente para obtener el segundo dato y validar este resultado (INEN, 1973, p. 35).

**Prueba de nube, vertido y solidificación.** Para la realización de esta prueba se colocaron 25 mL de aceite en un tubo de ensayo que luego fue tapado a través de un orificio en la tapa, se pone un termómetro cuyo bulbo se sumergió en el aceite.

El tubo de ensayo se introdujo y sello dentro de un tubo de vidrio, y el conjunto se dispuso dentro de un vaso de precipitación que contenía hielo y sal, y se esperó que la temperatura baje a los 7 °C, a partir de esta temperatura se hacen lecturas cada 2 °C.

Cuando el aceite se enturbia se anota la temperatura conseguida como punto de nube, cuando el aceite deja de fluir sometido a una ligera vibración se estima la temperatura de vertido. Finalmente cuando deja de fluir el aceite se registra la temperatura de solidificación. En esta prueba por duplicado no debe haber una diferencia mayor a 1 °C

#### **2.2.3.2. Propiedades químicas del aceite**

Las propiedades químicas del aceite crudo fueron evaluadas con las normas INEN NTE 0040-1973 para saponificación, la norma INEN NTE 0041-1973 para materia insaponificable, la norma INEN NTE 0038-1973 para acidez, la norma INEN NTE 0037-1973 para índice de yodo, y la norma INEN NTE 0045-1973 para la rancidez que observan en los anexos III al VII (INEN, 1973, p. 35; Pestana, 2009, p. 3-11).

Para el análisis del perfil de ácidos grasos se realizaron pruebas de cromatografía de gases y se determinó los ácidos grasos saturados e insaturados que contiene el aceite, también se escogió el dato de la muestra que



tuvo los índices óptimos en cada prueba química, de acuerdo a los parámetros de las normas INEN.

## **2.3 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA**

### **2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA**

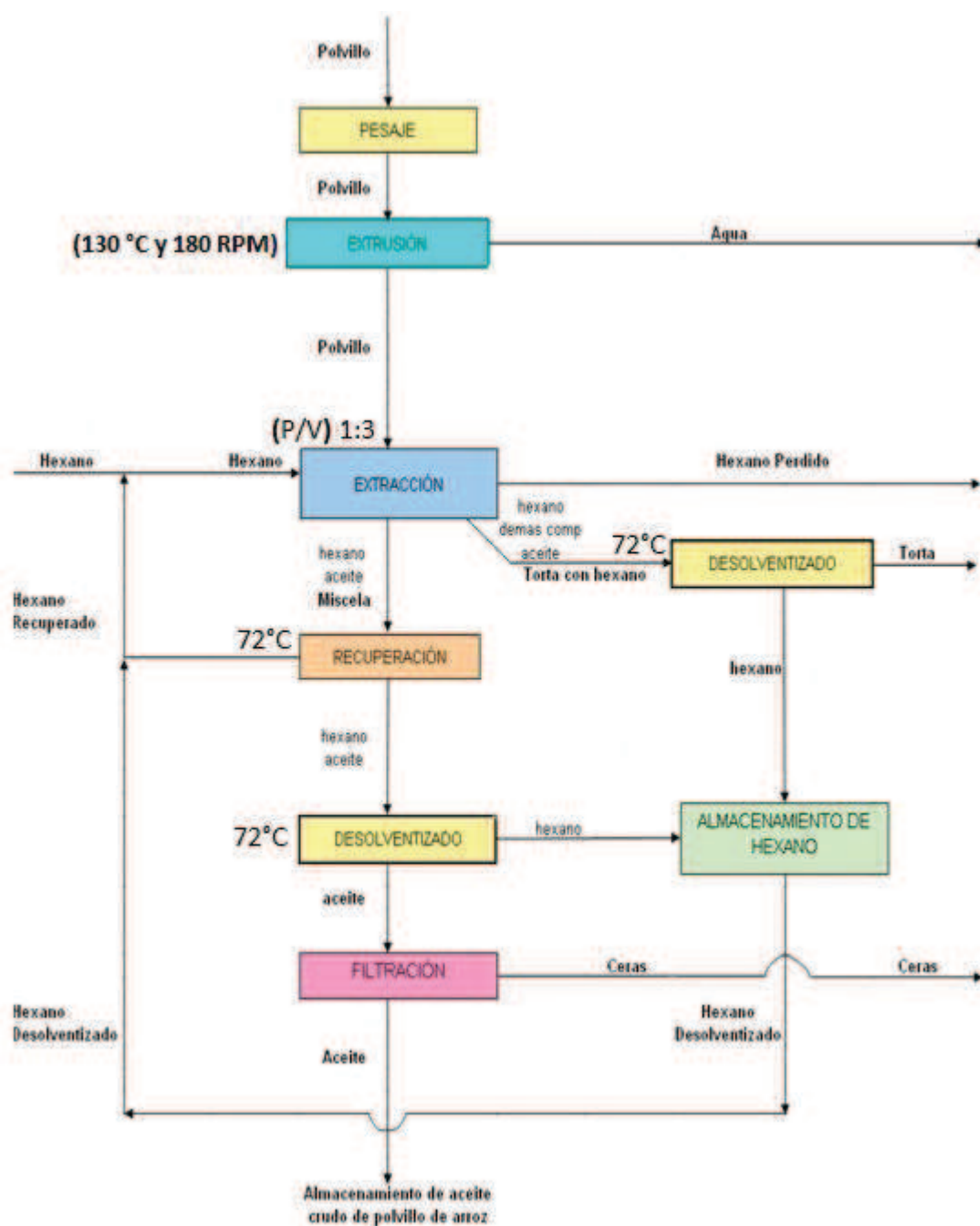
El dimensionamiento de la planta se realizó para 10 000 t de aceite crudo al año con base en los datos y estadísticas obtenidos de la producción nacional de 1 130 652 t anuales de arroz en cáscara en promedio desde el 2005 hasta 2011 (MAGAP, 2012, p. 13). Se sabe que el porcentaje del polvillo es el 8 % del grano en cáscara en peso (Pacheco, 2001, p. 1) por lo tanto se dedujo que existe una cantidad promedio disponible de 90 452 t anuales de polvillo.

En el presente proyecto se utilizará el 60 % de esta materia prima, por precaución en caso de una baja de producción de arroz, por lo que se contará con 54 271 t de polvillo al año para procesar.

Este tiene un contenido graso del 18 % en promedio (Pacheco, 2001, p. 1; Pestana, 2009, p. 3-11), y significa que se extraerán 9 768 t anuales de aceite crudo de polvillo de arroz, pero se realizó el dimensionamiento para 10 000 t como se dice al inicio.

### **2.3.2. BALANCES DE MASA**

Los balances de masa se realizaron con base en los datos obtenidos en la parte experimental en cada una de las etapas del proceso de extracción, la producción anual de aceite y de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 2.2.



**Figura 2.2.** Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite crudo de polvillo de arroz

Con los datos obtenidos en laboratorio, y luego de obtener las relaciones de extracción y los porcentajes y proporciones en cada etapa del proceso, se utilizó algunos de esos datos para el balance a nivel industrial.

### **2.3.2.1. Tratamiento Térmico**

Para realizar el balance de masa de esta etapa se utilizaron los datos obtenidos de pérdida de humedad del polvillo, del tratamiento de extrusión.

### **2.3.2.2. Extracción**

La siguiente etapa del proceso es la extracción o lixiviación en la cual se separa el aceite contenido en el polvillo para luego pasar a formar parte de una solución con el solvente orgánico, esta solución se denomina miscela. Las relaciones de extracción se obtuvieron de la parte experimental, por cada 25 g de polvillo se utilizan 75 mL de hexano, que transformados a masa son 49,11 g esto significa que en volumen existe una relación p/v de 1/3 y en el caso de la relación p/p es de 1/2, esta relación fue considerada al momento del cálculo de los flujos máxicos a nivel industrial.

### **2.3.2.3. Recuperación de hexano y aceite**

Luego viene la separación o recuperación del aceite y del solvente, mediante la utilización de un evaporador simple, a escala de laboratorio no existe una recuperación tan eficiente del solvente, sin embargo a nivel industrial existe una recuperación del 99,95 % del hexano en varias etapas. En la fase de recuperación con evaporador se obtiene el 93,17 % del hexano inicial utilizado, y se considera este dato para el cálculo del balance de masa en la recuperación.

### **2.3.2.4. Desolventizado**

Para el cálculo de la desolventización del aceite se consideró el dato a nivel laboratorio, es decir se pesó el balón con aceite y hexano después de la recuperación y se anotó el peso, luego se puso en una estufa para evaporar el

hexano residual a temperatura de 72 °C durante 15 min, después se dejó enfriar el aceite por 10 minutos y se pesó de nuevo. El nuevo peso obtenido se lo resto del inicial y la diferencia es el hexano contenido en el aceite luego de la recuperación, de esta manera se consiguió el dato de hexano contenido en el aceite para el cálculo de desolventización. En el caso del cálculo para la desolventización de la torta se hizo algo similar, apenas se terminó la extracción, se pesó la torta contenida en el cartucho y se la llevo a evaporación a temperatura de 72 °C durante 15 min, y después se dejó enfriar por 30 min y se pesó nuevamente, la diferencia entre el peso inicial y final es el dato del hexano contenido en la torta. Estos datos sirvieron para el cálculo del balance de masa.

#### **2.3.2.5. Filtrado**

En la etapa de filtrado del aceite se consideró el peso de las ceras retenidas en el papel filtro, y se utilizó este dato para verificar el porcentaje de ceras que contiene el aceite crudo de polvillo de arroz. Con este dato se realizó el balance de masa en esta etapa del proceso. Finalmente se tiene el almacenamiento del aceite crudo en tanques especiales donde permanecen hasta la distribución a las principales industrias refinadoras. Como se mencionó anteriormente se iniciaron los balances de masa a partir de la cantidad de aceite que se va a producir, que es de 10 000 t al año.

El flujo másico de aceite al final del proceso sirvió para calcular desde el flujo de salida del aceite filtrado hasta el inicio del proceso en el pesaje, en cada una de las etapas que se mencionaron y determinar las cantidades de solvente y polvillo necesarias en la extracción a nivel industrial. Con el dato anual de flujo másico de aceite también se pudo realizar el balance de masa por hora, que fue necesario para seleccionar cada uno de los equipos, solo se dividió el flujo másico para 12, que son los meses, luego para 30 que son los días del mes que se va a trabajar en la planta, y luego para 24 horas, que son las horas que labora la planta de extracción.

### 2.3.3. BALANCES DE ENERGÍA

#### 2.3.3.1. Pre tratamiento Térmico

En la etapa de pre-tratamiento térmico se escogió el tratamiento por extrusión como se mencionó anteriormente, pero debido a las condiciones en las que se trabaja en el extrusor de laboratorio se hace complicado determinar la cantidad de calor que realmente existe en esta etapa del proceso que depende de muchos factores como la presión del tornillo que transporta el polvillo dentro del equipo, la fricción o rozamiento del material contra las paredes internas del aparato, todos estos factores inciden en la temperatura alcanzada a nivel de un aparato industrial.

#### 2.3.3.2. Extracción o lixiviación

Para la extracción o lixiviación se tomó en cuenta el flujo másico de polvillo extruido y de solvente a la entrada y salida de esta etapa del proceso, se consideró el calor específico del hexano ( $C_p$ ) que es de 2,26 kJ/kg °C, a la temperatura de ebullición del hexano 69 °C (Sharapin, 2000, p. 38). Cabe mencionar que el solvente es calentado con el calor cedido por el vapor de agua en el intercambiador, el hexano calentado hasta su temperatura de ebullición es transportado a las duchas del extractor para rociar el polvillo de arroz. Para determinar el calor necesario se utilizó la fórmula del calor 2.1.

$$Q = m_{Hex} C_p \Delta T \quad [2.1]$$

Donde:

Q: calor

m: masa de hexano

$C_p$ : calor específico

$\Delta T$ : variación de la temperatura

En el que la masa son los kg de hexano por hora que se desea calentar para ser llevada hacia la distribución del solvente sobre el polvillo para extraer el aceite, se considera el  $C_p$  del hexano, la temperatura de calentamiento de 72 °C para efecto de cálculo, y la temperatura inicial de 25 °C que es la temperatura ambiente (Heldman y Singh, 1997, p. 115). Una vez que se obtuvo el Q (calor) en kJ/h, este calor se dividió para 0,85 que es la eficacia que se asume que tiene un cambiador de calor (85 % de eficacia) para transferir el calor del vapor hacia el hexano (Heldman y Singh, 1997, p. 115). La determinación de la entalpía para una calidad de vapor del 90 %, se determinó mediante la fórmula 2.2

$$H = (0,1) H_L + (0,9) H_V \quad [2.2]$$

Donde:

$H$ : Entalpía con una calidad de vapor del 90 %

$H_L$ : Entalpía de líquido

$H_V$ : Entalpía de vapor saturado

Los valores de  $H_L$  y  $H_V$  se obtuvieron de la tabla de las propiedades de vapor saturado a 76 °C, elegida a esta temperatura para asegurar un gradiente mínimo de temperatura de 4 °C entre el vapor y el producto, los datos se observan en el anexo IX (Heldman y Singh, 1997, p. 504). Luego se obtiene la energía térmica del condensado que abandona el cambiador, mediante la fórmula 2.3

$$H_C = (C_{p\ agua}) * T \quad [2.3]$$

Donde:

$H_C$ : Contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador

$C_{p\ agua}$ : Calor específico del agua

$T$ : Temperatura final del hexano (72 °C)

El  $C_p$  del agua se obtiene en la tabla A.4.1 propiedades físicas del agua a la presión de saturación que se observa en el anexo X (Heldman y Singh, 1997, p. 502-503). Una vez que se obtuvo el calor ( $Q$ ), la entalpía de calidad de vapor del 90 % ( $H$ ) y el contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador ( $H_c$ ), se determinó la cantidad de vapor que debe circular por el evaporador para ceder el calor latente de vaporización con la fórmula 2.4.

$$m = \frac{Q}{(H - H_c)} \quad [2.4]$$

Donde:

$m$ : masa de vapor

$Q$ : calor requerido

$H$ : Entalpía con una calidad de vapor del 90 %

$H_c$ : Contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador

Después de terminar los cálculos de balance de energía, se utilizaron los datos de calor ( $Q$ ) en kJ/h y el flujo másico de vapor en kg/h y se sumó este flujo de vapor a los demás flujos de recuperación (evaporación), desolventización de torta y desolventización de aceite para calcular el tamaño del caldero en BHP, y abastecer de vapor el proceso. Con el uso del dato de calor se realizó una relación de regla de tres en que se hizo la comparación de 1BHP es equivalente a 35 294 kJ/h por lo tanto el calor que se obtuvo en kJ/h a cuantos BHP será equivalente y de esa manera se escogió el caldero indicado de acuerdo a la capacidad en BHP. Con base en estos datos también se obtuvo la cantidad de combustible necesario para producir el vapor, y el costo de este combustible que es necesario para realizar el análisis financiero del proyecto. Para conocer cuánto combustible necesita el caldero para producir el vapor, se utilizó una relación de catálogo de calderos en que 1 gal de diésel produce 140 315 kJ, por lo tanto los kJ/h obtenidos cuantos galones de diésel por hora necesitaran. Con

los galones de diésel obtenidos se pudo determinar cuánto se va a gastar por hora en combustible si se conoce que el galón de diésel está en 1,02 USD.

### 2.3.3.3. Fraccionamiento de la miscela

La etapa de recuperación del aceite y solvente fue necesario la temperatura de ebullición del hexano, la temperatura de la mezcla aceite-solvente a la entrada, y la temperatura del hexano y aceite a la salida que fue medida con termómetro, para el calor específico se usó la fórmula 2.5

$$C_p = C_{p \text{ Hexano}}(X_H) + C_{p \text{ aceite}}(X_{ac}) \quad [2.5]$$

Donde:

$X_H$ : Porcentaje de hexano en la miscela

$X_{Ac}$ : Porcentaje de aceite en la miscela

$C_p$ : Calor específico de mezcla

Luego de haber obtenido el  $C_p$  de mezcla de la miscela se determinó el calor necesario para calentar la miscela, para este cálculo se utilizó la fórmula 2.6. Se calculó el calor de evaporación del hexano en el que interviene la masa ( $m$ ) de hexano y el calor latente de vaporización ( $\Delta$ ) del hexano, y se calcula con la fórmula 2.7.

$$Q_{calentamiento} = m_{miscela} C_{p \text{ mezcla}} \Delta T \quad [2.6]$$

$$Q_{evaporación} = m_{Hexano} * \Delta_{Hexano} \quad [2.7]$$

Donde:

$\Delta_{Hexano}$ : El calor latente de vaporización es 334,72 kJ/kg (Perry, 1941, p. 2383)



Se determinó las entalpías para una calidad de vapor del 90 %, y el contenido de energía térmica del condensado. Con las entalpías obtenidas y el dato anterior de calor se calculó la masa de vapor necesario para evaporar el hexano.

#### 2.3.3.4. Desolventización

Para el cálculo de balance de energía en la desolventización de la torta o sólido agotado con hexano se realizó primero un balance de materiales, y se utilizó los resultados del análisis bromatológico, de la composición del polvillo en base húmeda antes del tratamiento térmico, y también el resultado de pérdida de humedad que se realizó experimentalmente, con estos datos se realizó el balance de masa respectivo en la etapa de extrusión y se obtuvo los datos de la composición del polvillo extruido. Con los resultados del balance de masa se realizó el siguiente balance de masa en la etapa de extracción, también se tomó en cuenta el porcentaje de aceite obtenido de la muestra escogida, de este balance se obtuvo el dato de la composición de la torta después de la extracción.

Con la cantidad de torta se realizó el cálculo del calor específico ( $C_p$ ) del sólido agotado, con la fórmula 2.8.

$$C_p = 1,424m_c + 1,549m_p + 1,675m_f + 0,837m_a + 4,187m_m \quad [2.8]$$

Donde:

$m_c$ : Fracción en peso de hidratos de carbono

$m_p$ : Fracción en peso de proteína

$m_f$ : Fracción en peso de grasa

$m_a$ : Fracción en peso de cenizas

$m_m$ : Fracción en peso de humedad

El  $C_p$  de la torta permite realizar el cálculo de la mezcla torta y hexano, se utilizó el porcentaje o relación que hay entre ambos y el  $C_p$  tanto de la torta como de hexano, luego se calculó el calor (Q) necesario para calentar la mezcla hasta 72 °C. Se utilizó la fórmula 2.1, pero con la masa de torta con hexano y el ( $C_p$ ) de mezcla. Se calculó el calor de evaporación del hexano en el que interviene la masa (m) de hexano y el calor latente de vaporización ( $\lambda$ ) del hexano, y se calcula con la fórmula 2.7. Una vez que se obtuvo el calor en kJ/h se dividió para 0,85 debido a que la transferencia de calor no es óptima, y se asume que solo hay una transferencia del 85 %, luego de tener el calor se reemplazó en la fórmula 2.4. En el caso de la desolventización del aceite se realizó el mismo procedimiento, solo se necesita el porcentaje o relación de aceite y hexano luego de la recuperación, pero este dato se lo obtiene del balance de masa en la recuperación de hexano en la corriente de salida. Después de tener estos datos el procedimiento es el mismo que en la desolventización de la torta. Se utilizó las mismas relaciones matemáticas para el cálculo del calor calentamiento de la mezcla aceite hexano, como el calor de evaporación del hexano. Se sumó ambos calores y se dividió para 0,85 que significa que la transferencia es del 85 %.

## **2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS**

### **2.4.1. EQUIPO DE PESAJE**

Con la información del flujo másico y energía del proceso se dimensionaron los equipos de la planta extractora de aceite crudo. Es importante mencionar que en todas las etapas del proceso se utilizó el flujo másico por hora debido a que en los catálogos los equipos vienen en kg/h o en t/h. Para el pesaje se seleccionó una balanza de piso con capacidad suficiente de soportar el peso de 40 toneladas.

### **2.4.2. EQUIPO DE EXTRUSIÓN**

La selección del extrusor apropiado se realizó por catálogos, se usó como dato básico el flujo másico de polvillo que se desea tratar térmicamente. Este extrusor tiene la capacidad de procesar 10 t/h con un consumo energético de 200 kW que es el dato que ofrece la empresa y que sirve para determinar los costos de operación de este equipo, también se obtuvo las dimensiones y características técnicas del extrusor que sirve para el dimensionamiento de la planta. Se seleccionó también equipos de transporte bandas sin fin y elevadores de cangilones, una de ellas ubicada entre la balanza que esta al inicio y el elevador de cangilones que lleva el material hacia el extrusor, otra banda transportadora entre el extrusor y el elevador de cangilones que lleva el polvillo extruido hacia el extractor, y una banda herméticamente cerrada entre la salida del extractor y un elevador que lleva la torta hacia el desolventizador.

### **2.4.3. EQUIPO DE EXTRACCIÓN**

En base al balance de masa, se dimensionó y seleccionó el equipo de extracción sólido líquido que necesita el polvillo, de acuerdo al lecho dentro del extractor, y con este volumen saber qué dimensiones de largo y de ancho debe tener el equipo. Se calculó el volumen en función de la densidad del polvillo de arroz, de 0,5 kg/L, se realizó la conversión de litros a metros cúbicos. Para una adecuada lixiviación del solvente a través del lecho de polvillo de arroz, se considera el alto del lecho de 25 cm. Se buscó en catálogo que extractor cumple con los requerimientos, con la información técnica encontrada se seleccionó un equipo DeSmet, que se caracteriza porque el sólido o polvillo discurre a través de una cinta transportadora (Ibartz, 2005, P. 798).

#### **2.4.4. EVAPORADOR**

Para realizar el dimensionamiento del evaporador se consideró el flujo másico de hexano a la entrada del proceso de extracción, con el objetivo de tener la cantidad en kg/h y poder transformar este peso a volumen mediante la utilización de la densidad del hexano que es 0,66 kg/L. Para realizar el dimensionamiento del caldero se partió del vapor en lb/h que se necesita para el calentamiento del hexano en la extracción del aceite, también se utilizó las lb/h de vapor en la etapa de evaporación de la miscela, se consideró el vapor que se necesita para desolventizar el aceite luego de la recuperación, y también el vapor necesario para desolventizar la torta. Con el flujo másico de vapor se calculó los BHP necesarios para la selección del caldero, se consideró la relación de un caldero de 50 BHP que genera 1 725 lb/h. Los flujos másicos de vapor en kg/h y lb/h se obtuvieron de los balances de energía (Rivera, 2006, p.10).

#### **2.4.5. DESOLVENTIZADOR**

Para el dimensionamiento de los desolventizadores se consideró los siguientes valores. Para el desolventizador del sólido agotado o torta con hexano, se utilizó el dato de flujo másico de torta a la salida del extractor en kg/h, y la densidad del hexano como dato para la transformación de flujo másico a flujo volumétrico, debido a que la torta o polvillo esta embebido de hexano a la salida de la extracción y por este motivo se usó la densidad del hexano, que es de 0,66 kg/h. Se transforma de peso a volumen para dimensionar la torre de desolventización. Para realizar el dimensionamiento del desolventizador de aceite se siguieron casi los mismos pasos que en el desolventizador de torta, solo se consideró el dato de los kg/h de aceite luego de la recuperación. Después de escoger el desolventizador se usaron las medidas del equipo para realizar el dimensionamiento en la planta industrial.

#### **2.4.6. FILTRO**

El dimensionamiento del filtro se realizó con el flujo másico de aceite a la salida del desolventizador de aceite, en kg/h y se utilizó este flujo para buscar en catálogos los filtros que se adapten al tipo de aceite y a la masa que se va a procesar.

#### **2.4.7. TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA ACEITE Y HEXANO**

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aceite crudo, se realizó con el flujo másico de aceite dado por el proceso a la salida del filtrado, en t/d  
Para dimensionar los tanques de almacenamiento de hexano se utilizó el flujo másico de hexano a la entrada de la etapa de extracción, en t/mes por ser un insumo que está regulado por el CONSEP. Es muy importante recalcar que los tanques de almacenamiento deben ser ubicados a una distancia de diez metros de la planta debido a la peligrosidad del contenido, el hexano es un solvente inflamable y no puede estar cerca del caldero que se encuentra en la planta extractora, y dar cumplimiento a la normativa vigente.

#### **2.4.8. ELABORACIÓN DE PLANOS DE LA PLANTA INDUSTRIAL**

Para la elaboración de los planos en AutoCAD de la planta extractora se tomó en cuenta las dimensiones de todos los equipos y su distribución, ajustado al flujo de proceso de extracción de aceite crudo. La distribución de equipos en la planta extractora se realizó en forma de (s), lo que permite aprovechar de mejor manera los espacios, también se consideró dejar el caldero fuera de la planta industrial y protegido en un cuarto para evitar riesgos laborales en caso de existir alguna explosión, y se conectó con el evaporador a través de una tubería con aislante térmico para evitar pérdidas de calor durante el transporte, es preciso mencionar que el caldero y el evaporador están cerca, solo separados por una pared reforzada. Se considera un área administrativa, cercana a la planta. Se

levantó el lay-out o vista aérea de la planta con sus respectivos cortes transversales A y B.

## **2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para realizar el análisis económico fue necesario conocer las máquinas que se utilizan en la extracción de aceite, con sus respectivos precios y especificaciones, para saber cuáles son los costos de los activos fijos que tiene la industria, también fue importante saber el consumo energético en kW de cada una de las máquinas para poder determinar cuáles son los costos variables de la industria. Luego de conocer los costos de la maquinaria y el consumo energético de cada una, se realizó la determinación de los costos de la construcción de la planta extractora. Se revisó los precios de la mano de obra y la cantidad de albañiles que se necesitan para la construcción, el costo y la cantidad de los materiales de construcción para edificar la planta, los equipos que se necesitaron para la edificación, y finalmente el costo del terreno donde se construirá la extractora de aceite. También fue necesario conocer los obreros que van a trabajar en la extractora de aceite, la mano de obra directa que interviene en el proceso de producción de acuerdo a la etapa del proceso, y la cantidad de operarios que se necesitan en cada una de las etapas, y finalmente la mano de obra indirecta que son los empleados administrativos de la industria.

Se consideró también el costo de la materia prima que es el polvillo de arroz, y el hexano que es un insumo que sirve para la extracción del aceite. Finalmente se tomó en cuenta los ingresos de la venta del aceite de polvillo de arroz, para esto fue necesario conocer el flujo másico de aceite al final de todo el proceso, es decir la cantidad de aceite obtenido, y el precio por tonelada de aceite, de esta manera se obtuvo el ingreso por ventas. Luego de obtener todos estos valores se procedió a realizar los indicadores económicos TIR; VAN; y punto de equilibrio, que sirven para determinar la viabilidad del proyecto (Sapag Chain, 2003, p. 46).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PRE-TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR SOLVENTE Y DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD**

En el anexo I se presenta el análisis proximal del polvillo de arroz, destacándose el contenido de extracto etéreo del 17,68%, valor que está dentro del rango obtenido en bibliografía. El tratamiento térmico desnaturaliza las proteínas al romper las paredes celulares, facilitando la salida del aceite, también disminuye la viscosidad y fluye con mayor rapidez.

##### **3.1.1. PRETRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**

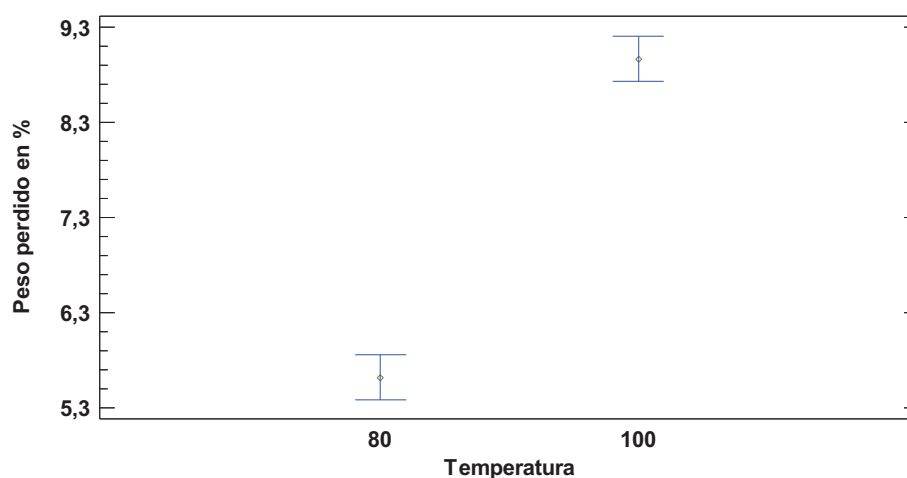
###### **3.1.1.1. Pre-tratamiento en estufa**

Los tratamientos térmicos realizados en estufa muestran diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de temperatura 80 y 100°C, esto significa que a una mayor temperatura existe una mayor pérdida de peso (humedad) como se indica en la figura 3.1, la muestra original de polvillo de arroz posee un 12,72% de humedad.

En la figura 3.1 se observa que en el pre-tratamiento en donde hubo mayor porcentaje de pérdida de peso es en el pre-tratamiento a 100°C durante 60 min y la muestra que tuvo el menor porcentaje de pérdida de peso fue la tratada a 80°C y 30 min. Se observa en la tabla 3.1 que los factores tiempo y temperatura son menores a 0,05 ( $p < 0,05$ ) tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el peso perdido en porcentaje con un 95% de nivel de confianza.

**Tabla 3.1.** Análisis de Varianza para la pérdida de peso en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura °C	22,378	22,378	381,55	0,0000
B:Tiempo (min)	11,472	11,472	195,60	0,0002
AB	0,16245	0,16245	2,77	0,1714



**Figura 3.1.** Peso perdido en porcentaje respecto a la temperatura (°C), de las muestras pre-tratadas en estufa

Se observa en la tabla 3.1. que la combinación de ambos factores no muestran un efecto estadísticamente significativo ( $p > 0,05$ ).

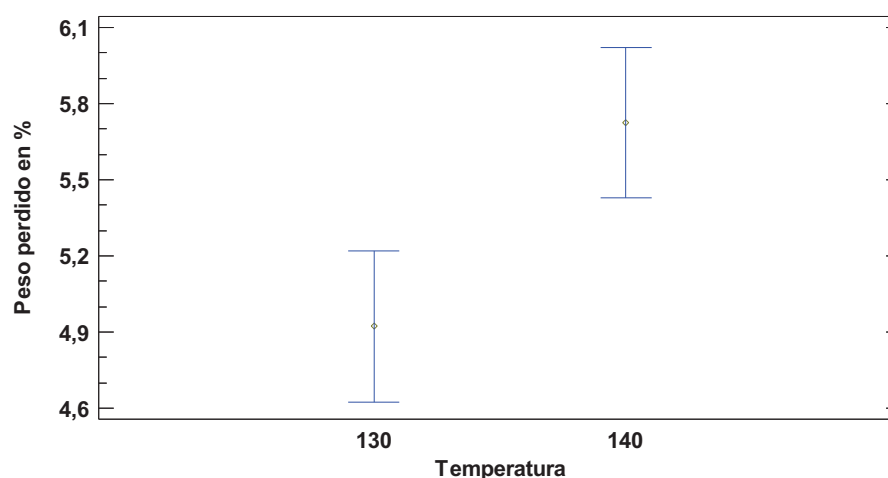
### 3.1.1.2. Pre-tratamiento en extrusor

En el caso de los pre-tratamientos en extrusor con muestras de 300g se obtuvo las siguientes disminuciones de peso en porcentaje. En la tabla 3.2 se indican los valores de pérdidas de peso en muestras tratadas por extrusión, a mayor revolución o velocidad del tornillo menor tiempo de estancia del polvillo en extrusor, es decir que el tiempo de residencia depende de las revoluciones por minuto del tornillo sin fin, menos RPM, mayor tiempo de residencia.



**Tabla 3.2.** Análisis de Varianza para la pérdida de peso en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en extrusor

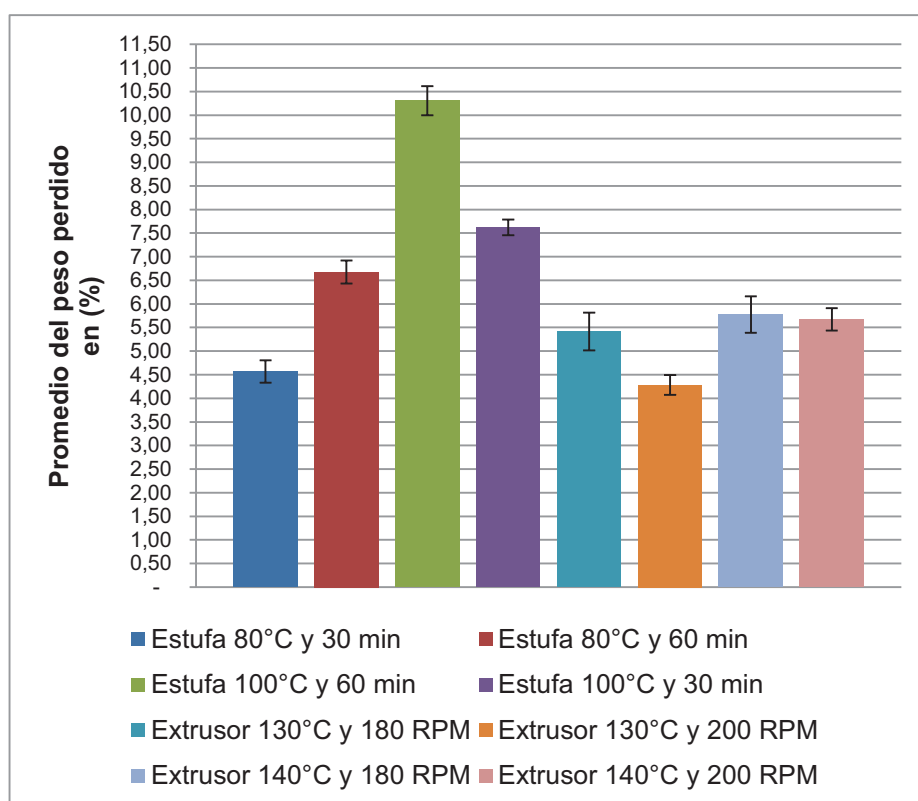
Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura °C	1,28801	1,28801	13,99	0,0201
B:RPM	0,588613	0,588613	6,40	0,0647
AB	0,391613	0,391613	4,25	0,1081



**Figura 3.2.** Peso perdido en porcentaje respecto a la temperatura (°C), de las muestras pre-tratadas en extrusor

Se puede observar en la tabla 3.2 que el valor de P del factor temperatura es menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ), por lo tanto este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el peso perdido en porcentaje con un 95 % de nivel de confianza. También se observa en la figura 3.2 el peso perdido en porcentaje respecto a la temperatura, y se detecta una diferencia significativa. En la figura 3.3 se observa los resultados de ambos tipos de pre-tratamientos, se concluyó que entre los tratamientos realizados en estufa y extrusor, existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de peso perdido, con excepción de los tratamientos realizados en estufa a 80 °C y 30 min, y los realizados en extrusor a 130 °C y 200 RPM. Tienen una desviación estándar en que se cruzan entre ellas, esto implica que los resultados de estos dos tratamientos están en un rango similar.

También se observa que en los tratamientos en estufa se obtuvieron porcentajes de peso perdido mayores a los de extrusión, esto pudo deberse a los tiempos más prolongados de exposición, 30 y 60 minutos, a las temperaturas de 80 y 100 °C, por el contrario en la extrusión que a pesar de estar expuestas a temperaturas más elevadas, el tiempo de latencia del polvillo en el extrusor no sobrepasa los 30 segundos, por este motivo los porcentajes de peso perdido en extrusión son menores, como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 3.3.** Promedio de los pesos perdidos en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa y extrusor

Es importante mencionar que entre todos los pre-tratamientos se escogió el de extrusión a 130 °C y 180 RPM, debido a que presentó los mayores rendimientos de extracción de aceite como se observará en el siguiente capítulo de extracción, por este motivo se escogió el dato de promedio de peso perdido de 5,42 %. Esta es la cantidad de agua que pierde el polvillo al momento de la extrusión, y se utilizó este porcentaje para el cálculo de balance de masa en la etapa de pre-tratamiento en el proceso.

### 3.1.2. EXTRACCIÓN Y RECUPERACIÓN DEL ACEITE

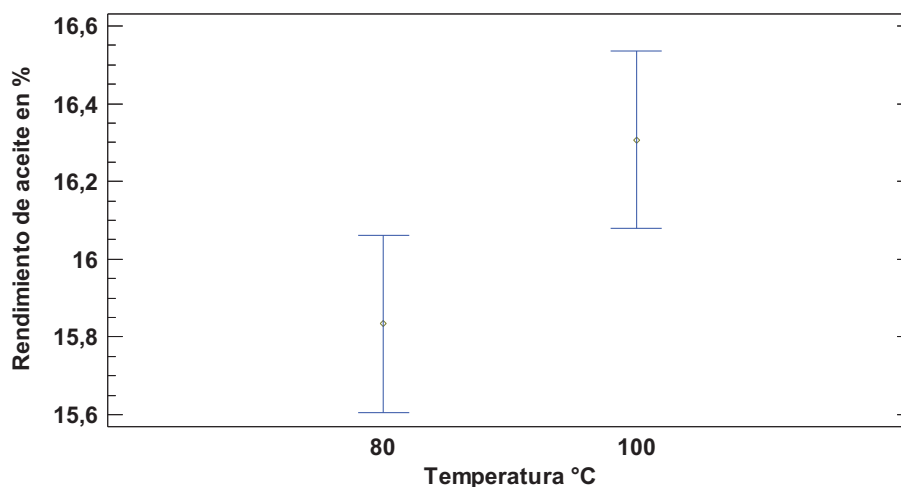
#### 3.1.2.1. Extracción de aceite de polvillo pre-tratado en estufa

En las extracciones de aceite crudo se obtuvo como resultados que las muestras pre-tratadas en extrusor dieron mayores rendimientos que las pre-tratadas con estufa. En la tabla 3.3 se expone el análisis de varianza del rendimiento de extracción de aceite de las muestras tratadas en estufa. Las extracciones de aceite de polvillo de arroz se realizaron por triplicado, para tener un menor margen de error, y obtener un resultado más confiable, en el anexo XIII se observa con más detalle los datos con los que se construyó el análisis.

**Tabla 3.3.** Análisis de varianza para rendimiento de aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-tratadas en estufa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura °C	0,672133	0,672133	5,74	0,0434
B:Tiempo (min)	0,75	0,75	6,41	0,0352
AB	4,66253	4,66253	39,83	0,0002

Se observa en la tabla 3.3 que 3 valores de P están por debajo de 0,05 ( $p < 0,05$ ) esto implica que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje de rendimiento de aceite, con un 95 % de nivel de confianza. Tanto la temperatura como el tiempo afectan al rendimiento del aceite al momento de la extracción, y la interacción de ambos factores al mismo tiempo tiene efecto sobre el porcentaje de aceite obtenido luego de la extracción. En la figura 3.4 se aprecia que el rendimiento de aceite obtenido luego de la extracción con respecto a las 2 temperaturas de 80 y 100°C, tiene diferencias significativas.



**Figura 3.4.** Rendimiento de aceite en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en estufa

Es importante mencionar que el material sin pre-tratamiento térmico (testigo) se encuentra en base húmeda, y las muestras tratadas en estufa están en base seca, esto tiene un cierto porcentaje de influencia al momento de la extracción del aceite, sin embargo no es el único factor.

También existe un factor determinante al momento de obtener mayores rendimientos en la extracción, y una mayor velocidad de difusión o lixiviación, este factor es la temperatura. En el instante del tratamiento térmico las elevadas temperaturas de 80 y 100 °C, provocan la ruptura de una cantidad determinada de células grasas, lo que facilita la salida del aceite, y que pueda diluirse en el solvente (Bailey, 2001, p. 456).

A continuación en la figura 3.5 se muestra el polvillo de arroz, para observar la semejanza que tiene a una harina.



**Figura 3.5.** Polvillo de arroz antes de entrar a los tratamientos térmicos

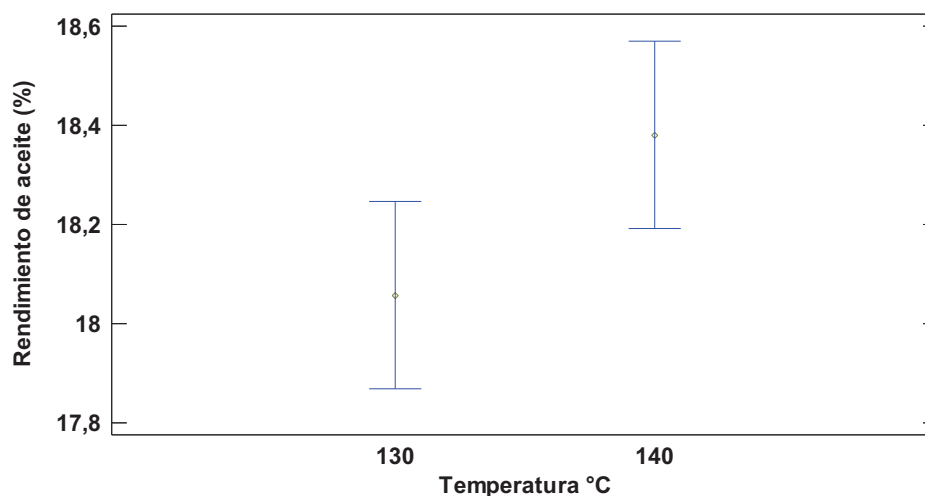
### **3.1.2.2. Extracción de aceite de polvillo pre-tratado en extrusor**

En la tabla 3.4 se expone el análisis de varianza para el rendimiento de extracción de aceite en las muestras tratadas térmicamente por extrusión. La extracción de aceite del polvillo pre-tratado a 130 °C y 180 RPM dio como resultado un promedio de 18,54 %, este rendimiento fue el más alto de todos los tratamientos térmicos de extrusión, y también de los realizados en estufa.

Se puede visualizar en la tabla 3.4 que 2 valores P son menores a 0,05 ( $p < 0,05$ ), el factor RPM y la interacción entre los dos factores, eso significa que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de aceite con un 95 % de nivel de confianza. También se observa que el factor temperatura por si solo ( $p > 0,05$ ), no tiene un efecto estadísticamente significativo en el rendimiento de aceite. En el anexo XIV se puede apreciar de mejor forma los datos con los que se construyó el análisis de varianza. En la figura 3.6 se observa el rendimiento de aceite

**Tabla 3.4.** Análisis de varianza para rendimiento de aceite de polvillo de arroz en (%), de las muestras pre-tratadas en extrusor

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura °C	0,313633	0,313633	3,90	0,0838
B:RPM	0,929633	0,929633	11,55	0,0094
AB	0,5043	0,5043	6,26	0,0368



**Figura 3.6.** Rendimiento de aceite en porcentaje respecto a la temperatura, de las muestras pre-tratadas en extrusor

De acuerdo con los resultados se observa en la figura 3.6 el rendimiento de aceite con respecto a las temperaturas, no hay diferencias significativas entre ellos es decir que existe una gran similitud entre los rendimientos de las extracciones de las muestras tratadas con extrusor, a excepción de la muestra pre-tratada a 130 °C y 200 RPM.

Esta escasa diferencia, pero a fin de cuentas diferencia entre los rendimientos de los tratamientos de las muestras, puede ser a causa de los tiempos de residencia del polvillo dentro del extrusor, que son relativamente cortos, por las revoluciones por minuto del tornillo del extrusor.

Sin embargo si existen diferencias de rendimientos de aceite entre los tratamientos térmicos realizados en estufa, extrusor y sin pre-tratamiento térmico, como se muestra en la figura 3.7.

En la figura 3.7 se observa la diferencia existente entre los rendimientos de polvillo de arroz pre-tratado térmicamente en estufa y el polvillo sin pre-tratamiento, estos resultados obtenidos se deben a algunos factores como por ejemplo el contenido de humedad que existe en el material sin tratamiento térmico (12,72 %), es decir que la cantidad de aceite fácilmente extraíble disminuyó a medida que se tuvo una humedad mayor (Bailey, 2001, p. 455).

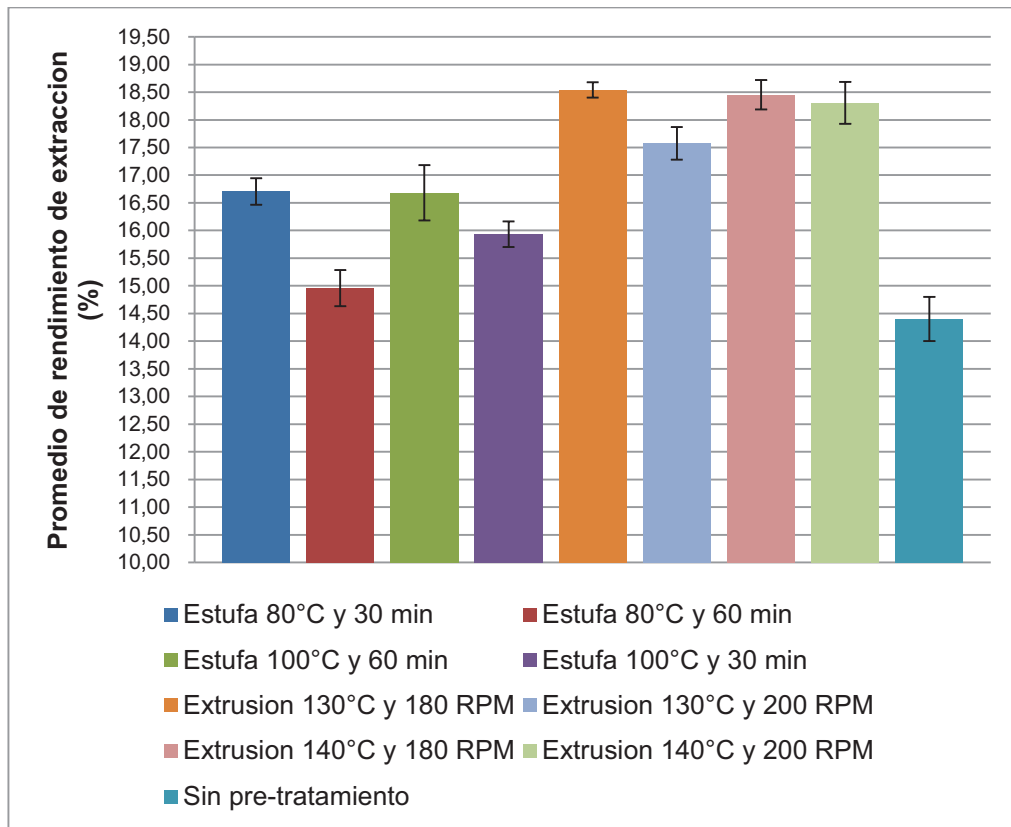
La temperatura también permite que disminuya la viscosidad del aceite y se diluya con mayor facilidad en el solvente, por otro lado también influye la temperatura del solvente, debido a que a una mayor temperatura, se tiene una mejor solubilidad del soluto en el solvente (Bailey, 2001, p. 456).

Un factor importante dentro de la extracción es el tamaño de partícula que tiene el polvillo de arroz, o cualquier material oleaginoso a extraer, debido a que la velocidad o rendimiento de extracción, es inversamente proporcional al cuadrado del tamaño de las partículas, o diámetro de partículas (Bailey, 2001, p. 456).

En el caso del polvillo de arroz el diámetro de las partículas es similar al de una harina, 425  $\mu\text{m}$  es el tamaño de las partículas que tiene el material harinoso o polvillo. Este es otro factor que puede influir en el rendimiento de la extracción de aceite. En la figura 3.8 se muestra el polvillo de arroz extruido

Todos los factores antes vistos juegan un papel importante al momento de obtener un mayor rendimiento en la extracción de aceite, y también influye de manera determinante en la velocidad de la extracción o lixiviación.

En extrusión el torque o amasado por efecto de la velocidad angular modifica la estructura celular.



**Figura 3.7.** Promedios de los rendimientos de aceite en porcentaje, de las muestras pre-tratadas en estufa, extrusor, y sin pre-tratamiento con sus respectivas desviaciones estándar



**Figura 3.8.** Muestra de polvillo de arroz extruido



### **3.1.2.3. Filtración del aceite**

Para esta etapa de proceso se obtuvieron resultados de sólidos retenidos en el papel filtro de 1,1 g en cada filtración en promedio, se tomó en cuenta la cantidad de aceite al inicio del filtrado que fue de 50 g. Esto dio como resultado una pérdida del 2,2 % en peso por filtración, estos sólidos retenidos en el papel filtro son ceras y algunas impurezas que suelen tener los aceites crudos. Este dato obtenido sirvió para el balance de masa en esta etapa del proceso.

## **3.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE**

### **3.1.3.1. Propiedades físicas**

#### **Pruebas de densidad relativa del aceite crudo de las muestras pre-tratadas en estufa y sin tratamiento térmico**

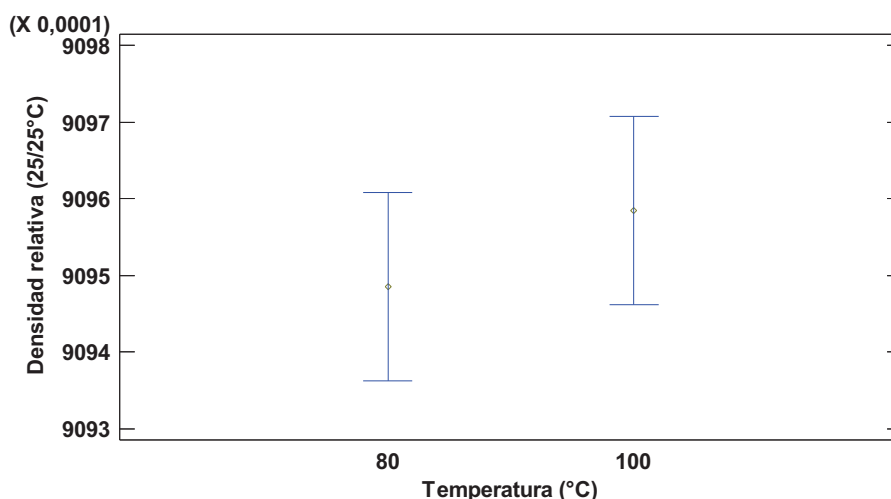
Consistió en determinar la relación entre la densidad de un compuesto específico, en este caso el aceite crudo de polvillo de arroz, y la densidad de otro compuesto de referencia como el agua destilada 25/25 °C. En la tabla 3.5 se puede observar el análisis de varianza. Es preciso mencionar que los resultados obtenidos de las tres determinaciones, con los que se construyó el la varianza están expuestos en el anexo XV.

El método indica que la diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado, no puede exceder de 0,0005; en caso contrario se debe repetir la determinación (INEN, 1973, p. 4). Como se observa en el anexo XV en cada uno de los resultados de las muestras, no existe una diferencia mayor del 0,0005 por lo tanto son aceptados los tres resultados de la determinación

**Tabla 3.5.** Análisis de varianza para la densidad relativa (25/25 °C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa en unidades adimensionales

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	3,E-8	3,E-8	0,88	0,3747
B:Tiempo (min)	3,E-10	3,E-10	0,01	0,9274
AB	1,2E-9	1,2E-9	0,04	0,8556

En la tabla 3.5 se observa que ningún valor de P es menor de 0,05 por lo tanto ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad relativa con un 95 % de nivel de confianza. También se puede apreciar en la figura 3.9 que la densidad relativa con respecto a la temperatura no presenta diferencias significativas.



**Figura 3.9.** Densidad relativa de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, respecto a la temperatura, en unidades adimensionales

### Pruebas de densidad relativa del aceite crudo de las muestras pre-tratadas en extrusor

En la tabla 3.6 se puede observar el análisis de varianza de las 3 pruebas de densidad relativa realizadas. Igual que en las pruebas con el aceite crudo obtenido de las muestras tratadas en estufa, también en las pruebas con extrusor se siguió

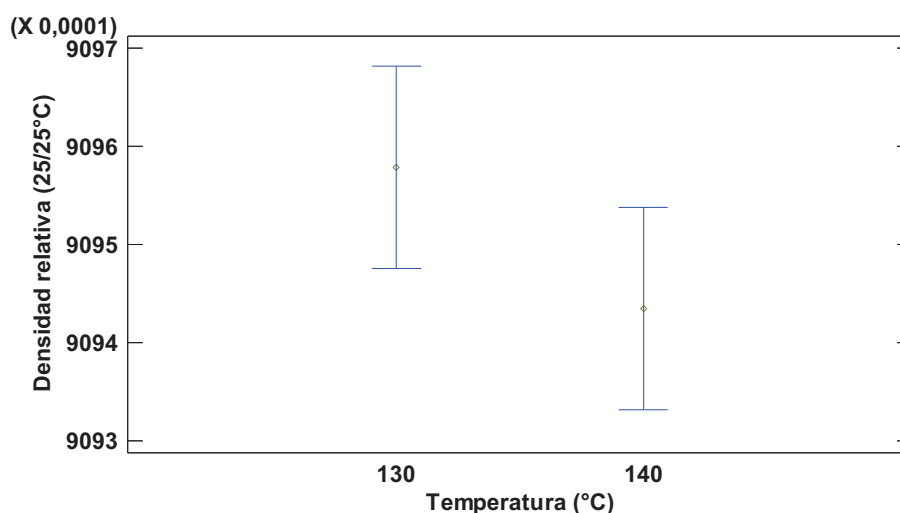
el método, que indica que la diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado, no puede exceder de 0,0005; en caso contrario se debe repetir la determinación (INEN, 1973, p. 4).

En la tabla 3.6 se puede ver que ningún valor de P es menor que 0,05, ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad relativa con un 95 % de nivel de confianza. También se observa en la figura 3.10 que entre la densidad relativa y la temperatura no existen diferencias estadísticamente significativas.

Los datos de los resultados de las 3 pruebas con los que se realizó la varianza, se muestran en el anexo XVI.

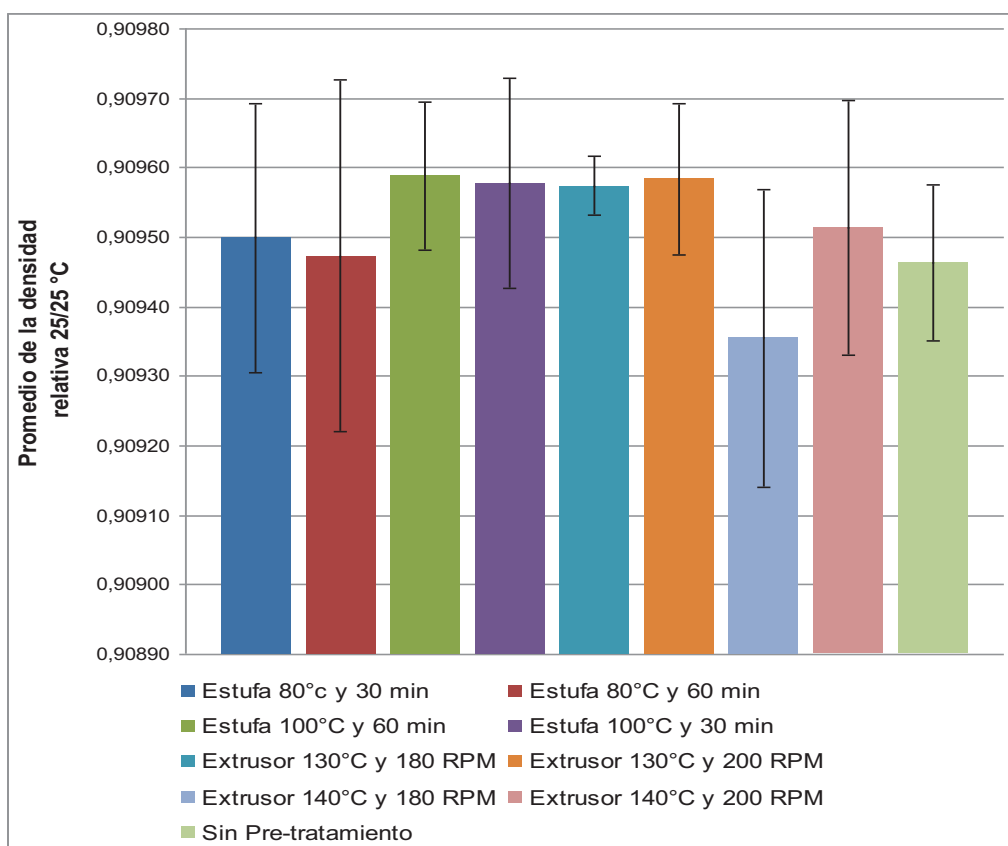
**Tabla 3.6.** Análisis de varianza para la densidad relativa (25/25 °C) del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor en unidades adimensionales

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	6,16333E-8	6,16333E-8	2,58	0,1468
B:RPM	2,08333E-8	2,08333E-8	0,87	0,3776
AB	1,61333E-8	1,61333E-8	0,68	0,4349



**Figura 3.10.** Densidad relativa de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, respecto a la temperatura, en unidades adimensionales

Los promedios de las densidades relativas de las muestras tratadas en estufa, en extrusor y sin pre-tratamiento dieron como resultado desviaciones estándar cruzadas entre los diferentes tratamientos térmicos, es decir que no existe una diferencia entre tratamiento en estufa o extrusor al momento de obtener las densidades relativas como se muestra en la figura 3.11, no importa que varíe la densidad en la cuarta cifra decimal.



**Figura 3.11.** Promedios de las densidades relativas (25/25 °C) de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin pre- tratamiento en unidades adimensionales

### Prueba de Nube, Vertido y Solidificación

En las tablas 3.7 y 3.8 se puede ver que ningún valor de P es menor que 0,05 ( $p > 0,05$ ) y ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el punto de enturbiamiento con un 95 % de nivel de confianza. De acuerdo a los resultados mostrados en la figura 3.12, las desviaciones estándar

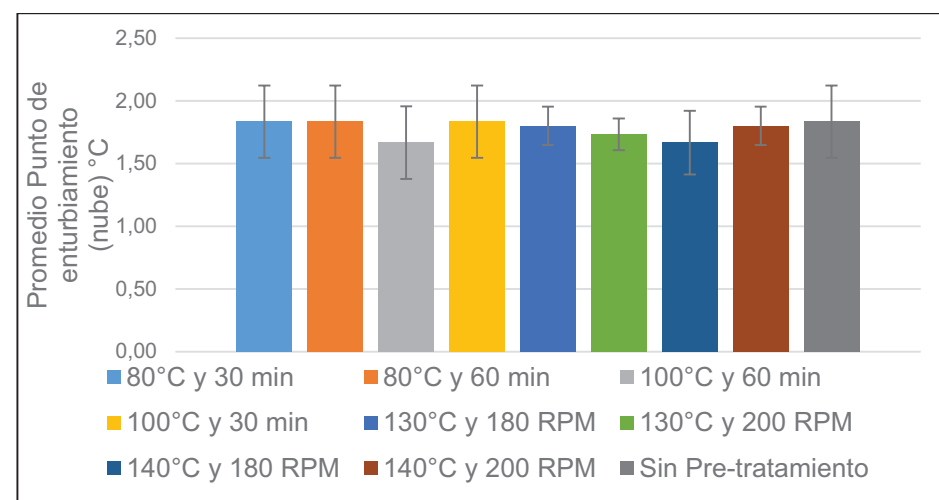
entre las muestras se cruzan entre sí, esto significa que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos térmicos realizados, ni tampoco entre las muestras tratadas en estufa, extrusor y la muestra sin pretratamiento. Para observar con mayor detalle los datos con los que se construyeron los análisis de varianza, revisar el anexo XVII.

**Tabla 3.7.** Análisis de varianza para el punto de enturbiamiento (Nube) de las muestras pretratadas en estufa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305
B:Tiempo (min)	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305
AB	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305

**Tabla 3.8.** Análisis de varianza para el punto de enturbiamiento (Nube) de las muestras pretratadas en extrusor

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,00333333	0,00333333	0,06	0,8059
B:RPM	0,00333333	0,00333333	0,06	0,8059
AB	0,03	0,03	0,58	0,4679



**Figura 3.12.** Promedios de los puntos de Nube de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C

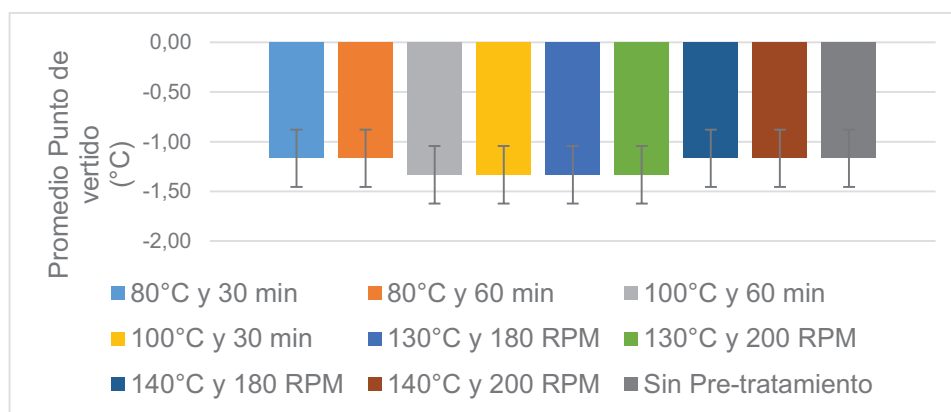
En las tablas 3.9 y 3.10 de los análisis de varianza del punto de vertido para las muestras tratadas en estufa y extrusor se puede observar que ningún valor de P es menor que 0,05 ( $p > 0,05$ ), por lo tanto ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el punto de vertido con un 95% de nivel de confianza. En la figura 3.13 se puede observar que no hay diferencias significativas entre las muestras tratadas en estufa, extrusor y sin pretratamiento.

**Tabla 3.9.** Análisis de varianza para el punto de vertido de las muestras pretratadas en estufa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0833333	0,0833333	1,00	0,3466
B:Tiempo (min)	0	0	0,00	1,0000
AB	0	0	0,00	1,0000

**Tabla 3.10.** Análisis de varianza para el punto de vertido de las muestras pretratadas en extrusor

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0833333	0,0833333	1,00	0,3466
B:RPM	0	0	0,00	1,0000
AB	0	0	0,00	1,0000



**Figura 3.13.** Promedios de los puntos de vertido de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C

En el caso del punto de solidificación se observa en las tablas 3.11 y 3.12 que ningún valor de  $p$  es menor de 0,05 ( $p > 0,05$ ), por este motivo ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el punto de solidificación con un 95 % de nivel de confianza.

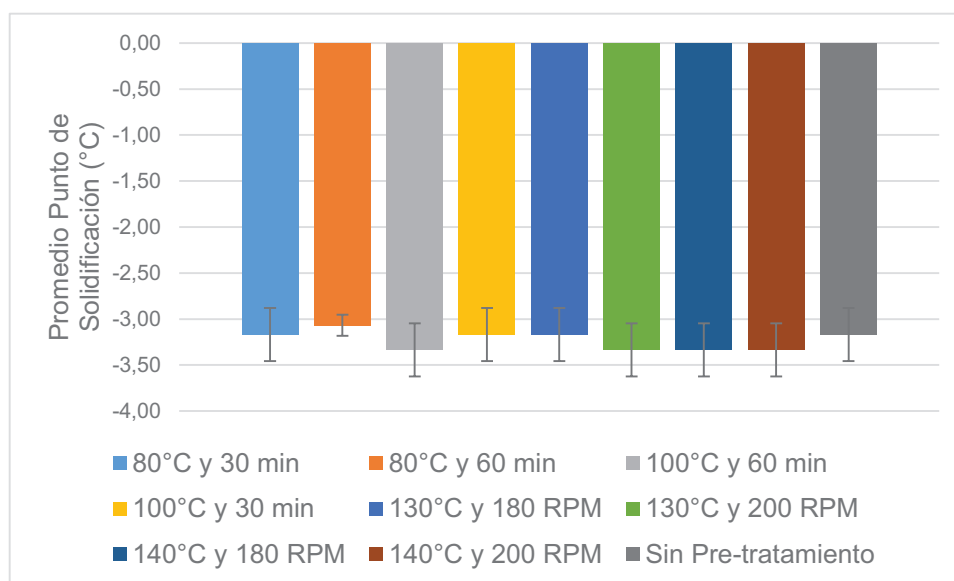
Tampoco hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de estufa, extrusión y sin pretratamiento como se observa en la figura 3.14, esto indica que el tratamiento térmico del polvillo no tiene efectos sobre las características físicas del aceite, esto se debe a que la temperatura aplicada solo inactiva la enzima lipasa presente en el polvillo, y facilita la extracción, pero no afecta a las características físicas del aceite luego de la extracción. En el anexo XVII se observa los datos con los que se construyó los análisis de varianza del punto de solidificación.

**Tabla 3.11.** Análisis de varianza para el punto de solidificación de las muestras pretratadas en estufa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0533333	0,0533333	0,81	0,3944
B:Tiempo (min)	0,00333333	0,00333333	0,05	0,8276
AB	0,0533333	0,0533333	0,81	0,3944

**Tabla 3.12.** Análisis de varianza para el punto de solidificación de las muestras pretratadas en extrusor

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305
B:RPM	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305
AB	0,0208333	0,0208333	0,25	0,6305



**Figura 3.14.** Promedios de los puntos de solidificación de todas las muestras de aceite de polvillo de arroz en grados centígrados °C

### 3.1.3.2. Pruebas Químicas

#### Prueba de Rancidez del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en estufa, extrusión y sin pre-tratamiento

Los resultados de la prueba de rancidez no se muestran de una forma numérica, debido a que según las normas INEN solo se reporta si la rancidez es positiva o negativa, de acuerdo a los colores mostrados.

En el caso de las pruebas del aceite de polvillo de arroz crudo, todos los resultados de las muestras tratadas térmicamente dieron como resultado negativo, y mostraron colores entre amarillo y anaranjado como se ve en la figura 3.15, esto significa que no hay rancidez en el aceite. En el caso de la muestra sin pre-tratamiento la rancidez fue positiva porque mostro un color rojo.

Para determinar que el aceite no tiene rancidez, el color de la capa ácida inferior debe ser amarillo, anaranjado o ligeramente rosado y debe reportarse este resultado como negativo, tal como se dijo en el párrafo anterior.





**Figura 3.15.** Tubo de ensayo con capa inferior ácida, de muestras tratadas térmicamente

El resultado obtenido de las muestras tratadas térmicamente, indica un efecto claro de la temperatura en el polvillo, se produce la inactivación de la enzima lipasa que enrancia el aceite, por este motivo es que las muestras tratadas térmicamente dieron colores entre anaranjado y amarillo que significa que no hay rancidez, a diferencia del polvillo que se dejó sin tratamiento, y en el cual la enzima lipasa actuó libremente, y se produjo el color rojizo por la rancidez.

#### **Prueba de Acidez del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en estufa y sin pre-tratamiento**

Las pruebas de acidez realizadas a las diferentes muestras de aceite crudo, sirvieron para verificar el efecto que tienen los tratamientos térmicos sobre las características químicas del aceite, en este caso como afecta a la acidez del aceite, en la tabla 3.13 se muestran los resultados del análisis de varianza, y en el anexo XVIII los datos de las 3 repeticiones con las que se construyó el promedio. Es importante mencionar que la diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no puede exceder del 2 % de la media aritmética o

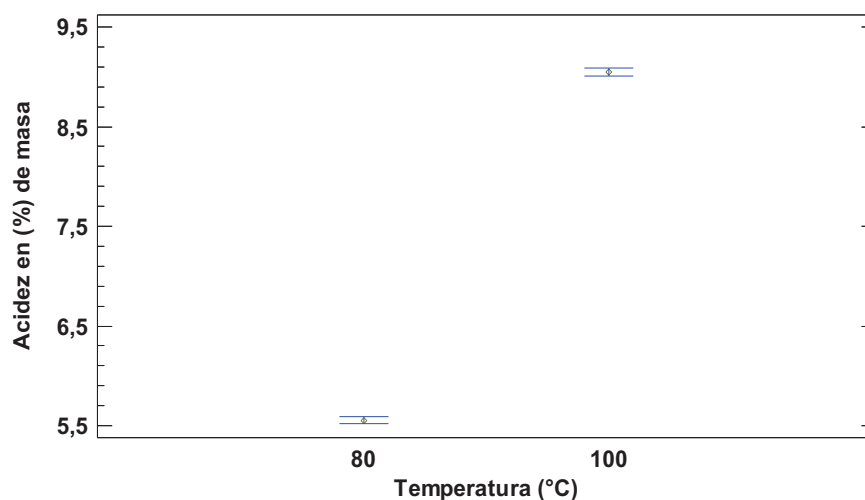
promedio de los resultados, en caso contrario se debe repetir la determinación, este método se puede observar en el anexo V (INEN38, 1973, p. 3).

En el caso de los resultados obtenidos de las tres determinaciones efectuadas en estufa y sin pre-tratamiento, ninguna de las diferencias de los resultados de cada muestra excedió el dos por ciento del promedio. En la muestra tratada a 80 °C y 30 min el 2 % del promedio fue de 0,09212, en la muestra de 80 °C y 60 min el dos por ciento fue de 0,130096, en la muestra a 100 °C y 60 min fue de 0,096068, en la de 100 °C y 30 min fue de 0,265832 y en la muestra sin pre-tratamiento fue de 0,507976, esto indica que los resultados obtenidos son confiables, porque la diferencia entre ellos no sobrepasa los porcentajes antes mencionados. El análisis de varianza de la acidez de la muestra tratada en estufa se observa en la tabla 3.13 (INEN38, 1973, p. 3).

**Tabla 3.13.** Análisis de varianza para la acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa en porcentaje (%) de masa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	36,6101	36,6101	10741,36	0,0000
B:Tiempo (min)	32,604	32,604	9565,98	0,0000
AB	80,9121	80,9121	23739,50	0,0000

Se conoce que en el instante que se realiza el pulido del arroz se activa una enzima lipasa que provoca un rápido deterioro en los ácidos grasos libres y glicerol del polvillo de arroz, causando rancidez y un aumento drástico de la acidez del aceite. Por este motivo se observa en la tabla 3.13 que los 3 valores de p son menores que 0,05 ( $p < 0,05$ ), significa que el factor temperatura, tiempo y la interacción de estos 2 factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez con un 95 % de nivel de confianza (Pacheco E. , 2001, p. 2). En la figura 3.16 se aprecia de mejor forma la diferencia significativa que existe entre los tratamientos térmicos realizados al polvillo de arroz en estufa, esto significa que la temperatura juega un papel fundamental en la variación de la acidez del aceite.



**Figura 3.16.** Acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura

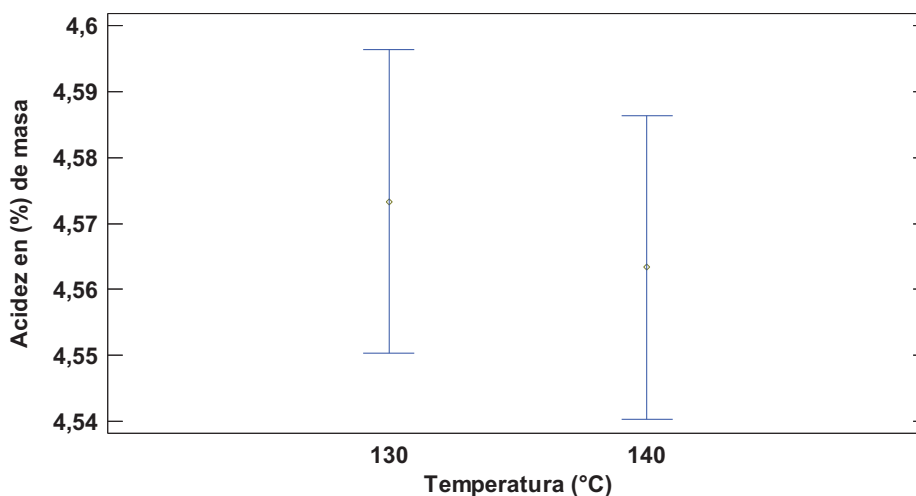
### **Prueba de Acidez del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en extrusor**

Las pruebas de acidez del aceite crudo de polvillo de arroz tratadas térmicamente en extrusor, tuvieron índices menores que los tratados en estufa, esto se evidenció en algunos casos, sin embargo en muestras como las tratadas a 100 °C por 60 min en estufa y 130 °C a 200 RPM en extrusor, presentaron promedios similares, pero en su mayoría los índices de acidez de las muestras tratadas en extrusor tuvieron resultados menores. En la tabla 3.14, se observan los resultados obtenidos en los análisis de varianza y en el anexo XIX los datos con los que se construyó el promedio. En el caso de las pruebas de acidez del aceite crudo de polvillo tratado en extrusor se cumplió con la condición de que no debe existir una diferencia entre resultados mayores al 2 % del promedio de los resultados obtenidos (INEN38, 1973, p. 3). Esto indica que los índices de acidez son correctos, y la diferencia entre los resultados de la muestra a 130 °C y 180 RPM no excedieron el 0,087984, de igual forma con la diferencia entre los resultados a 130 °C y 200 RPM no excedieron de 0,09494, el mismo caso con la muestra a 140 °C y 180 RPM con 0,092872 y finalmente con la muestra a 140 °C y 200 RPM, no excedió de 0,089676. En la tabla 3.14 se indica el análisis de varianza de las muestras tratadas en extrusor.

**Tabla 3.14.** Análisis de varianza para la acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en porcentaje (%) de masa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0003	0,0003	0,25	0,6305
B:RPM	0,0261333	0,0261333	21,78	0,0016
AB	0,192533	0,192533	160,44	0,0000

En la tabla 3.14 se puede observar que 2 valores de P son menores que 0,05 ( $p < 0,05$ ) esto significa que el factor RPM y la interacción de la temperatura con RPM tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez con un 95 % de nivel de confianza. Este análisis considera solo la relación entre los tratamientos realizados en extrusor, la relación entre los tratamientos y la muestra sin tratamiento se puede observar en la figura 3.18, como existe una diferencia significativa clara.

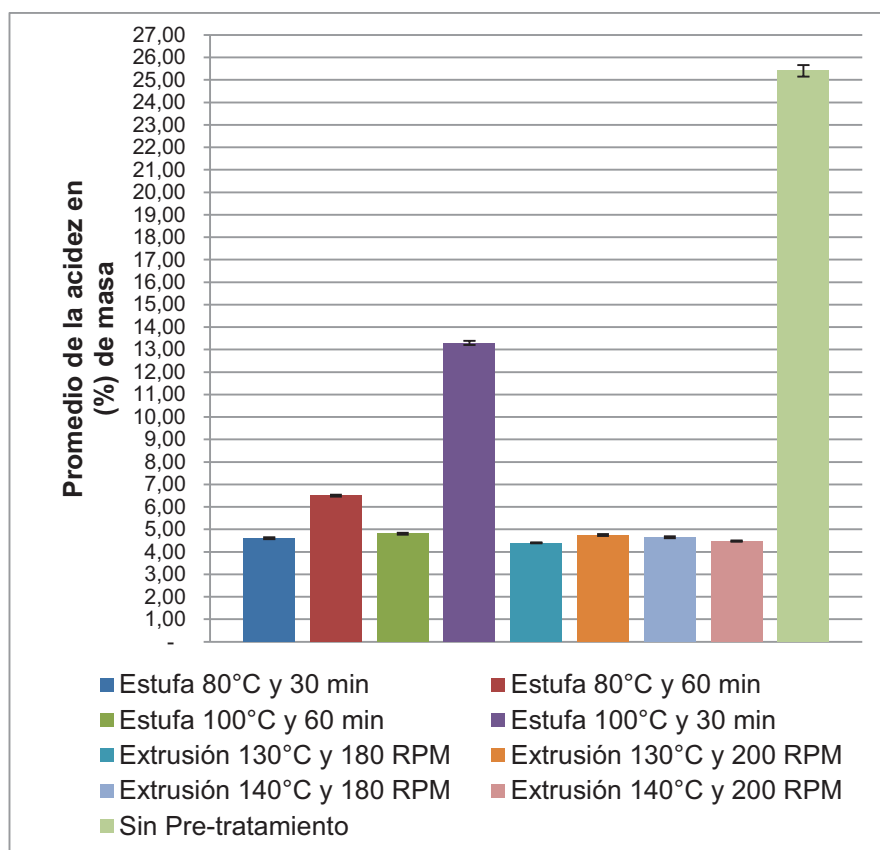


**Figura 3.17.** Acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor respecto a la temperatura

En la figura 3.17 se muestra la acidez del aceite frente a las temperaturas de extrusión sin presentar diferencias significativas, esto significa que se puede escoger entre cualquiera de estas 2 temperaturas para realizar los tratamientos de extrusión, por lo tanto se escogió la temperatura de 130 °C por presentar un mejor ahorro energético respecto a la otra, se observa también que los resultados

obtenidos están dentro del rango de acidez que indica la literatura, según Bailey la acidez aproximada del aceite oscila entre 4 – 6 % esto quiere decir que los resultados están en el rango establecido (Bailey, 2001, p. 134).

En la figura 3.18 se puede ver la diferencia significativa entre los índices de acidez de las muestras tratadas térmicamente y la muestra sin pretratamiento. Es evidente que la muestra sin tratamiento presenta un índice de 25 % de acidez frente a las demás que tienen un índice entre 4 – 6 %, según la literatura la acidez del aceite aumenta al ritmo del 1 % por hora en polvillo almacenados que no han sido tratados térmicamente. La elevada acidez afecta a la calidad del aceite, su refinación y blanqueo se vuelve complicado y esto afecta a la aceptabilidad para su consumo (Bailey A. , 2001, p. 451).



**Figura 3.18.** Promedio de la prueba de acidez del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin pre-tratamiento en porcentaje (%) en masa de ácido oleico

### Prueba de Índice de Iodo del aceite crudo de polvillo de arroz tratado en estufa y sin pre-tratamiento

El análisis de varianza de los índices de iodo del aceite crudo de polvillo de arroz tratados en estufa se muestran en la tabla 3.15. Es preciso mencionar que la diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,5 cg/g, en caso contrario debe repetirse la determinación. A pesar de que la norma dice que los análisis son por duplicado, las pruebas se realizaron por triplicado con el objetivo de tener un resultado más confiable y exacto (INEN37, 1973, p. 4).

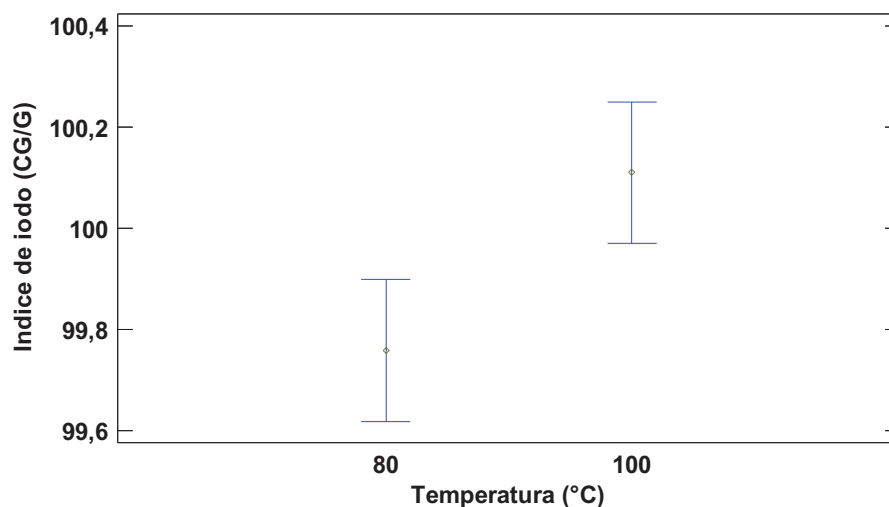
Se presentan las tablas de las tres pruebas realizadas en cada muestra en el anexo XX, con el objetivo de mostrar que la diferencia entre los resultados obtenidos no exceden los 0,5 cg/g que se indicó anteriormente.

**Tabla 3.15.** Análisis de varianza para el Índice de Iodo de las muestras de aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en (cg/g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,371008	0,371008	8,38	0,0200
B:Tiempo (min)	0,913008	0,913008	20,63	0,0019
AB	0,00300833	0,00300833	0,07	0,8009

De acuerdo con la tabla 3.15 se puede observar que 2 valores de P son menores que 0,05 ( $p < 0,05$ ) estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de iodo con un 95 % de nivel de confianza, mientras que la interacción entre temperatura y tiempo no tienen un efecto estadísticamente significativo debido a que el valor P es mayor a 0,05 ( $p > 0,05$ ).

En la figura 3.19 se muestra el índice de iodo del aceite con respecto a la temperatura, y se puede ver que existe una diferencia significativa entre las 2 temperaturas.



**Figura 3.19.** Índice de iodo del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura

Es importante mencionar que cuando se obtiene como resultado de un aceite un índice de iodo menor a 100, se lo considera una grasa o aceite no secante, si el índice es mayor a 170 se lo considera aceite secante, y si el índice está entre 100 y 170 se lo denomina aceite semisecante (Silva, 2010, p. 18). Los resultados que han obtenido en las diferentes muestras están por el orden del 100 y también por debajo, esto implica que los resultados de las muestras del aceite de polvillo de arroz está entre aceites no secantes y semisecantes.

#### **Pruebas de índice de iodo del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor**

El análisis de varianza del índice de iodo del aceite crudo de polvillo pre-tratado en extrusor se presenta en la tabla 3.16, y al igual que en las muestras del tratamiento en estufa, los resultados oscilan entre 99-100 cg/g, manteniendo los mismos rangos de variación. De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que existen grasas semisecantes y no secantes, se observó diferencias entre los índices de iodo obtenidos, esto implica que existe variación en la proporción entre los ácidos oleico y linólico (Bailey, 2001, p. 34 - 35). Como se observa en los resultados de las muestras extruidas, los índices de iodo de cada muestra fluctúan entre 99 y 100, estos resultados están dentro de los rangos de la bibliografía revisada, por ejemplo

en una muestra de aceite procedente de arroz cultivado en Tejas se encontró un índice de iodo de 102,3 cg/g y en el análisis de otra muestra de aceite obtenido de arroz cosechado en Norteamérica se encontró un índice de 99,9 cg/g, por lo tanto los resultados obtenidos están en rangos parecidos a los encontrados en la bibliografía (Bailey, 2001, p. 4-5). En cada una de las pruebas se ve que la diferencia entre los resultados obtenidos no exceden los 0,5 cg/g que se indica en las normas INEN del anexo XXI.

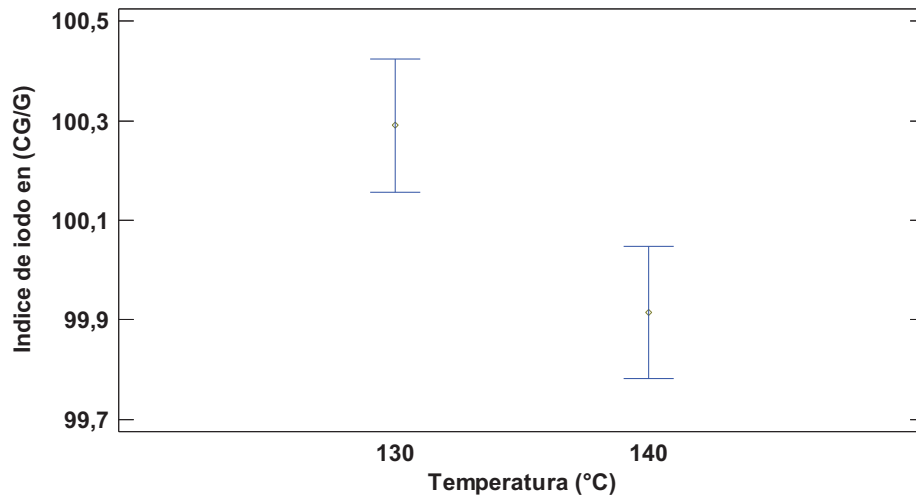
**Tabla 3.16.** Análisis de varianza para el Índice de Iodo de las muestras de aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (cg/g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,421875	0,421875	10,49	0,0119
B:RPM	0,006075	0,006075	0,15	0,7076
AB	0,072075	0,072075	1,79	0,2174

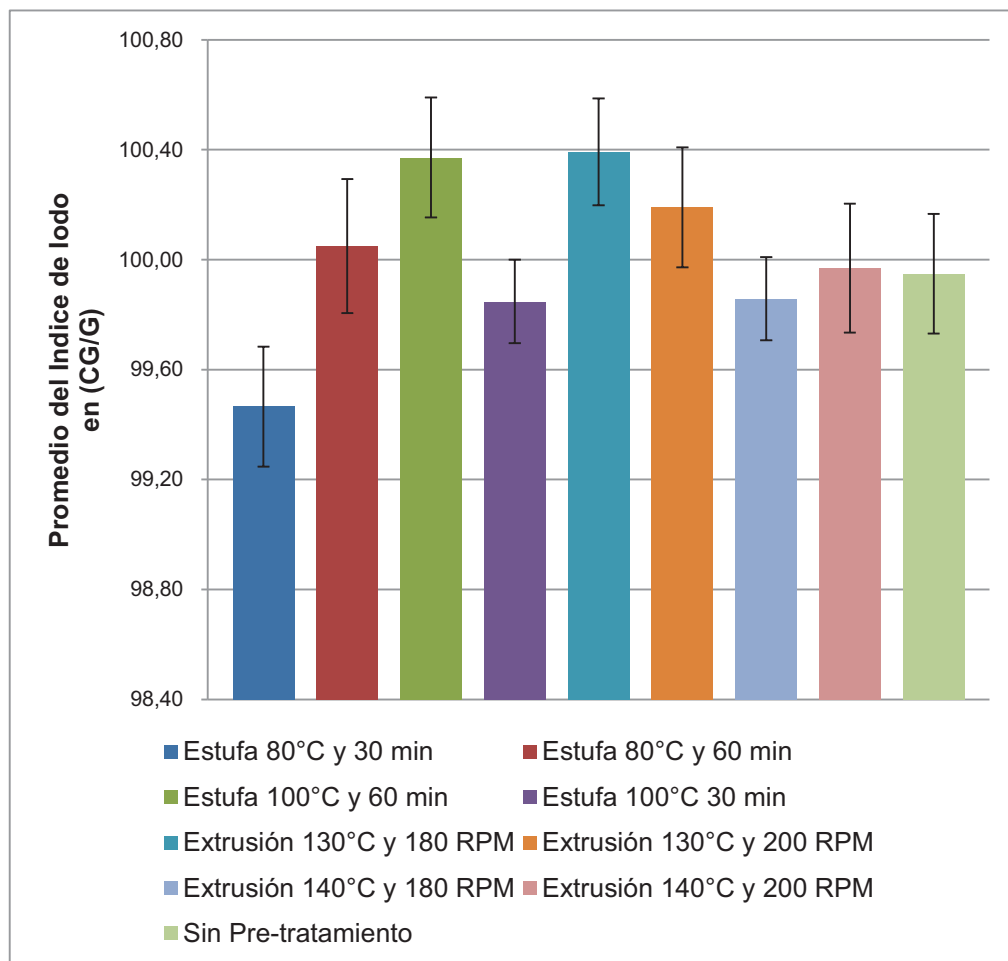
En la tabla 3.16 se puede ver que el análisis de varianza tiene un valor P menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ), esto implica que el factor temperatura tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de iodo con un 95 % de nivel de confianza. La figura 3.20 muestra el índice de iodo con respecto a la temperatura y presenta una diferencia significativa entre los niveles, esto indica que a los 130 °C el índice de iodo es mayor respecto a los 140 °C, es decir que a menor temperatura mayor índice de iodo y mayor número de dobles enlaces, la grasa es líquida e insaturada por este motivo se escogió el tratamiento a 130 °C (Guarnizo y Martínez, 2002, p. 175; Moreno, 2003, p. 16).

En la figura 3.21 se puede observar que la muestra sin pre-tratamiento obtuvo un índice de iodo de 99,97 cg/g en promedio, similar al de las muestras con tratamiento térmico, esto indica que la falta de tratamiento no altera el nivel de insaturación de la muestra de una manera significativa, por el contrario si se somete a una temperatura mayor a los 140 °C se observa una disminución del índice de iodo, lo que implica una disminución de la insaturación (Guarnizo y Martínez, 2002, p. 175; Moreno, 2003, p. 16).





**Figura 3.20.** Índice de Iodo del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor respecto a la temperatura



**Figura 3.21** Promedio de los índices de Iodo del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin tratamiento en (cg/g)

### **Pruebas de saponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa y sin pre-tratamiento**

Las pruebas de saponificación realizadas a las diferentes muestras de aceite crudo, sirvieron para verificar el efecto que tienen los tratamientos térmicos realizados al polvillo de arroz, y esos tratamientos que efecto tienen sobre las características químicas del aceite, en este caso como afecta al índice de saponificación del aceite.

De acuerdo a los resultados de la primera prueba se puede observar que los índices de saponificación de las muestras pre-tratadas están entre 184 a 185 mg/g a excepción de la muestra testigo o sin pre-tratamiento que presenta un índice de 206 mg/g. Esta primera prueba indica que el tratamiento térmico en estufa si influye frente a la muestra sin tratamiento térmico.

La muestra sin tratamiento forma una mayor cantidad de jabón posiblemente debido a que la enzima lipasa actúa sobre los glóbulos grasos del polvillo de arroz, produciendo una mayor cantidad de ácidos grasos libres, estos ácidos grasos libres se unen con el álcali del NaOH, y se produce un aumento de los jabones, por este motivo se puede incrementar el índice de saponificación.

Los resultados de las tres pruebas realizadas tienen una variación entre sí, muy reducida debido a que el método de las normas INEN dice que la diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 0,5 % de la media aritmética o promedio de los dos resultados, en este caso y al igual que en los anteriores se realizó la prueba por triplicado, con el objetivo de tener un resultado más exacto. Es importante mencionar también que si la diferencia entre los resultados excede el porcentaje antes mencionado, se debe repetir la determinación (INEN40, 1973, p. 3).

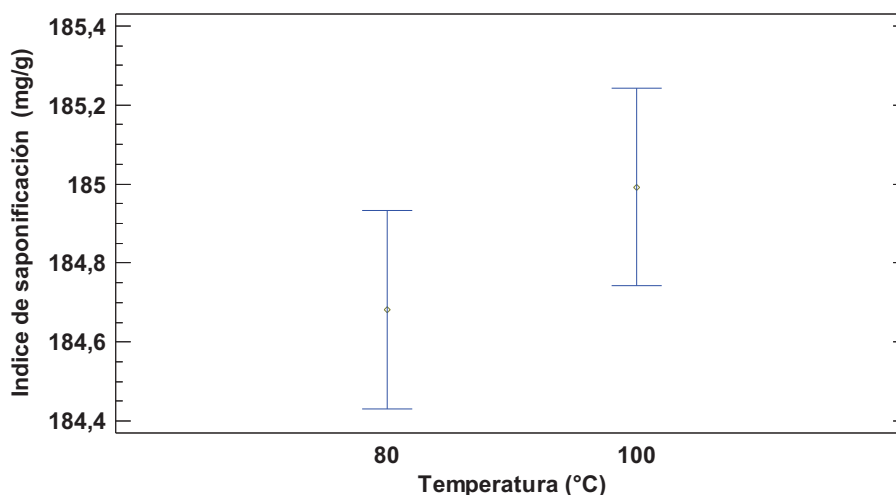
De igual manera que en las anteriores pruebas se reportó como resultado final el promedio de las tres pruebas realizadas, y la diferencia máxima que podía existir entre los resultados de cada muestra es 0,9229 mg/g para los 80 °C y 30 min, 0,9509 mg/g para 80 °C y 60 min, 0,9604 mg/g para 100 °C y 60 min, 0,9022 mg/g

para 100 °C y 30 min y 1,011 mg/g para la muestra sin pre-tratamiento, estas cantidades son el 0,5 % del promedio de cada muestra. En la tabla 3.17 se muestra el análisis de varianza de las tres pruebas realizadas.

**Tabla 3.17.** Análisis de varianza para el índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa en (mg/g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,2883	0,2883	2,04	0,1909
B:Tiempo (min)	0,0768	0,0768	0,54	0,4819
AB	0,425633	0,425633	3,01	0,1207

En la tabla 3.17 se observa que ningún valor de P es menor que 0,05 ( $p > 0,05$ ), por lo tanto ninguno de los factores o interacciones entre temperatura y tiempo, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de saponificación con un 95 % de nivel de confianza. En la figura 3.22 se muestra el índice de saponificación del aceite respecto al tiempo, sin presentar diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 3.22.** Índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura

De acuerdo con los resultados el mayor índice de saponificación es el de la prueba sin pre-tratamiento térmico, con 206,80 mg/g, este elevado índice puede ser a

causa del alto porcentaje de ácidos libres como se mencionó anteriormente, esto se deduce con base en los datos de Bailey en que el aceite de palma tiene porcentajes de ácidos libres de 5 % y por encima de este porcentaje, y se obtiene datos de saponificación de 198 mg/g, y en otros datos de 195 a 205 mg/g, esto demuestra que los ácidos libres afectan a los índices de saponificación, es decir a medida que se incrementa el porcentaje de ácidos libres, también se incrementa el índice de saponificación, es directamente proporcional (Bailey, 2001, p. 34 - 35).

### **Pruebas de saponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor**

En el caso de las muestras de polvillo tratadas en extrusor, se obtuvo el dato del promedio de saponificación que se indican en la tabla 3.18. De acuerdo con los resultados de las primeras pruebas obtenidas se puede observar que los índices de saponificación se encuentran dentro de los rangos que sugiere la bibliografía, en una muestra típica de aceite procedente de arroz cultivado en Tejas se encontró un índice de saponificación de 187,6 mg/g y de otra muestra de aceite de arroz cultivado en otro lugar de Norteamérica se encontró un índice de saponificación de 185,3 mg/g (Bailey, 2001, p. 134-135).

Esta comparación indica que las muestras de aceite de polvillo de Ecuador tratadas térmicamente se encuentran casi en el mismo índice de las muestras de Norteamérica, sin embargo la muestra sin tratamiento está en el índice de 206 mg/g. A pesar de tener un índice de saponificación más alto, esto no implica que este resultado no este cercanos al rango establecido con otros aceites.

Es importante mencionar que los índices de saponificación que se obtienen, van de acuerdo al peso molecular de los ácidos grasos de cada uno de los triglicéridos, en el caso del aceite de polvillo de arroz su principal ácido graso es el oleico que tiene un peso molecular de 282,44 g/mol, que se puede considerar en el rango de los más altos, por lo tanto su índice de saponificación va a ser bajo como se aprecia en los resultados anteriores (Bailey, 2001, p. 34 - 35). Si los ácidos grasos tienen pesos moleculares bajos, se tendrán altos índices de saponificación es decir son

inversamente proporcionales, y si los pesos moleculares son altos se tienen bajos índices de saponificación como se dijo anteriormente. En la tabla 3.18 se puede apreciar los resultados definitivos obtenidos, del análisis de varianza del índice de saponificación de las muestras de aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor.

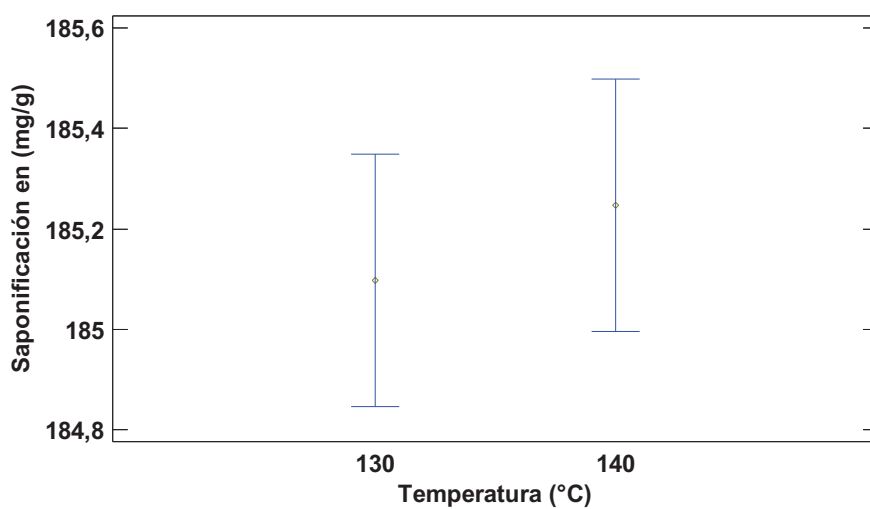
**Tabla 3.18.** Análisis de varianza para el índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (mg/g)

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,0675	0,0675	0,47	0,5114
B:RPM	0,374533	0,374533	2,62	0,1442
AB	0,320133	0,320133	2,24	0,1729

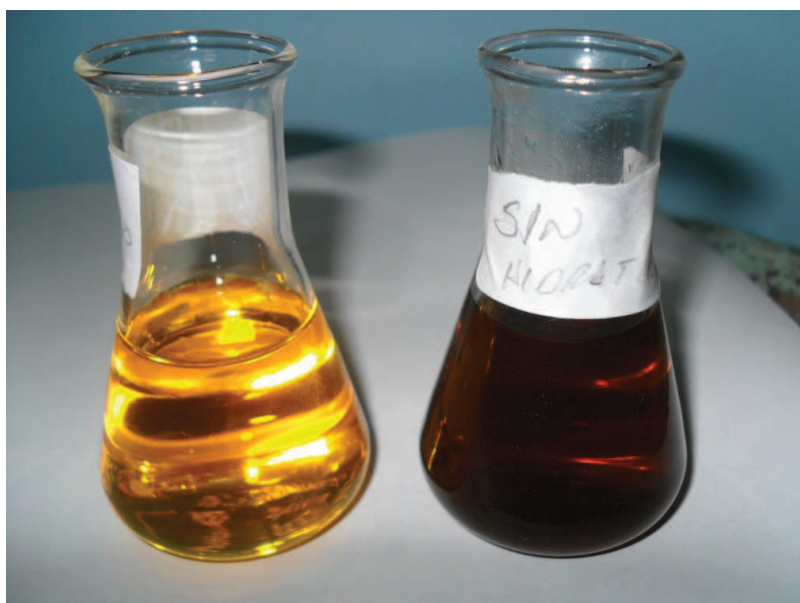
En la tabla 3.18 se observa que ningún valor de P es menor que 0,05 ( $p > 0,05$ ), por lo tanto ninguno de los factores o interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el índice de saponificación, con un 95 % de nivel de confianza, esto significa que con cualquiera de los tratamientos se puede obtener el mismo rango de índice de saponificación.

En el caso de la comparación entre las cuatro muestras de extrusor se puede deducir que la fricción y el rozamiento que ejerce el tornillo tampoco afectan de ninguna forma al índice de saponificación, esto indica que las condiciones de temperatura, velocidad de tornillo y presión no modifican los índices de las muestras.

En la figura 3.23 se muestra el índice de saponificación del aceite crudo de polvillo de arroz con respecto a la temperatura de tratamiento, y se puede observar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento a 130 °C y a 140 °C. Se puede escoger cualquiera de los 2 tratamientos, pero por ahorro de energía se prefiere el de 130 °C. En la figura 3.24 se observa el aceite crudo de polvillo de arroz tratado a 130 °C.

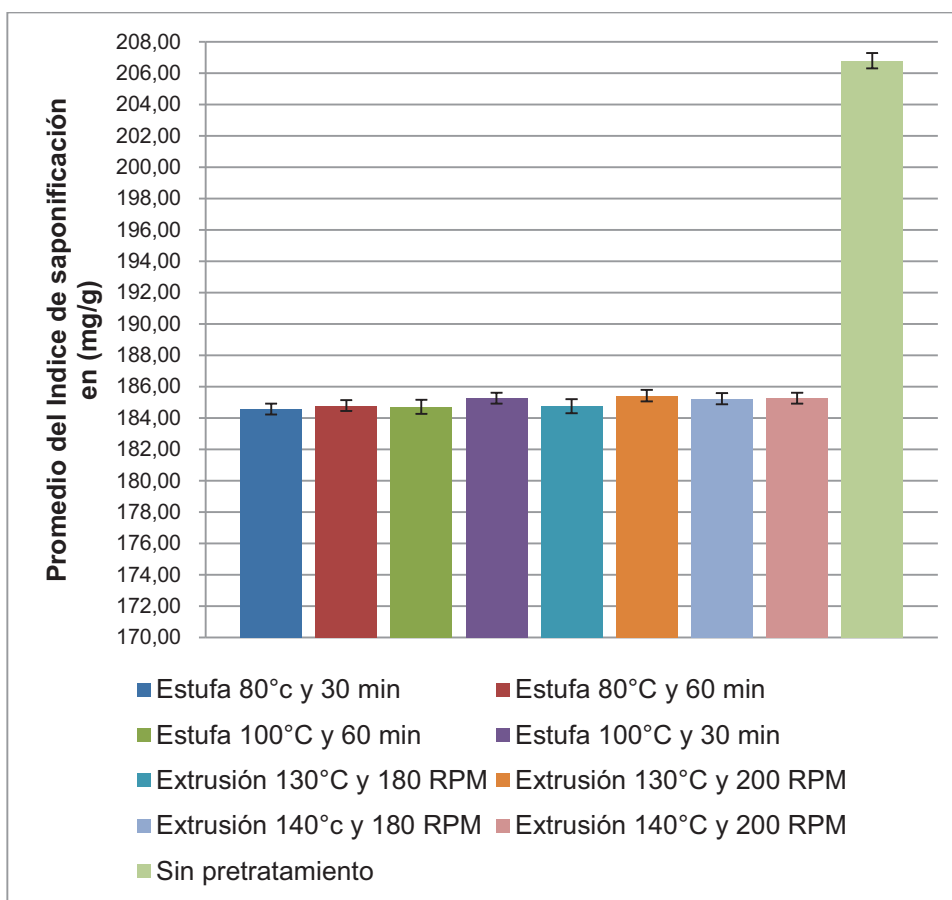


**Figura 3.23.** Índice de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor respecto a la temperatura



**Figura 3.24.** Aceite de polvillo de arroz

En la figura 3.25 se puede observar los promedios de las muestras tratadas por estufa, extrusión y sin pre-tratamiento, con las respectivas desviaciones estándar.



**Figura 3.25.** Promedio de los índices de saponificación del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, extrusor y sin pre-tratamiento, en (mg/g)

### **Pruebas de insaponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en estufa y si pre-tratamiento**

La materia insaponificable está constituida por un conjunto de sustancias que normalmente están disueltas en la materia grasa, pero que no pueden ser saponificadas por el hidróxido de potasio, esta materia es soluble en los solventes de las grasas, y este índice sirve para determinar la pureza del aceite. Es importante destacar que la diferencia entre los resultados obtenidos en la determinación realizada por duplicado no debe exceder del 1 % de la media aritmética de los resultados, de lo contrario se debe repetir la determinación (INEN41, 1973, p. 5).

Los porcentajes de materia insaponificable constituyen los alcoholes alifáticos, esteroides, hidrocarburos y tocoferoles que contienen vitamina E, en el caso del aceite de polvillo de arroz se encuentra en su mayoría el  $\alpha$ -tocoferol que tiene propiedades antioxidantes (Sayago y Marín, 2007, p. 78).

En la tabla 3.19 se puede apreciar los resultados del análisis de varianza de las tres pruebas realizadas en cada una de las muestras de aceite de polvillo de arroz pre-tratados en estufa, se puede observar en el anexo XXIV los datos con los que se construyó el promedio.

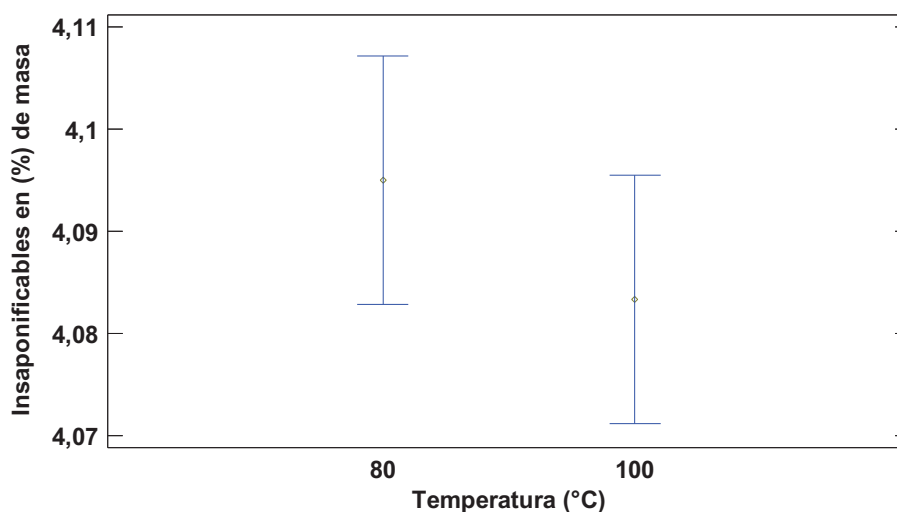
**Tabla 3.19.** Análisis de varianza para la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en (%) de masa

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,000408333	0,000408333	1,23	0,3005
B:Tiempo (min)	0,00000833333	0,00000833333	0,02	0,8783
AB	0,00300833	0,00300833	9,03	0,0170

En los resultados expuestos en la tabla 3.19 se observa que un valor P es menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ), esta interacción entre los 2 factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la materia insaponificable con un 95 % de nivel de confianza. También se debe mencionar que en el caso de la muestra sin tratamiento tampoco existe una diferencia, esto implica que el tratamiento térmico no influye en la materia insaponificable.

En la figura 3.26 se puede apreciar que la materia insaponificable respecto a la temperatura no presenta diferencias estadísticamente significativas, esto implica que con cualquiera de las 2 temperaturas se obtiene resultados parecidos.





**Figura 3.26.** Materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa respecto a la temperatura

### **Pruebas de insaponificación del aceite crudo de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor**

En el caso de la materia insaponificable del aceite de polvillo pre-tratado en extrusor se obtuvieron promedios casi iguales que en los tratamientos en estufa, en la tabla 3.20 se aprecian los resultados obtenidos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el tratamiento en estufa, y con los tratados en extrusor que se muestran a continuación, se observa que están dentro de los rangos que indica la bibliografía, en un análisis de aceite de arroz obtenido en Norteamérica se obtuvo una cantidad de materia insaponificable de 4,64 %, si se la compara con cualquiera de los resultados obtenidos de las muestras tratadas en estufa y extrusor se puede ver que son muy similares (Bailey, 2001, p. 134-135). En las muestras pre-tratadas tanto en estufa como extrusor se aprecia una similitud sustancial al dato bibliográfico que se mencionó anteriormente, sin embargo los resultados obtenidos de materia insaponificable en cada una de las muestras, y en el dato bibliográfico, tiene una gran diferencia con la materia insaponificable de otros tipos de aceite, como el caso del aceite de algodón que tiene un índice de 0,54 – 1,51 % o el caso del aceite de oliva que tiene un índice de 0,8 – 1,3 %, en

el caso del aceite de palma africana tiene un índice de materia insaponificable de 0,4 – 0,8 % en el caso del aceite de girasol 1,20 % también en el aceite de maíz se tiene un porcentaje de materia insaponificable de 1,7 % y en el aceite de soya 0,6 % (Bailey, 2001, p. 122- 132).

Si se compara los porcentajes de materia insaponificable de los demás aceites comerciales con el aceite de polvillo de arroz, se deduce que el aceite del polvillo tiene una mayor cantidad de antioxidantes presentes como es el caso de los tocoferoles o vitamina E (Pacheco, 2001, p. 4).

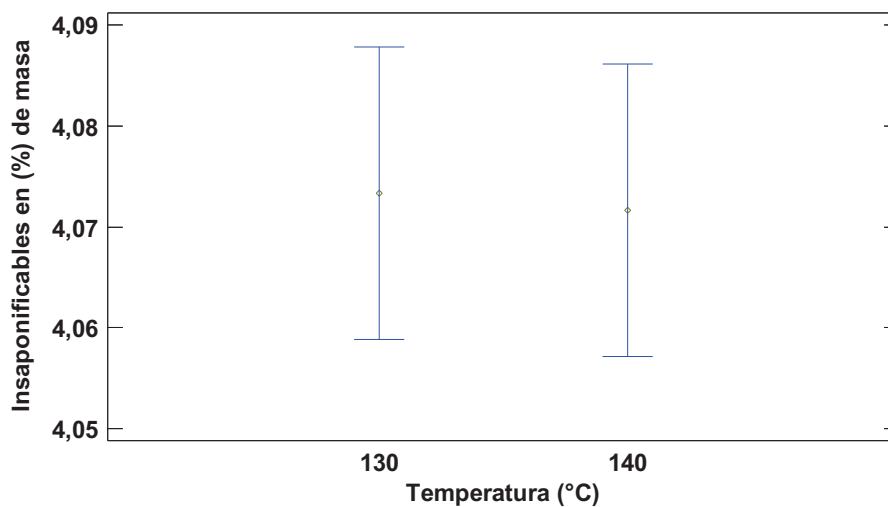
En la tabla 3.20 se observa el análisis de varianza de la materia insaponificable de las muestras tratadas con extrusor.

**Tabla 3.20.** Análisis de varianza para la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor, en (%) de masa

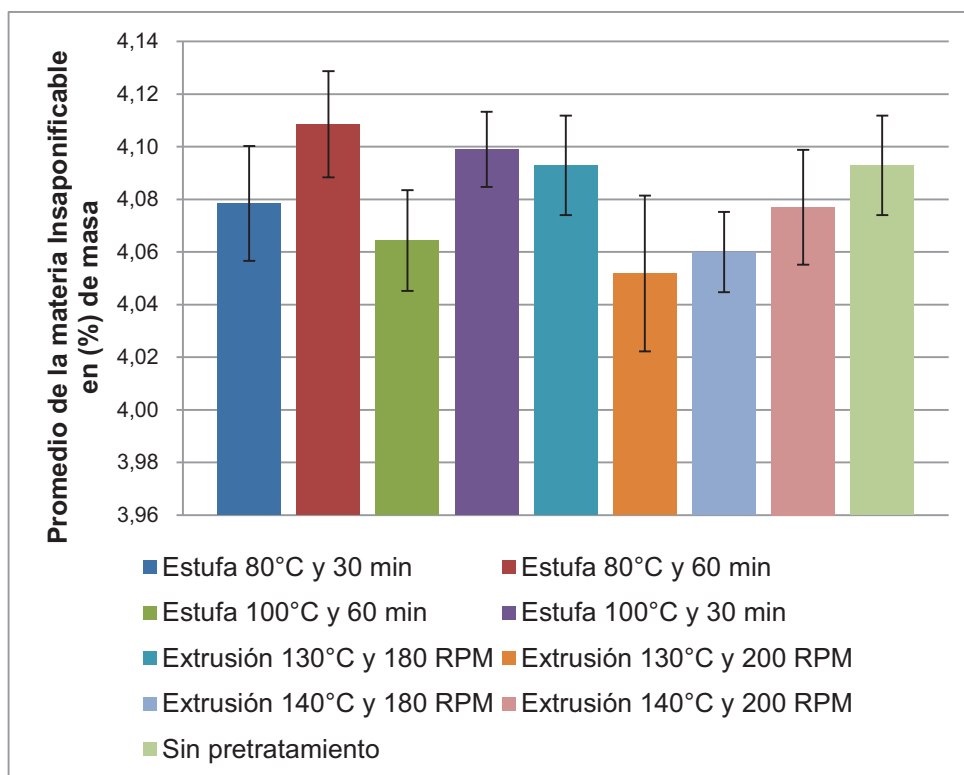
Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura (°C)	0,00000833333	0,00000833333	0,02	0,8979
B:RPM	0,000408333	0,000408333	0,86	0,3810
AB	0,00240833	0,00240833	5,07	0,0544

En la tabla 3.20 se puede observar que ningún valor de P es menor que 0,05 ( $p > 0,05$ ), por lo tanto ninguno de los factores o interacción tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la materia insaponificable con un 95 % de nivel de confianza.

En la figura 3.27 se observa que la materia insaponificable respecto a la temperatura, no presenta diferencias estadísticamente significativas por este motivo cualquiera de los 2 tratamientos térmicos es válido, sin embargo se escogió el tratamiento de 130 °C y 180 RPM por su menor consumo energético frente al de 140 °C. También se puede ver la figura 3.28 en donde la materia insaponificable de las muestras tratadas térmicamente y la muestra testigo tienen desviaciones estándar similares.



**Figura 3.27.** Materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en extrusor respecto a la temperatura



**Figura 3.28.** Promedio de la materia insaponificable del aceite de polvillo de arroz pre-tratado en estufa, en extrusor y sin pre-tratamiento térmico, en (%) de masa

### **3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS CON BASE EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO**

Como se mencionó al inicio del capítulo 2 el dimensionamiento de la planta extractora de aceite de polvillo de arroz se realizó con base en la producción anual de 10 000 t de aceite crudo, para tomar esta decisión se consideró la producción anual de arroz en cáscara durante los últimos 5 años, también el 8 % de aleurona que contiene el grano en cascara, debido a que esta capa aleuronica es de donde sale el polvillo de arroz, todos estos datos se mencionan en el capítulo 1 y 2.

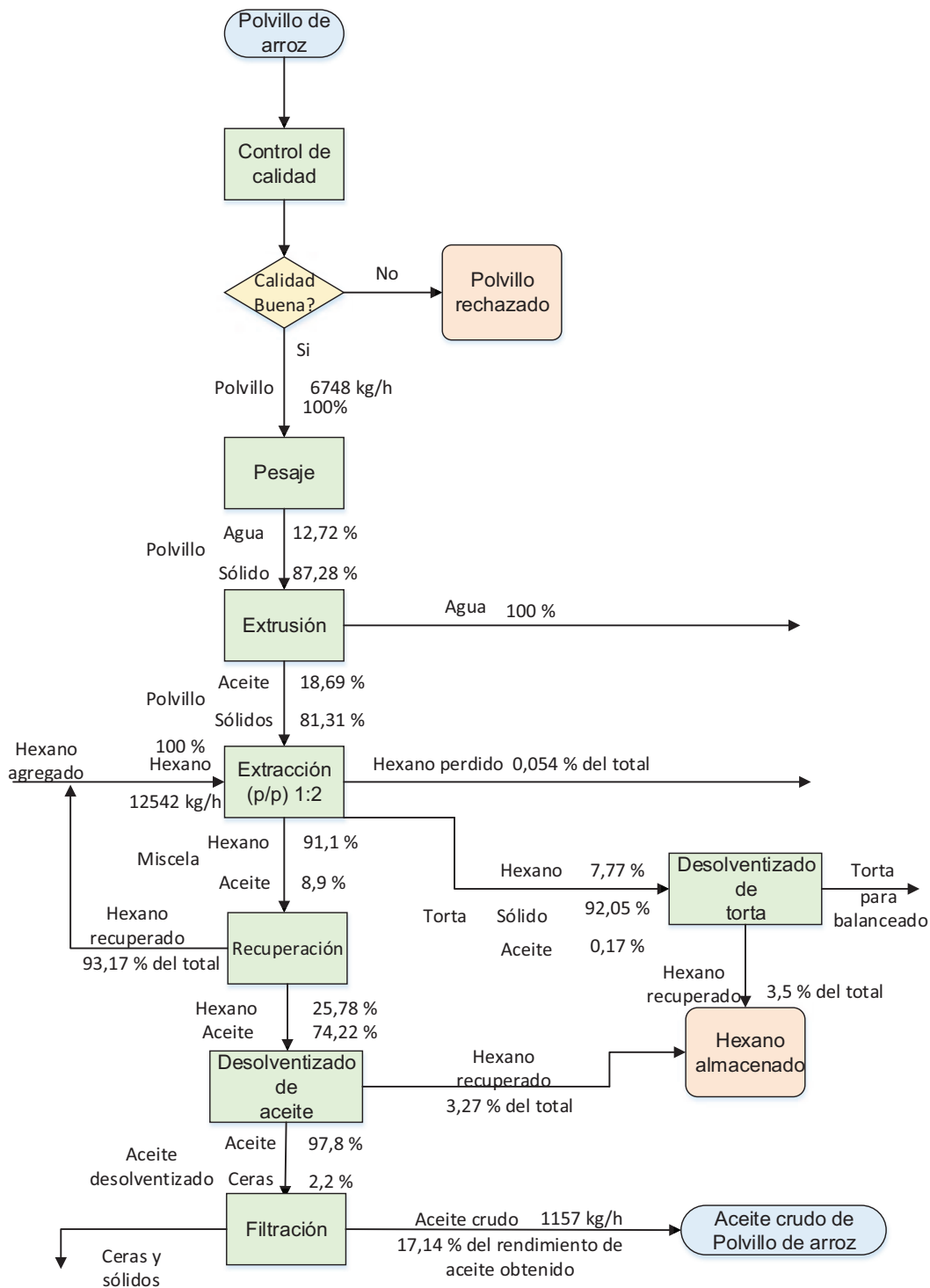
También se consideró el consumo de aceite per cápita para tener un sondeo del posible mercado que tiene el nuevo aceite de polvillo de arroz. Luego de tener todos estos datos se realizaron los cálculos respectivos que se describen a continuación.

**Medios de recepción y proveedores de materia prima.** Es importante mencionar que los principales proveedores de materia prima son las piladoras que están cerca del lugar donde se ubicará la planta extractora, la planta se ubica en la provincia del Guayas a las afueras del Cantón Milagro, este lugar es céntrico a los proveedores y cuenta con accesos de primer orden, fuentes de agua y energía eléctrica.

Existe un convenio con los dueños de las piladoras para que envíen los polvillos recién obtenidos del pilado en el menor tiempo, de esta forma se benefician ambas partes ya que ellos le dan un destino a sus desechos y la planta extractora tiene materia prima fresca para el procesado.

**Días laborables.** La planta laborará 360 días del año con 3 turnos de 8 horas cada uno, debido a que las piladoras trabajan de lunes a sábado y unas pocas hasta el día domingo, por este motivo se decidió laborar todos los días de la semana para aprovechar al máximo la capacidad de los equipos, en el caso de las piladoras que laboran el día domingo, sus desechos de polvillo abastecen el volumen de producción de ese día. Se dejó 4 días para limpieza y mantenimiento de la planta.

En la figura 3.29 se observa el diagrama de bloques del proceso de extracción en porcentajes.



**Figura 3.29.** Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite crudo

### 3.2.1. BALANCES DE MASA

En la figura 3.29 se muestra el diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite crudo de polvillo de arroz, que sirvió para realizar los balances de masa y determinar los flujos másicos en cada etapa del proceso, los flujos o corrientes se indican en porcentajes. Los flujos másicos de los equipos, y los requerimientos energéticos se presentan detalladamente en el anexo XXVI

Basados en los resultados del porcentaje de extracción y calidad de aceite crudo, el tratamiento térmico a emplearse es por extrusión (130 °C y 180 RPM). El resultado del rendimiento de aceite crudo con el tratamiento de extrusión fue de 18,54 % luego de la extracción, el más alto porcentaje de todos los tratamientos térmicos realizados. También se la escogió por presentar los mejores índices de acidez, es decir mostró los índices más bajos, que es muy importante para saber el porcentaje de ácidos grasos libres que tiene el aceite, la muestra obtuvo 4,4 %.

#### 3.2.1.1. Extrusión

Las condiciones de extrusión del polvillo de arroz fueron 130 °C y 180 RPM como se indicó en el párrafo anterior. El flujo másico de entrada del polvillo de arroz al proceso fue 6 748 kg/h, que representa el 100 % de materia prima. La composición del material es 12,72 % de humedad, 17,68 % de extracto etéreo (aceite) y el resto son sólidos. La pérdida de agua por la elevada temperatura fue 365 kg/h que representa el 5,42 % del peso total del polvillo al inicio del proceso. El flujo másico de salida del polvillo extruido después del tratamiento térmico tiene una composición de 18,69 % de aceite y se toma el resto de compuestos como sólidos.

Es importante mencionar que se utilizó el resultado de la parte experimental del tratamiento en extrusor 5,42 % de pérdida de humedad. En el anexo XXVI se observa con mayor detalle el balance de masa con diagrama de bloques.

### 3.2.1.2. Extracción

Se consideró el dato experimental de rendimiento de aceite de polvillo (18,54 %), también la relación de extracción polvillo-hexano en una proporción (p/v) 1:3, o también en una relación (p/p) 1:2. La pérdida de hexano en esta etapa del proceso es de 0,054 % del total de hexano utilizado en la extracción, la pérdida se da por la alta volatilidad del solvente. Para observar con mayor detalle los datos exactos del balance de masa ver el Anexo XXVI (Grasso, 2013, p. 18).

### 3.2.1.3. Recuperación de aceite y hexano

En la etapa de recuperación de aceite y hexano se utilizaron los resultados de la fase experimental, en la entrada se tiene miscela con una composición de 91,1 % de hexano y 8,9 % aceite. En la salida se tiene hexano recuperado que representa el 93,17 % del hexano usado en la extracción, y en la salida del aceite con residuos de hexano se registró una composición de 25,78 % de hexano y 74,22 % de aceite.

### 3.2.1.4. Desolventizado

**Desolventizado de torta.** En la etapa de desolventización de la torta (sólido agotado) se tuvo como resultado a la entrada 7,77 % de hexano, 0,17 % de aceite residual y 92,05 % de sólidos, en la salida se obtuvo el 3,5 % de hexano total recuperado, y 5 199 kg/h de torta libre de solvente.

**Desolventizado de aceite.** La desolventización de aceite tuvo como resultado a la entrada 25,78 % de hexano y 74,22 % de aceite, a la salida se observó 1 183 kg/h de aceite libre de solvente y el 3,27 % del hexano total recuperado. En la tabla 3.21 se puede observar las recuperaciones y pérdidas de hexano.

### 3.2.1.5. Filtración

La filtración del aceite dio como resultado 97,8 % de aceite limpio y 2,2 % de ceras y sólidos, a la salida se obtuvo 26 kg/h de ceras retenidas, y 1 157 kg/h de aceite crudo libre de sólidos. Esta cantidad de aceite obtenido al final de todo el proceso representa el 17,14 % del rendimiento de aceite respecto al polvillo a la entrada.

**Tabla 3.21.** Recuperaciones y pérdidas de hexano por etapa de proceso

<b>Etapas de Proceso</b>	<b>Pérdida de hexano (%)</b>	<b>Recuperación de hexano (%)</b>
Extracción	0,054	
Recuperación		93,17
Desolventizado torta		3,5
Desolventizado aceite		3,27
<b>Total</b>	<b>0,054</b>	<b>99,94</b>

## 3.2.2. BALANCES DE ENERGÍA

### 3.2.2.1. Energía requerida para la extracción

El calor  $Q$  requerido para calentar el hexano y extraer aceite de polvillo fue 1 332 283 kJ/h, este calor se calculó con la fórmula 3.1 (Heldman y Singh, 1997, p. 115).

$$Q = m_{hexano} * C_p hexano * \Delta T \quad [3.1]$$

Donde:

$C_p$ : Calor específico del hexano

$m$ : masa de hexano

$\Delta T$ : Variación de la temperatura de hexano



Se dividió este calor obtenido para el factor de eficiencia de transferencia (0,85) y se determinó un calor total ( $Q$ ) de 1 567 392 kJ/h, con este calor se obtuvo el flujo másico de vapor ( $m$ ) necesario para calentar el hexano mediante la fórmula 3.2 (Heldman y Singh, 1997, p. 115). En la fórmula 3.2 se reemplazó el calor obtenido, también los datos  $H = 2\,404$  kJ/kg y  $H_c = 301,53$  kJ/kg que se obtuvieron con la fórmula 3.3 y 3.4 respectivamente (Heldman y Singh, 1997, p. 115).

$$m = \frac{Q}{(H - H_c)} \quad [3.2]$$

$$H = (0,1)H_L + (0,9)H_V \quad [3.3]$$

Donde:

$H$ : Entalpía con una calidad de vapor del 90%

$H_L$ : Entalpía de líquido

$H_V$ : Entalpía de vapor saturado

El  $H_L$  y  $H_V$  se obtuvieron de las tablas de propiedades del vapor saturado a 76 °C, se escogió esta temperatura para asegurar un gradiente de temperatura de 4 °C, esta información se encuentra en el anexo IX (Heldman y Singh, 1997, p. 154).

$$H_c = C_{p\text{ agua}} * T \quad [3.4]$$

Donde:

$H_c$ : Contenido de energía térmica del condensado que abandona el cambiador

$C_p$ : Calor específico del agua

$T$ : Temperatura final del hexano

Luego de reemplazar estos datos en la fórmula se obtuvo una masa de vapor de 745,42 kg/h, a este flujo másico se lo transformo a libras, y se obtuvo un flujo másico de 1 639 lb/h que representa el 17,37 % del total de vapor requerido.

### 3.2.2.2. Energía requerida para la recuperación

Para la recuperación de hexano y aceite fue necesaria una cantidad de calor (Q) de calentamiento de 1 398 348,96 kJ/h, que se obtuvo siguiendo los mismos pasos descritos en la fórmula 3.1. Para encontrar el calor ( $Q_v$ ) latente de evaporación requerido de 4 049 248,42 kJ/h se utilizó la fórmula 3.5

$$Q_v = m_{hexano} * \Delta_{hexano} \quad [3.5]$$

Donde:

$Q_v$ : Calor latente de vaporización

$m$ : Masa de hexano

$\Delta$ : Factor del calor latente de vaporización del hexano (334,72 kJ/h) (Perry, 1941, p. 2383).

Se sumó los dos calores ( $Q + Q_v$ ) y se obtuvo 5 447 597,38 kJ/h, se dividió este calor obtenido para el factor de eficiencia de transferencia (0,85) y se determinó un calor total de 6 408 938,09 kJ/h, y este calor obtenido se reemplazó en la fórmula 3.2. También se reemplazó el H y el Hc que son iguales al caso de extracción que se indicó anteriormente con las fórmulas 3.3 y 3.4. Después de realizar el cálculo se obtuvo una masa de vapor de 3 047,97 kg/h para evaporar el hexano y separar el aceite, esta masa se transformó a libras y fue de 6 705 lb/h que representa el 71,08 % del total de vapor requerido.

### 3.2.2.3. Energía requerida para desolventización

En el caso de la desolventización también se utilizó el mismo procedimiento de los dos casos anteriores de extracción y recuperación, debido a que también se utiliza vapor para retirar el hexano residual tanto en el aceite como en la torta.

**Desolventización de la torta.** El calor (Q) requerido para el calentamiento de la torta luego de la extracción fue de 442 545,45 kJ/h, se obtuvo siguiendo los mismos pasos de la fórmula 3.1. El calor específico de la torta con hexano se obtuvo con la fórmula de  $C_p$  de torta 3.6 y  $C_p$  de mezcla 3.7 (Heldman y Singh, 1997, p. 154).

$$C_{p\text{ torta}} = 1.424m_c + 1.549m_p + 1.675m_f + 0.837m_a + 4.187m_m \quad [3.6]$$

Donde:

$m_c$ : Fracción en peso de hidratos de carbono

$m_p$ : Fracción en peso de proteína

$m_f$ : Fracción en peso de grasa

$m_a$ : Fracción en peso de cenizas

$m_m$ : Fracción en peso de humedad

$$C_{p\text{ mezcla}} = X_{\text{torta}}(C_{p\text{ torta}}) + X_{\text{hexano}}(C_{p\text{ hexano}}) \quad [3.7]$$

Donde:

$X_{\text{torta}}$ : Fracción en peso de torta

$X_{\text{hexano}}$ : Fracción en peso de hexano

El calor ( $Q_v$ ) requerido para la evaporación del hexano residual fue 146 771,37 kJ/h, y se determinó con la fórmula 3.5. La suma de los dos calores fue de 589 316,82 kJ/h y se dividió este calor obtenido para el factor de eficiencia de transferencia (0,85) y se determinó un calor total de 693 313,90 kJ/h. Este calor calculado se reemplazó en la fórmula 3.2 y con los mismos valores H y  $H_c$  se encontró la masa de vapor necesario para desolventizar la torta con residuo de hexano.

La masa obtenida fue 329,72 kg/h de vapor, el flujo másico se transformó a 725 lb/h que representa el 7,68 % del total de vapor requerido. En la tabla 3.22 se observa con detalle el vapor y calor utilizado en cada etapa del proceso.

**Desolventización del aceite.** El calor (Q) requerido para el calentamiento del aceite con hexano luego de la recuperación fue de 158 170,20 kJ/h, se lo obtuvo aplicando la fórmula 3.1 y la determinación del  $C_p$  de mezcla de la fórmula 3.7. El calor ( $Q_v$ ) requerido para la evaporación del hexano residual fue 137 733,93 kJ/h y se obtuvo con la fórmula 3.5. La suma de los 2 calores ( $Q+ Q_v$ ) fue de 295 904,13 kJ/h, se dividió este calor obtenido para el factor de eficiencia de transferencia (0,85) y se determinó un calor total de 348 122,50 kJ/h. Este calor obtenido se reemplazó en la fórmula 3.2 y con los mismos valores H y  $H_c$  se encontró la masa de vapor necesario para desolventizar el aceite con residuo de hexano. La masa obtenida fue 165,56 kg/h de vapor, y el flujo másico se transformó a 364,23 lb/h que representa el 3,85 % del total de vapor requerido.

**Tabla 3.22.** Vapor y calor utilizado en cada etapa de proceso

<b>Etapas de Proceso</b>	<b>Vapor utilizado en (%)</b>	<b>Vapor utilizado en lb/h</b>	<b>Calor utilizado en kJ/h</b>	<b>Calor de evaporación en kJ/h</b>
Extracción	17,37	1 639	1 567 392	0
Recuperación	71,08	6 705	6 408 938	4 049 248
Desolventizado torta	7,68	725	693 313	146 771
Desolventizado aceite	3,85	364	348 122	137 733
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>9 433</b>	<b>9 017 765</b>	<b>4 333 752</b>

### 3.2.3. DIMENSIONAMIENTO Y ELECCIÓN DE EQUIPOS

El área de producción de la planta se dividió en 3 sub-áreas que son: tratamiento térmico, extracción y recuperación. En la tabla 3.23 y el Anexo XXVII se observa con mayor detalle la representación gráfica de las sub-áreas con equipos, códigos de equipos, gastos energéticos y códigos de corriente.

**Tabla 3.23.** Sub-áreas de producción de la planta extractora con equipos, códigos y gastos energéticos

<b>Sub-área de tratamiento térmico</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Código</b>	<b>Gasto energético (kW/h)</b>
Balanza	TT-111	20
Banda transportadora	TT-112	40
Elevador	TT-113	50
Extrusor	TT-114	200
<b>Sub-área de extracción</b>		
Banda transportadora	EX-201	40
Elevador	EX-202	50
Extractor	EX-203	100
Banda transportadora	EX-204	30
<b>Sub-área de recuperación</b>		
Evaporador	RE-301	10
Elevador	RE-302	50
Desolventizador de torta	RE-303	80
Desolventizador de aceite	RE-304	20
Filtro de aceite	RE-305	50
<b>Total</b>		<b>740</b>

### 3.2.3.1. Sub-área de tratamiento térmico

**Balanza de pesaje.** La balanza de pesaje de material se seleccionó con base en el flujo másico de entrada de polvillo al proceso, 6 748 kg/h, las medidas de este equipo son 7 m de largo por 2,5 m de ancho y 0,15 m de altura. El consumo energético de la balanza es de 20 kW/h, la marca es Mettler Toledo modelo VTS302 con capacidad para 40 toneladas, de origen suizo.

**Banda transportadora.** La banda transportadora lleva un flujo másico de 6 748 kg/h de polvillo de arroz al elevador de cangilones. Las dimensiones de la banda son 5 m de largo, 2 m de ancho y 1,2 m de altura. La banda es de acero inoxidable

y tienen un consumo energético de 40 kW/h, la marca es M/T de fabricación nacional.

**Elevador de cangilones.** El elevador de cangilones escogido transporta 6 748 kg/h de polvillo de arroz hacia el extrusor, tiene 2 m de largo, 2 m de ancho y 3,5 m de altura, con un consumo energético de 50 kW/h. Hecho con acero inoxidable la marca es M/T de fabricación nacional.

**Equipo de extrusión.** El extrusor tiene capacidad para procesar más de 6 748 kg/h de polvillo de arroz, sus dimensiones son 12 m de largo, 2 m de ancho y 2,5 m de altura. El consumo energético del equipo es 200 kW/h, la marca del extrusor es Muyang modelo MY120\*2 I de 3 ejes y boquilla de 5 mm, con torque de 2, fabricación China, ver anexo XXVIII

### 3.2.3.2. Sub-área de extracción

**Banda transportadora.** La banda transportadora lleva un flujo másico de 6 383 kg/h de polvillo de arroz extruido al elevador de cangilones. Las dimensiones de la banda son 5 m de largo, 2 m de ancho y 1,2 m de altura. La banda es de acero inoxidable y tienen un consumo energético de 40 kW/h, la marca es M/T de fabricación nacional.

**Elevador de cangilones.** El elevador de cangilones escogido transporta 6 383 kg/h de polvillo de arroz extruido hacia el extractor, tiene 4 m de largo, 2 m de ancho y 5 m de altura, con un consumo energético de 50 kW/h. Hecho con acero inoxidable la marca es M/T de fabricación nacional.

**Equipo de extracción.** El equipo que se escogió tiene la capacidad de procesar 6 383 kg/h de polvillo de arroz extruido, las dimensiones del extractor son 18 m de largo 3,5 m de ancho y 4 m de altura, tiene un consumo energético de 100 kW/h. La marca de extractor que se escogió es IAR modelo DeSmet que se caracteriza por tener una banda transportadora en la que se coloca el material a extraer, el alto

de lecho del polvillo dentro del extractor es de 25 cm para que se produzca una mejor lixiviación del solvente a través del sólido, el país de origen es Argentina ver anexo XXVIII.

**Banda transportadora cerrada.** La banda transportadora lleva un flujo másico de 5 638 kg/h de torta (sólido agotado) al elevador de cangilones. Las dimensiones de la banda son 5 m de largo, 2.5 m de ancho y 1,2 m de altura. La banda es de acero inoxidable y cerrada herméticamente, tiene un consumo energético de 30 kW/h, la marca es M/T de fabricación nacional.

### 3.2.3.3. Sub-área de recuperación

**Elevador de cangilones.** El elevador de cangilones cerrado transporta 5 638 kg/h de torta con hexano hacia el desolventizador, tiene 5 m de largo, 2,5 m de ancho y 6 m de altura, con un consumo energético de 50 kW/h. Hecho con acero inoxidable la marca es M/T de fabricación nacional.

**Equipo de recuperación (evaporador).** La recuperación de hexano se realiza en un evaporador cilíndrico con capacidad para un flujo másico de miscela de 13 282 kg/h o volumen de 20 124 L/h, su diámetro es de 3,5 m y su altura es de 4 m, está construido en acero inoxidable, esto permite una superficie ideal para el intercambio de calor. El consumo energético de la bomba del evaporador es 10 kW/h, la marca del evaporador es KMEC de fabricación china, ver anexo XXVIII.

**Desolventizador de torta.** El desolventizador-tostador-enfriador cilíndrico de paletas, procesa 5 638 kg/h de torta con hexano, sus dimensiones son 2,5 m de diámetro y una altura de 5 m. Tiene un consumo energético de 80 kW/h, y está construido con acero inoxidable AISI 304, la marca del desolventizador es Crown de fabricación norteamericana ver anexo XXVIII.

**Desolventizador de aceite.** El desolventizador cilíndrico para aceite procesa 1 594 kg/h, sus dimensiones son altura de 2 m, y un diámetro de 1,6 m. Tiene un consumo energético de 20 kW/h, y está construido con acero inoxidable AISI 304, la marca es Crown de fabricación norteamericana.

**Equipo de filtración.** El equipo de filtración procesa 1 183 kg/h de aceite crudo, tiene 4 m de largo, 1,8 m de ancho y 1,6 m de alto, tiene un consumo energético de 50 kW/h, está hecho de acero inoxidable y la marca del equipo es Rosedowns de fabricación inglesa.

#### 3.2.3.4. Equipos auxiliares y periféricos

**Caldero.** Se seleccionó un caldero que abastezca de vapor a las 4 etapas del proceso como son: extracción, recuperación, desolventización de torta y desolventización de aceite, para esto se consideró el flujo másico total de vapor en las 4 etapas en lb/h, con este dato se buscó en catalogo un caldero que proporcione esta cantidad de vapor 9 433 lb/h, se seleccionó un caldero de 300 BHP (Rivera, 2006, p. 10).

El caldero de 300 BHP seleccionado tiene 8 m de largo, 3 m de ancho y 2,5 m de altura, también se utiliza una bomba para transportar el diésel al caldero, la bomba consume 10 kW/h, la marca del caldero es M/T, con quemadores Baltur de fabricación nacional.

El calor que ofrece los 9 433 lb/h de vapor es 9 017 765 kJ/h. Para determinar el consumo energético del equipo se utilizó la relación de que 1 galón de diésel produce 140 315 kJ/h de calor, de esta forma se determinó el consumo de 64 gal/h de diésel, ver anexo XXVIII (Rivera, 2006, p. 10).

**Tanques cilíndricos de almacenamiento de aceite y calentamiento de hexano.** Para escoger el tanque de almacenamiento de hexano se consideró el stock de hexano de 1 mes, la cantidad en peso es 305 t/mes o 462 m<sup>3</sup>/mes, por este motivo



las dimensiones tienen 12 m de diámetro y 5 m de altura, está hecho en acero inoxidable, el consumo energético de la bomba que transporta el hexano hasta la planta es 35 kW/h.

Para el tanque de calentamiento de hexano se consideró el flujo másico por hora 12 542 kg/h, con dimensiones de 2,5 m de diámetro y 4 m de altura, y consumo energético de la bomba 20 kW/h, la marca de los 2 tanques es Muyang.

El tanque de almacenamiento del aceite tiene 4 m de diámetro y 3 m de altura es de acero inoxidable, el consumo energético de la bomba que transporta el aceite hasta el tanque es 35 kW/h. En la tabla 3.24 se observan los equipos periféricos con los respectivos gastos energéticos.

Para determinar las dimensiones se utilizó el flujo másico diario de aceite que es de 27,78 t/d o en volumen 29,63 m<sup>3</sup>/d para tener un almacenamiento máximo por día, debido a que en la planta extractora no se tiene inventario de materia prima ni tampoco de producto terminado, es una producción justo a tiempo, y el único inventario que se maneja es el del insumo hexano. La marca del tanque también es Muyang.

**Tabla 3.24.** Equipos periféricos y gastos energéticos

<b>Equipo</b>	<b>Gasto energético (kW/h)</b>	<b>Gasto energético diesel (gal/h)</b>
Caldero	10	64
Tanque de almacenamiento de hexano	35	
Tanque de calentamiento de hexano	20	
Tanque de almacenamiento de aceite	35	
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>64</b>

### 3.2.4. REQUERIMIENTO DE PERSONAL POR ÁREAS

#### 3.2.4.1. Personal área de producción

Es importante mencionar que la planta de extracción de aceite crudo de polvillo de arroz trabaja las 24 horas del día en 3 turnos de 8 horas, en horarios rotativos de los empleados.

En el área de producción se tiene un encargado por cada equipo con excepción del extractor que tiene 2 operarios por turno, y un operador para el evaporador y desolventizador de aceite. En la tabla 3.25 se muestran el número de empleados que se necesitan en cada equipo.

**Tabla 3.25.** Lista de empleados de la planta del área de producción en 24 horas

<b>Cargo</b>	<b>Número de empleados</b>
Jefe de Producción	3
Jefe de Mantenimiento	3
Operario de Pesaje	3
Operario de Extrusor	3
Operario extracción	6
Operario desolventizado de torta	3
Operario evaporador	3
Operario filtro	3
Operario tanques de almacenamiento	3
Mecánico	3
<b>Total</b>	<b>33</b>

### 3.2.4.2. Personal área administrativa

En la tabla 3.26 se enlista el personal administrativo por funciones, existen 8 empleados encargados, el horario de trabajo es solo de 8 horas/día de lunes a viernes. En el caso de laboratorio se tiene un laboratorista que debe hacer las pruebas de control de calidad al polvillo de arroz, y las pruebas físico-químicas del aceite, a la salida del proceso, y un guardia para cada turno.

**Tabla 3.26.** Lista de empleados de la planta del área administrativa

<b>Cargo</b>	<b>Número de empleados</b>
Gerente General	1
Jefe de ventas	1
Contador	1
Secretaria-Recepcionista	1
Laboratorista	1
Guardia	3
<b>Total</b>	<b>8</b>

### 3.2.5. LAY OUT

Para el diseño y la distribución de la planta se aplicaron los criterios de buenas prácticas de manufactura (BPM). En los planos de los anexos XXVII, se presenta la distribución de equipos en planta con los planos arquitectónicos y sus respectivos cortes.

#### 3.2.5.1. Dimensionamiento de equipos

En el área de producción y periferia están ubicados los equipos descritos en la tabla 3.27 con sus respectivas dimensiones en metros de largo, ancho y altura.

**Tabla 3.27.** Lista de equipos del área de producción y periférico con dimensiones de largo, ancho y altura

Equipos	Dimensiones (metros)			Cantidad
	Largo	Ancho	Altura	
Balanza	7	2,5	0,15	1
Extrusor	12	2	2,5	1
Extractor	18	3,5	4	1
Evaporador cilindrico	3,5	3,5	4	1
Desolventizador cilíndrico para torta	2,5	2,5	5	1
Desolventizador cilíndrico para aceite	1,6	1,6	2	1
Filtro de aceite	4	1.8	1.6	1
Banda transportadora	5	2	1,2	2
Banda transportadora cerrada	5	2,5	1,2	1
Elevador de Canjilones a extractor	4	2	5	1
Elevador de canjilones a extrusión	2	2	3,5	1
Elevador a desolventización	5	2,5	6	1
Tanque cilíndrico de almacenamiento para Hexano	12	12	5	1
Tanque de calentamiento de hexano	2,5	2,5	4	1
Tanques cilíndricos de almacenamiento para Aceite	4	4	3	1
Caldero de 300 BHP	8	3	2,5	1

También se incluye 3 condensadores de solvente, tuberías, accesorios y acoples para transporte de vapor, agua y hexano de acuerdo a la etapa del proceso. En la tabla 3.28 se observa el calor latente de vaporización y el consumo de agua del

reservorio para refrigeración, en la recuperación, desolventización de torta, y desolventización de aceite para condensar el hexano

**Tabla 3.28.** Requerimiento de agua como refrigerante para condensación de hexano

Equipo	Calor latente de vaporización (kJ/h)	Requerimiento de agua para refrigeración (m <sup>3</sup> /h)	Requerimiento en (%)
Evaporador	4 049 248	20,56	93,44
Desolventizador de torta	146 771	0,75	3,39
Desolventizador de aceite	137 733	0,70	3,18
<b>Total</b>	<b>4 333 752</b>	<b>22</b>	<b>100</b>

### Características de construcción del área de producción

**Piso.** El área cuenta con piso en hormigón armado y acabado antideslizante liso, con una declinación de 4 grados que facilita el escurrimiento de agua por las canaletas al momento del lavado de máquinas (Vanaclocha, 2005, p. 33).

**Paredes.** La planta extractora no cuenta con paredes debido a las altas temperaturas que se generan, produciendo así una ventilación natural del ambiente. Solo tiene las vigas de acero que sostienen la cubierta. Solo existen paredes en el cuarto de mantenimiento en los baños y vestidores

**Cubierta.** El techo de la planta es de zinc reforzado, y está colocado sobre las vigas con dos direcciones de caída en V invertida.

**Área de mantenimiento.** Es preciso mencionar que a dos metros del área de producción se ubica el cuarto de mantenimiento. Cuenta con un piso en hormigón armado, y acabado liso de cemento. Paredes enlucidas en cemento y pintura. Las dimensiones del cuarto de mantenimiento, y su distribución en planta se observan mejor en el lay out del anexo XXVII.

**Baños y vestidores.** Su ubicación permite que el personal tenga acceso desde la entrada y salida a baños y vestidores. El piso es de hormigón armado y recubrimiento con baldosa antideslizante igual que las paredes. La distribución en planta se aprecia mejor en el lay out anexo XXVII.

#### **3.2.5.2. Área administrativa**

**Oficinas de personal administrativo.** El área consta de 4 oficinas 1 recepción y 1 baño, a continuación se describen las características y los equipos que hay en cada oficina. Las características de construcción tienen acabados de primera, donde se ubicarán escritorios, archivadores, computadoras y equipo inmobiliario, teléfonos, baños privados para cada funcionario

#### **3.2.5.3. Área de laboratorio**

El laboratorio cuenta con piso antideslizante con paredes cubiertas con material epóxico, tiene 1 desagüe en medio del cuarto, también hay 1 lavabo, 1 luz de 23 W fluorescente, y 1 mesón con melamínico, repisas y puertas. También tiene los equipos y utensilios respectivos para los análisis físico-químicos para el aceite.

#### **3.2.5.4. Área de patios y parqueaderos**

El piso de los parqueaderos esta adoquinado, también las áreas de descarga de polvillo y carga de aceite. También está ubicada la caseta del guardia a la entrada de la industria, existen 2 entradas una para camiones, otra para los autos de los empleados, y una entrada peatonal.

### 3.3. ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA.

#### Inversión total

La planta extractora se financia por recursos propios y de terceros, para el inicio de operaciones del nuevo año de la entidad. Esta inversión total se entiende como los recursos Tangibles, Intangibles, Financieros y Humanos que requiere la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz para poder operar normalmente en el tiempo de un año. En la tabla 3.29 y 3.30 se puede observar la inversión total y las ventas netas

**Tabla 3.29** Inversión total

	Valor (USD)	%
Inversión fija	648 805	28,84
Capital de operaciones	1 600 720	71,16
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2 249 525</b>	<b>100,00</b>
CAPITAL PROPIO	1 012 286	45,00
FINANCIAMIENTO	1 237 239	55,00

**Tabla 3.30** Ventas netas

PRODUCTOS	Cantidad Unidades	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Producto Terminado (t)	10 000	1 447,00	14 470.000
TORTA (t)	44 919	50,00	2 245 950
<b>TOTAL</b>			<b>16 715 950</b>

Los detalles de los valores de las ventas están descritos en el Anexo XXX

En la tabla 3.31 se observa la inversión fija con terrenos, construcciones maquinaria y equipo, y en la 3.32 el capital de operaciones que es el rubro mayor de la inversión con el 71,16 %.

**Tabla 3.31** Inversión fija

		Valor (USD)	%
Terrenos y construcciones		178 440	27,50
Maquinaria y equipo		408 580	62,97
Otros activos		49 063	7,56
SUMAN		636 083	98,04
	%		
Imprevistos de la inversión fija	2,0	12 722	1,96
<b>TOTAL</b>		<b>648 805</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 3.32** Capital de operación.

DENOMINACIÓN	Tiempo (meses)	(USD)
Materiales Directos	1	777 360
Mano de Obra Directa	2	44 064
Carga Fabril	2	729 057
Gastos de administración	2	19 689
Gastos de venta	3	8 893
Reserva de productos terminados	1	19 434
Cuentas por cobrar	2	2 223
<b>TOTAL</b>		<b>1 600 720</b>

Para mayor detalle del Capital de Trabajo, ver Anexo XXX.

En la tabla 3.33 se observa los costos de producción anuales, y el mayor rubro del costo son los materiales directos que ocupan el 65,8 %, y en la tabla 3.34 del costo



unitario del producto se incluyen gastos en ventas, gastos de administración y gastos de financiamiento.

**Tabla 3.33** Costo de producción anual

<b>Rubros</b>	<b>(USD)</b>	<b>%</b>
Materiales directos	4 664 160	65,80
Mano de obra directa	132 192	1,86
<b>Carga fabril</b>		
a) Mano de obra indirecta	115 668	1,63
b) Materiales indirectos	149 731	2,11
c) Depreciación	100 068	1,41
e) Suministros	1 824 273	25,74
d) Reparación y mantenimiento	23 998	0,34
f) Seguros	11 740	0,17
g) Imprevistos	66 764	0,94
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>7 088 595</b>	<b>100,00</b>
<b>Unidades producidas TM</b>	<b>10 000</b>	
<b>Costo por unidad</b>	<b>708,86</b>	

**Tabla 3.34** Costo unitario del producto

<b>Rubros</b>	<b>(USD)</b>	<b>%</b>
Costo de producción	7 088 595	98,20
Costos de ventas	349	0,00
Gastos de administración y generales	1 178	0,02
Gastos de financiamiento	128 133	1,78
<b>TOTAL</b>	<b>7 218 254</b>	<b>100,00</b>
<b>Unidades producidas</b>	<b>10 000</b>	
<b>Costo unitario del producto</b>	<b>721,83</b>	

Para mayor detalle de los costos de producción, ver Anexo XXX. En las tablas 3.35 y 3.36 se observan el flujo de fondos neto y el estado de pérdidas y ganancias.

Tabla 3.35 Flujo neto de fondos desde el 2014-2024

CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Inversión inicial</b>	<b>2 249 525</b>										
<b>Ingreso por ventas</b>	<b>0</b>	<b>16715950</b>	<b>17390856</b>	<b>18093012</b>	<b>18823518</b>	<b>19583517</b>	<b>20374202</b>	<b>21196810</b>	<b>22052631</b>	<b>22943006</b>	<b>23869330</b>
Costos Directos	0	4 796 352	4 988 206	5 187 734	5 395 244	5 611 053	5 835 496	6 068 915	6 311 672	6 564 139	6 826 704
Carga Fabril	0	2 192 175	2 279 862	2 371 056	2 465 899	2 564 535	2 667 116	2 773 801	2 884 753	3 000 143	3 120 149
Gastos Ventas	0	17 787	18 498	19 238	20 007	20 808	21 640	22 506	23 406	24 342	25 316
Gastos Administrativos	0	60 073	62 476	64 975	67 574	70 277	73 088	76 011	79 052	82 214	85 502
<b>Costos Totales</b>	<b>0</b>	<b>7 066 386</b>	<b>7 349 042</b>	<b>7 643 003</b>	<b>7 948 723</b>	<b>8 266 672</b>	<b>8 597 339</b>	<b>8 941 233</b>	<b>9 298 882</b>	<b>9 670 837</b>	<b>10057671</b>
<b>UTILIDAD MARGINAL</b>	<b>0</b>	<b>9 649 564</b>	<b>10041815</b>	<b>10450009</b>	<b>10874794</b>	<b>11316845</b>	<b>11776862</b>	<b>12255577</b>	<b>12753749</b>	<b>13272169</b>	<b>13811659</b>
Impuestos	0	2 412 391	2 510 454	2 612 502	2 718 699	2 829 211	2 944 216	3 063 894	3 188 437	3 318 042	3 452 915
Valor Rescate Infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89 220
Valor Rescate Equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45 764
<b>FLUJO NETO EFECTIVO</b>	<b>-2 249 525</b>	<b>7 237 173</b>	<b>7 531 361</b>	<b>7 837 507</b>	<b>8 156 096</b>	<b>8 487 634</b>	<b>8 832 647</b>	<b>9 191 683</b>	<b>9 565 312</b>	<b>9 954 127</b>	<b>10493729</b>
<b>VALOR ACTUAL</b>	<b>-2 249 525</b>	<b>6 348 397</b>	<b>5 795 138</b>	<b>5 290 094</b>	<b>4 829 063</b>	<b>4 408 211</b>	<b>4 024 035</b>	<b>3 673 340</b>	<b>3 353 207</b>	<b>3 060 973</b>	<b>2 830 618</b>
<b>Rentabilidad anual</b>		<b>102,42%</b>	<b>102,48%</b>	<b>102,54%</b>	<b>102,61%</b>	<b>102,67%</b>	<b>102,74%</b>	<b>102,80%</b>	<b>102,87%</b>	<b>102,93%</b>	<b>104,34%</b>
<b>Tasa de descuento anual</b>		14%									
<b>Razón de descuento</b>	1,00	1,14	1,30	1,48	1,69	1,93	2,19	2,50	2,85	3,25	3,71

**Tabla 3.36** Estado de pérdidas y ganancias proyectado a 10 años

CONCEPTO	AÑOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Ingreso por ventas</b>	<b>16 715 950</b>	<b>17 390 856</b>	<b>18 093 012</b>	<b>18 823 518</b>	<b>19 583 517</b>	<b>20 374 202</b>	<b>21 196 810</b>	<b>22 052 631</b>	<b>22 943 006</b>	<b>23 869 330</b>
Costos Directos	4 796 352	4 988 206	5 187 734	5 395 243	5 611 053	5 835 495	6 068 915	6 311 672	6 564 138	6 826 704
Costos Indirectos	2 270 034	2 360 835	2 455 269	2 553 479	2 655 618	2 761 843	2 872 317	2 987 210	3 106 698	3 230 966
<b>Costos Totales</b>	<b>7 066 386</b>	<b>7 349 041</b>	<b>7 643 003</b>	<b>7 948 723</b>	<b>8 266 672</b>	<b>8 597 339</b>	<b>8 941 232</b>	<b>9 298 882</b>	<b>9 670 837</b>	<b>10 057 670</b>
<b>UTILIDAD MARGINAL</b>	<b>9 649 563</b>	<b>10 041 814</b>	<b>10 450 008</b>	<b>10 874 794</b>	<b>11 316 844</b>	<b>11 776 862</b>	<b>12 255 577</b>	<b>12 753 749</b>	<b>13 272 168</b>	<b>13 811 659</b>
Mantenimiento	2 000	2 100	2 205	2 315	2 431	2 552	2 680	2 814	2 954	3 102
Capital de trabajo	1 766 596	1 837 260	1 910 750	1 987 180	2 066 668	2 149 334	2 235 308	2 324 720	2 417 709	2 514 417
<b>Flujo Neto Efectivo</b>	<b>7 880 967</b>	<b>8 202 454</b>	<b>8 537 053</b>	<b>8 885 298</b>	<b>9 247 745</b>	<b>9 624 975</b>	<b>10 017 588</b>	<b>10 426 214</b>	<b>10 851 504</b>	<b>11 294 138</b>

### Determinación del valor actual neto (VAN)

$i = \text{tasa pasiva (recursos propios)} + \text{tasa activa (recursos de terceros)} + \text{riesgo país.}$

Tasa Pasiva = 4,91% = 0,0491

Tasa Activa = 12% = 0,12

Riesgo del Proyecto = 5,61% = 0.0561

Tasa de Descuento (i)

$i = \text{tasa pasiva (recursos propios)} + \text{tasa activa (recursos de terceros)} + \text{riesgo país}$

$i = 0,04 (45 \%) + 0,12 (55 \%) + 5,61$

**$i = 14,01 \%$**

Los datos de tasas de interés, Riesgo País e Inflación han sido tomados del Banco Central del Ecuador, al 30 de diciembre del 2012. Para el cálculo del (VAN) observar la fórmula en el Anexo XXX. En la tabla 3.37 se observan el VAN y la rentabilidad.

**Tabla 3.37** Valor Actual Neto (USD)

Años	Flujo Neto Efectivo	Valor actual	Rentabilidad anual	Tasa de descuento anual	Tasa de descuento
0	-2 249 525	-2 249 525	0	0	1,00
1	7 237 173	6 348 397	102,42%	14%	1,14
2	7 531 361	5 795 138	102,48%		1,30
3	7 837 507	5 290 094	102,54%		1,48
4	8 156 096	4 829 063	102,61%		1,69
5	8 487 634	4 408 211	102,67%		1,93
6	8 832 647	4 024 035	102,74%		2,19
7	9 191 683	3 673 340	102,80%		2,50
8	9 565 312	3 353 207	102,87%		2,85
9	9 954 127	3 060 973	102,93%		3,25
10	10 493 729	2 830 618	104,34%		3,71
<b>Valor Actual Neto</b>		<b>41 363 551</b>			

El valor actual neto es de **41 363 551 USD**, este monto es mayor que 0 por lo tanto el proyecto es viable.

### Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno indica el porcentaje de rentabilidad que obtendrá el proyecto por la decisión de invertir en la instalación de la planta extractora. La TIR es mayor que la tasa de oportunidad, el rendimiento que obtendrá el proyecto al realizar la inversión es mayor que el que tendrá en la mejor alternativa, por lo tanto conviene realizar la inversión. En la tabla 3.38 se observa el cálculo de la TIR

**Tabla 3.38** Cálculo de la TIR

V.A.N. TM	36 927 739,87
V.A.N. tm	55 913 550,92
Tasa mayor	20,00%
Tasa menor	10,00%
<b>T.I.R =</b>	<b>39,45%</b>

La tasa interna de retorno es el indicador más creíble para medir la factibilidad del proyecto porque compara la tasa activa que es 12 %, la tasa máxima real que es del 12% y la tasa de descuento que es del 13,57 % con la TIR que es del 39,45 %, como la tasa interna de retorno es más alta que las otras tasas se sabe que el proyecto es viable. Se calculó la TIR del 39,45 % con la fórmula 3.8

$$TIR = tm + (TM - tm) * (VAN^{tm} / (VAN^{tm} - VAN^{TM})) \quad [3.8]$$

Donde:

VAN: Valor actual neto

TM: Tasa mayor (20 %)

tm: Tasa menor (10 %)

### Período de recuperación de la inversión (PRI)

La tabla 3.39 indica que el plazo para la recuperación de toda la inversión es en el primer año, a partir de ese momento la planta extractora de aceite de polvillo de arroz contaría con los recursos para cubrir los egresos necesarios durante la vida útil del proyecto.

**Tabla 3.39** Periodo de Recuperación de la Inversión

Años	Flujo Neto Efectivo	Valor actual	Rentabilidad anual
0	-2 249 525	-2 249 525	0,00
<b>1</b>	<b>7 237 173</b>	<b>6 348 397</b>	<b>102,42%</b>
2	7 531 361	5 795 138	102,48%
3	7 837 507	5 290 094	102,54%
4	8 156 096	4 829 063	102,61%
5	8 487 634	4 408 211	102,67%
6	8 832 647	4 024 035	102,74%
7	9 191 683	3 673 340	102,80%
8	9 565 312	3 353 207	102,87%
9	9 954 127	3 060 973	102,93%
10	10 493 729	2 830 618	104,34%

### Relación costo beneficio.

Este método se aplica a la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias económicas. En la relación beneficio costo para que el proyecto sea viable el B/C debe ser mayor que 1 como se ve en la tabla 3.40. Se obtuvo 2,37 lo que implica que los 2,37 USD de ingreso que se alcanzó son mayores al egreso 1 USD, el 1,37 USD restantes, es la ganancia que obtengo y significa que el proyecto es viable.

$$R (C/B) = \text{SUMATORIA (Flujos generados por proyecto / inversión [egresos])}$$

**Tabla 3.40** Relación / Costo Beneficio

<b>Relación Costo/ Beneficio</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Ingreso por ventas</b>	16 715 950	17 390 856	18 093 012	18 823 518	19 583 517	20 374 202	21 196 810	22052631	22943006	23869330
<b>Costos Totales</b>	7 066 386	7 349 042	7643003	7 948 723	8 266 672	8 597 339	8 941 233	9 298 882	9 670 837	10057671

Sumatoria ingresos	20 1042 833
Sumatoria costos	84 839 790

<b>R= B/C</b>	<b>2,37</b>
---------------	-------------

**Escenario Moderado.**  $B/C > 1$  implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces es viable. Por cada dólar invertido, la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz obtiene \$ 1.37 de ganancia.

### **Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio se produce cuando el ingreso total por volumen de producción es igual a los costos totales en que incurre la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz. A partir de ese punto, el incremento de producción origina un beneficio, mientras que por debajo de ese punto, ocasiona pérdidas (ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2012). Matemáticamente para la determinación del punto de equilibrio se calcula con la fórmula 3.9

$$PE = CF / (Pu - Cvu) \quad [3.9]$$

Dónde:

*Pu*: Precio de venta unitario

*CF*: Costo Fijo

*CVu*: Costo variable unitario

*PE*: Punto de equilibrio

En la figura 3.30 del punto de equilibrio se observa que el punto exacto donde se alcanza el equilibrio es cuando se produce el 37,07 % de aceite crudo al año y se obtiene un costo de 6 100 000 USD anuales en promedio.

Pero el dimensionamiento se realizó para producir 10 000 t anuales (100 %) y el ingreso por ventas se estipula en 16 715 950 USD estos datos están por encima del punto de equilibrio por este motivo el proyecto es viable. En la tabla 3.41 y 3.42 se observa el análisis y determinación del punto de equilibrio.



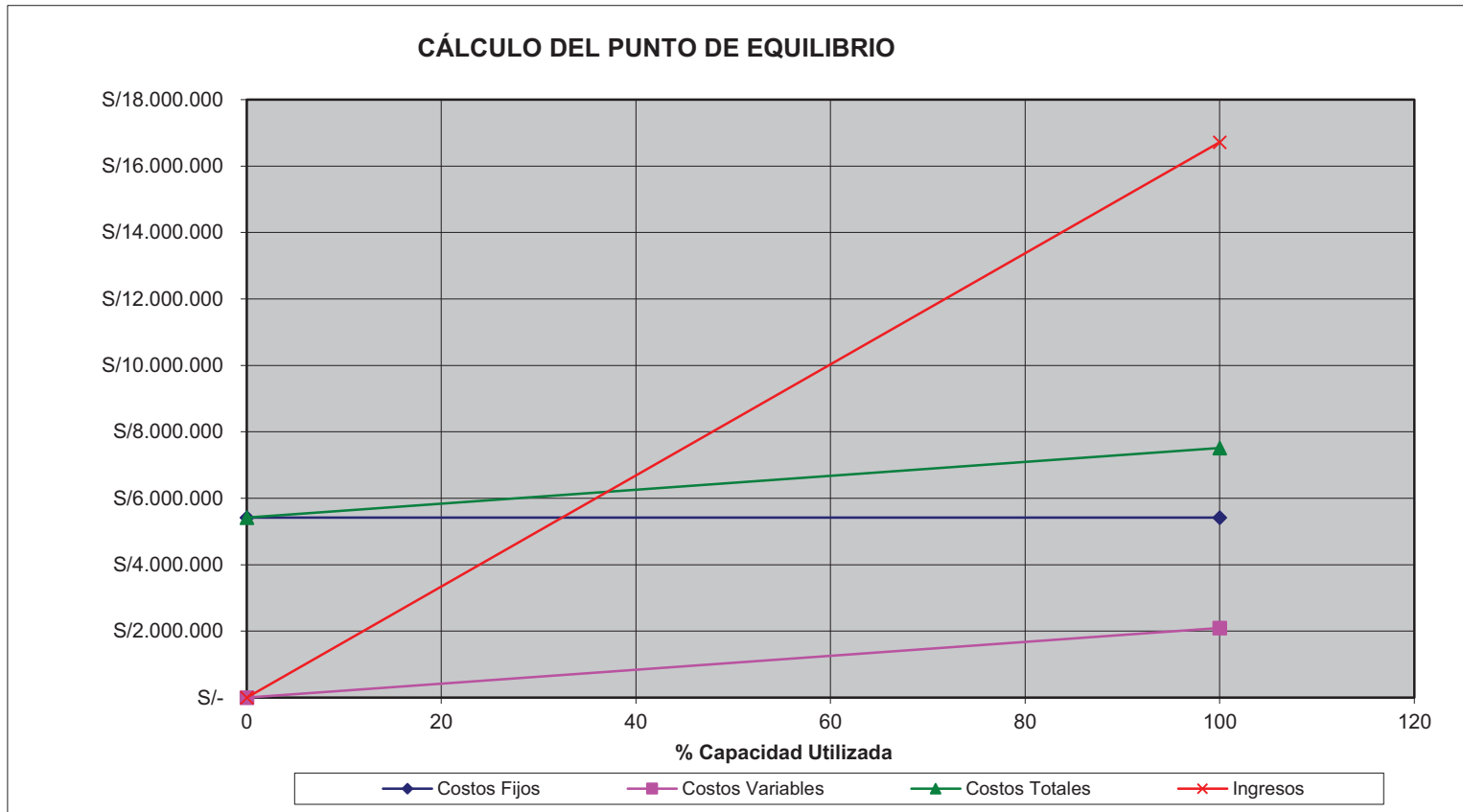
**Tabla 3.41** Análisis y Determinación del Punto de Equilibrio en Dólares

Rubros	Costos Fijos	Costos Variables	
	(USD)	Totales	Por Unidad
Materiales Directos	4 664 160		-
Mano de Obra Directa	132 192	1 322	0,13
Carga Fabril	34 388	-	-
Mano de Obra Indirecta	115 668	-	-
Materiales indirectos	-	149 731	14,97
Depreciación	5 018	100 368	10,04
Suministros	182 427	1 824 273	182,43
Reparaciones y mantenimiento	240	23 998	2,40
Seguros	11 740	-	-
Imprevistos	66 773	-	-
Gastos de ventas	17 787	-	-
Gastos administración, generales	60 073	-	-
Gastos financieros	128 133	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>5 418 600</b>	<b>2 099 692</b>	<b>210</b>

**Tabla 3.42** Determinación punto de equilibrio en porcentaje y en dólares

% Capacidad	Costos Fijos	Costos Variables	Costos Totales	Ingresos
0	5 418 600	-	5 418 600	-
100	5 418 600	2 099 692	7 518 292	16 715 950

<b>Punto de Equilibrio (%)</b>	<b>37,07</b>
--------------------------------	--------------



**Figura 3.30** Análisis y Determinación del Punto de Equilibrio en Dólares.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- La disponibilidad del polvillo de arroz es 91 000 toneladas al año, que representa el 8 % del peso del arroz en cáscara, por este motivo se hace factible su utilización para la extracción de aceite.
- El efecto del tratamiento térmico en el polvillo de arroz es la inactivación de la enzima lipasa y la modificación de la estructura de la pared celular, esto facilita la extracción y también evita la rancidez y el aumento de la acidez en el aceite crudo extraído.
- La extrusión resultó ser el mejor tratamiento térmico en que las variables de operación estudiadas principales fueron perfil de temperatura T1= 50 °C, T2= 80 °C T3= 130 °C; y la velocidad de giro (180 RPM) para el equipo utilizado marca Brabender.
- La calidad de aceite medida como índices de: Iodo (99,6 cg/g), Acidez (4,6 %), Saponificación (184 mg/g), Rancidez (color naranja), Insaponificables (4,07 %), indican que es un aceite comestible que puede ser utilizado para consumo humano, también por su composición de ácidos grasos, saturados 35,14 % e insaturados 64,86 % .
- La pérdida de hexano a nivel industrial fue de 0,054 %, debido a las características de los equipos utilizados y a la hermeticidad al momento de la extracción, en el extractor DeSmet que se escogió para la extracción a nivel industrial solo se tiene una pérdida de hexano 6,77 kg/h (Grasso, 2013, p. 18).
- Financieramente el proyecto es viable, presenta rentabilidad anual de 102,42 %, con una recuperación de la inversión en el primer año, y se obtuvo una TIR de 39,45 %, un beneficio/costo de 2,37, y punto de equilibrio de 37,07 %.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Levantar una auditoria del efecto ambiental que produce el polvillo de arroz en las piladoras de esta gramínea.
- Realizar experimentación tecnológica de los métodos combinados de tornillo expeler- solvente hexano de la extracción de aceite de polvillo de arroz.
- Complementar el estudio técnico-económico con un estudio de impacto ambiental de la planta extractora de aceite para poder lanzar el nuevo aceite al mercado.
- Realizar un estudio de mercado del aceite crudo de polvillo de arroz y de la torta obtenida al final del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aulton, M. (2004). *La Ciencia del Diseño de las formas farmacéuticas*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=r5k1fvgCi7IC&pg=PA18&dq=cambio+de+fase+del+solut+extracci%C3%B3n+sólido+líquido&hl=es&sa=X&ei=zvToU5nOG4GZyATYrYCADg&ved=0CCcQ6AEwAg#v=onepage&q=cambio%20de%20fase%20del%20solut+extracci%C3%B3n%20sólido%20líquido&f=false> (Abril, 2014)
2. Baca, U. (2005). *Evaluación de Proyectos*. Bogotá: Editorial Mc Graw Hill
3. Baeza, A. (2007). *Manual de prácticas de laboratorio integral III, Ingeniería Química*. Matepec, México: Instituto Tecnológico de Toluca
4. Bailey, A. (2001). *Aceites y grasas industriales*. (4ta. ed.). (I. Publishers, Ed.) Barcelona, España: Reverté.
5. Barreiro, J; Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&pg=PA44&dq=índice+de+rancidez+en+aceites&hl=es419&sa=X&ei=DAcMU\\_DEu7NsQTG0YGYDA&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q=índice%20de%20rancidez%20en%20aceites&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&pg=PA44&dq=índice+de+rancidez+en+aceites&hl=es419&sa=X&ei=DAcMU_DEu7NsQTG0YGYDA&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q=índice%20de%20rancidez%20en%20aceites&f=false) (Febrero, 2014)
6. Barreno, L. (2005). *Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos*. (1ra. ed.) Quito, Ecuador: Cámara Ecuatoriana del libro.
7. Bello, J. (2005). *Calidad de vida, Alimentos y salud humana Fundamentos*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=p6TK3G383pgC&pg=PA83&dq=extrusión+alimentos&hl=es&sa=X&ei=YrKvUcjAD6yG0QHK0IGIDw&ved=0CEAQ6AEwBA#v=onepage&q=extrusión%20alimentos&f=false> (Mayo, 2013)

8. Benítez, C. (2010). *Análisis de la varianza en experimentos factoriales*. Recuperado de <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-21-estadistica.pdf> (Junio, 2013)
  
9. BCE. 2013. *Comercio exterior arroz por partida nandina con importaciones y Exportaciones, Grasas y aceites animales o vegetales; grasas Alimenticias elaboradas, Sección III, Capítulo 15*, Quito. Recuperado de <http://www.bce.fin.ec> (Junio, 2013)
  
10. Bolaños, N; Herrera, C. (2003). *Química de Alimentos manual de Laboratorio*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=8VpJ8foyDiIC&pg=PA27&dq=indice+de+saponificacion+en+aceites&hl=es419&sa=X&ei=uPP8UvPzEqzhsAS91YDgAg&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=indice%20de%20saponificacion%20en%20aceites&f=false> (Febrero, 2014)
  
11. Boucber, F. (1991). *Tecnología alimentaria y agroindustria rural*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=R70Jy8mPtPUC&pg=PA91&pg=PA91&dq=extrusion+alimentos&source=bl&ots=2saO4LfDHR&sig=DLGxQvxUQXZXbBp4RpEUcxLxH6E&hl=es&sa=X&ei=I7KvUcnDF47I0AG83YCoBw&ved=0CGoQ6AEwCw#v=onepage&q=extrusion%20alimentos&f=false> (Julio, 2013)
  
12. Burns, R. (2003). *Fundamentos de Química*. Editor Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=9K5qtyKHoUwC&pg=PA61&dq=densidad+relativa+del+aceite+vegetal&hl=es419&sa=X&ei=qMEdUzNL4rxkQf3vICoBw&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q=densidad%20relativa%20del%20aceite%20vegetal&f=false> (Marzo, 2014)
  
13. Calderón, C. (1976). *Caracterización de Aceites en Razas y Variedades de Maíces Ecuatoriano*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=n4UzAQAAMAAJ&pg=PA9&dq=materia+insaponificable&hl=es419&sa=X&ei=H9kZU\\_rvFaqS1AGHrIDgBg&ved=0CEAQ6AEwBA#v=onepage&q=materia%20insaponificable&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=n4UzAQAAMAAJ&pg=PA9&dq=materia+insaponificable&hl=es419&sa=X&ei=H9kZU_rvFaqS1AGHrIDgBg&ved=0CEAQ6AEwBA#v=onepage&q=materia%20insaponificable&f=false) (Marzo, 2014)

14. Costa, J; Cervera, S. (1991). *Curso de Ingeniería Química, Introducción a los procesos de la operaciones unitarias y los fenómenos de transporte*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=XZNYpvnO\\_V8C&pg=PA51&dq=Extractores+de+aceite+vegetal+solidoliquido&hl=es&sa=X&ei=Onu7UfCfEol9gSuhoGgCg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=Extractores%20de%20aceite%20vegetal%20solido-liquido&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=XZNYpvnO_V8C&pg=PA51&dq=Extractores+de+aceite+vegetal+solidoliquido&hl=es&sa=X&ei=Onu7UfCfEol9gSuhoGgCg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=Extractores%20de%20aceite%20vegetal%20solido-liquido&f=false) (Junio, 2013)
15. Coulson, J; Richardson, J. (2003). *Ingeniería Química, operaciones básicas*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=UPbGrZiWMCUC&pg=PA489&dq=Extractor+Bonotto&hl=es&sa=X&ei=N4y7UbTCFor y8ASGI4HoBA&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=Extractor%20Bonotto&f=false> (Mayo, 2013)
16. Del Ángel, R; Interián, L. (2013). *Principios Básicos de Bromatología para Estudiantes de nutrición* Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=mXpqAAAAQBAJ&pg=PA141&dq=indice+de+rancidez+en+aceites&hl=es419&sa=X&ei=DAcMU\\_DEu7NsQTG0YGYDA&ved=0CEUQ6AEwBA#v=onepage&q=indice%20de%20rancidez%20en%20aceites&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=mXpqAAAAQBAJ&pg=PA141&dq=indice+de+rancidez+en+aceites&hl=es419&sa=X&ei=DAcMU_DEu7NsQTG0YGYDA&ved=0CEUQ6AEwBA#v=onepage&q=indice%20de%20rancidez%20en%20aceites&f=false) (Febrero, 2014)
17. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2012). *Gerencia Financiera*. (1ra. ed.). Quito, Ecuador.
18. Estupiñán, R. (2001). *Análisis Financiero y de Gestión*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=5a6W69SesW8C&pg=PA224&dq=materiales+directos+y+mano+de+obra+directa&hl=es419&sa=X&ei=5EEU7mmCIPMsQTI3IHodw&ved=0CDwQ6wEwAg#v=onepage&q=materiales%20directos%20y%20mano%20de%20obra%20directa&f=false> (Marzo, 2014)
19. FAO/OMS. (1993). *Codex Alimentarius, Grasas y aceites y productos*

*derivados*. Roma: Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias.

20. FEDAPAL. (2011). *Producción y Consumo de Aceite de Palma en el Ecuador*

21. Franquet, J. (2004). *Varietades y mejora del arroz*. (1ra. ed). Barcelona, España: Universidad Internacional de Cataluña.

22. Galbiati, J. (2007). *Diseño de Experimentos Factoriales Aplicados a Procesos Industriales*. Recuperado de [http://www.jorgegalbiati.cl/enero\\_07/VariaCompleto.pdf](http://www.jorgegalbiati.cl/enero_07/VariaCompleto.pdf) (Febrero, 2013)

23. Grasso, F. (2013). *Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para Extracción de aceites vegetales en un extractor de columna*. (Disertación doctoral no publicada). Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

24. Guarnizo, A; Martínez, P. (2002). *Experimentos de Química Orgánica con Enfoque eficiencias de la vida*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=Otm5wsEeKYEC&pg=PA175&dq=indice+de+yodo+en+grasas+y+aceites&hl=es419&sa=X&ei=\\_9AEU6mvG4qNkAf3yYHIBQ&ved=0CEAQ6AEwAg#v=onepage&q=indice%20de%20yodo%20en%20grasas%20y%20aceites&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=Otm5wsEeKYEC&pg=PA175&dq=indice+de+yodo+en+grasas+y+aceites&hl=es419&sa=X&ei=_9AEU6mvG4qNkAf3yYHIBQ&ved=0CEAQ6AEwAg#v=onepage&q=indice%20de%20yodo%20en%20grasas%20y%20aceites&f=false) (Febrero, 2014)

25. Gunstone, F. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology Composition, Properties and Uses*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=lnk2tdo8\\_P4C&pg=PA303&dq=Rice+bran++Oil+cloud+point&hl=es&sa=X&ei=7\\_zQUZn1OI6C9QTx04HwCQ&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=Rice%20bran%20%20Oil%20cloud%20point&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=lnk2tdo8_P4C&pg=PA303&dq=Rice+bran++Oil+cloud+point&hl=es&sa=X&ei=7_zQUZn1OI6C9QTx04HwCQ&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=Rice%20bran%20%20Oil%20cloud%20point&f=false) (Junio, 2013)

26. Guzmán, A; Romero, T. (2005). *Contabilidad Financiera*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=U7vR89H9U2oC&pg=PA68&dq=activos+fijos&hl=es419&sa=X&ei=z3s7U863OLTKsQT79IKADQ&ved>



=0CDIQ6wEwAQ#v=onepage&q=activos%20fijos&f=false (Marzo, 2014)

27. Hart, A. (2009). *Neurotechnology with culinary memoirs, from the daily nutrition and health reporter*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=QLHI1gDnXh0C&pg=PA152&dq=rice+bran+oil+high+smoke+point&hl=es&sa=X&ei=043LUdGtB4fO9gSF3IDACA&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=rice%20bran%20oil%20high%20smoke%20point&f=false> (Julio, 2013)
28. Heldman, D; Singh, R. (1997). *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. (2da. ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.
29. Hermida, J. (2000). *Fundamentos de Ingeniería de Procesos Agroalimentarios*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
30. Hernández, M; Sastre, A (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid: Díaz de Santos
31. Ibartz, A. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Barcelona, España: Ediciones Mundi Prensa.
32. INEC. (2011). *Sistema agroalimentario del arroz*. Quito: Ecuador en cifras
33. INEN. (1973). *Cátalo de normas técnicas ecuatorianas”, Grasas y Aceites Comestibles*, 0035, 0037, 0038, 0040, 0041, 0045
34. INIAP. (2007). *Manual del cultivo de arroz*. (2da. ed.). Guayaquil
35. Juliano, B. (1994). *El Arroz en la Nutrición Humana*. Roma: FAO.
36. Lamarque, A. (2008). *Fundamentos teórico prácticos de química orgánica*. (1ra. ed.). Córdoba, Argentina: Encuentro
37. MAGAP. (2012). *Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería,*

*Acuacultura y Pesca*. Quito: SINAGAP.

38. McCabe, W. (2001). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. (6ta. ed.). México, D.F, México: McGraw-Hill
39. Meneses, E. (2001). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. (3ra. ed.). Quito, Ecuador.
40. MIPRO. (2012). *Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES, Elaboración de aceite de palma africana para exportación*. Quito.
41. Moreno, M. (2003). *Guía Para Proceso de Cerería, Jabonería y Cremas*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=VacBRNEiNIAC&pg=PA16&dq=indice+de+yodo+en+grasas+y+aceites&hl=es419&sa=X&ei=\\_9AEU6mvG4qNkAf3yYHIBQ&ved=0CDsQ6AEwAQ#v=onepage&q=indice%20de%20yodo%20en%20grasas%20y%20aceites&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=VacBRNEiNIAC&pg=PA16&dq=indice+de+yodo+en+grasas+y+aceites&hl=es419&sa=X&ei=_9AEU6mvG4qNkAf3yYHIBQ&ved=0CDsQ6AEwAQ#v=onepage&q=indice%20de%20yodo%20en%20grasas%20y%20aceites&f=false) (Febrero, 2014)
42. Muller, P; Riel, R. (1990). *Tecnologías de América del Norte para el procesamiento de alimentos*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=SzShR3DcsHwC&pg=PA79&dq=extrusion+alimentos&hl=es&sa=X&ei=YrKvUcjAD6yG0QHK0IGIDw&ved=0CDYQ6AEwAg#v=onepage&q=extrusion%20alimentos&f=false> (Junio, 2013)
43. Ortuño, M. (2006). *Manual práctico de aceite esenciales, aromas y perfumes* (1ra. ed.). España: Editorial Aiyana.
44. Pacheco, E. (2001). *Composición Físico-Química del aceite y salvado de arroz estabilizado por calor*. Aragua, Venezuela.
45. Perry, J. (1991). *Chemical Engineers Handbook*. (2da. ed.). New York: McGraw-hill Book Company.
46. Pestana, V. (2009). *Influencia del proceso industrial sobre las características*

*químico-físicas y contenido en lípidos y antioxidantes del salvado de arroz*. Pelotas, Brasil: Departamento de la Ciencia y Tecnología Agroindustrial, Universidad Federal de Pelotas.

47. Primo, E. (2007). *Química orgánica básica y aplicada, De la molécula a la industria*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=aU\\_aBXvAB3MC&pg=PA940&dq=hexano&hl=es&sa=X&ei=Nv6xUfuSI6Tj4AOvuoDYDQ&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=hexano&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=aU_aBXvAB3MC&pg=PA940&dq=hexano&hl=es&sa=X&ei=Nv6xUfuSI6Tj4AOvuoDYDQ&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=hexano&f=false) (Junio, 2013)
48. Quintero, A; Sánchez, J (2011). *El salvado de arroz en la elaboración de alimentos de alto valor nutricional*. Morelos, México: Centro de desarrollo de productos bióticos del IPN
49. Rivera, F. (2006). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de vapor para la Planta Ferrero*. Quito, Ecuador: Editorial EPN. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/325/1/CD-0307.pdf> (Mayo, 2014)
50. Rodríguez, V. (2008). *Bases de la alimentación humana*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=c\\_f5eJ77PnwC&pg=PA108&dq=composicion+de+los+aceites+vegetales&hl=es&sa=X&ei=LHLKUeDADcil0QHizICQDQ&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=composicion%20de%20los%20aceites%20vegetales&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=c_f5eJ77PnwC&pg=PA108&dq=composicion+de+los+aceites+vegetales&hl=es&sa=X&ei=LHLKUeDADcil0QHizICQDQ&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=composicion%20de%20los%20aceites%20vegetales&f=false) (Julio, 2013)
51. Salunkhe, D; Chavan, J. (1992). *World Oilseeds, Chemistry Technology and Utilization*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=R3dTwe5X8Y0C&pg=PA440&dq=Rice+bran++Oil+cloud+point&hl=es&sa=X&ei=7\\_zQUZn1OI6C9QTx04HwCQ&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=Rice%20bran%20%20Oil%20cloud%20point&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=R3dTwe5X8Y0C&pg=PA440&dq=Rice+bran++Oil+cloud+point&hl=es&sa=X&ei=7_zQUZn1OI6C9QTx04HwCQ&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=Rice%20bran%20%20Oil%20cloud%20point&f=false) (Mayo, 2013)
52. Sánchez, M. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*.

Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=Pxrlhy9UbZkC&pg=PA42&dq=hexano&hl=es&sa=X&ei=Nv6xUfuSI6Tj4AOvuoDYDQ&ved=0CDcQ6AEwAg#v=onepage&q=hexano&f=false> (Junio, 2013)

53. Sapag Chain, N. (2003). *Preparación y evaluación de proyectos*. (4ta. ed.). México, DF, México: Mac Graw Hill Interamericana.
54. Sayago, A; Marín, M. (2007). *Vitamina E y aceites vegetales*. Departamento de Química Analítica, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla. Sevilla. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/2470/1/Sayago.pdf> (Noviembre, 2013)
55. Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=XH2HzSIJPywC&pg=PA38&dq=temperatura+de+ebullicion+del+hexano&hl=es419&sa=X&ei=Y6ffU6DMMsWYyASLqYC4DA&ved=0CB4Q6AEwAQ#v=onepage&q=temperatura%20de%20ebullicion%20del%20hexano&f=false> (Marzo, 2014)
56. Silva, J. (2003). *Grasas Vegetales y Animales, Ingeniería Agroindustrial*, Espoch. Recuperado de <http://www.slideshare.net/JorgeSilvaYumi/capitulo-grasas-y-aceites> (Noviembre, 2013)
57. Suryanarayana, A. (2002). *Mass transfer operations*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=wxIEmltG86gC&pg=PA515&dq=Extractor+Bonotto&hl=es&sa=X&ei=N4y7UbTCFory8ASGI4HoBA&ved=0CEEQ6AEwAw#v=onepage&q=Extractor%20Bonotto&f=false> (Junio, 2013)
58. Ulluari, P. (2010). *Transporte de masa en extracción fase sólido-líquido*. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=4WbJxlh62ekC&pg=PA9&dq=cambio+de+fase+del+sólido+extracci%C3%B3n+sólido+líquido&hl=es&sa=X&ei=zvToU5nOG4GZyATYrYCADg&ved=0CBkQ6>

AEwAA#v=onepage&q=cambio%20de%20fase%20del%20solut%20extracci%C3%B3n%20sólido%20líquido&f=false (Abril, 2014)

59. Vanaclocha, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid, España: Ediciones Mundi-prensa

60. WESTON, B. (2006). *Gerencia Financiera*. Bogotá, Colombia: Norma.

## **ANEXOS**

# ANEXO I

## INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE POLVILLO DE ARROZ



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB )**  
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



### INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OTI0076-2013

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

Descripción de la muestra	Código de la muestra
Polvillo de arroz	DC-OTI0076-2013

#### RESULTADOS

Muestra	Analito	Unidades	Resultados	Método
Polvillo de arroz	Humedad	% (g/100g)	12.72	AOAC 934.01
	Cenizas		8.77	AOAC 923.03
	Fibra cruda		9.02	ICC # 113
	Extracto Etéreo		17.68	*VELP Scientific SER 148
	Proteína		12.5	AOAC 2001.11
	Carbohidratos totales por diferencia		48.33	FAO
	Valor calórico	Kcal/100g	402	FAO

\* Extracción de la grasa previo secado de la muestra AOAC 934.01

#### COMENTARIOS:

1.- Se reporta la media de dos determinaciones de cada analito..

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

-----

Dra. Susana Fuertes

#### QUEJAS Y SUGERENCIAS

El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero si se responsabiliza de las muestras recibidas, tal como se las entrega.

ANEXO II

NORMA INEN PARA LA DENSIDAD RELATIVA DE ACEITES

CDU 665.3	<b>INEN</b>	AL 02.07-301
Norma Ecuatoriana	<b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA</b>	<b>INEN 35 1973-08</b>
<b>OBLIGATORIA</b>	<b>1. OBJETO</b>	
	<p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método del picnómetro para determinar la densidad relativa a 25/25°C de las grasas y aceites vegetales o animales.</p>	
	<b>2. TERMINOLOGIA</b>	
	<p>2.1 <i>Densidad relativa a 25/25°C, (d<sub>25</sub><sup>25</sup>)</i>. Es la relación entre la masa de un volumen dado de una sustancia a 25°C y la masa de un volumen igual de agua a 25°C.</p>	
	<b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b>	
	<p>3.1 La temperatura ambiente del lugar donde se calibre el picnómetro o se realice la determinación, deberá ser menor de 25°C.</p>	
	<p>3.2 Durante la calibración del picnómetro y durante la determinación de la densidad relativa, el picnómetro no deberá entrar en contacto directo con las manos del operador.</p>	
	<p>3.3 Inmediatamente después de cada determinación, el picnómetro deberá vaciarse y sumergirse durante varias horas en una solución crómica preparada de la manera siguiente:</p>	
	<p>3.3.1 Disolver 45 g de dicromato de sodio en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada y agregar, con mucho cuidado, 1000 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico concentrado.</p>	
	<p>3.3.2 La solución crómica no debe contener dicromato de sodio suspendido o sin disolver.</p>	
	<p>3.4 Luego de la inmersión en la solución crómica, el picnómetro deberá enjuagarse cinco veces en corriente de agua y dos veces en agua destilada, para asegurar una total eliminación del cromato. A continuación, deberá lavarse varias veces con alcohol etílico, luego con éter etílico, y secarse completamente para eliminar los vapores de éter.</p>	
	<p>3.5 El picnómetro deberá calibrarse, dependiendo del uso, con intervalos de tiempo suficientes para asegurar exactitud en la determinación. En casos de litigio o discrepancia, el picnómetro deberá calibrarse inmediatamente antes de la determinación.</p>	
	<p>3.6 Cada determinación deberá efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p>	
		<i>(Continúa)</i>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999-Ave. Colón 1663-Quito-Ecuador—Prohibida la reproducción



#### 4. INSTRUMENTAL

- 4.1 *Picnómetro tipo Gay-Lussac, de 50 cm<sup>3</sup>*. Para productos líquidos a 25°C puede usarse un picnómetro que tenga termómetro incorporado.
- 4.2 *Baño de agua*, con regulador de temperatura, ajustado a 25° ± 0,2°C.
- 4.3 *Estufa*, con regulador de temperatura.
- 4.4 *Termómetro*, con divisiones de 0,1° ó 0,2°C.
- 4.5 *Balanza analítica*, sensible a 0,1 mg.

#### 5. PREPARACION DE LA MUESTRA

- 5.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.
- 5.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 5.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta un aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.
- 5.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 5.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40° y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

#### 6. PROCEDIMIENTO

##### 6.1 Calibración del picnómetro

6.1.1 Lavar el picnómetro (ver 4.1) de acuerdo con lo indicado en 3.3 y 3.4; llenarlo completamente con agua destilada recién hervida y enfriada hasta 20°C, y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25° ± 0,2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

6.1.2 Remover cuidadosamente cualquier porción de agua que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, se la coloca después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_1$ .

(Continúa)

**6.1.3** Vaciar el picnómetro y enjuagarlo varias veces con alcohol etílico y luego con éter etílico; dejarlo secar completamente y, junto con todas sus partes, pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m$ .

**6.2 Determinación para aceites o grasas líquidas a 25 °C.**

**6.2.1** Llenar completamente el picnómetro (limpio y seco) con la muestra preparada (ver 5.2) y llevada a 23°C y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25°C ± 0,2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

**6.2.2** Remover cuidadosamente cualquier porción de muestra que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, se la coloca después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_2$ .

**6.3 Determinación para grasas sólidas o sem sólidas a 25°C**

**6.3.1** Calentar el picnómetro de Gay-Lussac (limpio y seco) en estufa a 40° - 50°C durante 15 min y llenarlo (evitando humedecer el cuello del picnómetro) hasta aproximadamente la mitad con la muestra preparada y fundida de acuerdo con 5.3, (es conveniente realizar esta operación dentro de la estufa). Sacarlo de la estufa, dejarlo enfriar a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg junto con su tapa (y la cubierta del capilar si la hubiere); registrar el resultado como  $m_3$ .

**6.3.2** Llenar completamente el picnómetro (lleno de muestra hasta la mitad) con agua destilada recién hervida y enfriada hasta 20°C, y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25° ± 2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

**6.3.3** Remover cuidadosamente cualquier porción de agua que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, colocarla después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_4$ .

**7. CALCULOS**

**7.1** Para los aceites y grasas líquidas a 25 °C, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

(Continúa)

siendo:

- $d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.
- $m$  = masa del picnómetro vacío, en g.
- $m_1$  = masa del picnómetro con agua destilada, en g.
- $m_2$  = masa del picnómetro con muestra, en g.

7.2 Para las grasas sólidas o semisólidas a 25°C, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = \frac{m_3 - m}{(m_1 - m) - (m_4 - m_3)}$$

siendo:

- $d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.
- $m$  = masa del picnómetro vacío, en g.
- $m_1$  = masa del picnómetro con agua destilada, en g.
- $m_3$  = masa del picnómetro con muestra (hasta la mitad), en g.
- $m_4$  = masa del picnómetro con muestra y agua destilada, en g.

7.3 Cuando se conoce la densidad relativa a  $t/25^\circ\text{C}$  de un aceite o grasa vegetal, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = d_t + 0,00064 (t - 25)$$

siendo:

- $d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.
- $d_t$  = densidad relativa a  $t/25^\circ\text{C}$ .
- $t$  = temperatura de referencia de la sustancia, en °C.
- 0,00064 = corrección promedia para 1°C.

## 8. ERRORES DE METODO

8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,0005; en caso contrario debe repetirse la determinación.

(Continúa)

### 9. INFORME DE RESULTADOS

**9.1** Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a milésimas.

**9.2** En el informe de resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

**9.3** Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## ANEXO III

## NORMA INEN PARA EL INDICE DE SAPONIFICACIÓN DE ACEITE

CDU 665.3	<b>INEN</b>	AL 02.07-306
Norma Ecuatoriana	<b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION</b>	<b>INEN 40 1973-08</b>
<b>OBLIGATORIA</b>	<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><i>REACTIVOS</i>  - HIDRÓXIDO DE POTASIO ✓  - ÁCIDO CLORHÍDRICO O SULFÚRICO ✓  - GRANALLAS DE ZINC O ALUMINIO ✓  - ALCOHOL ETÍLICO 96% V/V ✓  - FENOLFTALEÍNA ✓</p> <p><b>1.1</b> Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el índice de saponificación en las grasas y aceites vegetales o animales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p><b>2.1</b> <i>Índice de saponificación.</i> Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1 gramo de grasa o aceite.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p><b>3.1</b> Se saponifica una cantidad determinada de muestra con un exceso de solución etanólica de hidróxido de potasio, y se titula el exceso con solución 0,5N de ácido clorhídrico o sulfúrico.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p><b>4.1</b> <i>Matraces Erlenmeyer de 250 ó 300 cm<sup>3</sup></i> de vidrio, provistos de refrigerante de reflujo con unión esmerilada y longitud mayor de 110 cm.</p> <p><b>4.2</b> <i>Buretas de 25 cm<sup>3</sup></i>, graduadas con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.</p> <p><b>4.3</b> <i>Pipetas volumétricas de 25 cm<sup>3</sup></i>.</p> <p><b>4.4</b> <i>Baño María</i>, o plancha eléctrica de calentamiento con placa de asbesto y regulador de temperatura.</p> <p><b>4.5</b> <i>Balanza analítica.</i></p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p><b>5.1</b> <i>Solución 0,5N de ácido clorhídrico o sulfúrico</i>, debidamente estandarizada.</p> <p><b>5.2</b> <i>Solución etanólica de hidróxido de potasio.</i> Colocar 5 a 10 g de hidróxido de potasio (KOH) en un frasco de 2 litros de capacidad, agregar 5 a 6 g de granallas de zinc o aluminio</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>	

y 1,2 a 1,5 litros de alcohol etílico al 95 % (V/V), y hervir la mezcla en baño María bajo condensador de reflujo, durante 30 a 60 min. Destilar el alcohol rechazando los primeros 50 cm<sup>3</sup>, y disolver 40 g de hidróxido de potasio en 1 litro de alcohol etílico destilado. Esta solución debe usarse mientras permanezca límpida e incolora.

**5.3 Solución indicadora de fenolftaleína.** Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

**5.4 Solución indicadora de azul alcalino 6B.** Disolver 2 g de azul alcalino 6B en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

**6.1** Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

**6.2** Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 6.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrar dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

**6.3** Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 6.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

**6.4** A continuación, dsecar la muestra tratada de acuerdo con 6.1, 6.2 ó 6.3, añadiendo sulfato de sodio anhidro en la proporción de 1 g a 2 g por cada 10 g de aceite o grasa. Calentar la mezcla en la estufa a 50°C agitar enérgicamente y filtrarla dentro de la misma estufa.

## 7. PROCEDIMIENTO

**7.1** La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada (ver 7.5).

**7.2** Sobre un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> ó 300 cm<sup>3</sup> pesar, con aproximación a mg, una cantidad de muestra preparada comprendida entre 2 g y 3 g (que consuma aproximadamente el 50 % del total de álcali que se agregue, ver 7.3).

**7.3** Usando una pipeta volumétrica agregar 25 cm<sup>3</sup> de la solución etanólica de hidróxido de potasio. Conectar al matraz el refrigerante de reflujo y hervir la mezcla en baño María durante 60 min para conseguir completa saponificación de la muestra.

(Continúa)

**7.4** Añadir 1 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína (o de azul alcalino 6B si la muestra es de color obscuro) y titular, en caliente, el exceso de hidróxido de potasio con la solución 0,5 N de ácido clorhídrico o sulfúrico hasta que desaparezca la coloración rosada (o se observe cambio del color rojo al azul, si se usa azul alcalino 6B).

**7.5** Simultáneamente, y para cada determinación, debe realizarse un ensayo en blanco con todos los reactivos, sin la muestra y siguiendo el mismo procedimiento descrito a partir de 7.3.

## 8. CALCULOS

**8.1** El índice de saponificación se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{56,1 (V_1 - V_2)N}{m}$$

siendo:

- $i$  = índice de saponificación del producto, en mg/g.
- $V_2$  = volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación de la muestra, en cm<sup>3</sup>.
- $V_1$  = volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, en cm<sup>3</sup>.
- $N$  = normalidad de la solución de ácido clorhídrico o sulfúrico.
- $m$  = masa de la muestra analizada, en g.

## 9. ERRORES DE METODO

**9.1** La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 0,5 % de la media aritmética de los dos resultados; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

## 10. INFORME DE RESULTADOS

**10.1** Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a unidades enteras.

**10.2** En el informe de resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

**10.3** Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

ANEXO IV

NORMA INEN DE LA MATERIA INSAPONIFICABLE DE ACEITE

CDU 665.3	<b>INEN</b>	AL 02.07-307
Norma Ecuatoriana	<b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DE LA MATERIA INSAPONIFICABLE</b>	<b>INEN 41 1973-08</b>
<b>OBLIGATORIA</b>	<p style="text-align: right;">- ALCOHOL ETILICO / REACTIVOS - NITROXIDO DE POTASIO ✓ - ACETONA ✓ - FENOL ✓ - NITROXIDO DE SODIO ✓ - ETER DE PETROLEO DE INSAPONIFICABLE ✓ 15,5 / 15,5% 0,630 y 0,660 RANCO ✓ 35% - 60% ✓ - ALCOHOL ETILICO a 95% ✓</p>	
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de materia insaponificable en las grasas y aceites vegetales o animales.</p>		
<p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Materia insaponificable.</i> Es el conjunto de sustancias (que frecuentemente se encuentran disueltas en las grasas y aceites) no saponificables por los álcalis, pero solubles en los solventes corrientes de las grasas.</p>		
<p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Se saponifica una cantidad determinada de muestra y se realiza una serie de extracciones con éter de petróleo. Se lava el extracto con agua para eliminar el exceso de álcali. Se evapora el solvente, se pesa el residuo, se titulan los ácidos grasos presentes en el residuo, y se calcula el porcentaje de materia insaponificable.</p>		
<p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Matraces Erlenmeyer de 200 cm<sup>3</sup>,</i> provistos de refrigerante de reflujo.</p> <p>4.2 <i>Embudos de decantación de 500 cm<sup>3</sup>,</i> con llave perfectamente esmerilada para evitar el uso de lubricantes, o mejor de teflón.</p> <p>4.3 <i>Bureta de 10 cm<sup>3</sup>.</i></p> <p>4.4 <i>Vasos de precipitación de 250 cm<sup>3</sup>.</i></p> <p>4.5 <i>Vasos de precipitación de 100 cm<sup>3</sup>.</i></p> <p>4.6 <i>Baño María.</i></p> <p>4.7 <i>Estufa de vacío mantenida a una temperatura de 75° a 80°C y a una presión no mayor de 27 kPa (200 mmHg).</i></p> <p>4.8 <i>Balanza analítica.</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Castilla 3999, Ave. Colón 1663-Quito-Ecuador. Prohibida la reproducción

MUEST

(Continúa)



## 5. REACTIVOS

5.1 *Solución al 50 % de hidróxido de potasio.* Disolver una masa de hidróxido de potasio (KOH) en una masa igual de agua destilada.

5.2 *Solución 0,02 N de hidróxido de sodio o de potasio,* debidamente estandarizada.

5.3 *Eter de petróleo,* compuesto principalmente por n-pentano, y prácticamente exento de isopentano, isohexano y hexano; con densidad relativa a 15,5/15,5°C comprendida entre 0,630 y 0,660 y rango de destilación de 35°C a 60°C.

5.4 *Alcohol etílico,* al 95 % (V/V).

5.5 *Alcohol etílico neutralizado,* al 95 % (V/V). Agregar 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína por cada 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V); hervir la solución y añadir, en caliente y con agitación, solución 0,1 N de hidróxido de sodio hasta que aparezca un color rosado que persista durante aproximadamente 15 segundos. El alcohol debe neutralizarse inmediatamente antes de la determinación.

5.6 *Alcohol etílico (1:9).* Mezclar un volumen del alcohol etílico neutralizado con nueve volúmenes de agua destilada.

5.7 *Acetona.* Reactivo para análisis.

5.8 *Solución indicadora de fenolftaleína.* Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico neutralizado.

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

6.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 6.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

6.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 6.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

(Continúa)

**6.4** A continuación, desecar la muestra tratada de acuerdo con **6.1**, **6.2** ó **6.3**, añadiendo sulfato de sodio anhidro en la proporción de 1 g a 2 g por cada 10 g de aceite o grasa. Calentar la mezcla en la estufa a 50°C; agitar enérgicamente y filtrarla dentro de la misma estufa.

## 7. PROCEDIMIENTO

**7.1** La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

**7.2** Sobre un matraz Erlenmeyer de 200 cm<sup>3</sup> pesar, con aproximación a 0,01 g, aproximadamente 5 g de muestra preparada; registrar el resultado como  $m_1$ .

**7.3** Agregar 30 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico y 5 cm<sup>3</sup> de solución al 50% de hidróxido de potasio. Conectar al matraz el refrigerante de reflujo y hervir la mezcla en baño María durante un tiempo no menor de 1 hora hasta conseguir completa saponificación (las muestras con alto contenido de ceras pueden requerir hasta 2 h de reflujo).

**7.4** Suspender el calentamiento, dejar enfriar hasta temperatura ambiente y transferir el contenido del matraz a un embudo de decantación. Enjuagar el matraz, sucesivamente, con 5 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico, 20 cm<sup>3</sup> de agua destilada tibia, 20 cm<sup>3</sup> de agua destilada fría y luego con dos porciones de 30 cm<sup>3</sup> de éter de petróleo; todas las porciones de alcohol, agua y éter usadas en esta operación deben agregarse también al embudo de decantación.

**7.5** Tapar el embudo, agitarlo enérgicamente durante un tiempo no menor de 1 min y luego dejar reposar la mezcla hasta conseguir una clara separación de las dos capas.

**7.6** Transferir la capa alcohólica inferior a otro embudo de decantación y agregar 5 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico (1:9) al primer embudo de decantación (que contiene la capa etérea) para evitar goteo del éter.

**7.7** Agregar 50 cm<sup>3</sup> de éter de petróleo al embudo de decantación que contiene la capa alcohólica y repetir el procedimiento indicado en 7.5. Transferir la capa alcohólica a otro embudo de decantación, y reunir la capa etérea superior con el resto del extracto etéreo contenido en el primer embudo de decantación (ver 7.6).

**7.8** Repetir dos veces más el procedimiento descrito en 7.7 para completar cuatro procesos de extracción.

**7.9** Lavar los extractos combinados en el primer embudo de decantación con porciones sucesivas de alcohol etílico (1:9), agitando enérgicamente y eliminando la capa alcohólica después de cada lavado (cuidando de no remover ninguna fracción de la capa etérea). La operación debe repetirse hasta que el último líquido de lavado no acusé reacción alcalina a la fenolftaleína.

(Continúa)

**7.10** Transferir el extracto etéreo a un vaso de precipitación de 250 cm<sup>3</sup>; lavar el embudo de decantación con unos 10 ó 20 cm<sup>3</sup> de éter de petróleo y agregar el éter usado en el lavado al contenido del vaso de precipitación.

**7.11** Concentrar el extracto etéreo, eliminando el éter mediante calentamiento en baño María hasta que el volumen del extracto disminuya hasta 10 a 15 cm<sup>3</sup>.

**7.12** Transferir cuantitativamente el extracto concentrado a un vaso de precipitación de 100 cm<sup>3</sup> tarado, usando pequeñas porciones de éter de petróleo. Evaporar el éter completamente mediante calentamiento en baño María, añadir de 3 a 5 cm<sup>3</sup> de acetona y continuar el calentamiento hasta que todo el solvente se haya evaporado.

**7.13** Completar la desecación del residuo en una estufa de vacío, ajustada a las condiciones indicadas en 4.7, calentándolo durante períodos de 15 min, enfriándolo en desecador y pesándolo con aproximación a 1 mg, hasta conseguir constancia en la masa. Registrar la masa del residuo (determinada por diferencia con la masa del vaso de precipitación vacío) como  $m_2$ .

**7.14** Disolver el residuo en 50 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico neutralizado (ver 5.5) previamente calentado a 45° - 55°C, y titular los ácidos grasos presentes con solución 0,02 N de hidróxido de potasio hasta conseguir una coloración rosada que persista durante aproximadamente 15 segundos. La mezcla debe agitarse enérgicamente durante la titulación. Registrar el volumen de la solución 0,02 N de hidróxido de potasio empleado en la titulación como  $V$ .

## 8. CALCULOS

**8.1** El contenido de materia insaponificable se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$M = \frac{m_2 - 0,282 V.N}{m_1} \times 100$$

siendo:

- $M$  = contenido de materia insaponificable, en porcentaje de masa.
- $m_1$  = masa de la muestra analizada, en g.
- $m_2$  = masa del residuo extraído, en g.
- $V$  = volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.
- $N$  = normalidad de la solución de hidróxido de potasio.

(Continúa)

### 9. ERRORES DE METODO

**9.1** La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 1<sup>o</sup>/o de la media aritmética de los dos resultados; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

### 10. INFORME DE RESULTADOS

**10.1** Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a centésimas.

**10.2** En el informe de los resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado,

**10.3** Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## ANEXO V

### NORMA INEN DE LA ACIDEZ DE ACEITES

CDU 665.3	<b>INEN</b>	AL 02.07-304
Norma Ecuatoriana	GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DE LA ACIDEZ	INEN 38 1973-08
<b>OBLIGATORIA</b>	<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la acidez o el índice de acidez en las grasas y aceites animales o vegetales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Acidez.</i> Es, en una grasa o aceite, el contenido de ácidos grasos libres, expresado convencionalmente como gramos de ácido oleico, láurico o erúcico por cada 100 g de sustancia.</p> <p>2.2 <i>Índice de acidez.</i> Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en 1 gramo de grasa o aceite.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Se disuelve una cantidad determinada de grasa o aceite en una mezcla de alcohol etílico y éter dietílico, y se titulan los ácidos grasos libres con una solución de hidróxido de sodio o de potasio.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Matraces Erlenmeyer</i> de 250 cm<sup>3</sup> y 500 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.2 <i>Buretas</i>, graduadas con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.3 <i>Balanza analítica</i>, sensible a 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 <i>Mezcla (1:1) de alcohol-éter.</i> Mezclar un volumen de éter dietílico con un volumen igual de alcohol etílico al 95 0/0 (V/V). <i>Δ. Publica</i> <i>ANALITICA</i></p> <p>5.2 <i>Solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio</i>, debidamente estandarizada. <i>L. PROCESOS</i></p> <p>5.3 <i>Solución 0,5 N de hidróxido de sodio o de potasio</i>, debidamente estandarizada. <i>L. PROCESOS</i></p>	

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999-Ave. Colón 1663-Quito-Ecuador—Prohibida la reproducción

(Continúa)

5.4 *Solución indicadora de fenolftaleína.* Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V). <sup>76,0 ± 0,5</sup>

5.5 *Solución indicadora de azul alcalino 6B.* Disolver 2 g de azul de alcalino 6B en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

6.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 6.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar sedimento.

6.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 6.2 pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

7.2 Transferir 300 cm<sup>3</sup> de la mezcla (1:1) de alcohol-éter a un matraz Erlenmeyer; añadir 1 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína (o de azul alcalino 6B, si la muestra es de color obscuro) y agregar, agitando enérgicamente, solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio hasta que aparezca un color rosado que persista durante aproximadamente 30 segundos (o hasta que haya cambio del color rojo al azul, si el indicador es azul alcalino 6B). Esta cantidad de muestra neutralizada es suficiente para realizar los dos ensayos de la determinación.

7.3 Sobre un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> pesar, con aproximación a 0,01 g, una cantidad de muestra preparada comprendida entre 5 g y 10 g si el producto es crudo, o entre 50 g y 60 g si el producto es refinado. <sup>0,5 - 1 g</sup>

7.4 Agregar <sup>10 cm<sup>3</sup></sup> 100 cm<sup>3</sup> (o más si la solución no queda perfectamente clara) de la mezcla (1:1) de alcohol-éter neutralizada de acuerdo con 7.2, y titular los ácidos grasos libres con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio hasta alcanzar el punto final correspondiente al indicador (coloración rosada persistente durante aproximadamente 30 segundos si es fenolftaleína, o viraje del rojo al azul si es azul alcalino 6B). La solución debe agitarse enérgicamente durante la titulación. El volumen de solución 0,1 N empleado en la titulación debe ser menor de 20 cm<sup>3</sup>; en caso contrario de usarse la solución 0,5 N de hidróxido de sodio o de potasio.

(Continúa)

## 8. CALCULOS

8.1 La acidez se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{M.V.N.}{10.m}$$

siendo:

- A = acidez del producto, en porcentaje de masa.
- M = masa molecular del ácido usado para expresar el resultado (ver 8.2).
- V = volumen de la solución de hidróxido de sodio o de potasio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.
- N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio o de potasio.
- m = masa de la muestra analizada, en g.

8.2 Las masas moleculares de los ácidos empleados para expresar los resultados (ver 10.1) son las siguientes:

Acido láurico	200
Acido palmítico	256
Acido oleico	282
Acido erúico	338

8.3 De ser necesario, el índice de acidez puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{56,1 V.N.}{m}$$

siendo:

- i = índice de acidez del producto, en mg/g.
- V = volumen de la solución de hidróxido de sodio o de potasio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.
- N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio o de potasio.
- m = masa de la muestra analizada, en g.

## 9. ERRORES DE METODO

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 2 % de la media aritmética de los dos resultados; en caso contrario debe repetirse la determinación.

(Continúa)

## 10. INFORME DE RESULTADOS

**10.1** De acuerdo con la naturaleza de la grasa o aceite analizado, la acidez debe expresarse como porcentaje de:

- a) ácido láurico, en las grasas de coco, palma real, palmiste y similares;
- b) ácido palmítico, en la grasa de palma africana;
- c) ácido erúcico, en los aceites de colza y ciertas crucíferas; o
- d) ácido oleico, en los demás casos.

**10.2** Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a unidades enteras.

**10.3** En el informe de resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido, debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

**10.4** Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.



## ANEXO VI

### NORMA INEN DEL INDICE DE YODO DE ACEITES

CDU 665.3	<b>INEN</b>	
Norma Ecuatoriana	<b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DEL INDICE DE YODO</b>	INEN 37 1973-08
<b>OBLIGATORIA</b>	<i>NECESITO YODURO DE POTASIO KI</i>	
<b>1. OBJETO</b>		
<p><b>1.1</b> Esta norma tiene por objeto establecer el método de Wijs para la determinación del índice de yodo en los aceites y grasas vegetales o animales.</p>		
<b>2. TERMINOLOGIA</b>		
<p><b>2.1</b> <i>Índice de yodo.</i> Es una medida del grado medio de insaturación de ciertas sustancias orgánicas, expresado como centigramos de yodo absorbidos, bajo condiciones determinadas, por cada gramo de sustancia.</p>		
<b>3. DISPOSICIONES GÉNERALES</b>		
<p><b>3.1</b> Todo el material de vidrio usado en esta determinación deberá estar completamente limpio y seco.</p>		
<p><b>3.2</b> La determinación deberá efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada. Además, deberán realizarse dos ensayos en blanco, uno antes y otro después de la determinación. Es conveniente realizar simultáneamente los cuatro ensayos y efectuar las titulaciones en el orden indicado.</p>		
<b>4. RESUMEN</b>		
<p><b>4.1</b> Se somete una cantidad de sustancia a la acción del reactivo de Wijs, se libera el yodo en exceso con yoduro de potasio y se lo titula con tiosulfato de sodio.</p>		
<b>5. INSTRUMENTAL</b>		
<p><b>5.1</b> <i>Matraces de 500 cm<sup>3</sup></i> provistos de tapón esmerilado, para titulación de yodo.</p>		
<p><b>5.2</b> <i>Pipetas aforadas de 20 cm<sup>3</sup>.</i></p>		
<p><b>5.3</b> <i>Pipetas aforadas de 25 cm<sup>3</sup>.</i></p>		
<p><b>5.4</b> <i>Buretas de 50 cm<sup>3</sup>, con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.</i></p>		
<i>(Continúa)</i>		

5.5 *Matraz aforado de 100 cm<sup>3</sup>.*

5.6 *Balanza analítica, sensible a 0,1 mg.*

## 6. REACTIVOS

6.1 *Solución de Wijs.* Preparada y controlada de acuerdo con la norma INEN 36.

6.2 *Tetracloruro de carbono.* Reactivo para análisis.

6.3 *Solución al 15 % de yoduro de potasio.* Disolver 150 g de yoduro de potasio (KI) en aproximadamente 400 cm<sup>3</sup> de agua destilada y diluir la solución hasta 1000 cm<sup>3</sup>.

6.4 *Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio,* debidamente estandarizada, (ver anexo A de la norma INEN 36).

6.5 *Solución indicadora de almidón.* Formar una pasta homogénea con 1 g de almidón soluble y agua destilada fría, añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua hirviendo, agitar rápidamente la solución y enfriarla. Pueden añadirse 125 mg de ácido salicílico como preservador. En caso de que la solución deba almacenarse durante un período de tiempo relativamente largo, debe guardarse en refrigerador a temperatura de 4°C a 10°C.

6.6 *Sulfato de sodio anhidro.* Reactivo para análisis.

## 7. PREPARACION DE LA MUESTRA

7.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

7.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 7.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

7.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 7.2 pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

(Continúa)

7.4 A continuación, desecar la muestra tratada de acuerdo con 7.1, 7.2 ó 7.3, añadiendo sulfato de sodio anhidro en la proporción de 1 g a 2 g por cada 10 g de aceite o grasa. Calentar la mezcla en la estufa a 50°C; agitarla enérgicamente y filtrarla dentro de la misma estufa.

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Pesar, con aproximación a 0,2 mg, una masa de muestra tal, que el volumen de solución de Wijs que se añada, asegure un exceso de 100 a 150 ‰ con respecto a la cantidad de yodo que sea absorbida por la muestra.

8.2 La masa de la muestra que permite cumplir la condición establecida en 8.1 puede calcularse, en forma aproximada, mediante la siguiente ecuación:

$$m = 26/i = 0,21 \text{ g}$$

siendo:

$$\begin{array}{l} m = \text{masa de muestra para la determinación, en g.} \\ i = \text{índice de yodo que se espera encontrar, en cg/g.} \end{array} \quad \begin{array}{l} 26 \\ 121 \end{array}$$

8.3 Transferir la cantidad pesada de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> (o pesar directamente la muestra en el matraz) y añadir 20 cm<sup>3</sup> de tetracloruro de carbono. Luego, usando una pipeta aforada, agregar 25 cm<sup>3</sup> de solución Wijs, tapar el matraz y agitarlo para conseguir una mezcla íntima de su contenido.

8.4 Guardar el matraz en un lugar oscuro durante 1 h a una temperatura comprendida entre 20°C y 30°C.

8.5 Añadir 20 cm<sup>3</sup> de solución de yoduro de potasio y 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada recién hervida y enfriada, titular el yodo libre con la solución 0,1 N de tiosulfato de sodio (con agitación constante y enérgica), hasta que el color amarillo haya casi desaparecido; añadir de 1 cm<sup>3</sup> a 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente. Cerca del punto final de la reacción, el matraz debe taparse y agitarse enérgicamente para que cualquier remanente de yodo que se encuentre presente en la capa de tetracloruro de carbono pase a la solución acuosa de yoduro de potasio.

8.6 Deben realizarse dos ensayos en blanco para cada determinación (ver 3.2) usando todos los reactivos y siguiendo el mismo procedimiento pero sin añadir la muestra.

(Continúa)

### 9. CALCULOS

9.1 El índice de yodo se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{12,69 (V - V_1)N}{m}$$

siendo:

- $i$  = índice de yodo de la muestra, en cg/g.
- $V$  = media aritmética de los volúmenes de solución de tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos en blanco, en  $\text{cm}^3$ .
- $V_1$  = volumen de solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra en  $\text{cm}^3$ .
- $N$  = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.
- $m$  = masa de la muestra analizada, en g.

### 10. ERRORES DE METODO

10.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,5 cg/g; en caso contrario debe repetirse la determinación.

### 11. INFORME DE RESULTADOS

11.1 Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a unidades enteras.

11.2 En el informe de los resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

11.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## ANEXO VII

### NORMA INEN DE RANCIDEZ DE ACEITES

CDU 665.014	<b>INEN</b>	AL 02.07.311
Norma Ecuatoriana	<b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES ENSAYO DE RANCIDEZ</b>	<b>INEN 45 1973-08</b>
<b>OBLIGATORIA</b>	<b>1. OBJETO</b>	<i>KL YODURO DE POTASIO ✓ MIOO ACETICO GLUCOSA - ✓ CLOROFIRMO - PROCESOS ✓</i>
<p><b>1.1</b> Esta norma tiene por objeto establecer un método (Reacción de Kreis) para detectar la rancidez incipiente en las grasas y aceites vegetales o animales.</p>		
<b>2. TERMINOLOGIA</b>		
<p><b>2.1</b> <i>Rancidez.</i> Es el deterioro que puede ocurrir en las grasas y aceites comestibles, por efecto de transformaciones químicas o enzimáticas de carácter oxidativo.</p>		
<b>3. FUNDAMENTO</b>		
<p><b>3.1</b> El método se basa en la coloración roja que, en presencia de <i>floroglucina</i>, forman ciertos derivados aldehídicos presentes en las grasas y aceites rancios o en estado incipiente de rancidez.</p>		
<b>4. INSTRUMENTAL</b>		
<p><b>4.1</b> <i>Tubo de ensayo</i> de 150 x 25 mm.</p>		
<b>5. REACTIVOS</b>		
<p><b>5.1</b> <i>Acido clorhídrico concentrado</i> (<math>d = 1,19</math>). <i>PROCESOS</i></p>		
<p><b>5.2</b> <i>Solución al 0,1 0/0 de floroglucinol.</i> Disolver 100 mg de floroglucinol (1,3,5 trihidroxibenceno) en 100 cm<sup>3</sup> de éter dietílico. La solución debe guardarse en refrigerador, protegida de la luz. <i>PROCESOS</i></p>		
<b>6. PROCEDIMIENTO</b>		
<p><b>6.1</b> En un tubo de ensayo colocar 10 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico concentrado y añadir 10 cm<sup>3</sup> de grasa fundida o aceite. Tapar con un tapón de caucho limpio; agitar la mezcla energicamente durante 30 segundos, añadir 10 cm<sup>3</sup> de solución al 0,1 0/0 de floroglucinol y repetir la agitación durante 30 segundos.</p>		
<i>(Continúa)</i>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3995-Ava. Colón 1663-Quito-Ecuador—Prohibida la reproducción

6.2 Dejar la mezcla en reposo durante 10 min y observar el color de la capa ácida.

6.3 La presencia de color rojo en la capa ácida indica deterioro por rancidez, de la grasa o aceite.

### 7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 Si la capa ácida (ver 6.2) presenta color rojo, el resultado debe reportarse como *positivo*; en caso contrario, si el color es amarillo, anaranjado o ligeramente rosado, debe reportarse como *negativo*.

7.2 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

## ANEXO VIII

### PERFIL DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE CRUDO DE POLVILLO DE ARROZ



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS  
LABORATORIO DE ALIMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

**INF-LAB-AL-20988**  
ORDEN DE TRABAJO No 41484

SOLICITADO POR:	RAMIREZ ROMERO CESAR ANDRES
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	EL CONDADO CALLE RIO FACUNDO
MUESTRA:	ACEITE
DESCRIPCIÓN:	ACEITE VEGETAL DE "POLVILLO DE ARROZ"
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	04/07/2013
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	04/07/2013
HORA DE RECEPCIÓN:	15:11
FECHA DE ANÁLISIS:	26/07/2013
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA:	26/07/2013
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	Característico
ESTADO:	LIQUIDO
Contenido declarado : 20	Contenido encontrado: 20g
OBSERVACIONES:	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	Cliente

PERFIL LIPIDICO			
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Grasa	%	100.00	MAL-03 39.1.08 Método Oficial AOAC 991.36
Acido Mirístico	%	0.60	Cromatografía de Gases
Acido Palmítico	%	34.54	Cromatografía de Gases
Acido Oléico	%	33.63	Cromatografía de Gases
Acido Linoléico	%	29.92	Cromatografía de Gases
Acido γ- Linolenico	%	0.90	Cromatografía de Gases
Acido Linolénico	%	0.40	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Saturados	%	35.14	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Insaturados	%	64.86	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Monoinsaturados	%	33.63	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos Poliinsaturados	%	31.22	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos TRANS	%	0.00	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos omega 3 y 6	%	1.31	Cromatografía de Gases
Total ácidos grasos	%	100.00	Cromatografía de Gases



*Ana María Hidalgo*  
Biq. Ana María Hidalgo  
JEFE ÁREA DE ALIMENTOS



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: [www.facquimuce.edu.ec](http://www.facquimuce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)



## ANEXO IX

### PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO

TABLA A.4.2  
Propiedades del vapor saturado.

Temperatura (°C)	Presión de vapor (kPa)	Volumen específico (m <sup>3</sup> /kg)		Entalpía (kJ/kg)		Entropía (kJ/kg · K)	
		Líquido	Vapor saturado	Líquido (H <sub>l</sub> )	Vapor saturado (H <sub>g</sub> )	Líquido	Vapor saturado
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4	0.0000	9.1562
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9	0.0457	9.0773
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4	0.0912	9.0003
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9	0.1362	8.9253
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4	0.1806	8.8524
15	1.7054	0.0010009	77.926	62.99	2528.9	0.2245	8.7814
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4	0.2679	8.7123
21	2.487	0.0010020	54.544	88.14	2539.9	0.3109	8.6450
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4	0.3534	8.5794
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8	0.3954	8.5156
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3	0.4369	8.4533
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7	0.4784	8.3927
36	5.947	0.0010063	23.910	150.86	2567.1	0.5188	8.3336
40	7.384	0.0010078	19.523	167.57	2574.3	0.5725	8.2570
45	9.593	0.0010099	15.258	188.45	2583.2	0.6387	8.1648
50	12.349	0.0010124	12.032	209.33	2592.1	0.7038	8.0765
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1	1.1925	7.4791
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8	1.3630	7.2958
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	232.4	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3	1.6870	6.9777
140	361.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4	1.8925	6.7935
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1	1.9427	6.7502
165	700.5	0.0011080	0.2727	697.34	2763.5	1.9925	6.7078
170	791.7	0.0011143	0.2428	719.21	2768.7	2.0419	6.6663
175	892.0	0.0011207	0.2168	741.17	2773.6	2.0909	6.6256
180	1002.4	0.0011274	0.19405	763.22	2778.2	2.1396	6.5857
190	1254.4	0.0011414	0.15654	807.62	2786.4	2.2359	6.5079
200	1553.8	0.0011565	0.12736	852.45	2793.2	2.3309	6.4323
225	2548	0.0011992	0.07849	966.78	2803.3	2.5639	6.2503
250	3973	0.0012512	0.05043	1085.36	2804.5	2.7927	6.0730
275	5942	0.0013168	0.03279	1210.07	2785.0	3.0208	5.8938
300	8581	0.0010436	0.02167	1344.0	2749.0	3.2534	5.7045

Fuente: Abreviado de Keenan *et al.* (1969) Copyright © 1969 John Wiley and Sons. Impreso con permiso de John Wiley and Sons, Inc.



## ANEXO X

### PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA A LA PRESIÓN DE SATURACIÓN

#### A.4 Propiedades físicas del agua y del aire

**TABLA A.4.1**  
Propiedades físicas del agua a la presión de saturación.

Temperatura		Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coficiente de expansión térmica volumétrica	Calor específico	Conductividad térmica	Difusividad térmica	Viscosidad absoluta	Viscosidad cinemática	Número de Prandtl
$t$ (°C)	$T$ (K)		$\beta$ ( $\times 10^{-4}$ K <sup>-1</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$k$ (W/m·K)	$\alpha$ ( $\times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s)	$\mu$ ( $\times 10^{-4}$ Pa·s)	$\nu$ ( $\times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s)	Pr
0	273.15	999.9	-0.7	4.226	0.558	0.131	1793.636	1.789	13.7
5	278.15	1000.0	—	4.206	0.568	0.135	1534.741	1.585	11.4
10	283.15	999.7	0.95	4.195	0.577	0.137	1296.439	1.300	9.5
15	288.15	999.1	—	4.187	0.587	0.141	1135.610	1.146	8.1
20	293.15	998.2	2.1	4.182	0.597	0.145	993.414	1.006	7.0
25	298.15	997.1	—	4.178	0.606	0.146	880.637	0.884	6.1
30	303.15	995.7	3.0	4.176	0.615	0.149	792.377	0.805	5.4
35	308.15	994.1	—	4.175	0.624	0.150	719.808	0.725	4.8
40	313.15	992.2	3.9	4.175	0.633	0.151	658.026	0.658	4.3
45	318.15	990.2	—	4.176	0.640	0.155	605.070	0.611	3.9
50	323.15	988.1	4.6	4.178	0.647	0.157	555.056	0.556	3.55
55	328.15	985.7	—	4.179	0.652	0.158	509.946	0.517	3.27
60	333.15	983.2	5.3	4.184	0.658	0.159	471.650	0.478	3.00
65	338.15	980.6	—	4.184	0.663	0.161	435.415	0.444	2.76
70	343.15	977.8	5.8	4.187	0.668	0.163	404.034	0.415	2.55
75	348.15	974.9	—	4.190	0.671	0.164	376.575	0.366	2.23
80	353.15	971.8	6.3	4.194	0.673	0.165	352.059	0.364	2.25
85	358.15	968.7	—	4.198	0.676	0.166	328.523	0.339	2.04
90	363.15	965.3	7.0	4.202	0.678	0.167	308.909	0.326	1.95
95	368.15	961.9	—	4.206	0.680	0.168	292.238	0.310	1.84
100	373.15	958.4	7.5	4.211	0.682	0.169	277.528	0.294	1.75
110	383.15	951.0	8.0	4.224	0.684	0.170	254.973	0.268	1.57
120	393.15	943.5	8.5	4.232	0.685	0.171	235.360	0.244	1.43
130	403.15	934.8	9.1	4.250	0.686	0.172	211.824	0.226	1.32
140	413.15	926.3	9.7	4.257	0.684	0.172	201.036	0.212	1.23
150	423.15	916.9	10.3	4.270	0.684	0.173	185.346	0.201	1.17
160	433.15	907.6	10.8	4.285	0.680	0.173	171.616	0.191	1.10
170	443.15	897.3	11.5	4.306	0.679	0.172	162.290	0.181	1.05
180	453.15	886.6	12.1	4.306	0.673	0.172	152.003	0.173	1.01
190	463.15	876.0	12.8	4.480	0.670	0.171	143.438	0.166	0.97
200	473.15	862.8	13.5	4.501	0.665	0.170	136.254	0.160	0.93
210	483.15	852.8	14.3	4.560	0.655	0.168	131.409	0.154	0.92
220	493.15	845.0	15.2	4.605	0.652	0.167	124.544	0.149	0.90
230	503.15	827.3	16.2	4.690	0.637	0.164	119.641	0.145	0.88
240	513.15	809.0	17.2	4.734	0.634	0.162	113.757	0.141	0.86
250	523.15	799.2	18.0	4.837	0.618	0.160	109.834	0.137	0.86

Fuente: Adaptado de Raznjevic (1978).

**ANEXO XI**

**PESOS PERDIDOS EN PORCENTAJE, DE LAS MUESTRAS PRE-TRATADAS EN ESTUFA, PRIMER PRE-TRATAMIENTO Y REPETICIÓN**

**Tabla AXI.1.** Primera prueba peso perdido en porcentaje muestra de estufa

	<b>80 °C y 30 min</b>	<b>80 °C y 60 min</b>	<b>100 °C y 60 min</b>	<b>100 °C y 30 min</b>
<b>Peso Inicial (g)</b>	300	300	300	300
<b>Peso Final (g)</b>	286,8	280,49	268,43	276,78
<b>Peso perdido en (%)</b>	4,40	6,50	10,52	7,74

**Tabla AXI.2.** Segunda prueba peso perdido en porcentaje muestra de estufa

	<b>80 °C y 30 min</b>	<b>80 °C y 60 min</b>	<b>100 °C y 60 min</b>	<b>100 °C y 30 min</b>
<b>Peso Inicial (g)</b>	300	300	300	300
<b>Peso Final (g)</b>	285,8	279,46	269,73	277,48
<b>Peso perdido en (%)</b>	4,73	6,85	10,09	7,51

**ANEXO XII**

**PESOS PERDIDOS EN PORCENTAJE, DE LAS MUESTRAS PRE-TRATADAS EN EXTRUSOR, PRIMER PRE-TRATAMIENTO Y REPETICIÓN**

**Tabla AXII.1.** Primera prueba peso perdido en porcentaje muestra de extrusor

	<b>130 °C y 180 RPM</b>	<b>130 °C y 200 RPM</b>	<b>140 °C y 180 RPM</b>	<b>140 °C y 200 RPM</b>
<b>Peso Inicial (g)</b>	300	300	300	300
<b>Peso Final (g)</b>	284,6	286,7	283,5	282,48
<b>Peso perdido en (%)</b>	5,13	4,43	5,50	5,84

**Tabla AXII.2.** Segunda prueba peso perdido en porcentaje muestra de extrusor

	<b>130 °C y 180 RPM</b>	<b>130 °C y 200 RPM</b>	<b>140 °C y 180 RPM</b>	<b>140 °C y 200 RPM</b>
<b>Peso Inicial (g)</b>	300	300	300	300
<b>Peso Final (g)</b>	282,9	287,6	281,86	283,48
<b>Peso perdido en (%)</b>	5,70	4,13	6,05	5,51

**ANEXO XIII**

**RENDIMIENTOS DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ EN (%),  
DE LAS MUESTRAS PRE-TRATADAS EN ESTUFA Y SIN PRE-  
TRATAMIENTO**

**Tabla AXIII.1.** Primera prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,12	3,81	4,03	3,95	3,7
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>16,48</b>	<b>15,24</b>	<b>16,12</b>	<b>15,8</b>	<b>14,8</b>

**Tabla AXIII.2.** Segunda prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,24	3,76	4,27	4,05	3,6
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>16,96</b>	<b>15,04</b>	<b>17,08</b>	<b>16,2</b>	<b>14,4</b>

**Tabla AXIII.3.** Tercera prueba rendimientos de aceite en % muestras de estufa y testigo

	<b>Muestra 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,17	3,65	4,21	3,95	3,5
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>16,68</b>	<b>14,6</b>	<b>16,84</b>	<b>15,8</b>	<b>14</b>

**ANEXO XIV**

**RENDIMIENTOS DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ EN (%),  
DE LAS MUESTRAS PRE-TRATADAS EN EXTRUSOR**

**Tabla AXIV.1.** Primera prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,66	4,31	4,58	4,67
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>18,64</b>	<b>17,24</b>	<b>18,32</b>	<b>18,68</b>

**Tabla AXIV.2.** Segunda prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,65	4,45	4,69	4,48
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>18,6</b>	<b>17,8</b>	<b>18,76</b>	<b>17,92</b>

**Tabla AXIV.3.** Tercera prueba rendimientos de aceite en % muestras de extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Peso Polvillo (g)</b>	25	25	25	25
<b>Peso aceite (g)</b>	4,60	4,42	4,57	4,58
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>18,38</b>	<b>17,68</b>	<b>18,28</b>	<b>18,32</b>

**ANEXO XV**

**PRUEBAS DE DENSIDAD RELATIVA (25/25 °C) DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRE-TRATAMIENTO**

**Tabla AXV.1.** Primera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre-tratamiento</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6555	34,6555	34,6554	34,6553	34,6555
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,4225	60,423	60,4241	60,4242	60,4238
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,095	58,095	58,092	58,098	58,094
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90967</b>	<b>0,90965</b>	<b>0,90950</b>	<b>0,90973</b>	<b>0,90959</b>

**Tabla AXV.2.** Segunda prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre-tratamiento</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6558	34,6557	34,6555	34,6554	34,6554
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,4223	60,4242	60,4248	60,4251	60,4248
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,085	58,084	58,098	58,095	58,091
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90929</b>	<b>0,90918</b>	<b>0,90971</b>	<b>0,90958</b>	<b>0,90944</b>

**Tabla AXV.3.** Tercera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6555	34,6555	34,6554	34,6553	34,6553
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,423	60,4239	60,4234	60,4229	60,4245
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,092	58,094	58,093	58,089	58,089
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90954</b>	<b>0,90958</b>	<b>0,90956</b>	<b>0,90943</b>	<b>0,90937</b>



## ANEXO XVI

**PRUEBA DE DENSIDAD RELATIVA (25/25 °C) DEL ACEITE DE  
POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR**

**Tabla AXVI.1.** Primera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6552	34,6554	34,6554	34,6549
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,4229	60,4231	60,4241	60,4238
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,094	58,094	58,093	58,097
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90962</b>	<b>0,90961</b>	<b>0,90954</b>	<b>0,90971</b>

**Tabla AXVI.2.** Segunda prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6558	34,6542	34,6537	34,6529
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,4221	60,4241	60,4235	60,4245
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,092	58,091	58,089	58,092
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90957</b>	<b>0,90946</b>	<b>0,90941</b>	<b>0,90949</b>

**Tabla AXVI.3.** Tercera prueba de densidad relativa del aceite pretratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa (m) del picnómetro <b>vacío, en (g)</b>	34,6552	34,6542	34,6539	34,6538
Masa (m <sub>1</sub> ) del picnómetro <b>con agua destilada, en (g)</b>	60,4231	60,4258	60,4229	60,4232
Masa (m <sub>2</sub> ) del picnómetro <b>con muestra, en (g)</b>	58,092	58,098	58,081	58,087
Densidad relativa a 25/25 °C	<b>0,90953</b>	<b>0,90968</b>	<b>0,90912</b>	<b>0,90934</b>

## ANEXO XVII

### RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE NUBE, VERTIDO Y SOLIDIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN ESTUFA, EXTRUSIÓN Y SIN TRATAMIENTO

**Tabla AXVII.1.** Primera prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa

<b>1 ra PRUEBAS DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRETRATAMIENTO</b>					
	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	2	2	1,5	1,5	2
Punto de Vertido °C	-1	-1	-1	-1,5	-1
Punto de Solidificación °C	-3	-3,2	-3,5	-3	-3

**Tabla AXVII.2.** Segunda prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa

<b>2 da PRUEBAS DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRETRATAMIENTO</b>					
	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	1,5	2	1,5	2	2
Punto de Vertido °C	-1	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Punto de Solidificación °C	-3,5	-3	-3,5	-3	-3

**Tabla AXVII.3.** Tercera prueba de nube, vertido, y solidificación en estufa

<b>3 ra PRUEBAS DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRETRATAMIENTO</b>					
	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre-tratamiento</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	2	1,5	2	2	1,5
Punto de Vertido °C	-1,5	-1	-1,5	-1	-1
Punto de Solidificación °C	-3	-3	-3	-3,5	-3,5

**Tabla AXVII.4.** Primera prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor

<b>1 ra PRUEBA DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR</b>				
	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	1,7	2	1,5	1,7
Punto de Vertido °C	-1,5	-1,5	-1	-1
Punto de Solidificación °C	-3	-3,5	-3,5	-3,5

**Tabla AXVII.5.** Segunda prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor

<b>2 da PRUEBA DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR</b>				
	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	2	1,7	2	2
Punto de Vertido °C	-1	-1,5	-1,5	-1,5
Punto de Solidificación °C	-3,5	-3	-3	-3

**Tabla AXVII.6.** Tercera prueba de nube, vertido, y solidificación en extrusor

<b>3 ra PRUEBAS DE NUBE, VERTIDO, SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR</b>				
	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Punto de Enturbiamiento (Nube) °C	1,7	1,5	1,5	1,7
Punto de Vertido °C	-1,5	-1	-1	-1
Punto de Solidificación °C	-3	-3,5	-3,5	-3,5

## ANEXO XVIII

**PRUEBAS DE ACIDEZ DEL ACEITE CRUDO DE POLVILLO DE  
ARROZ TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRE-TRATAMIENTO EN  
(%) DE MASA**

**Tabla AXVIII.1.** Primera prueba de acidez de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,65	2,31	1,7	4,75	9
Acidez en % de masa	4,65	6,51	4,79	13,40	25,38

**Tabla AXVIII.2.** Segunda prueba de acidez de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,62	2,32	1,72	4,7	8,92
Acidez en % de masa	4,57	6,54	4,85	13,25	25,15

**Tabla AXVIII.3.** Tercera prueba de acidez de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,63	2,29	1,69	4,69	9,1
Acidez en % de masa	4,60	6,46	4,77	13,23	25,66

**ANEXO XIX**

**PRUEBA DE ACIDEZ DEL ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ  
PRE-TRATADO EN EXTRUSOR, EN PORCENTAJE (%) DE MASA  
DE ÁCIDO OLEICO**

**Tabla AXIX.1.** Primera prueba de acidez de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,55	1,7	1,65	1,58
Acidez en % de masa	4,37	4,79	4,65	4,46

**Tabla AXIX.2.** Segunda prueba de acidez de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,56	1,67	1,66	1,59
Acidez en % de masa	4,40	4,71	4,68	4,48

**Tabla AXIX.3.** Tercera prueba de acidez de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra 140 °C y 200 RPM</b>
NaOH(0,1N) Gastado (ml)	1,57	1,68	1,63	1,6
Acidez en % de masa	4,43	4,74	4,60	4,51

**ANEXO XX**

**PRUEBA DE ÍNDICE DE IODO DEL ACEITE CRUDO DE  
POLVILLO DE ARROZ TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRE-  
TRATAMIENTO EN (CG/G)**

**Tabla AXX.1.** Primera prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
Volumen 1 solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, en (cm <sup>3</sup> )	44,4	45,2	44,9	45,8	44,1
Volumen 2 solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, en (cm <sup>3</sup> )	44,7	44,9	44,7	43,2	44,5
Promedio de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos en blanco, en (cm <sup>3</sup> )	44,55	45,05	44,8	44,5	44,3
Volumen de solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra, en (cm <sup>3</sup> )	28,1	28,5	28,2	28	27,8
Índice de iodo de muestra (CG/G)	99,41	100,01	100,31	99,71	99,71



**Tabla AXX.2.** Segunda prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
<b>Volumen 1</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,9	45,6	44,8	45,3	44,2
<b>Volumen 2</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,7	44,4	45,2	43,9	44,9
<b>Promedio</b> de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,8	45	45	44,6	44,55
<b>Volumen de solución</b> de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la <b>muestra</b> , en (cm <sup>3</sup> )	28,3	28,4	28,35	28,05	28
<b>Índice de iodo</b> de muestra (CG/G)	99,71	100,31	100,61	100,01	100,01

**Tabla AXX.3.** Tercera prueba de índice de iodo de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin Pre- tratamiento</b>
<b>Volumen 1</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,5	45,9	44,8	45,4	44,2
<b>Volumen 2</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,6	44,3	44,9	44,9	44,6
<b>Promedio</b> de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,55	45,1	44,85	45,15	44,4
<b>Volumen de solución</b> de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la <b>muestra</b> , en (cm <sup>3</sup> )	28,12	28,58	28,27	28,63	27,83
<b>Índice de iodo</b> de muestra (CG/G)	99,28	99,83	100,19	99,83	100,13

**ANEXO XXI**

**PRUEBA DE ÍNDICE DE IODO DEL ACEITE CRUDO DE  
POLVILLO DE ARROZ TRATADO EN EXTRUSOR EN (CG/G)**

**Tabla AXXI.1.** Primera prueba de índice de iodo de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Volumen 1</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	45,8	45,1	44,6	45,2
<b>Volumen 2</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,7	44,8	44,8	43,9
<b>Promedio</b> de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	45,25	44,95	44,7	44,55
<b>Volumen de solución</b> de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la <b>muestra</b> , en (cm <sup>3</sup> )	28,6	28,4	28,15	28,05
<b>Índice de iodo</b> de muestra (CG/G)	100,61	100,01	100,01	99,71

**Tabla AXXI.2.** Segunda prueba de índice de yodo de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Volumen 1</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,8	45,3	44,2	45,9
<b>Volumen 2</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,6	44,54	44,9	44,25
<b>Promedio</b> de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,7	44,92	44,55	45,08
<b>Volumen de solución</b> de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la <b>muestra</b> , en (cm <sup>3</sup> )	28,1	28,3	28,05	28,5
<b>Índice de yodo</b> de muestra (CG/G)	100,31	100,43	99,71	100,16

**Tabla AXXI.3.** Tercera prueba de índice de yodo de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
<b>Volumen 1</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,5	45,1	44,3	45,75
<b>Volumen 2</b> solución de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación del ensayo <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,7	45,1	44,75	43,9
<b>Promedio</b> de los volúmenes 1 y 2 de solución de Tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos <b>en blanco</b> , en (cm <sup>3</sup> )	44,6	45,1	44,525	44,83
<b>Volumen de solución</b> de Tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la <b>muestra</b> , en (cm <sup>3</sup> )	28,01	28,53	28	28,27
<b>Índice de yodo</b> de muestra (CG/G)	100,25	100,13	99,86	100,04

## ANEXO XXII

**PRUEBAS DE INDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE CRUDO  
DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRE-  
TRATAMIENTO EN (mg/g)**

**Tabla AXXII.1.** Primera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la muestra en (ml)	14,8	14,7	14,9	14,7	13,2
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en blanco en (ml)	28,2	28,1	28,1	28,2	28,2
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04	2,04
<b>Índice de saponificación en (mg/g)</b>	<b>184,25</b>	<b>185,16</b>	<b>184,21</b>	<b>185,63</b>	<b>206,25</b>

**Tabla AXXII.2.** Segunda prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la <b>muestra</b> en (ml)	14,6	14,6	14,85	14,65	13,1
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en <b>blanco</b> en (ml)	28,05	27,95	28,1	28,1	28,15
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04	2,04
<b>Índice de saponificación del producto en (mg/g)</b>	<b>184,94</b>	<b>184,47</b>	<b>184,91</b>	<b>184,94</b>	<b>206,94</b>

**Tabla AXXII.3.** Tercera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la <b>muestra</b> en (ml)	14,63	14,5	14,7	14,7	13,1
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en <b>blanco</b> en (ml)	28,05	27,87	27,96	28,17	28,17
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04	2,04
<b>Índice de saponificación del producto en (mg/g)</b>	<b>184,53</b>	<b>184,74</b>	<b>185,05</b>	<b>185,21</b>	<b>207,21</b>

**ANEXO XXIII**

**PRUEBAS DE INDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE CRUDO  
DE POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR EN  
(mg/g)**

**Tabla AXXIII.1.** Primera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140°C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la <b>muestra</b> en (ml)	15,5	15,4	15,3	15,5
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en <b>blanco</b> en (ml)	28,9	28,8	28,6	28,95
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04
Índice de saponificación del producto en (mg/g)	184,25	185,16	185,60	184,94



**Tabla AXXIII.2.** Segunda prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la muestra en (ml)	15,4	15,25	15,35	15,4
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en blanco en (ml)	28,85	28,7	28,6	28,87
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04
Índice de saponificación del producto en (mg/g)	184,94	185,85	184,91	185,21

**Tabla AXXIII.3.** Tercera prueba de índice de saponificación de aceite tratado en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la <b>muestra</b> en (ml)	15,09	15,73	15,4	15,3
Volumen de solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación del ensayo en <b>blanco</b> en (ml)	28,55	29,14	28,67	28,8
Masa de aceite analizada en (g)	2,04	2,03	2,01	2,04
Índice de saponificación del producto en (mg/g)	185,08	185,30	185,19	185,63

## ANEXO XXIV

**PRUEBAS DE MATERIA INSAPONIFICABLE DEL ACEITE DE  
POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN ESTUFA Y SIN PRE-  
TRATAMIENTO, EN (%) DE MASA**

**Tabla AXXIV.1.** Primera prueba de materia insaponificable de aceite en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,244	0,245	0,243	0,25	0,245
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,8	28,85	28,7	29,8	28,85
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2	2
Materia insaponificable en (%) de masa	<b>4,08</b>	<b>4,11</b>	<b>4,06</b>	<b>4,10</b>	<b>4,11</b>

**Tabla AXXIV.2.** Segunda prueba de materia insaponificable de aceite en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,245	0,245	0,244	0,245	0,245
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,9	28,95	28,9	28,85	28,95
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2	2
Materia insaponificable en (%) de masa	<b>4,10</b>	<b>4,09</b>	<b>4,05</b>	<b>4,11</b>	<b>4,09</b>

**Tabla AXXIV.3.** Tercera prueba de materia insaponificable de aceite en estufa

	<b>Muestra a 80 °C y 30 min</b>	<b>Muestra a 80 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 60 min</b>	<b>Muestra a 100 °C y 30 min</b>	<b>Sin pre- tratamiento</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,243	0,246	0,245	0,245	0,244
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,7	28,9	28,95	28,95	28,8
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2	2
Materia insaponificable en de (%) masa	<b>4,06</b>	<b>4,13</b>	<b>4,09</b>	<b>4,09</b>	<b>4,08</b>

## ANEXO XXV

**PRUEBAS DE MATERIA INSAPONIFICABLE DEL ACEITE DE  
POLVILLO DE ARROZ PRE-TRATADO EN EXTRUSOR, EN (%) DE  
MASA**

**Tabla AXXV.1.** Primera prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor

	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,245	0,234	0,231	0,232
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,85	27	26,5	26,6
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2
Materia insaponificable en (%) de masa	<b>4,11</b>	<b>4,09</b>	<b>4,08</b>	<b>4,10</b>

**Tabla AXXV.2.** Segunda prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor

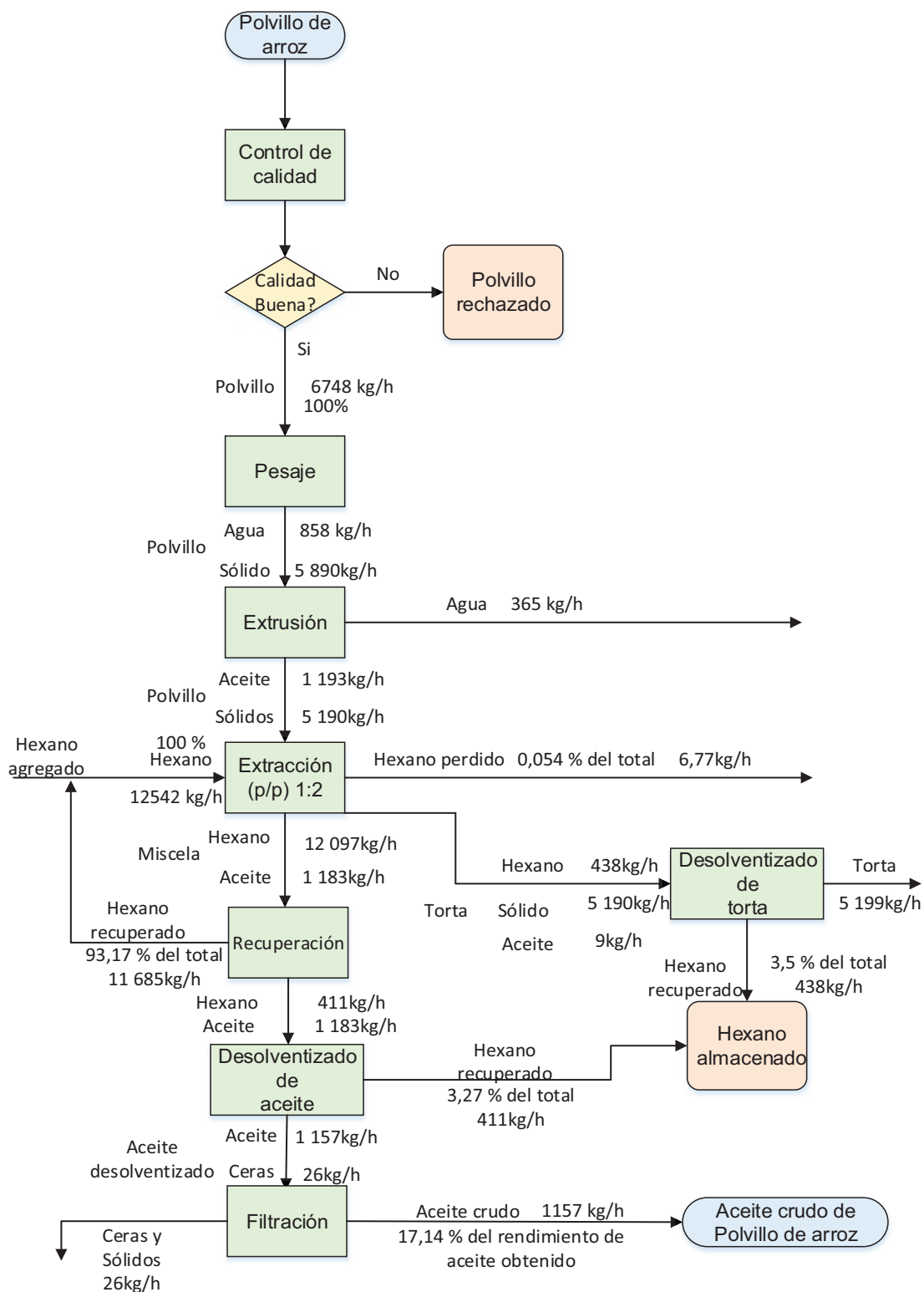
	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,244	0,233	0,23	0,231
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,8	27	26,4	26,5
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2
Materia insaponificable en (%) de masa	<b>4,08</b>	<b>4,04</b>	<b>4,06</b>	<b>4,08</b>

**Tabla AXXV.3.** Tercera prueba de materia insaponificable de aceite en extrusor

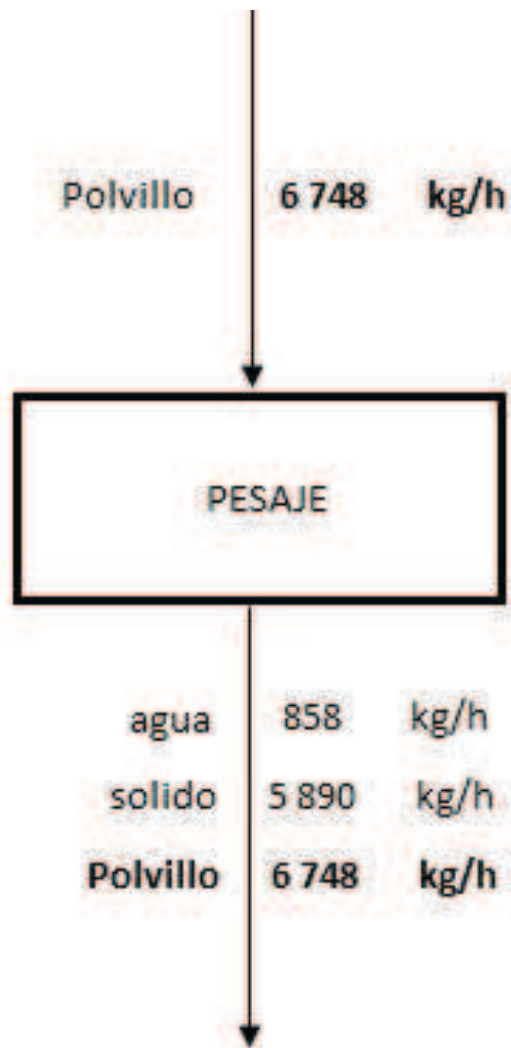
	<b>Muestra a 130 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 130 °C y 200 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 180 RPM</b>	<b>Muestra a 140 °C y 200 RPM</b>
Masa del residuo extraído, en (g)	0,245	0,229	0,24	0,23
Volumen de la solución de hidróxido de potasio empleado en la titulación, en (cm <sup>3</sup> )	28,95	26,3	28,2	26,4
Masa de la muestra analizada en (g)	2	2	2	2
Materia insaponificable en (%) de masa	<b>4,09</b>	<b>4,03</b>	<b>4,05</b>	<b>4,06</b>

## ANEXO XXVI

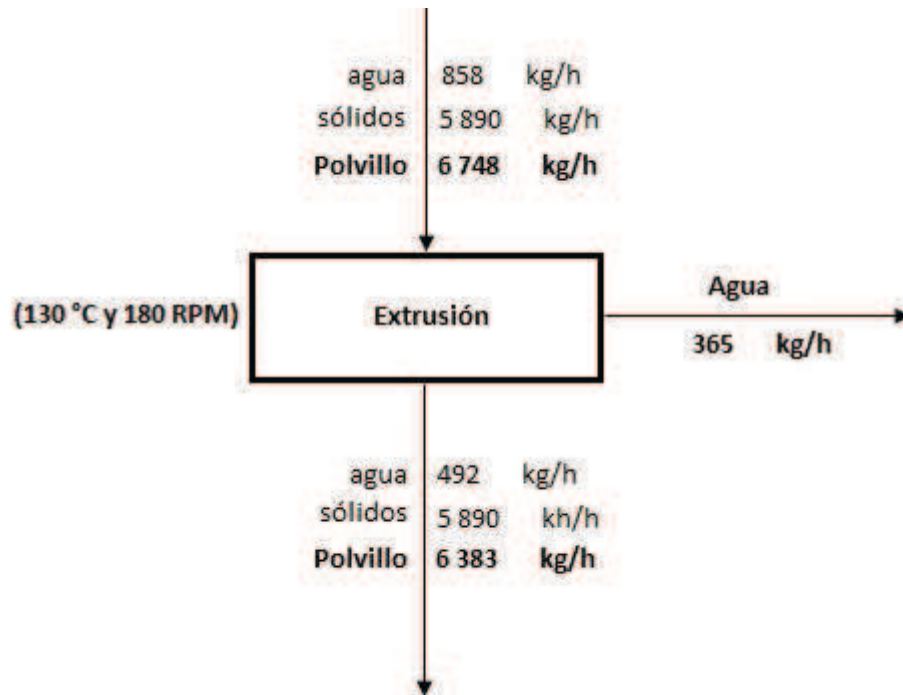
### DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS BALANCES DE MASA Y ENERGIA



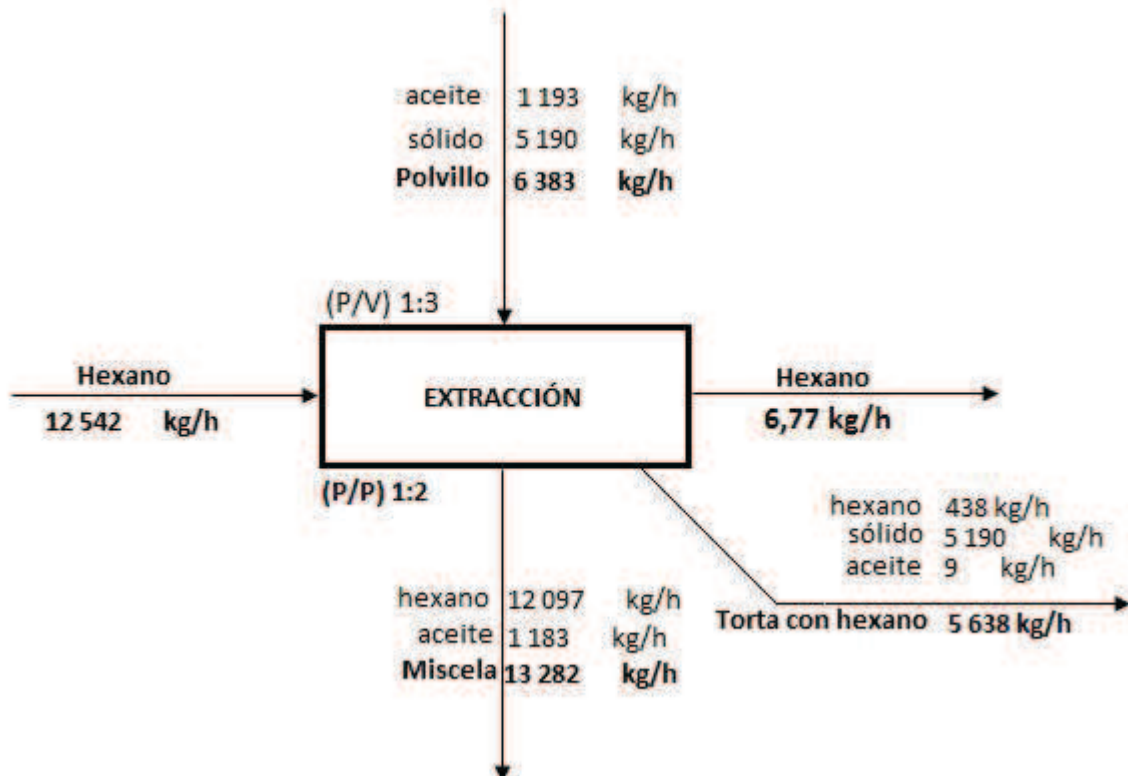
## Balance de masa del pesaje



## Balance de masa en la extrusión

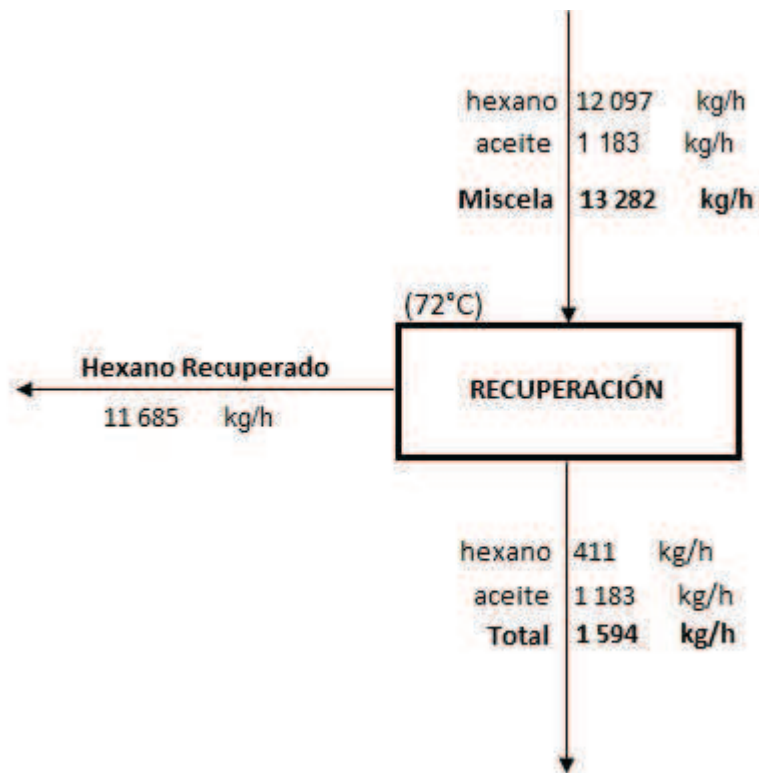


## Balance de masa en la extracción de aceite

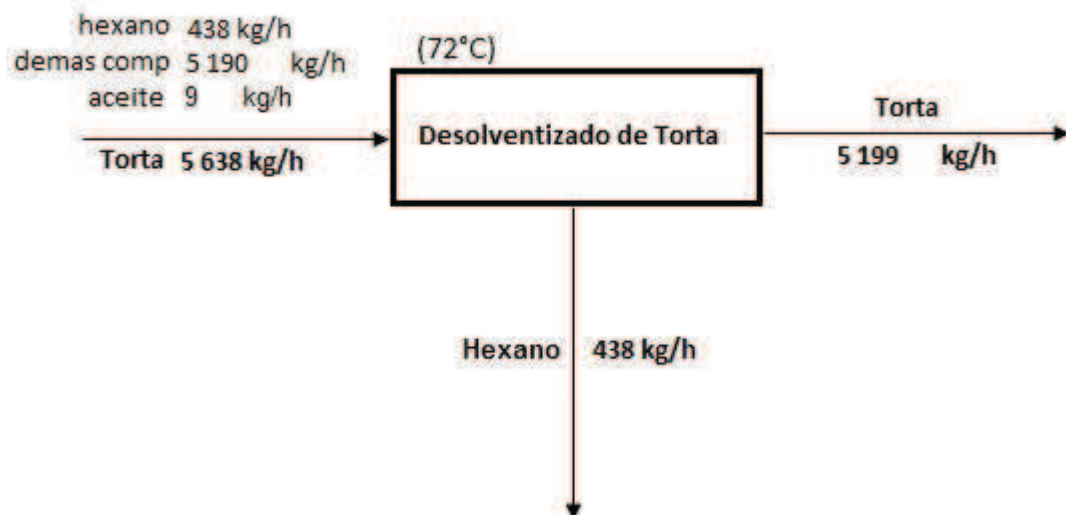




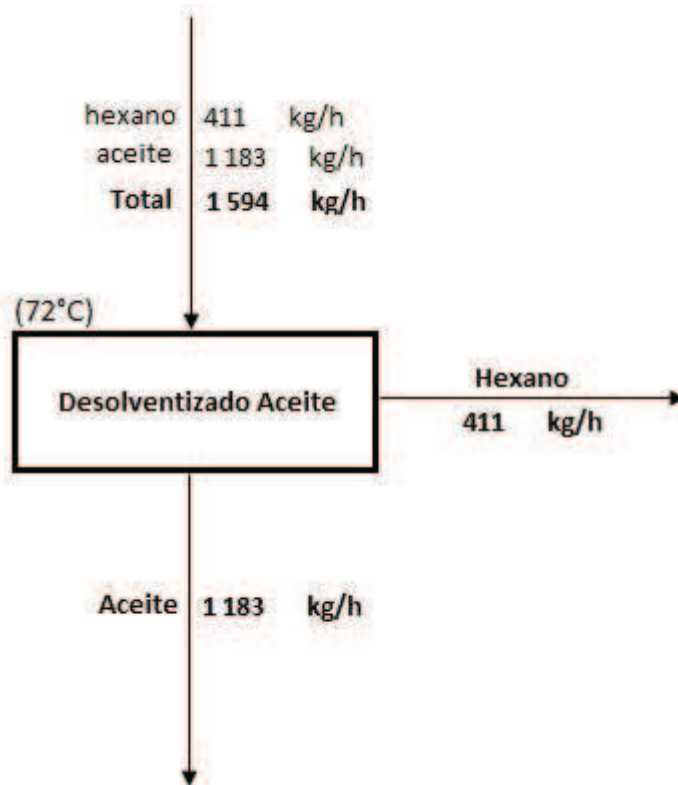
## Balance de masa en la recuperación



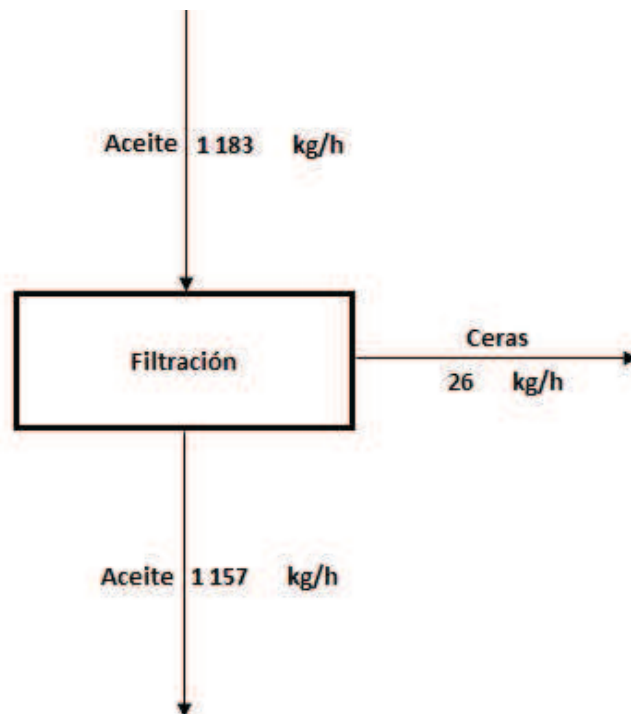
## Balance de masa en la desolventización de torta



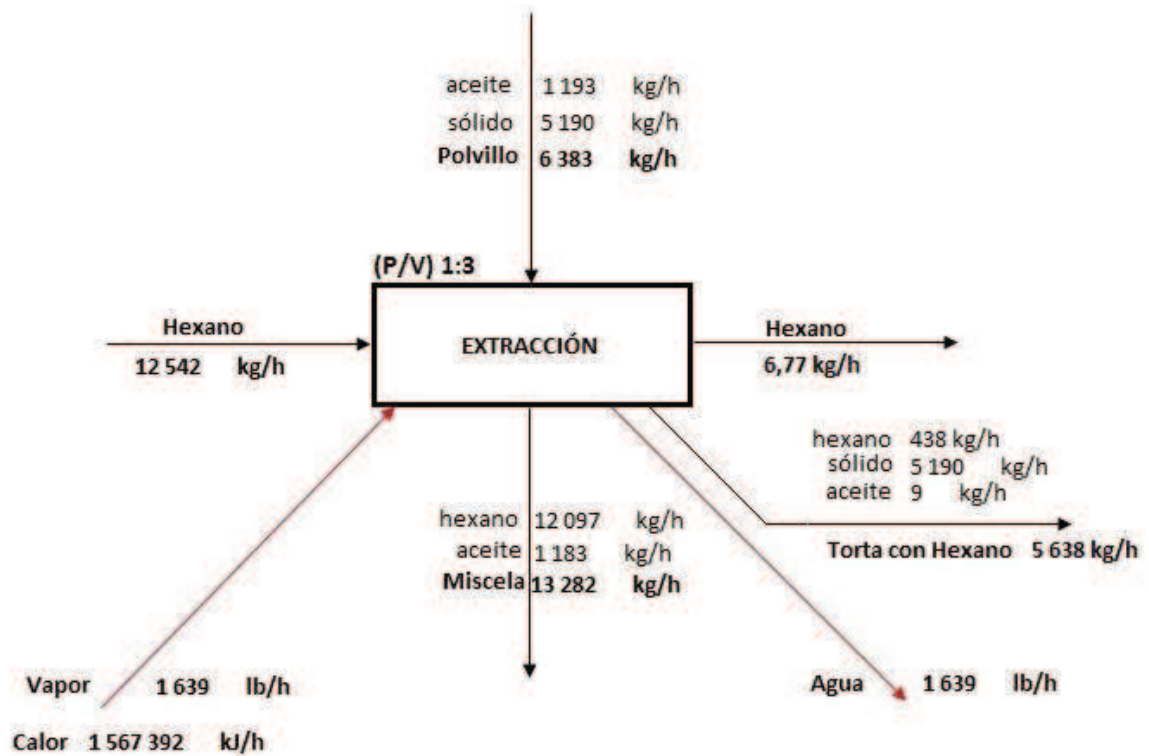
## Balance de masa en la desolventización de aceite



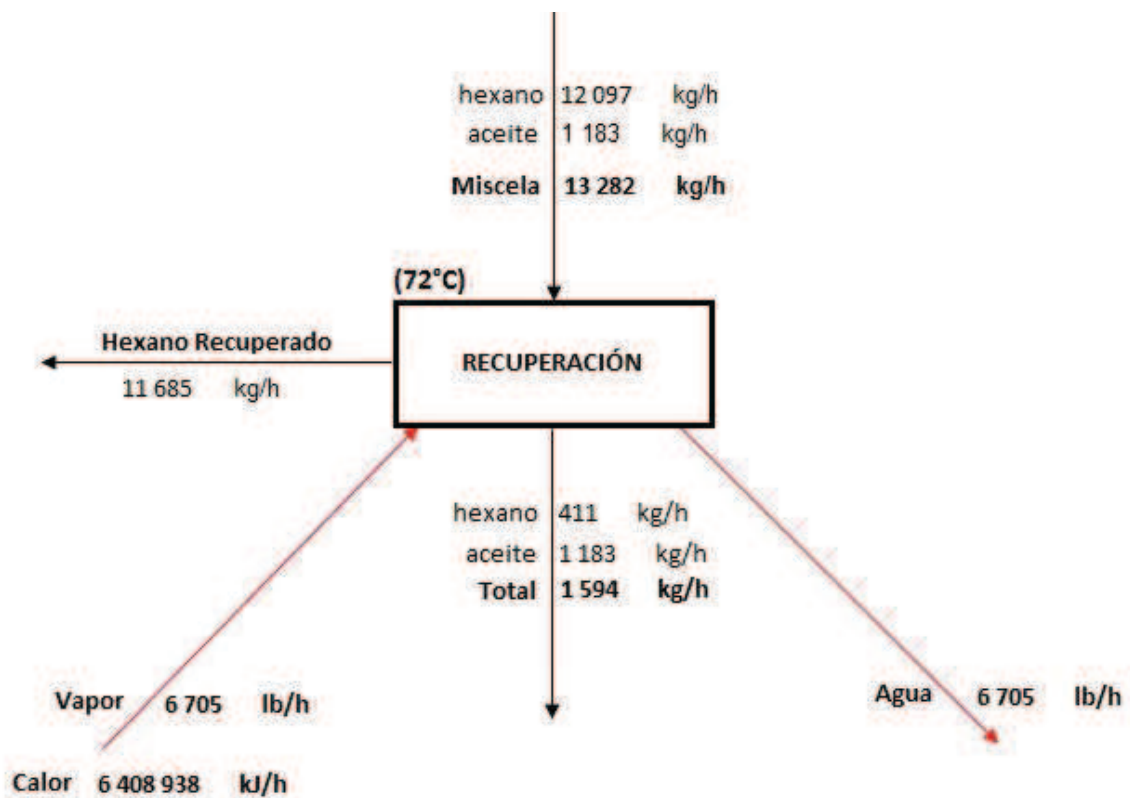
## Balance de masa en la filtración



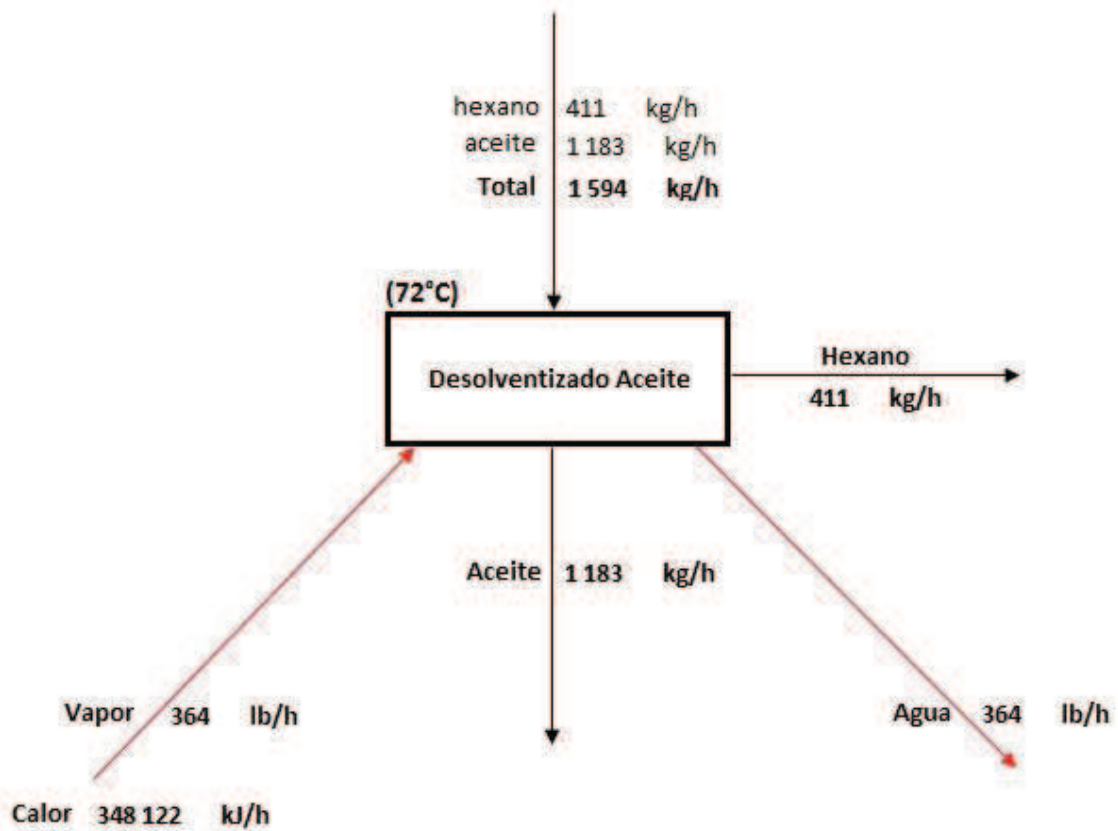
## Balance de energía en la extracción



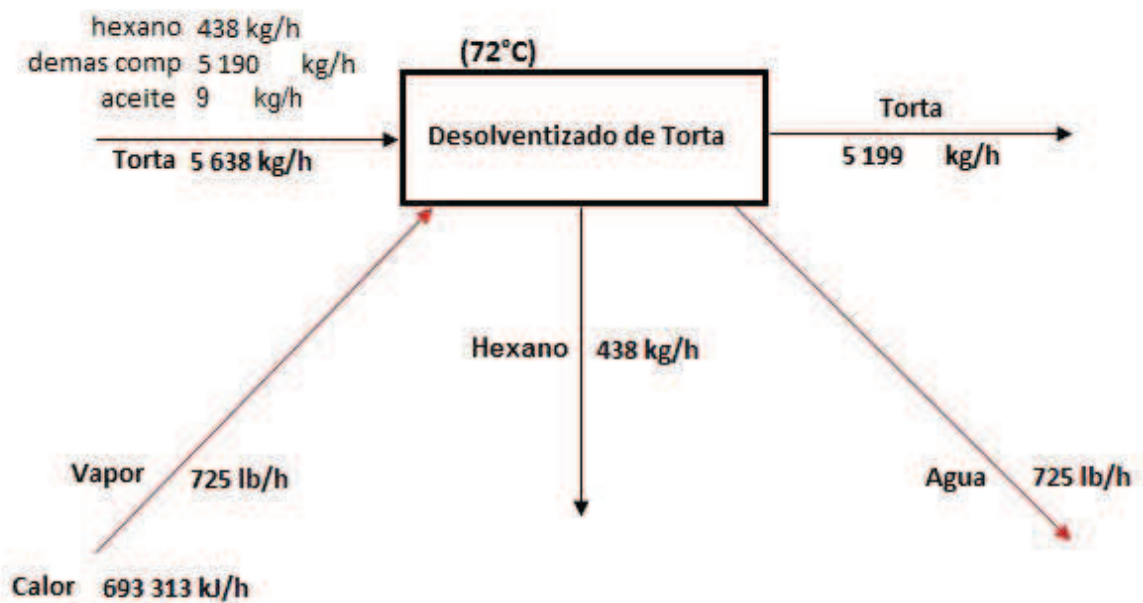
## Balance de energía en la recuperación



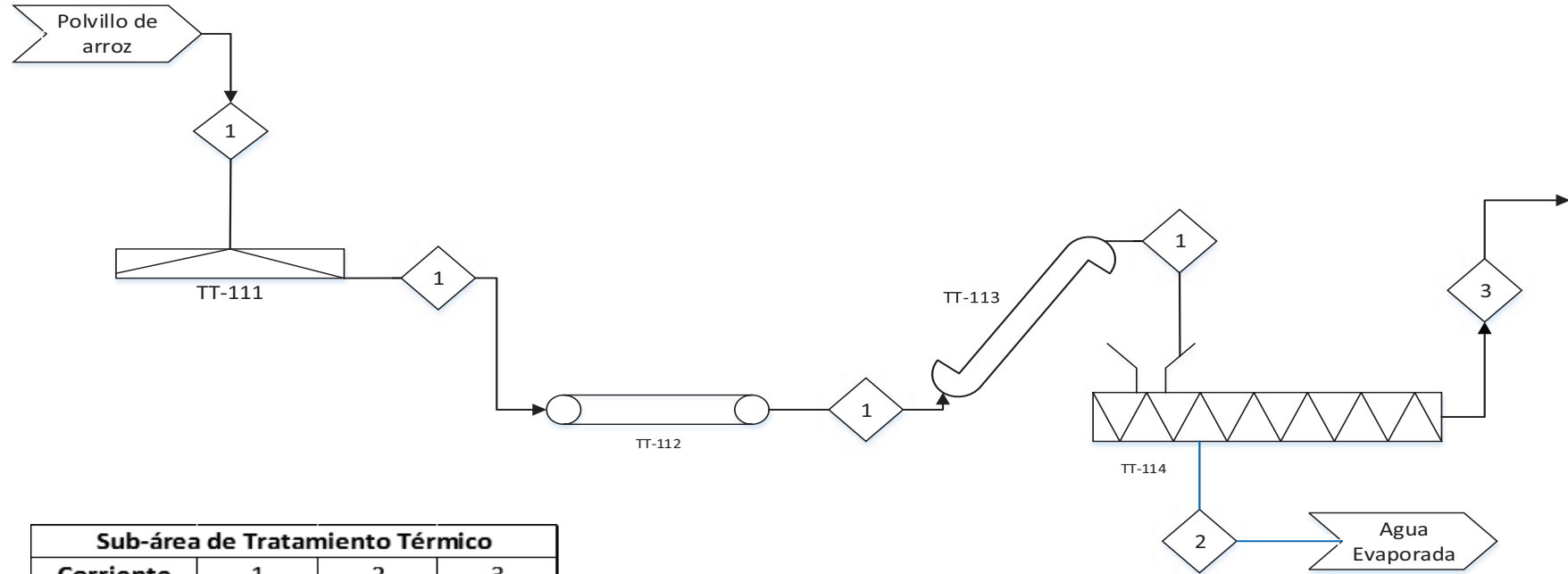
Balance de energía en la desolventización de aceite



Balance de energía en la desolventización de la torta



## ANEXO XXVII PLANO PFD Y LAY OUT DE LA PLANTA EXTRACTORA

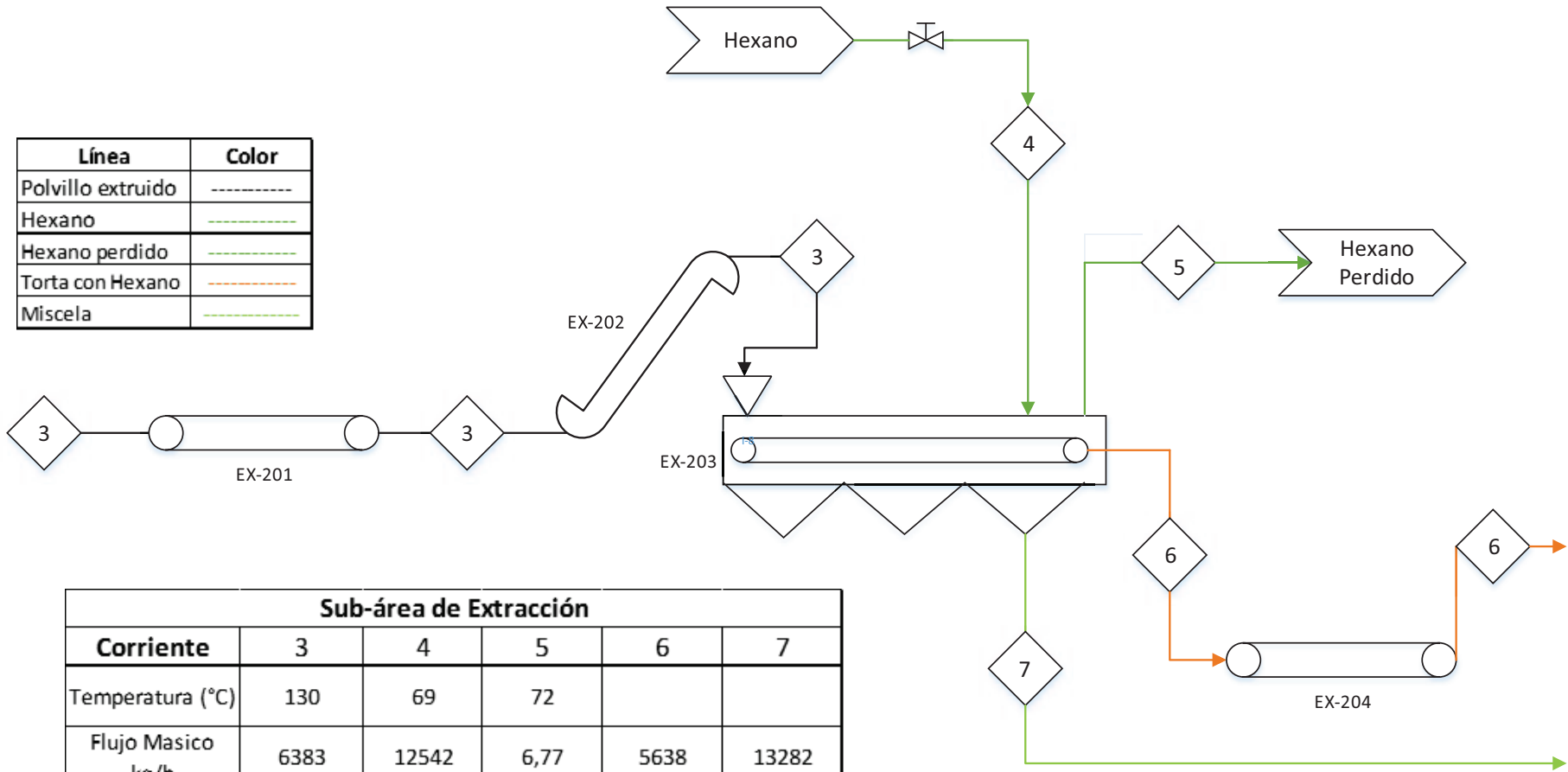


Sub-área de Tratamiento Térmico			
Corriente	1	2	3
Temperatura (°C)		100	130
Flujo Masico kg/h	6748	365	6383
Flujo Masico del Componente (kg/h)			
Polvillo de arroz	6748		
Agua evaporada		365	
Polvillo extruido			6383

Línea	Color
Polvillo de arroz	-----
Agua evaporada	-----
Polvillo extruido	-----

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL		
DISEÑO DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ		
Elaborado por:	Plano	1 de 3
César Ramírez	Sub-área de tratamiento térmico	

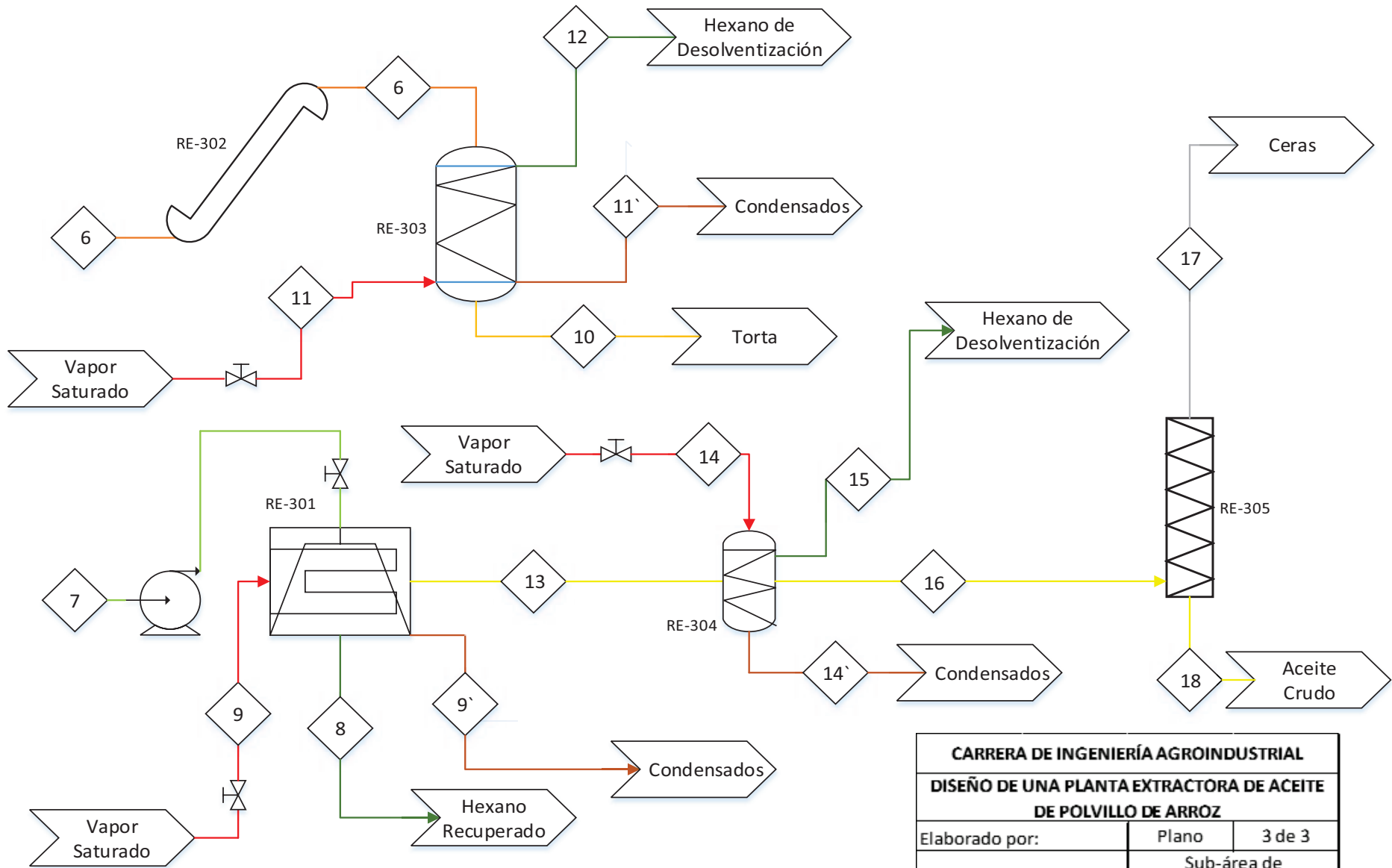
<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA EXTRACTORA CON EQUIPOS Y CÓDIGOS</b>	
<b>Sub-área de tratamiento térmico</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Código</b>
Balanza	TT-111
Banda transportadora	TT-112
Elevador	TT-113
Extrusor	TT-114
<b>Sub-área de extracción</b>	
Banda transportadora	EX-201
Elevador	EX-202
Extractor	EX-203
Banda transportadora	EX-204
<b>Sub-área de recuperación</b>	
Evaporador	RE-301
Elevador	RE-302
Desolventizador de torta	RE-303
Desolventizador de aceite	RE-304
Filtro de aceite	RE-305



Línea	Color
Polvillo extruido	-----
Hexano	-----
Hexano perdido	-----
Torta con Hexano	-----
Miscela	-----

Sub-área de Extracción					
Corriente	3	4	5	6	7
Temperatura (°C)	130	69	72		
Flujo Masico kg/h	6383	12542	6,77	5638	13282
Flujo Masico del Componente (kg/h)					
Polvillo extruido	6383				
Hexano		12542			
Hexano perdido			6,77		
Torta con Hexano				5638	
Miscela					13282

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL		
DISEÑO DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ		
Elaborado por:	Plano	2 de 3
César Ramírez	Sub-área de extracción	



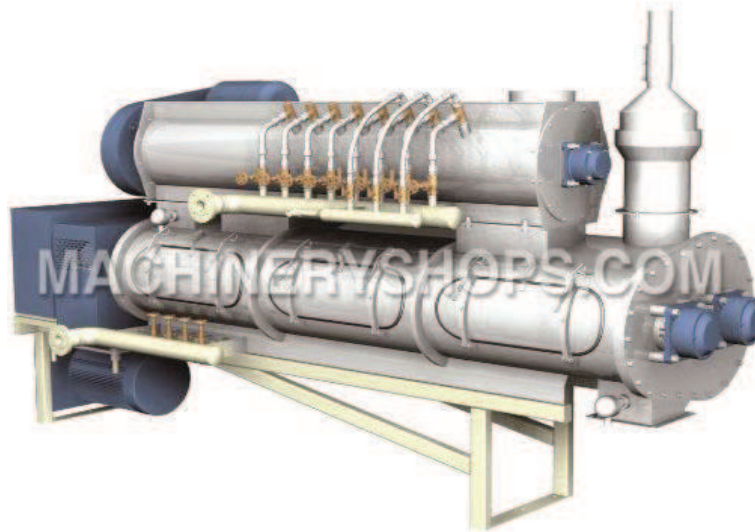
<b>CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL</b>		
<b>DISEÑO DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE POLVILLO DE ARROZ</b>		
Elaborado por:	Plano	3 de 3
César Ramírez	Sub-área de recuperación	



Sub-área de Recuperación													
Corriente	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Temperatura (°C)				121		121			121				
Flujo Masico kg/h	5638	13282	11685	3047,72	5199	329	438	1594	165,45	411	1183	26	1157
Flujo Masico del Componente (kg/h)													
Torta con hexano	5638												
Miscela		13282											
Hexano recuperado			11685										
Vapor saturado				3047,72									
Torta desolventizada					5199								
Vapor saturado						329							
Hexano de desolventización							438						
Aceite recuperado								1594					
Vapor saturado									165,45				
Hexano de desolventización										411			
Aceite desolventizado											1183		
Ceras												26	
Aceite crudo													1157

Línea	Color
Torta con Hexano	-----
Miscela	-----
Hexano recuperado	-----
Vapor saturado	-----
Torta desolventizada	-----
Hexano de desolventización	-----
Aceite recuperado	-----
Aceite desolventizado	-----
Ceras	-----
Aceite crudo	-----

**ANEXO XXVIII**  
**MAQUINARIA PRINCIPAL DE LA PLANTA EXTRACTORA**



**Figura AXXVIII.1.** Extrusor Muyang  
(Machineryshops, 2014)



**Figura AXXVIII.2.** Extractor DeSmet  
(Metalurgicaiar, 2014)



**Figura AXXVIII.3.** Evaporador de recuperación kmec  
(Plantasaceiteras, 2014)



**Figura AXXVIII.4.** Desolventizador tostador  
(Crowniron, 2014)



**Figura AXXVIII.5.** Filtro de aceite crudo  
(Flyingfilterpress.spanish.alibaba, 2014)



**Figura AXXVIII.6.** Caldero MT  
(Inoxidablesmt, 2014)

**ANEXO XXIX**  
**ACTIVOS FIJOS**

**Tabla AXXIX.1. Construcción de la planta**

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
<b>Mano de Obra (obreros)</b>				
Excavación de cimientos y canales de drenaje	Jornal	2	1 800	3 600
Fundición contra piso	Jornal	1	5 000	5 000
Edificación de columnas	Jornal	2	2 000	4 000
Edificación de techo	Jornal	3	800	2 400
Otros	Jornal	1	2 000	2 000
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Cemento	Saco	1 000	6,83	6 830
Piedra bola (volqueadas)	m3	144	176	25 344
Ripio (volqueadas)	m3	120	150	18 000
Vigas de acero	Quintal	66	60	3 960
Techo de zing (m2)	m2	800	20	16 000
Hierro (quintal)	Quintal	20	58	1 160
<b>Equipos de Construcción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Retroexcavadora	Horas	6	75	450
Niveladora	Horas	8	80	640
Compactadora	Horas	8	60	480
Mezcladora	Horas	12	30	360
<b>Terreno</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
<b>Hectáreas</b>	ha	1	<b>20 000</b>	<b>20 000</b>
Área Administrativa				40 000
Laboratorio				25 000
SubTotal Costo de construcción de Planta				<b>175 224</b>
2% Imprevistos				3 504,48
<b>TOTAL</b>				<b>178 728,48</b>

**Tabla AXXIX.2.** Maquinaria y equipo

CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL	Gasto energético (kW)
Balanza	Unidad	1	8 000	8 000	20
Extrusor	Unidad	1	30 000	30 000	200
Extractor	Unidad	1	150 000	150 000	100
Evaporador cilíndrico	Unidad	1	20 000	20 000	10
Desolventizador cilíndrico para torta	Unidad	1	20 000	20 000	80
Desolventizador cilíndrico para aceite	Unidad	1	15 000	15 000	20
Filtro de aceite	Unidad	1	20 000	20 000	50
Banda transportadora	Unidad	3	10 000	20 000	110
Elevador de Canjilones a extractor	Unidad	1	12 000	12 000	50
Elevador de canjilones a extrusión	Unidad	1	15 000	15 000	50
Caldero de 300 BHP	Unidad	1	30 000	30 000	10
Tanques cilíndricos de almacenamiento para Hexano	Unidad	1	15 000	15 000	35
Tanque de calentamiento de hexano	Unidad	1	20 000	20 000	20
Tanques cilíndricos de almacenamiento para Aceite	Unidad	1	10 000	10 000	35
Elevador a desolventización	Unidad	1	2 500	2 500	50
Extintor	Unidad	1	30	30	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>387 530</b>	
2% Imprevistos				7 750,60	
<b>TOTAL</b>				<b>395 280,60</b>	
<b>Consumo energético total (kW/h)</b>					<b>840</b>
<b>Costo energético de Caldero en gal de Diesel (\$)</b>					<b>65,28</b>
<b>Costo total de consumo energético en kW (\$)</b>					<b>67,20</b>

**Tabla AXXIX.3.** Equipo de computación

CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Computadora	Unidad	6	800	4 800
Impresora	Unidad	1	350	350
<b>SUBTOTAL</b>				5 150
2% Imprevistos				103
<b>TOTAL</b>				5 253

**Tabla AXXIX.4.** Equipos de oficina

CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Teléfono	Unidad	6	15,00	90,00
Fax	Unidad	1	100,00	100,00
Calculadora	Unidad	6	15,00	90,00
Papelera	Unidad	6	8,00	48,00
Grapadora	Unidad	6	2,00	12,00
Perforadora	Unidad	6	3,00	18,00
<b>SUBTOTAL</b>				358,00
2% Imprevistos				7,16
<b>TOTAL</b>				<b>365,16</b>

**Tabla AXXIX.5.** Muebles y enseres

CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Escritorio	Unidad	6	190,00	1 140,00
Silla giratoria	Unidad	6	65,00	390,00
Archivador	Unidad	6	120,00	720,00
<b>SUBTOTAL</b>				2 250,00
2% Imprevistos				45,00
<b>TOTAL</b>				<b>2 295,00</b>

**Tabla AXXIX.6.** Otros activos

DENOMINACIÓN	(USD)
Equipos y muebles de oficina	7 913
Talleres	3 000
Constitución de la sociedad	2 155
Repuestos y accesorios	3 000
Intereses durante la construcción (15% anual)	26 766
Gastos de puesta en marcha	5 929
Suministros de Oficina (3 meses)	300
<b>TOTAL</b>	<b>49 063</b>

### **Presupuesto De Costos**

Es la suma de todos los elementos que se utilizan en la elaboración de los productos, es decir todos los gastos invertidos por la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz en el proceso de producción.

Este rubro es importante porque se encuentra en relación directa con el valor del precio final, por lo que con una mayor eficiencia de producción y minimizando los desperdicios se obtendrá un costo de producción menor, que será competitivo.

Por su naturaleza existen dos tipos de costos: Fijos y Variables.

#### **Costos variables.**

Es aquel costo que tiene relación directa con el volumen de producción, es decir si se incrementa la producción este tipo de costos se incrementan.

Dentro de la naturaleza de los costos variables tenemos los siguientes:



**ANEXO XXX**  
**RUBROS DEL CAPITAL DE TRABAJO**

**Tabla AXXX.1.** Costo de polvillo de arroz (usd)

<b>Costo de materia prima (polvillo de arroz)</b>				
Tiempo	Unidad (quintal)	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Por hora	Quintal	150	3,6	540
Por Día	Quintal	3 600	3,6	12 960
Por Mes	Quintal	107 984	3,6	388 742,40
Por Año	Quintal	1 295 805	3,6	4 664 898,00

**Tabla AXXX.2.** Costo de hexano perdido

<b>Costo de hexano perdido en la extracción (solvente)</b>				
Tiempo	Unidad (kilogramo)	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Por hora	kg	6,77	1,6	10,83
Por Dia	kg	162,48	1,6	259,97
Por Mes	kg	4 874,40	1,6	7 799,04
Por Año	kg	58 492,80	1,6	93 588,48

**Tabla AXXX.3.** Inventario de hexano para la extracción

<b>Inventario de hexano para la extracción</b>				
Tiempo	Unidad (kilogramo)	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Por hora	kg	12 542,00	1,6	20 067,20
Por Dia	kg	301 008,00	1,6	481 612,80
Por Mes	kg	305 882,40	1,6	489 411,84

### Mano de Obra Directa.

Está constituido por aquellos trabajadores que participan en el proceso productivo.

La mano de obra directa para esta De la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz se encuentra determinada por el requerimiento del personal que participa en el proceso productivo, ese rubro es **132 192 USD**, anuales.

**Tabla AXXX.4.** Mano de obra directa

DENOMINACION		N°	Sueldo Mensual	Total Anual
			(USD)	(USD)
Calificados		0	-	-
Semi-Calificados		24	340	97 920
No Calificados				-
SUMAN				97 920
	%			
Cargas sociales	35,0			34 272
<b>TOTAL</b>				<b>132 192</b>

### Suministros

En el proyecto son indispensables los insumos para apoyar los procesos de producción, como: agua potable, energía eléctrica, teléfono, el monto que implica este rubro es de **1 824 273 USD**, anuales.

### Materiales Indirectos

Los materiales indirectos se consideran a los sacos de yute donde se almacena la torta desolventizada, en una cantidad de 998 208 sacos con un costo de 0,15 USD cada uno, esto da un costo total de **149 731 USD** al año.

**Tabla AXXX.5.** Suministros

CONCEPTO	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
		(USD)	(USD)
Energía eléctrica (kW-h)	7 257 000	0,08	580 560
Combustible (diesel, galones)	552 960	1,02	564 019
HEXANO (t)	359	1 600,00	574 400
Lubricantes (gal)	50	15,00	750
Agua (m3)	190 080	0,55	104 544
<b>TOTAL</b>			<b>1 824 273</b>

**Tabla AXXX.6.** Costo de consumo energético (Diesel)

Tiempo	Unidad gal	Cantidad	Pecio unitario	Precio Total (\$)
Por hora	gal	64,00	1,02	65,28
Por Día	gal	1 536,00	1,02	1 566,72
Por Mes	gal	46 080,00	1,02	47 001,60
Por Año	gal	552 960,00	1,02	564 019,20

**Costos fijos.** Son aquellos que no guardan con el volumen de producción, su monto total permanece constante a través del período de la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz se tendrá que incurrir en esos costos.

**Mano de Obra Indirecta.** Está dada por aquellos trabajadores que apoyan los procesos productivos en actividades de supervisión, vigilancia, limpieza, mantenimiento. El rubro de mano indirecta es de **115 668 USD**, anual.

Tabla AXXX.7. Mano de obra indirecta

DENOMINACIÓN		N°	Sueldo Mensual	Total Anual
			(USD)	(USD)
Jefe de Producción		3	750	27 000
Jefe de mantenimiento		3	750	27 000
Laboratorista		1	600	7 200
Mecánico		3	340	12 240
Guardian – portero		3	340	12 240
<b>SUMAN</b>				<b>85 680</b>
Cargas sociales (%)	35,0			29 988
<b>TOTAL</b>				<b>115 668</b>

Tabla AXXX.8. Gastos administrativos

PERSONAL		N°	Sueldo Mensual	Total Anual
			(USD)	(USD)
Gerente		1	2 300	27 600
Contador		1	700	8 400
Secretaria		1	540	6 480
<b>SUMAN</b>				<b>42 480</b>
Cargas sociales (%)	35,0			14 868
<b>SUMAN</b>				<b>57 348</b>
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)				791
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)				216
Gastos de oficina				300
Teléfonos				240
Imprevistos (%)	2,0			1 178
<b>TOTAL</b>				<b>60 073</b>

**Tabla AXXX.9.** Gastos de ventas

GASTOS DE PERSONAL		N°	Sueldo Mensual	Total Annual
			(USD)	(USD)
Jefe de Ventas		1	900	10 800
Sub Total				10 800
	%			
Cargas sociales	0,4			38
<b>Total</b>				<b>10 838</b>
<b>GASTOS DE PROMOCIÓN</b>				
Publicidad				6 600
SUMAN				17 438
	%			
Imprevistos	2,0			349
<b>TOTAL</b>				<b>17 787</b>

**Tabla AXXX.10.** Depreciación

CONCEPTO	Vida Útil	Costo	Valor Anual
	(Años)	(USD)	(USD)
Construcciones	20	178 440	8 922
Maquinaria y equipo	5	408 580	81 716
Laboratorio	5	25 000	5 000
Talleres	3	3 000	1 000
Imprevistos de la inversión fija	5	12 722	2 544
Gastos de puesta en marcha	5	5 929	1 186
<b>TOTAL</b>			<b>100 368</b>

**Reparación y Mantenimiento.** Este valor está dado en función de los activos fijos que dispone la Planta extractora de aceite de polvillo de arroz.

**Tabla AXXX.11.** Reparación y mantenimiento

CONCEPTO	%	Costo (USD)	Valor Total (USD)
Maquinaria y equipo	5,0	408 580	20 429
Edificios y Construcciones	2,0	178 440	3 569
<b>TOTAL</b>			<b>23 998</b>

**Seguros.**

El bienestar y la garantía de la inversión en activos fijos son medidas que se deben tomar con la contratación de seguros para prevenir siniestros, de una manera se garantiza la actividad de producción de la planta extractora de aceite de polvillo de arroz.

**Tabla AXXX.12.** Seguros

CONCEPTO	%	Costo (USD)	Valor Total (USD)
Maquinaria y equipo	2,0	408 580	8 172
Edificios y Construcciones	2,0	178 440	3 569
<b>TOTAL</b>			<b>11 740</b>

**Formula del Valor actual neto (VAN)**

$$VAN = -I_0 + \sum \left( \frac{M}{(1+i)^n} \right)$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial

$M$ : Valor neto de los distintos flujos de caja

$n$ : Número de periodos o años

$i$ : Tasa de retorno del periodo

**ANEXO XXXI**  
**NÓMINA**

<b>Cargo</b>	<b>Sueldo Básico</b>	<b>No. Empleados</b>	<b>Total</b>	<b>Vacaciones</b>	<b>13er. Sueldo</b>	<b>14to. Sueldo</b>	<b>Fondo de Reserva</b>	<b>Aporte Patronal</b>	<b>SECAP 0,5%</b>	<b>IECE 0,5%</b>	<b>Total Mensual</b>	<b>Total Anual</b>
Gerente General	2 300	1	2 300,00	95,80	191,59	143,75	191,59	256,45	11,50	11,50	2 260,10	<b>27 121,14</b>
Secretaria - Recepcionista	540,00	1	540,00	22,49	44,98	33,75	44,98	60,21	2,70	2,70	530,63	<b>6 367,57</b>
Jefe de Ventas	900,00	1	900,00	37,49	74,97	56,25	74,97	100,35	4,50	4,50	884,39	<b>10 612,62</b>
Contador	700,00	1	700,00	29,16	58,31	43,75	58,31	78,05	3,50	3,50	687,86	<b>8 254,26</b>
Guardia	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Jefe de Producción	750,00	3	2 250,00	93,71	187,43	140,63	187,43	250,88	11,25	11,25	2 210,96	<b>26 531,55</b>
Jefe de Mantenimiento	750,00	3	2 250,00	93,71	187,43	140,63	187,43	250,88	11,25	11,25	2 210,96	<b>26 531,55</b>
Operario de Pesaje	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Operario de Extrusor	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Operario extracción	340,00	6	2 040,00	84,97	169,93	127,50	169,93	227,46	10,20	10,20	2 004,61	<b>24 055,27</b>
Operario desolventizado de torta	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Operario evaporador	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Operario filtro	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Operario tanques de almacenamiento	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Mecánico	340,00	3	1 020,00	42,48	84,97	63,75	84,97	113,73	5,10	5,10	1 002,30	<b>12 027,64</b>
Laboratorista	600,00	1	600,00	24,99	49,98	37,50	49,98	66,90	3,00	3,00	589,59	<b>7 075,08</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>											<b>232.770,13</b>	