

**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE
SURFACTANTES ANIÓNICOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE Y
ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉCNICO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DEL
PROCESO A ESCALA INDUSTRIAL.**

**FLAVIO ALEXANDER HERNANDEZ CAICEDO
INGRID JOHANNA REYES BADILLO**

Profesor Titular

Ingeniero Químico Ph. D. VIATCHELAV KAFAROV

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA, MAYO DEL 2006**

**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE
SURFACTANTES ANIÓNICOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE Y
ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉCNICO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DEL
PROCESO A ESCALA INDUSTRIAL.**

**FLAVIO ALEXANDER HERNANDEZ CAICEDO
INGRID JOHANNA REYES BADILLO**

Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Químico

Profesor Titular

Ingeniero Químico Ph. D. VIATCHELAV KAFAROV

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA, MAYO DEL 2006**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
ESTUDIO EXPLORATORIO DE MERCADOS	1
1.1 Descripción del Producto	1
1.2 Análisis de Demanda de los Surfactantes	2
1.2.1 Demanda Nacional	2
1.2.2 Proyección de la Demanda Nacional	2
1.2.3 Precios	3
1.3 Disponibilidad de la Materia Prima	4
1.4 Oferta y Demanda del Aceite de Palmiste en Colombia	5
1.4.1 Precios	5
1.4.2 Producción de Aceite de Palmiste Zona Central	5
1.5 Conclusión del Estudio Exploratorio de Mercados	6
2. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SURFACTANTES ANIÓNICOS	8
2.1 Tamaño de la Planta	7
2.1.1 Demanda	8
2.1.2 Disponibilidad de Materia Prima	8
2.1.3 Disponibilidad de la Tecnología y Equipos	9
2.2 Localización de la Planta	9
2.3 Tecnologías para la Obtención de Surfactantes Aniónicos	10
2.3.1 Sulfonación	11
2.3.1.1 Agentes de Sulfonación	11
2.3.1.2 Factores Físicos y Químicos que Influyen en la Sulfonación	12
2.4 Descripción del Proceso de Producción de Surfactantes Aniónicos	14
2.4.1 Etapas Principales	14
2.4.2 Diagrama del Proceso	17
2.4.3 Descripción del Diagrama de Flujo	18

2.5 Balances de Masa y Energía	19
2.6 Dimensionamiento de Equipos Principales	22
2.7 Consumo de Materia Prima y Servicios Industriales	22
2.8 Análisis de Impacto Ambiental	23
2.8.1 Emisiones	23
2.8.2 Vertimientos	24
2.9 Distribución de la Planta	24
2.9.1 Infraestructura	24
2.9.2 Personal	24
3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	27
3.1 Evaluación Económica de la Planta de Surfactantes Aniónicos	27
3.1.1 Costo de Producción	27
3.1.2 Inversión Total Inicial	29
3.1.3 Cronograma de Inversiones	30
3.1.4 Estado de Resultados	31
3.1.4.1 Sin Financiamiento	31
3.1.4.2 Con Financiamiento	32
3.2 Evaluación Financiera de la Planta de Surfactantes Aniónicos	32
3.2.1 Valor Presente Neto (VPN)	32
3.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	33
3.2.3 Tiempo de Retorno de la Inversión (TRI)	33
3.2.5 Análisis de Sensibilidad	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Consumo de Materia Prima	22
Tabla 2. Consumo de Servicios Industriales	23
Tabla 3. Costo de Producción Anual	28
Tabla 4. Inversión Total Inicial	30
Tabla 5. Cronograma de Inversiones	30

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Bloques del Proceso	14
Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso	21

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Aplicaciones y Usos de los Surfactantes	41
ANEXO B. Clasificación de los Surfactantes Aniónicos	47
ANEXO C. Análisis de demanda de los Surfactantes Aniónicos	48
ANEXO D. Oferta y Demanda del Aceite de Palmiste	49
ANEXO E. Principales Empresas Productoras y Comercializadoras de Producto de Aseo	57
ANEXO F. Agentes de Sulfonación	58
ANEXO G. Balances de Masa y Energía del Proceso	59
ANEXO H. Equipos Principales Requeridos en el Proceso	71
ANEXO I. Distribución de la Planta	72
ANEXO J. Producción y Ventas del Presupuesto de Producción	76
ANEXO K. Costos de Fabricación y Gastos de Administración	80
ANEXO L. Costo de los Equipos Principales	82
ANEXO M. Estado de Resultados con Financiamiento	84
ANEXO N. Valor Presente Neto	88
ANEXO O. Análisis de Sensibilidad	89

RESUMEN

1. TÍTULO

DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE SURFACTANTES ANIÓNICOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE Y ANÁLISIS DEL IMPACTO TÉCNICO-ECONÓMICO-AMBIENTAL DEL PROCESO A ESCALA INDUSTRIAL*.

2. AUTORES

Flavio Alexander Hernández Caicedo**
Ingrid Johanna Reyes Badillo**

3. PALABRAS CLAVES

Surfactantes Aniónicos, Aceite de Palmiste, Sulfonación de Ácidos Grasos, Trióxido de Azufre.

4. DESCRIPCIÓN

El objetivo del presente trabajo es hacer una evaluación Técnico-Económico-Ambiental para la producción de surfactantes aniónicos a partir de aceite de palmiste.

Para desarrollar este estudio primero se analizó la información comercial referente a la oferta y la demanda nacional de los surfactantes aniónicos y los precios del producto y la materia prima. Posteriormente se definió el tamaño para una planta que cubra las necesidades de Colombia y la mejor ubicación para esta planta dentro del territorio nacional. Se seleccionó la ruta tecnológica más conveniente y se realizó el diseño básico de la planta caracterizando los equipos principales y secundarios y calculando las cantidades necesarias de materia prima, insumos y servicios. Finalmente se hizo la evaluación económica y financiera para definir la factibilidad del proyecto.

El estudio arrojó como resultados que la capacidad indicada de una planta de surfactantes aniónicos para cubrir la demanda de Colombia es de 5.300 Ton / año. El lugar más conveniente para la ubicación de la planta de surfactantes aniónicos es el municipio de Puerto Wilches en el departamento de Santander. La sulfonación de ácidos grasos del aceite de palmiste sería la más conveniente para el proceso de producción. En la evaluación económica y financiera se pudo concluir que el proyecto es rentable económicamente.

* Tesis de Grado

** Estudiantes de la Facultad de Ciencias Físico-químicas. Escuela de Ingeniería Química.

ABSTRACT

1. TITTLE

DESIGN OF AN INDUSTRIAL PLANT FOR THE PRODUCTION OF ANIONIS SURFACTANTS TO LEAVE OF PALM KERNEL OIL AND ANALYSIS OF THE TECHNICIAN-ECONOMIC-ENVIRONMENTAL IMPACT FROM THE PROCESS TO INDUSTRIAL SCALE *.

2. AUTHORS

Flavio Alexander Hernandez Caicedo **
Ingrid Johanna Reyes Badillo **

3. KEYWORDS

Anionic Surfactants, Palm Kernel Oil, Sulfonation of Fatty Acids, Sulfur Trioxide.

4. DESCRIPCION

The objective of this work is making a technical-economic-environmental evaluation for anionic surfactants production in Colombia, using palm kernel oil as raw material.

To develop this study, first the commercial information was analyzed in regard to national demand and supply for anionic surfactant, and product and raw material prices. Next it was defined the capacity for a plant to cover Colombia needs and the best location for this plant inside of national territory. It was selected the most convenient technological route and it was realized the plant basic design, defining the principal and secondary equipment devices and calculating necessary quantities of raw material, supplies and services. Finally it was made the economical and financial evaluation to define the project feasibility.

The study threw out as results the indicated capacity for anionic surfactant plant to cover Colombia demand is 5.300 Ton / year. The most favorable place for the location of said plant is the municipality of Puerto Wilches in the department of Santander. The Sulfonation of fatty acids of the palm kernel oil would be the most convenient route for production process. On the economical and financial evaluation it could be concluded the project is economically viable.

* Graduation Thesis

** Students of Faculty of Physic-Chemical Sciences. Chemical Engineering School.

INTRODUCCIÓN

Colombia juega un papel representativo en el mercado mundial del Aceite de Palma y sus derivados ya que es el cuarto productor en el mundo y el primero de América Latina. Sin embargo la competitividad de Colombia en el mercado externo esta sujeta a las constantes variantes del precio internacional del aceite que presentan tendencia a disminuir debido al desarrollo tecnológico y el incremento en los niveles de producción de los grandes competidores. Esto limita la participación de Colombia porque el precio de venta nacional suele quedar por encima del precio de venta internacional porque los productores colombianos aún no logran reducir los costos de producción.

Es necesario romper la dependencia que tiene la competitividad de la industria del aceite de palma y sus derivados del comportamiento de los precios internacionales. Una buena alternativa para lograr este quiebre es dar valor agregado al aceite dentro del territorio nacional a través de la producción de oleoquímicos básicos que permitan constituir la industria oleoquímica en el país y así disminuir el riesgo de la rentabilidad del aceite en función única de su valor individual.

El aceite de palmiste es el subproducto principal del aceite de palma y gracias a su alto contenido de ácido Láurico es materia prima preferida para la producción de surfactantes (oleoquímicos básicos).

El mercado de surfactantes es más rentable que el de aceites comestibles y jabones por lo que resulta de alto interés para la palmicultura colombiana realizar un estudio de prefactibilidad para la producción de surfactantes.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un estudio de prefactibilidad Técnico-Económico-Ambiental para la producción de surfactantes aniónicos partir de aceite de palmiste crudo, este documento contiene un estudio exploratorio de mercados con el cual se determina la demanda de surfactantes aniónicos en el país, así mismo se desarrolla el diseño conceptual del proceso de producción y finalmente se presenta la evaluación económica y financiera para una planta de 5.300 Ton / año de surfactantes aniónicos a partir de Aceite de Palmiste.

El trabajo desarrollado resulta de especial importancia puesto que es uno de los primeros estudios sobre la producción de surfactantes a partir de Aceite de Palmiste en Colombia.

1. ESTUDIO EXPLORATORIO DE MERCADOS

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Los surfactantes son compuestos químicos con actividad superficial o con capacidad para absorberse preferencialmente en la interfase del sistema en forma de monocapa o capa monomolecular orientada, modificando las propiedades físico-químicas y/o químicas debido a la presencia de una estructura de grupos con tendencia opuesta de solubilidad. Estas modificaciones pueden estar acompañadas por la formación de espuma y coloides, emulsiones o suspensiones, dispersiones o aerosoles.

La molécula típica de un surfactante tiene dos partes: Un grupo polar que contiene heteroátomos como O, S, P ó N que se encuentran en grupos alcohol, ácido, sulfato, sulfonato, fosfato, amina, amida, etc., y un grupo apolar o poco polar que es en general un grupo hidrocarbonado de tipo alquil o alquil benceno, y que puede contener eventualmente átomos de halógeno u oxígeno.

La parte polar posee afinidad por los solventes polares en particular el agua y se denomina comúnmente la parte **hidrófila** o **hidrofílica**. Por el contrario el grupo apolar se llama la parte **hidrófoba** o **hidrofóbica**, o bien **lipofílica**, del griego "phobos", el miedo, y "lipos", la grasa. Debido a esta configuración química, los surfactantes tienen una gran acción en las interfases, donde las moléculas son absorbidas adquiriendo una orientación particular.

Desde el punto de vista comercial los surfactantes se clasifican según su aplicación y fuente de obtención. Sin embargo se observa que muchos

surfactantes son susceptibles de ser utilizados en aplicaciones diferentes, lo que provoca confusiones. En la Tabla A1 del Anexo A se muestra una descripción de los diferentes tipos de surfactantes, así como los compuestos utilizados para su obtención, las razones de uso y el mecanismo de acción. Los surfactantes son productos químicos de amplia aplicación, en la Figura A1 del Anexo A se presenta algunas industrias que requieren la utilización de éstos. [2, 7, 10, 4], así como también en el Anexo A son descritas brevemente las propiedades técnicas de los surfactantes.

Debido a que la materia prima utilizada para la producción de surfactantes en el presente trabajo es de fuente orgánica este surfactante pertenecerá a la clase de los surfactantes aniónicos. La principal característica de estos surfactantes es que se disocian en un anión anfífilo y un catión, el cual es en general un metal alcalino o un amonio cuaternario. La producción de estos surfactantes aniónicos representa alrededor del 55% de los surfactantes producidos anualmente en el mundo. Un esquema generalizado de estos surfactantes, su obtención y usos se presenta en la Tabla B1 del Anexo B.

1.2 ANÁLISIS DE DEMANDA DE LOS SURFACTANTES ANIÓNICOS

1.2.1 Demanda Nacional

La Figura C1 del Anexo C muestra el comportamiento que ha tenido los surfactantes aniónicos durante los últimos años en nuestro país. Se observa que las importaciones son el mecanismo para satisfacer la demanda nacional ya que la producción en nuestro país es muy baja. En el año 2002 se importó la mayor cantidad y alcanzó un valor de 5.509 toneladas. Las exportaciones no tienen valores significativos en comparación con los volúmenes de

consumo e importación. En lo año de 1998, 2001 y 2003 se han registrado las mayores cantidades exportadas con valores de 1.004, 654 y 494 toneladas respectivamente.

1.2.2 Proyección de la Demanda Nacional

En la Figura C2 del Anexo C se muestra la proyección de la demanda nacional de los surfactantes aniónicos, la cual se hace a partir de la información del consumo nacional aparente. Esta proyección se realiza mediante un ajuste lineal del comportamiento histórico de la demanda y su correspondiente extrapolación a 10 años.

Los surfactantes aniónicos son principalmente la materia prima para la elaboración de cosméticos, productos de aseo y cuidado personal. Por esta razón la demanda de los surfactantes está ligada a la demanda de estos productos.

Los productos de aseo, que son principalmente jabones y detergentes junto con los de cuidado personal, por ser productos de la canasta familiar tienen una demanda más recurrente y estable que los cosméticos [1]. Sin embargo la demanda generalizada de este sector se incrementa en forma proporcional al crecimiento de la población. De acuerdo con lo anterior es acertada una proyección lineal para la demanda de los surfactantes en referencia al crecimiento poblacional.

La demanda nacional promedio en el período de 1998 a 2003 fue de 4.729 toneladas por año y la mayor demanda insatisfecha fue 5.105 toneladas en el año 2001. A partir del análisis de regresión lineal se hace un pronóstico de la

demanda hasta el año 2010, en el que la demanda sería aproximadamente 5.600 toneladas al año.

1.2.3 Precios

En la Figura C3 del Anexo C se muestra el comportamiento del precio de venta de los surfactantes aniónicos desde el año 2001-2005, en ella se puede observar que ha habido un incremento importante en el precio desde el año 2002.

1.3 DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA

La principal materia prima del proceso es el aceite de palmiste, el cual es obtenido del núcleo del fruto de la Palma Africana "*Elaeis Guineensis*". Junto al aceite de coco son conocidos como aceites laúricos ya que el Acido Laúrico es aproximadamente el 48% de su composición de ácidos grasos y ningún otro aceite tiene más de un 1% y las grasas alcanzan solo un 3%.

El aceite de palmiste es un aceite saturado en un 80%. Su composición química es completamente diferente a aquella del aceite de palma. Tiene ciertas similitudes con el aceite de coco, en cuanto a características y composición. En la Tabla D2 del Anexo D se muestra las principales propiedades físicas del Aceite de Palmiste. En su estado crudo es ligeramente amarillo, pero una vez refinado es completamente claro lo que le permite ser usado en muchas aplicaciones tanto comestibles como no comestibles. En la Tabla D1 del anexo D se muestran los diferentes ácidos

grasos que contienen el aceite de palmiste así como sus propiedades y usos.

Los ácidos grasos presentan gran variedad de reacciones que por la acción de los reactivos influyen sobre la cadena hidrocarbonada y el grupo carboxílico. En la Figura D1 del Anexo D se presenta en forma general algunas posibles reacciones de estos ácidos grasos.

A continuación se presenta un breve análisis de la demanda y la oferta del aceite de palmiste en Colombia y a su vez se estudiará la producción de Aceite de Palmiste en la zona Central de Colombia.

1.4 OFERTA Y DEMANDA DEL ACEITE DE PALMISTE EN COLOMBIA

En la Figura D2 del Anexo D se puede apreciar que la producción nacional de aceite de palmiste se ha incrementado considerablemente durante los últimos años. Sin embargo la oferta disponible ha disminuido levemente en el año 2001 a causa del aumento en las exportaciones pero a partir del año 2002 ha aumentado, mientras el consumo aparente se había mantenido prácticamente constante hasta el año 2003, se observa que cambia considerablemente en el año 2004.

Las exportaciones de aceite de palmiste en Colombia han variado de una manera considerable durante los años 2000-2002, ya que como se observa hubo un aumento en el año 2001 pero disminuyó considerablemente en el año 2002, pero a partir de este año se ha visto un aumento notorio en las exportaciones siendo el año 2004 el mayor año de exportaciones con un total de 34.600 Toneladas como se observa en la Figura D3 del anexo D.

1.4.1 Precios

En la Figura D4 del Anexo D se muestra que el precio nacional de venta del aceite de palmiste ha estado por encima del precio internacional en el mercado CIF Róterdam, como se observa en el año 2000 tanto el precio internacional como nacional tuvieron una baja, ya que el precio nacional alcanzó un valor de US\$ 365 por Tonelada mientras que el precio internacional fue US\$ 308 por Tonelada. Desde el 2001 se observa un aumento en los precios del aceite de palmiste tanto nacional como internacional siendo el precio nacional mayor que el internacional.

1.4.2 Producción de Aceite de Palmiste Zona Central

Como se observa en la Figura D5 del Anexo D la producción de aceite de palmiste ha ido aumentando en los últimos años debido al gran consumo a nivel nacional así como el aumento de los precios nacionales como internacionales, siendo la producción más alta de aceite de palmiste en el año 2004 con 16.319 Toneladas. En la Tabla D4 del anexo D se muestra las plantas de beneficio ubicadas en la Zona Central.

1.5 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO EXPLORATORIO DE MERCADOS

De acuerdo al estudio de mercados realizado anteriormente se llegó a la conclusión que la demanda de surfactantes aniónicos en Colombia está ligada a la demanda de productos de aseo para el hogar, el cuidado personal y cosméticos. El crecimiento de esta demanda se debe principalmente al desarrollo de nuevos y mejores productos en el sector de detergentes. En

general la demanda de surfactantes aniónicos se caracteriza por ser una demanda creciente, estable y proporcional al crecimiento de la población.

Un aspecto que beneficia la demanda de surfactantes aniónicos en particular, es la renovabilidad de sus fuentes de obtención, ya que facilita el proceso de certificación para que los productos ingresen a los mercados verdes. Así mismo han mostrado tener mayor preferencia por los consumidores debido a las estrategias de mercadeo usadas en los últimos años en pro de la protección del medio ambiente.

La demanda nacional de surfactantes aniónicos en el año 2003 ascendía a 4.695 toneladas y constantemente ha sido satisfecha mediante la importación de estos productos ya que existen muy pocas empresas productoras en el país. La proyección realizada de la demanda señala que para el año 2010 el consumo de surfactantes aniónicos será aproximadamente 5.600 toneladas por año.

Por otra parte la producción de aceite de palmiste en el año 2004 en la Zona Central alcanzó un valor de 16.319 toneladas y el incremento en la producción espera mantenerse en constante crecimiento, lo cual garantiza la disponibilidad de materia prima.

Se puede concluir que el establecimiento de una planta para producir surfactantes aniónicos es viable comercialmente ya que la demanda nacional está insatisfecha dentro del mercado nacional.

2. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SURFACTANTES ANIÓNICOS

2.1 TAMAÑO DE LA PLANTA

Para determinar el tamaño de la planta se tiene en cuenta factores como la demanda nacional de surfactantes aniónicos que fue previamente establecida con el estudio exploratorio de mercados, la disponibilidad de materia prima y la disponibilidad de la tecnología y los equipos.

2.1.1 Demanda

El tamaño propuesto debería ser tal que pueda cubrir como mínimo la demanda nacional actual; por lo tanto el tamaño de la planta puede ser igual o mayor a dicha demanda.

En el estudio exploratorio de mercados realizado se demostró que Colombia tiene una demanda promedio insatisfecha de 5.105 Ton / año y la demanda proyectada para el año 2010 es de 5.600 Ton / año aproximadamente. De acuerdo con lo anterior, se propone inicialmente un tamaño de planta de 5.300 Ton / año que permita cubrir la demanda nacional.

2.1.2 Disponibilidad de Materia Prima

Para producir 5.300 Ton/ año de surfactantes aniónicos se requiere procesar alrededor de 5.600 Ton/año de aceite de palmiste, si se asume una conversión total del 95% que corresponde a un valor en el rango de los procesos actualmente existentes. La producción de aceite de palmiste en la Zona Central en el año 2004 fue 16.319 Ton/año con una tasa de crecimiento

anual de 9.6% lo cual indica que en el 2006 la producción nacional estará muy cerca de las 19.000 Ton/año, por lo tanto el tamaño de la planta propuesto anteriormente es viable con respecto a la disponibilidad de la materia prima.

2.1.3 Disponibilidad de la Tecnología y Equipos

Una planta de 5.300 Ton/año de surfactantes aniónicos es viable tecnológicamente, ya que se encuentra dentro del intervalo de capacidad instalada de las principales plantas productoras del mundo.

2.2 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

El lugar seleccionado para la ubicación de la planta es el Municipio de Puerto Wilches, ya que este municipio es uno de los principales productores de aceite de palmiste crudo en la Zona Central y además, con la ubicación de esta planta se quiere contribuir al desarrollo industrial de la región.

Además la cercanía al mercado consumidor no sería muy grande ya que Santafé de Bogotá D.C. registra las más altas cifras de producción de la agrupación industrial que contiene el grupo de preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador; además otras ciudades como Medellín y Cali también presentan índices altos de estas industrias.

En la Tabla E1 del Anexo E se presenta un listado de las principales empresas productoras y comercializadoras de productos de aseo, cuidado personal y cosméticos en Colombia, en el cual se puede confirmar que la capital del país es la zona de mayor producción de ésta industria y por lo

tanto es la zona de mayor consumo de surfactantes aniónicos. Con base en lo anterior, Santafé de Bogotá D.C. es considerada como el mercado consumidor objetivo de este proyecto..

Disponibilidad de Servicios Públicos

Este municipio cuenta con todos los principales servicios requeridos para el funcionamiento de la planta son agua, energía eléctrica y gas.

Mano de Obra Disponible

Debido al alto grado de desempleo a nivel nacional será fácil encontrar mano de obra calificada para la puesta en marcha de la planta productora de surfactantes aniónicos en este Municipio.

Costo de Terrenos

El costo de los terrenos en Puerto wilches es alrededor de los \$ 20.000 por m², lo cual hace que no sea costosa la adquisición del terreno para la construcción de la planta productora de surfactantes aniónicos.

2.3 TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE SURFACTANTES ANIÓNICOS

2.3.1 Sulfonación

La sulfonación es el proceso químico por el cual, el grupo sulfónico ($-\text{SO}_3\text{H}$) se introduce en la estructura molecular de un material orgánico. La sulfonación de ácidos grasos es una de las reacciones de mayor importancia para obtener surfactantes aniónicos tipo sulfonatos, por su gran utilización en diferentes clases industriales y ventajas biodegradables.

Los compuestos susceptibles de ser sulfonados se pueden clasificar, en general de acuerdo al tipo de estructura al que el grupo sulfónico estará unido, en: Aromáticos, Alifáticos y Alicíclicos, N-sulfonatos y Heterocíclicos. Los materiales de mayor auge comercial son principalmente Alquibencenos, Alcoholes grasos, α -olefinas, Ácidos grasos y Esteres de ácidos grasos; siendo los dos primeros, los sulfonados en mayor volumen.

2.3.1.1 Agentes de Sulfonación

Los agentes más usados en la industria y en la investigación son: SO_3 , H_2SO_4 y oleum, ya que estos tienen una alta reactividad con la mayoría de materiales, a las características de proceso y a su relativo bajo costo. En la Tabla F1 del Anexo F aparece una comparación de las características del H_2SO_4 y del SO_3 como agentes de sulfonación.

El uso de H_2SO_4 y oleum viene disminuyendo desde hace varios años, debido a los problemas de contaminación ambiental que genera. La característica que hace que aún se emplee en algunas plantas pequeñas es la sencillez del proceso de sulfonación que genera, lo cual lo hace accesible económicamente a pequeños inversionistas.

El consumo de SO_3 se ha incrementado y se ha convertido en el agente de sulfonación más empleado en los últimos años debido a los avances logrados en desarrollos tecnológicos para su obtención que han eliminado el problema de disponibilidad; nuevos diseños de los reactores que eliminaron el problema de la disipación de calor; normas ambientales más estrictas que han hecho inadecuado el proceso con H_2SO_4 por la gran cantidad de ácido residual que se genera; necesidad de productos más puros que hacen inadecuado el uso de H_2SO_4 por el aporte de sales inorgánicas residuales inherentes al proceso.

2.3.1.2 Factores Físicos y Químicos que Influyen en la Sulfonación

Los productos resultantes de la reacción de sulfonación dependen de diversos factores que no sólo afectan el grado sino también el curso de la sulfonación, los cuales deben ser controlados cuidadosamente, algunos de ellos son

- Concentración del agente de sulfonación
- Temperatura de reacción
- Razón agente sulfonante a masa a tratar
- Técnica y tiempo de adición del agente de sulfonación
- Tiempo de reacción
- Grados de agitación, tipo de agitador
- Técnica de neutralización del ácido sulfónico

Tanto para procesos continuos como discontinuos existe un tiempo de reacción para el cual el rendimiento en sulfonado es máximo. Tiempos mayores de reacción ocasionan la descomposición del producto.

La temperatura no tiene ningún efecto en el rendimiento de la reacción. Su mayor efecto está en la calidad del producto final. Temperaturas muy elevadas producen descomposición del producto que se pone de manifiesto en la aparición de coloraciones anormales. La temperatura de la reacción se debe seleccionar teniendo en cuenta dos factores: primero, debe ser la mínima que permita un fácil procesamiento de los materiales y segundo, la coloración del producto final debe estar entre límites aceptables.

La mayoría de compuestos que se sulfonan con SO_3 tienen una alta reactividad y hay una generación de una gran cantidad de calor, la cual se debe controlar para evitar descomposición de los productos. La práctica común en la sulfonación con SO_3 es disminuirle su concentración mediante el uso de un gas de arrastre el cual debe ser químicamente inerte [11].

Generalmente se usa aire como gas de arrastre y la concentración de SO_3 se regula entre 5 y 12%. Concentraciones superiores dan productos muy oscuros con la mayoría de materiales y menor rendimiento en producto sulfonado. La concentración real del SO_3 en la mezcla reaccionante depende del tipo de proceso usado para la sulfonación.

Una agitación de 500-1200 rpm además de evitar la carbonización por localización mejora el contacto ya que la mezcla se torna viscosa a medida que se dosifica el agente sulfonante [3].

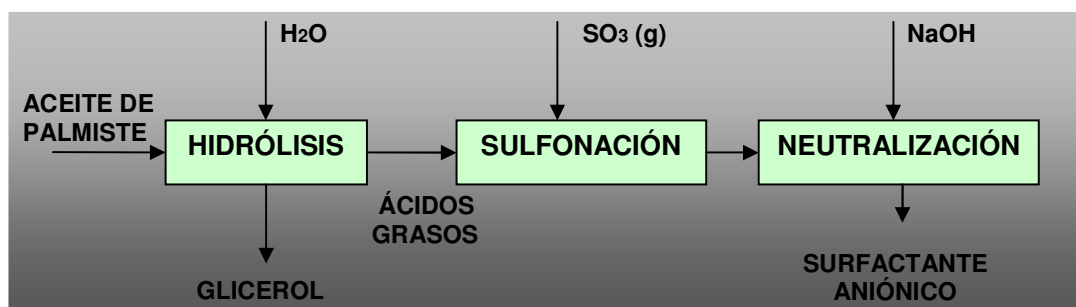
Los productos de sulfonación se neutralizan una vez ocurra la reacción; debe evitarse las zonas de bajo pH y alta temperatura, lo cual produce la hidrólisis.

En la neutralización, el Hidróxido de Sodio (NaOH), es el agente de mayor uso industrial en una concentración de 18-20% Be; este proceso requiere agitación vigorosa para homogenizar la mezcla y termina cuando el pH oscila entre 7-8.5.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SURFACTANTES ANIÓNICOS

En la Figura 1 se presenta el diagrama de bloques del proceso

Figura 1. Diagrama de Bloques del Proceso



2.4.1 Etapas Principales

El proceso inicia con la compresión y deshumidificación del aire atmosférico que mediante un distribuidor de flujos se divide en tres corrientes: Aire primario, Aire secundario y Aire terciario.

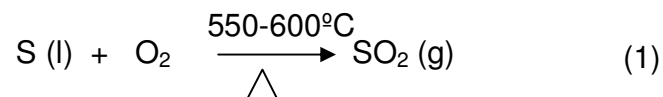
Fundición del Azufre

El azufre elemental sólido se carga en un recipiente donde es fundido, la temperatura se controla de tal manera que la viscosidad del azufre líquido se

mantenga en un valor bajo que facilite su manejo. El rango apropiado de temperatura esta entre 115^o-140^oC.

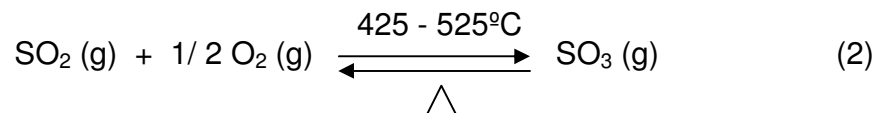
Producción de SO₂

El azufre líquido se dosifica al quemador junto con el aire primario precalentado para efectuar la reacción de combustión:



Producción de SO₃

La corriente rica en SO₂ (g) es mezclada con aire secundario y dicha mezcla es enfriada para ser enviada a un reactor convertidor con lecho catalítico de Pentóxido de Vanadio que por reacción de oxidación produce el SO₃ (g) necesario para la sulfonación de la materia orgánica. La reacción que ocurre en el convertidor es:



La condición de temperatura en la ecuación (1) favorece la reacción total a SO₂ (g) mientras en la reacción (2) se controla en el rango dado para rendimientos cercanos al 95%.

Donde n representa el grado de sulfonación. Esta reacción es rápida y exotérmica, razón por la cual el reactor de sulfonación está provisto de una chaqueta de enfriamiento.

Neutralización

El producto sulfonado es neutralizado manteniendo el sistema entre 30^o-40^oC y agitado vigorosamente para garantizar la homogeneidad de la mezcla. El producto final es un tensoactivo tipo sulfonato con un pH neutro. El agente neutralizante más recomendado es el Hidróxido de Sodio 4 M o 20^oBe.

Tratamiento de Vapores Remanentes

Se hace con el fin de neutralizar mediante el uso de NaOH en solución, los vapores de SO₂ y SO₃ de la mezcla gaseosa que no participan de la reacción de sulfonación; evitando de este modo que sean emitidos a la atmósfera.

2.4.2 Diagrama del Proceso

Para el desarrollo del diagrama de flujo del proceso se emplea información pública disponible de patentes, artículos, websites y tesis de grado. En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso.

2.4.3 Descripción del Diagrama de Flujo

El azufre sólido es llevado al fundidor donde se precalienta a una temperatura de 166.9°C y a una presión de 1 atm., para ser cambiado a fase líquida. Luego es calentado a una temperatura de 629.9°C para ingresar al reactor R-SO₂ donde reaccionará con aire deshumidificado para la producción de SO₂ (g), esta reacción ocurre a una presión de 1.29 atm. El SO₂ producido es enfriado hasta una temperatura de 424.9°C para ingresar al reactor R-SO₃ donde reaccionará con aire deshumidificado para producir SO₃ (g), esta reacción se lleva a cabo a una temperatura de 526.9°C y presión de 1 atm. El SO₃ producido es enfriado hasta una temperatura de 50°C, para ser diluido con aire hasta llegar a una concentración del 5% en el tanque Disolución, el SO₃ diluido es calentado hasta una temperatura de 49.85°C para poder ser burbujeado en el reactor R-Sulfonación a una temperatura de 49.85°C y presión de 1 atm., en donde se lleva a cabo la reacción de sulfonación con los ácidos grasos del aceite de palmiste obtenidos por medio de la hidrólisis que ocurre en el tanque V-103. Este proceso de hidrólisis se lleva a cabo a una temperatura de 75°C y presión de 15 atm., en este tanque se produce una mezcla de ácidos grasos, glicerol y agua. Esta mezcla es enfriada hasta una temperatura de 20°C donde luego es llevada a un decantador V-104 donde son separados los ácidos grasos del glicerol y agua, esto ocurre a una temperatura 20°C y presión 1 atm., los ácidos grasos son enviados al reactor R-Sulfonación donde ocurre la reacción de sulfonación, el glicerol y agua es llevado a un evaporador V-100 donde es separado el glicerol del agua. El producto sulfonado que sale del reactor R-Sulfonación es neutralizado con NaOH hasta llegar a un pH neutro, este proceso ocurre a una temperatura de 30-40°C y una presión de 1 atm en el tanque de Neutralización. Los gases producidos en el sulfonador son tratados en una trampa de NaOH de concentración 4M, evitando de este modo que estos gases sean emitidos a la atmósfera.

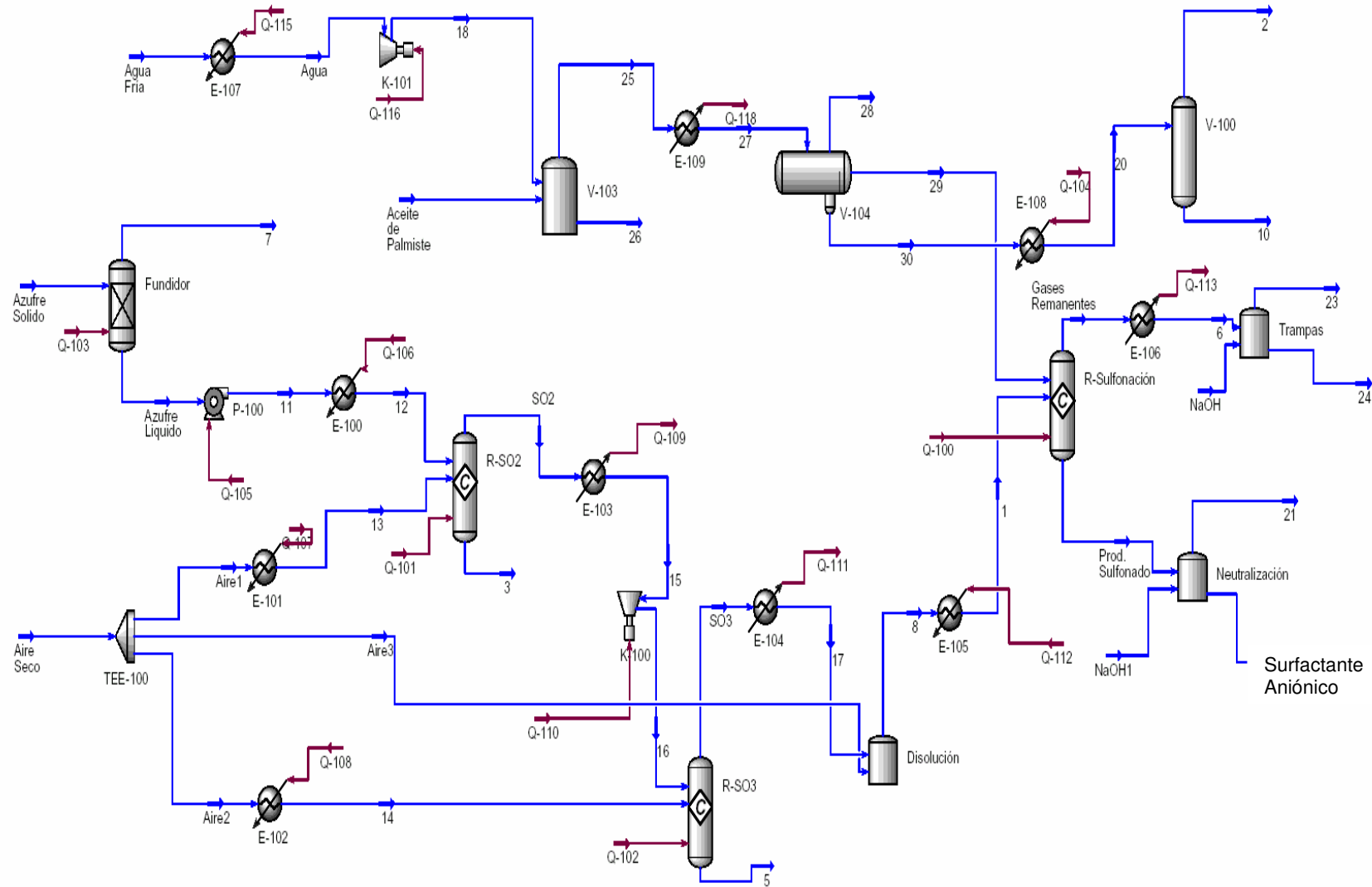
2.5 BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

La herramienta usada para el cálculo de los balances de masa y energía fue el paquete de simulación HYSYS.plant versión 3.1. Para el uso de esta herramienta se tuvo en cuenta algunas consideraciones que se mencionan a continuación:

- ✚ Se considera que la distribución de ácidos grasos en los triglicéridos está dada por triglicéridos simples, por ejemplo, que todo el aporte de ácido Caprilico en la mezcla de triglicéridos esta dado por el tricaprilin y de esta misma forma para los demás ácidos, ya que no se encuentra información sobre los triglicéridos compuestos presentes en el aceite de palmiste, ni de las combinaciones más frecuentes de ácidos en este [5]. Por otra parte si se quisiera tomar algunas combinaciones al azar, la determinación de las propiedades físico-químicas por métodos matemáticos es inexacta.
- ✚ Se asume que no hay diglicéridos ni monoglicéridos en el aceite ya que la literatura reporta rara vez que el aceite de palmiste contiene trazas de estos compuestos y no se encuentran cantidades exactas reportadas.
- ✚ Con base en las dos consideraciones anteriores, el aceite de palmiste utilizado para la simulación tiene la composición presentada en la Tabla D3 del Anexo D.
- ✚ Los reactores usados para la simulación fueron reactores conversión, es decir que solo requieren la estequiometría y la conversión de la reacción para que puedan simularse, puesto que se tienen datos exactos de las conversiones y no se encuentra información detallada de la cinética de las reacciones en la literatura.

- ✚ El paquete de simulación HYSYS.plant tiene la flexibilidad de cambiar la composición de todas las corrientes de entrada, los datos de las reacciones, por ejemplo cambiar los valores de las conversiones o introducir la cinética de las reacciones si se encuentra dicha información y cambiar condiciones de operación de los equipos en cualquier momento y obtener resultados para los balances de masa y energía inmediatos.

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Surfactantes Aniónicos



Como resultado de los balances de masa se obtiene que la planta procesa 637 Kg. de aceite de palmiste crudo por hora y produce 607 Kg. por hora de surfactante aniónico. La conversión total del proceso es del 95%. El detalle de los balances de masa y energía se presenta en el Anexo G y en la sección 2.7 se hace referencia al consumo de materias primas y servicios industriales de la planta.

2.6 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PRINCIPALES

El dimensionamiento de equipos principales se hace con la ayuda de HYSYS, para ello se suministra principalmente información de los tiempos de residencia en cada equipo, la mayoría encontrada en patentes y se tiene en cuenta recomendaciones de diseño reportadas en la literatura [6]. En la Tabla H1 del Anexo H se muestra el detalle de los equipos principales requeridos en el proceso.

2.7 CONSUMO DE MATERIA PRIMA Y SERVICIOS INDUSTRIALES

El consumo de materias primas para la planta de surfactantes aniónicos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Consumo de Materias Primas

MATERIA PRIMA	CANTIDAD
SURFACTANTES ANIÓNICOS	
Aceite de Palmiste	1.049 Kg./ Ton Producto
Azufre	164,74 Kg. / Ton Producto
NaOH	2,93 Kg. / Ton Producto

El consumo de servicios industriales para la planta de surfactantes aniónicos se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo de Servicios Industriales

SERVICIO INDUSTRIAL	CANTIDAD / Ton. de Producto
Energía Eléctrica (Kwh.)	51.4
Vapor (Kg.)	320
Agua de Enfriamiento (m ³)	32
Agua de Proceso (m ³)	0.1635
Aire (m ³)	2.408

2.8 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Durante el proceso de producción de surfactantes aniónicos se generan corrientes Líquidas y gaseosas que pueden generar un impacto ambiental; por lo tanto se requieren métodos de disposición adecuada para estas corrientes, que permitan cumplir con la legislación ambiental nacional.

A continuación se hace un breve análisis del impacto ambiental que podría generar la planta de producción de surfactantes aniónicos a partir de aceite de palmiste, con el fin de establecer posibles alternativas que permitan el funcionamiento ambientalmente sano de la planta.

2.8.1 EMISIONES

En el esquema de la planta productora de surfactantes aniónicos, se pueden presentar emisiones de gases como SO₂, SO₃ por fugas en los equipos,

tuberías y los que no son retenidos en las trampas de NaOH. También hay emisiones de vapor de agua en los tanques de neutralización, en la etapa de refinado de la glicerina.

Para controlar el impacto que pueden generar las emisiones ocasionales de SO_2 y SO_3 , estos vapores se deben neutralizar mediante el uso de NaOH en solución, en donde el SO_2 y SO_3 se combinan con el agua de la solución de soda formándose los respectivos ácidos y estos ácidos que se forman son neutralizados por la soda presente en la solución generando las sales correspondientes, también se deben implementar programas de detección y corrección de equipos averiados.

Para evitar las emisiones de vapor de agua a la atmósfera puesto que es un gas de invernadero se puede implementar un sistema de condensación de manera que el agua pueda ser utilizada como agua de enfriamiento o desechada como vertimiento para reducir el impacto.

2.8.2 VERTIMIENTOS

En el proceso propuesto los vertimientos son básicamente las impurezas que representan el 0,3% en peso del aceite de palmiste, por lo tanto no es un vertimiento de alto impacto ambiental y puede ser desechada como vertimientos sin mayores restricciones.

2.9 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

La planta debe tener zonas bien definidas en su infraestructura y departamentos específicos en la organización del personal para garantizar el buen desempeño y operación del proyecto.

2.9.1 Infraestructura

Las áreas mínimas de funcionamiento que deben integrar la planta son presentadas en la Figura I1 del anexo I en donde se muestra y explica la distribución de estas áreas.

El área total requerida para la instalación de la planta se sugiere de manera general a partir del espacio requerido para la zona de producción, determinada con el área total que ocupan los equipos y el espaciamiento necesario para la ubicación de los mismos. Para cada equipo se asigna el área correspondiente a un cuadrado dejando una separación de 1,5 m entre cada equipo y se asigna un factor de 3 para el área de circulación, tuberías y oficinas.

El área total calculada para la zona de producción es 2702 m². Al valor del área de la zona de producción se asigna un factor de 1,85 para el cálculo del área total de la planta.

El área total requerida para la instalación de la planta es 5.000 m².

2.9.2 Personal

El personal requerido para el funcionamiento de una planta de la magnitud propuesta debe organizarse como mínimo en tres grandes departamentos y la dirección general, de acuerdo a las nuevas tendencias de innovación organizacional del trabajo [8], que pretenden disminuir el volumen de la mano de obra con la contratación de personal altamente calificado. Estos departamentos se mencionan en el anexo I, así como también se presenta la Figura I2 de este mismo Anexo el esquema organizacional de la empresa. De acuerdo con el esquema organizacional propuesto y teniendo en cuenta el tamaño de la planta se puede hacer un cálculo global del personal requerido en la planta el cual se presenta en la Tabla I1 del Anexo I.

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

3.1 Evaluación Económica de La Planta de Surfactantes Aniónicos

Para el análisis económico se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✚ La planta estaría ubicada en el Municipio de Puerto Wilches.
- ✚ El tiempo de evaluación del proyecto es de 10 años. En el año cero se efectúa el primer desembolso. Los años 0 y 1 corresponden al período de construcción e instalación de la planta. A partir del año 2 la planta inicia su producción.
- ✚ Los precios de insumos y del mercado se incrementan en un 10% cada año, teniendo en cuenta la tasa de inflación promedio de los últimos años.
- ✚ Los comportamientos del precio de los surfactantes aniónicos para el período de evaluación fueron tomados a partir de la tendencia histórica de los mismos.
- ✚ Los valores presentados para el año cero corresponden al precio más reciente disponible en el mercado.

3.1.1 Costo de Producción

El primer factor que debe analizarse para conocer la viabilidad económica de un proyecto es el costo de producción anual; para determinarlo se tiene en cuenta todos los costos ligados a la elaboración del producto, como los costos de fabricación y los gastos de administración y ventas [15]. Los costos de fabricación incluyen el costo de la materia prima y demás insumos, el costo de la mano de obra directa e indirecta, servicios, mantenimiento, depreciación y prestaciones.

En la determinación del costo de producción también se toma en consideración los niveles de producción y ventas del presupuesto de producción presentado en el Anexo J. El cálculo detallado de los costos de fabricación y los gastos de administración y ventas se presenta en el Anexo K. En la Tabla 3 se resume el costo total de producción anual.

Tabla 3: Costo de Producción Anual

DESCRIPCIÓN	US\$ / AÑO
Materia Prima e Insumos	3.442.645
Mano de Obra directa	59.688
Prestaciones	4.972
COSTOS DIRECTOS	3.507.305
Mano de Obra Indirecta	35.604
Prestaciones	2.965,81
GASTOS DE FABRICACIÓN	38.569,81
Depreciación y Amortización de Activos	58.202
Servicios	1.801.995
Mantenimiento	8.646,65
Seguro e Impuesto	2.470,47
GASTOS INDIRECTOS	1.871.314,12
TOTAL COSTOS DE FABRICACIÓN	5.417.188,93
Sueldos	43.320
Prestaciones	3.608,56
Otros Gastos	8.157

TOTAL GASTOS DE ADMINISTRACIÓN Y VENTAS	55.085,56
TOTAL	5.472.274,49

Fuente: Cálculo de los Autores

El costo total de producción anual para una planta de surfactantes aniónicos de 5.300 Ton / año en el año cero, tiene un valor aproximado de US\$ 5.472.274,49.

3.1.2 Inversión Total Inicial

Otro factor determinante de la viabilidad económica es el monto de la inversión total inicial. Para calcular este valor se tiene en cuenta el costo de terrenos, edificaciones, maquinaria y equipo, muebles, vehículos y costos de instalación entre otros. El costo de los equipos requeridos en la planta se hace a partir de las condiciones de operación y las dimensiones suministradas por HYSYS con la página www.matche.com; los resultados se presentan en el Anexo L. Los demás costos se determinan como porcentajes sobre las inversiones fijas [13]. Para los cálculos se requiere una conversión de pesos a dólares la tasa de cambio fue de \$2.452.

En la Tabla 4 se presenta el cálculo de la inversión total inicial de la planta. La inversión total inicial que debe hacerse para una planta de producción de surfactantes aniónicos de 5.300 Ton / año asciende a un valor de US\$ 947.771,38.

Tabla 4: Inversión Total Inicial

DESCRIPCIÓN	COSTO (US\$)
Terrenos y Acondicionamiento	40.783
Edificaciones	224.307
Maquinaria y Equipo	123.523,5
Mobiliario y Equipo Auxiliar	61.175
INVERSIONES FIJAS	449.788,5
Gastos de Instalación de Equipos	247.047
Gastos de Desarrollo y Obtención de la Tecnología	160.500
Planeación e Integración del Proyecto*	17.391,5
Supervisión de la Construcción*	17.391,5
Administración del Proyecto**	3.478,3
Improvistos***	52.174,58
INVERSIONES DIFERIDAS	497.982,88
TOTAL	947.771,38

*5% del costo físico de la planta, **1% del costo físico de la planta, ***15% de la inversión en activos fijos
Fuente: Cálculo de los Autores

3.1.3 Cronograma de Inversiones

La inversión de un proyecto de la magnitud propuesta, no se efectúa completa en el momento inicial de su ejecución, por lo tanto se propone el cronograma de inversiones presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. Cronograma de Inversiones

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1
Terrenos y Acondicionamiento	40.783	0
Edificaciones	112.153,5	112.153,5
Maquinaria y Equipo	61.761,75	61.761,75
Mobiliario y Equipo Auxiliar	0	61.175
INVERSIONES FIJAS	214.698,25	235.090,25
Gastos de Instalación de Equipos	160.580,55	86.466,45
Gastos de Desarrollo y Obtención de la Tecnología	0	160.500
Planeación e Integración del Proyecto	8.695,76	8.695,76

Supervisión de la Construcción	8.695,76	8.695,76
Administración del Proyecto	1.739,15	1.739,15
Imprevistos	26.087,29	26.087,29
INVERSIONES DIFERIDAS	205.798,51	292.184,41
TOTAL	420.496,76	527.274,66

Fuente: Cálculo de los Autores

De acuerdo con el cronograma de inversiones planteado se realizarían dos desembolsos, uno de US\$ 420.496,76 en el año cero y otro de US\$ 527.274,66 en el año 1.

3.1.4 Estado de Resultados

Para concluir la viabilidad económica del proyecto se analiza el estado de resultados que permite determinar la utilidad que proporcionaría la ejecución del proyecto con las condiciones supuestas de niveles de producción y ventas las cuales se presentan en el Anexo J. El estado de resultados se considera con financiamiento y sin financiamiento de la inversión inicial.

3.1.4.1 Sin Financiamiento

El estado de resultados sin financiamiento arroja una utilidad o flujo neto de US\$ 141.376,45 para el segundo año de producción, la cual se incrementa progresivamente durante el tiempo de evaluación del proyecto, los resultados se presentan en la Tabla J1 Anexo J.

3.1.4.2 Con Financiamiento

Para la determinación del estado de resultados con financiamiento se asume que el 100% de la inversión total inicial se financia a 10 años con una tasa de interés del 1.3% mensual. El flujo neto para el segundo año de producción es US\$ 87.794,25, el cual se incrementa a lo largo del período de evaluación del proyecto a medida que se cumplen con las obligaciones del crédito. En la Tabla M1 del Anexo M se presenta el estado de resultados con financiamiento.

3.2 Evaluación Financiera de la Planta de Surfactantes Aniónicos

Una vez establecidos todos los parámetros de la evaluación económica se realiza la evaluación financiera del proyecto a partir de indicadores como el VPN, TIR y TRI. También se efectúa el análisis de sensibilidad para establecer los parámetros mínimos de rentabilidad del proyecto.

3.2.1 Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto permite establecer si un proyecto genera utilidad en un período de tiempo determinado mediante la diferencia entre el valor presente de ingresos y el valor presente de egresos. Como criterio de decisión se tiene que si el VPN es mayor que cero se recomienda invertir en un proyecto [14].

El resultado del VPN sin financiamiento del presente proyecto tiene un valor de US\$ 580.952,25 como se muestra en la Tabla N1 del Anexo N, lo cual

indica que el proyecto es rentable puesto que el valor de la empresa se incrementa con el tiempo.

El VPN estimado con financiamiento es US\$ 226.590,14 como se muestra en la Tabla N2 del Anexo N, de manera que el proyecto también es rentable si se considera la opción de financiar el 100% de la inversión inicial.

3.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa que equipara el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos, es decir la tasa para la cual el VPN es igual a cero. Cuando la TIR es mayor que la tasa de oportunidad el proyecto es rentable puesto que el porcentaje de retorno de la inversión es superior al costo de oportunidad del dinero [14].

La TIR calculada sin financiamiento es del 26.01%, valor que se encuentra por encima de la tasa de interés de oportunidad del 15%. Esto indica que el proyecto es rentable sin financiamiento con respecto a este indicador.

Para el caso en que el proyecto sea financiado la TIR estimada es del 9.84% de manera que el proyecto también sería rentable puesto que la tasa de oportunidad es del 4.35%.

3.2.3 Tiempo de Retorno de la Inversión (TRI)

El tiempo de retorno de la inversión define el tiempo en el cual se recupera la inversión realizada. Este tiempo se calcula a partir del flujo neto de efectivo acumulado.

Cuando el valor del flujo neto de efectivo acumulado sea igual al valor de la inversión realizada se habrá recuperado la inversión. El TRI del proyecto sin financiamiento es de 4 años y con financiamiento es de 5 años como se puede observar en los Anexos J y M.

3.2.5 Análisis de Sensibilidad

Todo proyecto independiente de la magnitud está rodeado de incertidumbre por lo tanto es necesario hacer un análisis de probabilidad para las variables que más influyen en la rentabilidad del proyecto para tener idea del riesgo que se corre si alguna de estas variables se ve afectada en el futuro. Por ejemplo si el precio de la materia prima se eleva considerablemente o si el precio de venta se cae.

Para este proyecto se estima que las variables más influyentes son el precio de la materia prima que representa el 70% del costo de producción y el precio de venta de los surfactantes aniónicos que está sujeto a las fluctuaciones del mercado internacional. Otras variables como la capacidad de producción y el nivel de ventas se pueden considerar estables puesto que dependen de la operación interna de la empresa.

Para el caso del precio de la materia prima se estudia cómo afecta un alza del precio, ya que una disminución beneficia la rentabilidad del proyecto y se pretende determinar factores de riesgo.

En la Figura O1 del Anexo O se observa la variación de la TIR con el aumento del precio del aceite de palmiste. Como se observa en la Figura O1 del Anexo O un alza repentina del precio de la materia prima es tolerable hasta US\$ 1220/ Ton para que el proyecto sea rentable, si la inversión se realiza sin financiamiento.

Para la inversión con financiamiento el proyecto solo es rentable si el precio tiene un incremento inesperado hasta US\$ 780 / Ton.

Es importante tener en cuenta la fecha de realización del presente estudio para considerar la validez de los resultados del análisis de sensibilidad. Por otra parte se estudia la influencia que puede tener el precio de venta de los surfactantes aniónicos en la rentabilidad del proyecto. En la Figura O2 del Anexo O se muestra la variación de la TIR con el precio de venta. El precio de venta podría disminuirse hasta US\$ 1.600 para que el proyecto tenga un margen de rentabilidad aceptable cuando la inversión se realiza sin financiamiento y con financiamiento el precio no debe ser inferior a US\$ 2.180.

Finalmente se estima el punto de equilibrio del proyecto para determinar la capacidad mínima de producción a la cual puede operar la planta para que no tenga perdida. Este valor corresponde al 40.2% de la capacidad instalada de la planta, de manera que se puede empezar a operar desde 2.250 Ton / año sin que haya pérdidas.

CONCLUSIONES

- ✚ La demanda de surfactantes aniónicos está insatisfecha dentro del panorama nacional. La demanda nacional proyectada para el año 2010 es de 5.600 Ton / año y la demanda actual del país está por encima de los 5.100 Ton / año esto evidencia una clara posibilidad de inversión industrial ya que los surfactantes aniónicos son productos intermedios indispensables en la producción de una amplia variedad de productos de aseo, detergentes y cosméticos que tienen una demanda creciente y proporcional al crecimiento de la población.
- ✚ El proceso propuesto para la obtención de surfactantes aniónicos por medio de la sulfonación de los ácidos grasos con SO_3 tiene la madurez tecnológica necesaria para hacer el proyecto viable tecnológicamente y es muy atractivo desde el punto de vista ambiental porque no tiene emisiones ni vertimientos de alto impacto ambiental.
- ✚ La mejor ubicación para una planta de surfactantes aniónicos en la Zona Central es el municipio de Puerto Wilches.
- ✚ La inversión que debe hacerse para la instalación de una planta de surfactantes aniónicos de 5.300 Ton / año es del orden de US\$ 947.771,38 y el costo de producción anual asciende a US\$ 5.472.274,49 a la fecha.
- ✚ Un proyecto de la magnitud propuesta es rentable con y sin financiamiento de la inversión de acuerdo a los indicadores de Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Para el VPN se obtuvieron valores de US\$ 580.952,25 y US\$ 226.590,14 y para la TIR

26.01% y 9.84% sin financiamiento y con financiamiento respectivamente.

- ✚ Una planta de surfactantes aniónicos de 5.300 Ton / año debe iniciar su operación como mínimo al 40.2% de su capacidad para que no de pérdidas.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda desarrollar estudios y experimentos a escala de laboratorio y piloto para la obtención de surfactantes aniónicos a partir del aceite de palmiste para soportar futuros estudios sobre el tema.
- ✚ La herramienta de simulación HYSYS.plant versión 3.1 es una ayuda muy valiosa para el desarrollo de estudios como este, sin embargo su exactitud esta sujeta a la información de entrada que se suministra al programa, por lo tanto se recomienda una búsqueda intensiva de estudios de caracterización del aceite de palmiste, o en su defecto el desarrollo de estos, para definir mejor la distribución de triglicéridos en el aceite en caso que se quiera utilizar la herramienta para estudios de mayor exactitud.
- ✚ Con base en el desarrollo del presente estudio de prefactibilidad en el cual se concluye que el proyecto es rentable se recomienda llevar a cabo un estudio de factibilidad como un paso importante hacia el desarrollo de la industria oleoquímica en el país ya que Colombia tiene gran disponibilidad de materia prima para la obtención de surfactantes aniónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDI, Cámara de la Industria de Productos Cosméticos y Productos de Aseo, "Características del sector".
<http://www.andi.org.co/camaras/cosmeticos/default.htm>
2. BECHER, Paul. Emulsiones, teoría y práctica. Editorial Blume, Madrid. 1972.
3. KIRCHER, J.E; MILLER, E.L.; and GEISER, P.E. Sulfonation of detergent alkilates. Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 46. No 9, September 1954, p. 1952-1930
4. WITTCOFF, Harold A. and REUBE, Bryan G. Productos Químicos Orgánicos. Vol. I y II, Editorial Limusa, México, 1987.
5. BERNARDINI, E. "Tecnología de Grasas y Aceites". Primera Edición, Editorial Alhambra, Madrid, 1981.
6. LIEBERMAN, Norman P. "Process Design for reliable operations". Segunda Edición. Gulf Publishing Company, 1988.
7. OSIPOW, Lloyd R. Surface Chemistry, Theory and Industrial Applications, Chapman & Hall, New York, 1977.
8. MARTÍNEZ, Griselda. "La Innovación Organizacional del Trabajo". Pág.
<http://www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num7/art13.htm>
9. ROSEN, Milton J. Surfactants and interfacial phenomena. Wiley – Interscience Publication, New York, 1978.
10. GRIFFIN, W.C. Classification of surface active agents by HLB. J. Soc. Cosmetic Chemist, 1: 311. 1949.
11. GROSSO, J.L.; CHIRINOS, M.L. y otros. Transporte de crudos pesados mediante emulsiones. Boletín técnico ARPEL, 13: 225-237. 1984.
12. MIRANDA, Juan José. "Gestión de Proyectos: Identificación, Formulación, Evaluación Financiera-Económica-Social-Ambiental". Santafé de Bogotá D.C., Editorial MM Editores, 2001.

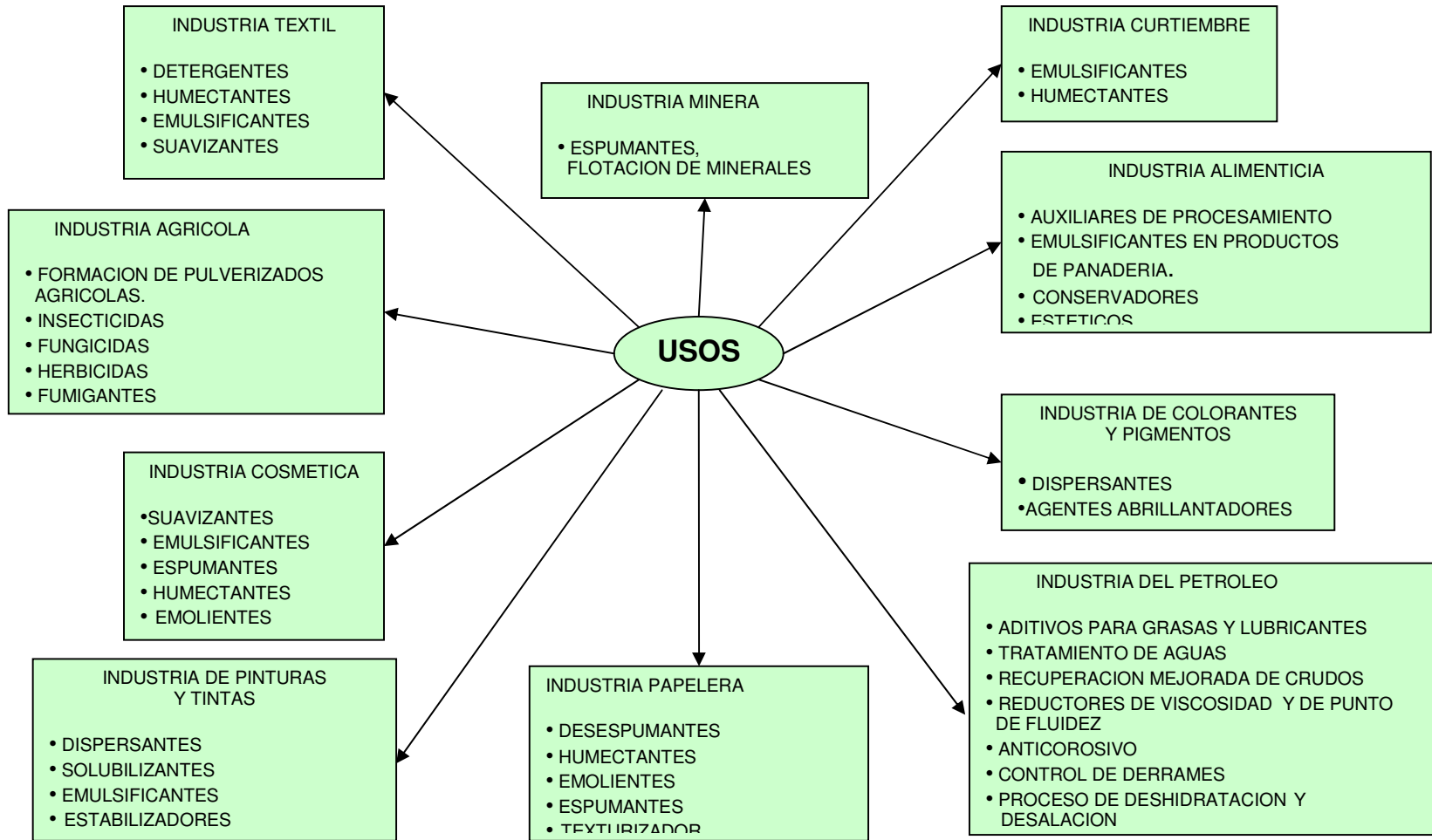
13. PETERS, Max S. "Plant Design and Economics for Chemical Engineers". Segunda Edición, Editorial Mc. Graw Hill, New York, 1968.
14. MARTÍNEZ, Griselda. "La Innovación Organizacional del Trabajo". Pág. <http://www-azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num7/art13.htm>
15. GROGGINS, P.H. Unit process in organic synthesis. 5a ed., Mc Graw Hill Kogakwsha Ltd., Tokyo, 1965.
16. ROBERTS, W. David. "Sulfonation Technology for Anionic Surfactant Manufacture". Organic Process Research y Development 1998, Pag. 194-202.
17. EVERRET, E. Gilbert and VELDHUIS, Benjamin. "Sulfonation with Sulfur Trioxide Petroleum Raffinates". Industrial and Engineering Chemistry, VOL. 49, N^o. 1, January 1957, p. 31-38.
18. EVERRET, E. Gilbert and McGOUCH, Catherine. "Sulfonation with Sulfur Trioxide". Derivatives of Acetaldehyde Disulfonate, VOL. 51, N^o 8, August 1959, p. 925-931.
19. EMERY, J. Carlson, Gregory, Flint and Everret, E, Gilbert. "Sulfonation with Sulfur Trioxide". Operation in a Batch Pilot Plant, Model for Several Commercial Installations. VOL. 50, N^o. 3, March 1957, p. 277-295.
20. SALAMANCA, L. Pedro. "Producción de un Tensoactivo Aniónico por el proceso de Sulfonación a Partir de Grasa de Polietileno". Tesis Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1991.
21. CASTRO, Alberto y ESCALANTE, Domingo. "Producción de Tensoactivos Aniónicos a Partir de Ácidos Grasos por Proceso de Sulfonación a Escala de Laboratorio". Tesis Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1989.
22. COLOMON, V. Ramón y BLASI, Fernando. Las Industrias Derivadas de los Aceites y las Grasas". Editorial Tip Cat Casals. Barcelona, 1950.
23. MERCK, Chemical Data Bases <http://chemdat.de>
24. DANE, "Banco de Datos". Pág. <http://www.dane.gov.co>

ANEXO A. APLICACIONES Y USOS DE LOS SURFACTANTES

Tabla A1. Aplicaciones de los Surfactantes

TIPO	COMPUESTOS USADOS	RAZON DE USO	MECANISMOS DE ACCION
Detergentes	Fosfatos, fenolatos, sulfonatos, jabones de alto peso molecular	Limpiar superficies y evitar depósitos de lodos	Por reacción química desaloja depósitos en las superficies
Anticorrosivos	Sulfatos y sulfonatos de ácidos grasos y fenatos	Evitar corrosión de superficies metálicas	Neutralizan los ácidos y evitan que éstos reaccionen con óxidos metálicos y formen las respectivas sales metálicas.
Inhibidores de espumas	Polímeros de siliconas, dimetil siliconas	Evitar formación de espuma estable	El polímero se adhiere a una burbuja y crea un punto débil, facilitando la coalescencia de las mismas formando una más grande que revienta en la superficie.
Anticorrosivos	Sulfatos y sulfonatos de ácidos grasos y fenatos	Evitar corrosión de superficies metálicas	Neutralizan los ácidos y evitan que éstos reaccionen con óxidos metálicos y formen las respectivas sales metálicas.
Inhibidor de oxidación	Amino-orgánicos, hidroxisulfuros, fenoles	Evitar la formación de barniz, lodo y corrosión	Disminuye el oxígeno absorbido por el medio, reduce formación de peróxido y ácidos.

Figura A1. Usos de los Surfactantes



PROPIEDADES TÉCNICAS DE LOS SURFACTANTES

El poder detergente y espumante junto con la acción emulsificante, demulsificante, solubilizante y humectante, así como el balance hidrofílico - lipofílico (HLB) constituyen las propiedades tensoactivas más importantes de los surfactantes, los cuales permiten grandes aplicaciones tecnológicas.

1. Poder Detergente

Un detergente permite la remoción de un material unido a la superficie de un sólido. Un sistema detergente típico consta de tres elementos:

- El objeto sólido que va a limpiarse llamado “sustrato”.
- El sucio unido al sustrato.
- Un baño líquido que contiene el “detergente”

2. Acción Emulsionante

Los emulsificantes actúan como “enlaces de solución”, reduciendo la tensión interfacial entre dos fases inmiscibles obteniéndose de esta forma una emulsión estable. Tienen gran aplicación en numerosas industrias como la textil, cosméticos, pinturas y tintas, alimentos, curtiembres, pesticidas, petróleo, etc.

3. Solubilizantes

La disolución espontánea de un material normalmente insoluble por medio de una solución relativamente diluida de surfactante, se conoce como solubilización. Este fenómeno es de importancia primaria en soluciones diluidas. La sustancia disuelta se conoce como “solubilizado” y el surfactante como “solubilizador”.

4. Poder Espumante

Los espumantes producen la formación de burbujas en sistemas con fases dispersantes líquida o sólida, siendo de gran aplicación en la flotación de minerales, fabricación de cosméticos, fabricación de productos extinguidores de fuego, etc.

5. Acción Demulsificante

Produce la aglomeración y coalescencia de los glóbulos de la fase dispersa hasta llegar al rompimiento de una emulsión en dos fases separadas. Son de gran utilidad en el proceso de deshidratación y desalado de crudos, tratamiento de aguas residuales, etc.

6. Acción Humectante

Representa la tendencia de un líquido a humedecer una superficie sólida. El mojado está relacionado directamente con el ángulo de contacto entre la solución humectante y el substrato sólido.

7. Balance Hidrofílico-Lipofílico (HLB)

Esta es una propiedad físico-química de los surfactantes, es un valor numérico que se refiere al balance entre las tendencias hidrofílicas y lipofílicas de las moléculas y a su vez está relacionado con la estructura molecular del surfactante. No es un indicativo de la concentración del tensoactivo en solución. En este método, al tensoactivo se le asigna un valor entre 0 y 40 dependiendo de su comportamiento como emulsificante³. En la Tabla A2 se presenta rangos de HLB para diferentes sistemas.

Los surfactantes con un HLB bajo formarán emulsiones W/O (fase continua aceite y fase dispersa agua) y HLB alto forman emulsiones de tipo O/W (fase continua agua y fase dispersa aceite).

Existe un método práctico muy utilizado que permite establecer en forma rápida el rango de HLB que posee un tensoactivo. El método utiliza los resultados de las mediciones realizadas por Griffin [10], quien observó que los tensoactivos presentan comportamientos característicos frente al agua dentro de un rango determinado de HLB, como se muestra en la Tabla A3.

Tabla A2. Escala HLB y Aplicación de los Surfactantes

	Intervalo HLB	Aplicaciones
Agentes Lipofílicos	4 - 6	Emulsiones W/O
	7 - 9	Humectante
	8 - 18	Emulsiones O/W
	13 - 15	Detergentes

³ La emulsión es un sistema heterogéneo formado por lo menos de un líquido inmiscible íntimamente disperso en otro en forma de gotitas, cuyos diámetros en general excede de 0.1 μ ; tal sistema posee una estabilidad mínima que puede ser acentuada por tensoactivos.

Agentes Hidrofílicos	15 – 18	Solubilizantes
-----------------------------	---------	----------------

Las limitaciones de este método están en que no dice nada acerca del nivel de concentración de tensoactivo que debe usarse, ni el grado de estabilidad que tendrá la emulsión preparada. Se debe tener en cuenta de que el HLB real que un tensoactivo tendrá en la aplicación final no siempre es el mismo del tensoactivo puro, sino que depende de las condiciones del sistema que se use.

Tabla A3. Determinación del HLB aproximado por Solubilidad en Agua

COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA	RANGO HLB
No dispersible en agua	1 -4
Dispersión pobre	3 – 6
Dispersión lechosa después de fuerte agitación	6 – 8
Dispersión lechosa estable (la parte superior casi translúcida)	8 – 10
Dispersión de translúcida a clara	10 -13
Solución clara	+ 13

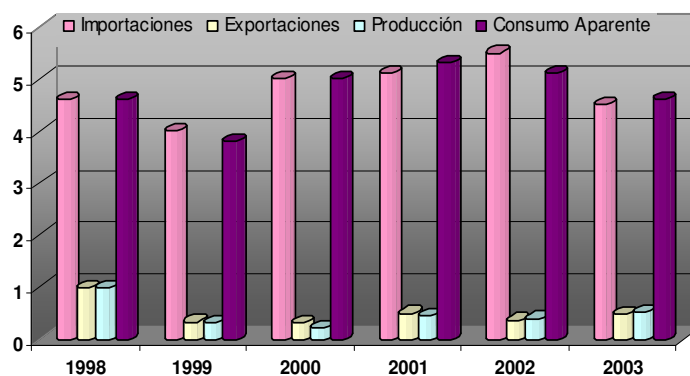
ANEXO B. CLASIFICACION DE LOS SURFACTANTES ANIÓNICOS

Tabla B1: Clasificación de los Surfactantes Aniónicos

SURFACTANTE	ESTRUCTURA QUÍMICA	OBTENCIÓN	USOS
CARBOXILATOS	$(R-COO)^- M^+$ R = Grupo Alquil $C_9 - C_{21}$ M = Ion Metálico o Amino	Son Sales de Ácidos Carboxílicos de Cadena Larga	Fabricación de Jabones
SULFONATOS	$R - CH - C \begin{matrix} O \\ \\ SO_3H \end{matrix}$ Ácidos Grasos Alfa Sulfonados $R - SO_3 - Na^+$ Sulfonatos de Alquilbenceno $R = C_{10} - C_{15}$	Reacción de Ácidos Grasos con un Agente Sulfonante Sulfonación del Alquilbenceno	Detergentes Detergentes
SULFATOS	$R - OSO_3H$ Alquilsulfatos R = Radical Alquil	Reacción de un Alcohol Graso con H_2SO_4 Ácido Clorosulfónico	Detergentes Productos Comestibles

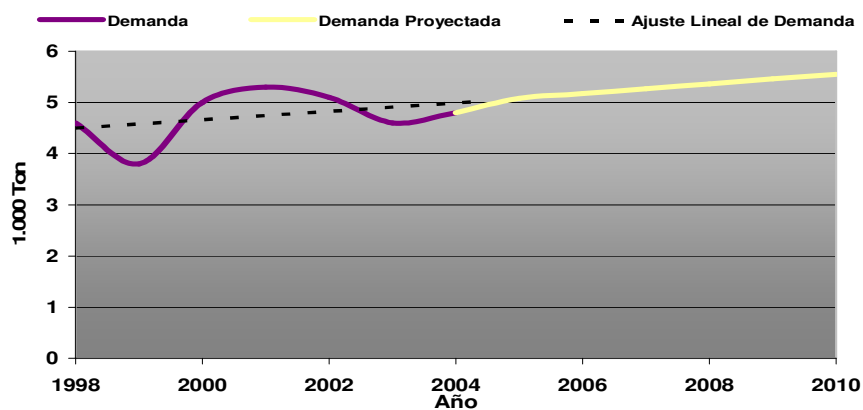
ANEXO C. ANALISIS DE DEMANDA DE LOS SURFACTANTES ANIONICOS

Figura C1: Comportamiento Comercial de los Surfactantes Aniónicos en Colombia 1998-2003 (1.000 Ton)



Fuente: Departamento Nacional de Estadísticas, DANE

Figura C2. Proyección de la Demanda Nacional de Surfactantes Aniónicos.



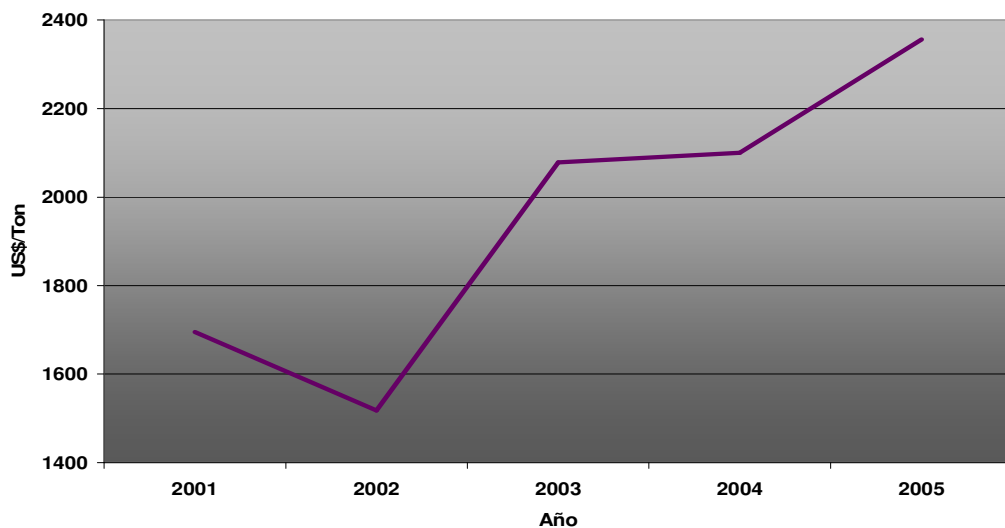
ANÁLISIS DE OFERTA DE LOS SURFACTANTES ANIÓNICOS

El negocio de los surfactantes aniónicos ha evolucionado en los últimos diez años: originalmente eran los mercados de Europa y Norte América, mientras que en la actualidad involucra a jugadores globales que compiten en un mercado global.

La tasa de crecimiento es alta, superior al 3 % en detergentes y alta en los productos de cuidado personal y para el hogar, que representan un 10 % del mercado de los surfactantes aniónicos.

Entre 1998 y el 2000, la producción mundial de surfactantes creció un 10 %, los surfactantes aniónicos poseen 1.000.000 t/a de producción y 700.000 t/a de ventas (de los cuales el LAS es el principal producto con una producción global de 430.000 t/a y ventas de 320.000 t/a).

Figura C3. Precio de los Surfactantes Aniónicos



Fuente: Departamento Nacional de Estadísticas, DANE

ANEXO D. OFERTA Y DEMANDA DEL ACEITE DE PALMISTE

Tabla D1. Principales Ácidos Grasos del Aceite de Palmiste, Propiedades y Usos

COMPUESTO	PROPIEDADES							DESCRIPCIÓN Y USOS
	PM	Pf (°C)	Pe b (°C)	D ₄ ²⁰ (g/mol)	Nd ₂₀	Índice neutralización	Índice de yodo	
Ácido Palmítico C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.42	63.1	351.5	0.8534	1.4309	218.8	-	Compuestos sólidos de aspecto careo, saturados. Presentan reacciones de esterificación y halogenación de carbono
Ácido esteárico C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284.47	69.6	376.1	0.847	1.4337	197.23	-	Se usan en la fabricación de pinturas, revestimientos protectores, cosméticos, caucho, productos farmacéuticos, jabones de tocador, bujías, plásticos, detergentes sintéticos.
Acido oleico C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.27	13.4α 16.3β	234α 235β	0.8905	1.4582	198.63	89.87	Compuestos líquidos e inodoros, presentan reacciones características del grupo carboxílico, cadena hidrocarbonada y reacciones de polimerización.
Ácido								Escamas de

Mirístico $C_{14}H_{28}O_2$	228. 38	51- 54	250	-	-	-	-	color blanco de olor característico
Ácido Laúrico $C_{12}H_{24}O_2$	200. 32	42- 45	299	0.883 g/cm^3	-	-	-	Sólido blanco a débilmente amarillento, débil olor característico, reacciones de polimerización .
Ácido Caprico $C_{10}H_{20}O_2$	172. 27	29- 32	270	0.89 g/cm^3	-	-	-	Sólido amarillento pálido, de olor característico
Ácido Caprilico $C_8H_{16}O_2$	142. 22	17	239	0.91 g/cm^3	-	-	120- 145	Líquido incoloro de olor débil

Figura D1. Principales Reacciones de los Ácidos Grasos

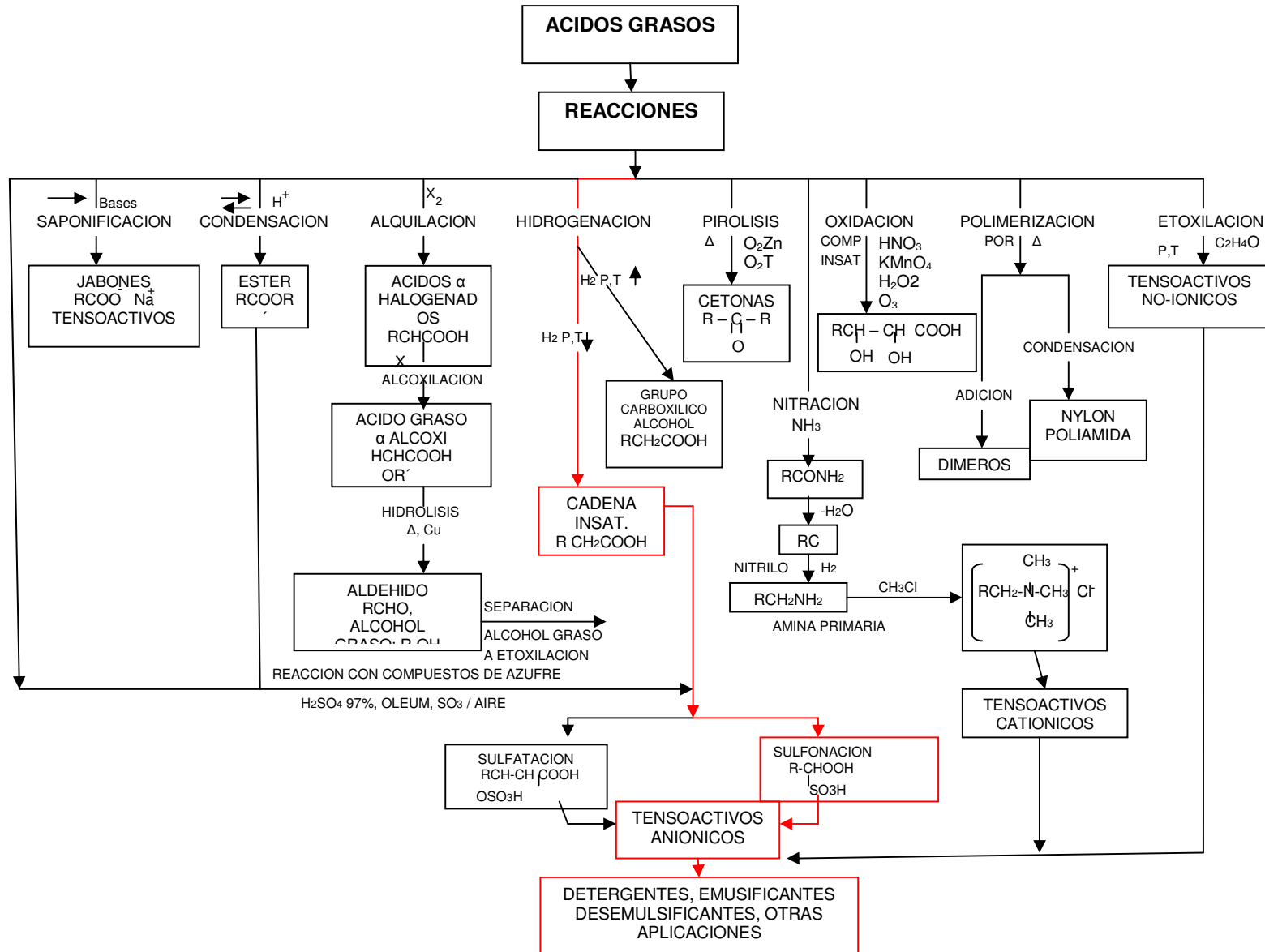


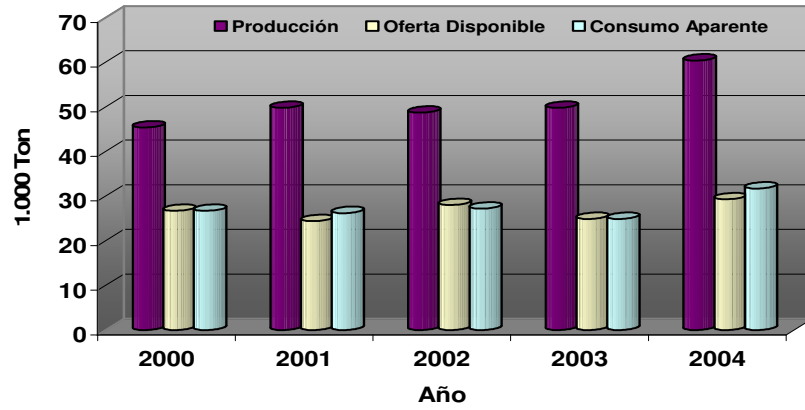
Tabla D2. Principales Propiedades Físicas del Aceite de Palmiste

PROPIEDAD	VALOR
Punto de Fusión	24-26°C
Punto de Ebullición	20-26°C
Densidad a 60°C	0.892
Viscosidad Cinemática a 37°C	29.79

Tabla D3. Composición del Aceite de Palmiste

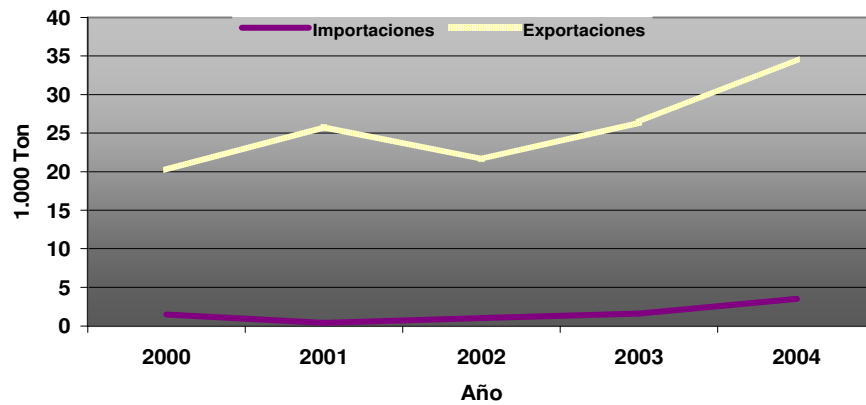
COMPUESTO	% PESO	
Ácidos grasos libres	Ácido Caprilico	0.14
	Ácido Caprico	0.12
	Ácido Láurico	1.54
	Ácido Mirístico	0.54
	Ácido Palmítico	0.29
	Ácido Esteárico	0.07
	Ácido Oleico	0.51
	Total Ácidos Grasos	3.2
Triglicéridos	Tricaprilin	4.15
	Tricaprin	3.67
	Trilaurin	46.32
	Tririmistin	16.16
	Tripalmitin	8.69
	Triestearin	2.07
	Triolein	15.44
	Total Triglicéridos	96.5
Impurezas	Tocoferol	0.05
	Colesterol	0.05
	B-Sitosterol	0.20
	Total Impurezas	0.3

Figura D2. Comportamiento Comercial del Aceite de Palmiste en Colombia 2000-2004.



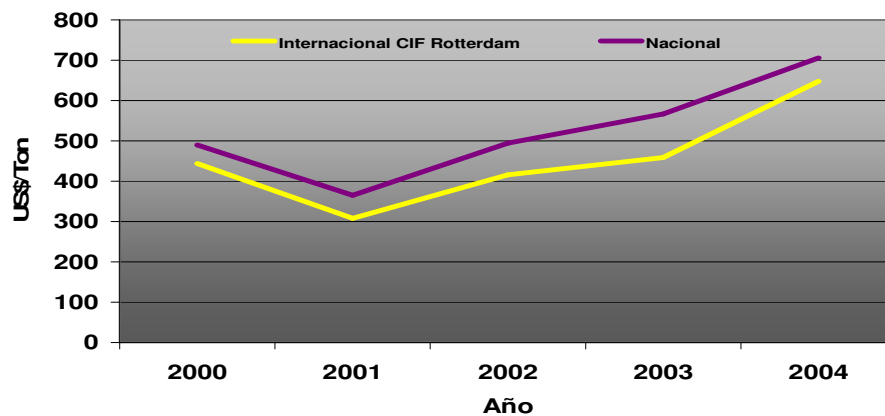
Fuente: Estadísticas Fedepalma.

Figura D3. Exportaciones e Importaciones de Aceite de Palmiste en Colombia 2000-2004



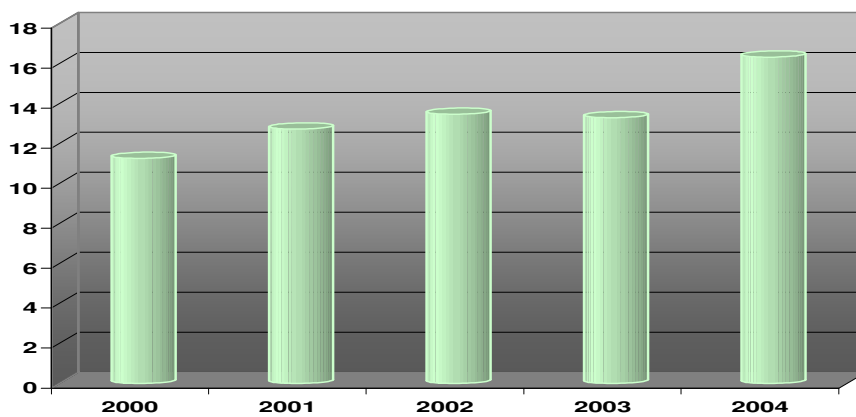
Fuente: Estadísticas Fedepalma

Figura D4. Precio de Aceite de Palmiste 2000-2004



Fuente: Estadísticas Fedepalma

Figura D5: Producción de Aceite de Palmiste Crudo en Zona Central 2000-2004 (1.000 Ton)



Fuente: Estadísticas Fedepalma

Tabla D4: Plantas de Beneficio de Fruto de Palma (Zona Central)

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	NOMBRE DE LA EMPRESA
CESAR	San Alberto	Industrial Agraria La Palma S.A. (Indupalma S.A.)
	Aguachica	Agroince Ltda. Y Cía S.C.A
	San Martín	Palmas del Cesar S.A.
NORTE DE SANTANDER	El Zulia	Cooperativas Palmas Risaralda Ltda. (Coopar Ltda.)
SANTANDER	Puerto Wilches	Extractora Monterrey
		Proagro & Cia S.C.A.
		Oleaginosas Las Brisas S.A.
		Palmas Oleaginosas
		Bucarelia S.A.
Palmeras de Puerto Wilches S.A.		

**ANEXO E. PRINCIPALES EMPRESAS PRODUCTORAS Y
COMERCIALIZADORAS DE PRODUCTO DE ASEO**

**Tabla E1. Empresas Productoras y Comercializadoras de
Productos de Aseo, Cuidado Personal y Cosméticos**

EMPRESAS	CIUDAD
Procter & Gamble Ltda	Bogotá
Unilever Andina S.A.	Bogotá
Dersa	Bogotá
Gitcol	Bogotá
Henkel Colombiana S.A	Bogotá
Clorox	Bogotá
Azul K	Bogotá
Anway	Bogotá
Laboratórios Spai Sons	Bogotá
Fiamme	Bogotá
Capill France	Bogotá
Sc Johson & Son Colombiana S.A.	Bogotá
Waked International	Bogotá
Wella	Bogotá
Cosmepop	Bogotá
Bardot	Bogotá
Laboratório De Cosméticos Vogue S.A	Soacha
Bell Star S.A	Tocancipá
Promotora de Belleza	Tocancipá
Colgate Palmolive	Cali
Varela	Cali
Reckitt Benckiser	Cali
Laboratório Sky	Cali
Deterquin & Cia	Cali
Mon Revê	Medellín
Preparaciones de belleza	Medellín
Vrote Passion	Medellín
Jorge Mario Uribe	Medellín


ANEXO F. AGENTES DE SULFONACION


Tabla F1: Comparación de H₂SO₄ y SO₃ como Agentes de Sulfonación.


FACTOR	H ₂ SO ₄	SO ₃
Punto de Ebullición	330°C (Descomposición)	44.8°C
Solubilidad en Orgánicos	Muy baja	Miscible
Velocidad de Reacción	Baja	Instantánea
Calor de Reacción	Exotérmica	Fuertemente Exotérmica
Conversión de la Reacción	Parcial	Completa
Acido Residual	Abundante	Nulo
Formación de Subproductos	Baja	Puede ser elevada
Volumen del Reactor	Elevado	Mínimo
Viscosidad de la Mezcla Reaccionante	Baja	Alta en algunos casos
Disponibilidad	Universal	Limitada
Costo	Alto	Mínimo
Presencia de Sales Inorgánicas	Alto	Nulo


ANEXO G. BALANES DE MASA Y ENERGÍA DEL PROCESO


1	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <p>TEAM LND Calgary, Alberta CANADA</p> </div>		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams					
10						
11	Name	Gases Remanentes	Prod. Sulfonado	SO2	Azufre Liquido	Aire1
12	Vapour Fraction	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
13	Temperature (C)	49.85	49.85	626.9	166.9	25.00
14	Pressure (kPa)	101.3	101.3	131.0	101.3	101.3
15	Molar Flow (kgmole/h)	58.41	1.749	19.28	3.119	19.28
16	Mass Flow (kg/h)	1689	658.5	656.2	100.0	556.2
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.980	0.8149	0.6984	5.525e-002	0.6430
18	Heat Flow (kJ/h)	-9.668e+004	-1.306e+006	-5.368e+005	-1.986e+005	-157.6
19	Name	3	Aire2	4	5	Aire Seco
20	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	---	0.0000	1.0000
21	Temperature (C)	626.9	25.00	---	526.9	25.00
22	Pressure (kPa)	131.0	101.3	---	101.3	101.3
23	Molar Flow (kgmole/h)	0.0000	7.388	---	0.0000	62.74
24	Mass Flow (kg/h)	0.0000	213.1	---	0.0000	1810
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.0000	0.2464	---	0.0000	2.092
26	Heat Flow (kJ/h)	0.0000	-60.38	---	0.0000	-512.7
27	Name	Azufre Solido	7	SO3	Aire3	8
28	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
29	Temperature (C)	25.00	166.9	526.9	25.00	35.83
30	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
31	Molar Flow (kgmole/h)	3.119	0.0000	25.11	36.07	61.18
32	Mass Flow (kg/h)	100.0	0.0000	869.3	1041	1910
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	4.831e-002	0.0000	0.8906	1.203	2.094
34	Heat Flow (kJ/h)	8.644e+005	0.0000	-7.958e+005	-294.8	-1.216e+006
35	Name	9	Aceite de Palmiste	Agua	11	12
36	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
37	Temperature (C)	35.83	25.00	115.0	166.8	626.9
38	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	131.7	131.7
39	Molar Flow (kgmole/h)	0.0000	1.031	5.551	3.119	3.119
40	Mass Flow (kg/h)	0.0000	637.5	100.0	100.0	100.0
41	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.0000	0.7040	0.1002	5.525e-002	5.525e-002
42	Heat Flow (kJ/h)	0.0000	-1.325e+006	-1.321e+006	-1.986e+005	4.456e+004
43	Name	13	14	15	16	17
44	Vapour Fraction	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
45	Temperature (C)	400.0	400.0	424.9	456.7	60.00
46	Pressure (kPa)	101.3	101.3	131.0	152.0	101.3
47	Molar Flow (kgmole/h)	19.28	7.388	19.28	19.28	25.11
48	Mass Flow (kg/h)	556.2	213.1	656.2	656.2	869.3
49	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.6430	0.2464	0.6984	0.6984	0.8906
50	Heat Flow (kJ/h)	2.190e+005	8.391e+004	-6.737e+005	-6.511e+005	-1.215e+006
51	Name	1	6	Agua Fria	18	25
52	Vapour Fraction	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000
53	Temperature (C)	49.85	29.85	25.00	561.5	755.3
54	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	1520	101.3
55	Molar Flow (kgmole/h)	61.18	58.41	5.551	5.551	9.790
56	Mass Flow (kg/h)	1910	1689	100.0	100.0	737.5
57	Liquid Volume Flow (m3/h)	2.094	1.980	0.1002	0.1002	0.7433
58	Heat Flow (kJ/h)	-1.189e+006	-1.313e+005	-1.581e+006	-1.232e+006	-2.556e+006
59						
60						
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 1 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams (continued)					
7						
8						
9						
10						
11	Name	26	27	28	29	30
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
13	Temperature (C)	755.3	20.00	20.00	20.00	20.00
14	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
15	Molar Flow (kgmole/h)	0.0000	9.790	0.0000	2.790	7.001
16	Mass Flow (kg/h)	0.0000	737.5	0.0000	437.4	300.1
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.0000	0.7433	0.0000	0.4874	0.2558
18	Heat Flow (kJ/h)	0.0000	-4.528e+006	0.0000	-1.495e+006	-3.033e+006
19	Name	2	10	20	NaOH1	21
20	Vapour Fraction	1.0000	0.0000	0.9801	0.0000	1.0000
21	Temperature (C)	245.3	245.3	245.3	25.00	41.88
22	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3
23	Molar Flow (kgmole/h)	6.881	0.1394	7.001	7.541	2.161e-004
24	Mass Flow (kg/h)	287.6	12.44	300.1	136.0	6.025e-003
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.2459	9.890e-003	0.2558	0.1362	7.030e-006
26	Heat Flow (kJ/h)	-2.309e+006	-8.803e+004	-2.397e+006	-2.147e+006	-4.460
27	Name	22	NaOH	23	24	
28	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
29	Temperature (C)	41.88	25.00	17.15	17.15	
30	Pressure (kPa)	101.3	101.3	101.3	101.3	
31	Molar Flow (kgmole/h)	9.290	46.00	59.50	44.91	
32	Mass Flow (kg/h)	794.5	829.6	1702	816.8	
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.9511	0.8305	1.993	0.8174	
34	Heat Flow (kJ/h)	-3.453e+006	-1.310e+007	-4.006e+005	-1.283e+007	
35	Material Streams 1					
36						
37	Name	Gases Remanentes	Prod. Sulfonado	SO2	Azufre Liquido	Aire1
38	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0039	129.8733	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mass Flow (PalmiticSul*)(kg/h)	0.0329	91.9826	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mass Flow (MiristicSul*)(kg/h)	0.0939	141.6111	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mass Flow (StearicSulf*)(kg/h)	0.0018	17.4028	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mass Flow (LauricSulf*)(kg/h)	1.1464	260.9289	0.0000	0.0000	0.0000
43	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0227	5.4996	0.0000	0.0000	0.0000
44	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	21.5221	0.2007	0.0000	0.0000	0.0000
45	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.4527	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000
46	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0001	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000
47	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	5.3261	0.0000	0.0000	0.0000
48	Comp Mass Flow (1C16oicAcid)(kg/h)	0.0001	2.9812	0.0000	0.0000	0.0000
49	Comp Mass Flow (StearicAcid)(kg/h)	0.0000	0.7149	0.0000	0.0000	0.0000
50	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	5.4410	1.8636	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	0.0000
52	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	271.8863	0.0303	29.7806	0.0000	129.5548
53	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	1388.3307	0.1064	426.6492	0.0000	426.6492
54	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000	199.7848	0.0000	0.0000
55	Comp Mass Flow (S_Rhombic)(kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mass Flow (Tripalmitin*)(kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mass Flow (Triestearin*)(kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 2 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:28 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams 1 (continued)					
7	Material Streams 1 (continued)					
8	Material Streams 1 (continued)					
9	Material Streams 1 (continued)					
10	Material Streams 1 (continued)					
11	Name	3	Aire2	4	5	Aire Seco
12	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
13	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
14	Comp Mass Flow (MiristicSulf*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
15	Comp Mass Flow (StearicSulf*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
16	Comp Mass Flow (LauricSulf*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
17	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
18	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
19	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
20	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
21	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
22	Comp Mass Flow (1C16oicAcid)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
23	Comp Mass Flow (StearicAcid)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
24	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
25	Comp Mass Flow (S_Liq_150)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
26	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0000	49.6483 *	---	0.0000	421.6079
27	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.0000	163.5015 *	---	0.0000	1388.4371
28	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
29	Comp Mass Flow (S_Rhombic)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
30	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
31	Comp Mass Flow (Tripalmitin*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
32	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
33	Comp Mass Flow (Triestearin*)(kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
34	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
35	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
36	Name	Azufre Solido	7	SO3	Aire3	8
37	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mass Flow (MiristicSulf*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mass Flow (StearicSulf*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mass Flow (LauricSulf*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	249.6657	0.0000	249.6657
44	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47	Comp Mass Flow (1C16oicAcid)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	Comp Mass Flow (StearicAcid)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50	Comp Mass Flow (S_Liq_150)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	29.5118	242.4049	271.9167
52	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	590.1507	798.2865	1388.4371
53	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	Comp Mass Flow (S_Rhombic)(kg/h)	100.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mass Flow (Tripalmitin*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mass Flow (Triestearin*)(kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 3 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:28 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams 1 (continued)					
7						
8						
9						
10	Material Streams 1 (continued)					
11	Name	9	Aceite de Palmista	Agua	11	12
12	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
13	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
14	Comp Mass Flow (MiristicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
15	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
16	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
17	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	3.7570 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
18	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
19	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	100.0000 *	0.0000	0.0000
20	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
21	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	3.5482 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
22	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	0.0000	2.0176 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
23	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.0000	0.4870 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
24	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000	10.7143 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
25	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	100.0000	100.0000
26	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
27	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
28	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
29	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
30	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	107.4212 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
31	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	60.4592 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
32	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	112.4304 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
33	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	14.4017 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
34	Comp Mass Flow (Triaurin*) (kg/h)	0.0000	322.2635 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
35	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
36	Name	13	14	15	16	17
37	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mass Flow (MiristicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	249.6657
44	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	129.5548	49.8483	29.7806	29.7806	29.5118
52	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	426.6492	163.5015	426.6492	426.6492	590.1507
53	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000	199.7848	199.7848	0.0000
54	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mass Flow (Triaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 4 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams 1 (continued)					
7						
8						
9						
10						
11	Name	1	6	Agua Fria	18	25
12	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0039	0.0000	0.0000	0.0000
13	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0329	0.0000	0.0000	0.0000
14	Comp Mass Flow (MiristicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0939	0.0000	0.0000	0.0000
15	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000
16	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	0.0000	1.1464	0.0000	0.0000	0.0000
17	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	0.0227	0.0000	0.0000	110.4461
18	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	249.6667	21.5221	0.0000	0.0000	0.0000
19	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000	0.4527	100.0000	100.0000	84.2652
20	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	215.0623
21	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	106.5220
22	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	59.6269
23	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	14.2972
24	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000	5.4410	0.0000	0.0000	147.2802
25	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	271.9167	271.8863	0.0000	0.0000	0.0000
27	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	1388.4371	1388.3307	0.0000	0.0000	0.0000
28	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	Name	26	27	28	29	30
37	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mass Flow (MiristicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	110.4461	0.0000	110.4461	0.0000
43	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	0.0000	84.2652	0.0000	0.4554	83.8098
45	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0000	215.0623	0.0000	0.0064	215.0559
46	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	106.5220	0.0000	106.5220	0.0000
47	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	0.0000	59.6269	0.0000	59.6269	0.0000
48	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.0000	14.2972	0.0000	14.2972	0.0000
49	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	0.0000	147.2802	0.0000	146.0916	1.1886
50	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
53	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mass Flow (Trimiristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 5 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:28 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams 1 (continued)					
7						
8						
9						
10						
11	Name	2	10	20	NaOH1	21
12	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
13	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
14	Comp Mass Flow (MyristicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
15	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
16	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
17	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
18	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
19	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	83.7129	0.0969	83.8098	135.7280 *	0.0003
20	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	202.7101	12.3458	215.0559	0.0000 *	0.0000
21	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
22	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
23	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
24	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	1.1883	0.0003	1.1886	0.0000 *	0.0000
25	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
26	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0009
27	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0047
28	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
29	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
30	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
31	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
32	Comp Mass Flow (Trimyristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
33	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
34	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000
35	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.0000	0.0000	0.0000	0.2720 *	0.0000
36	Name	22	NaOH	23	24	
37	Comp Mass Flow (OleicSulf*) (kg/h)	129.8733	0.0000 *	0.0000	0.0039	
38	Comp Mass Flow (PalmiticSulf*) (kg/h)	91.9826	0.0000 *	0.0002	0.0327	
39	Comp Mass Flow (MyristicSulf*) (kg/h)	141.8111	0.0000 *	0.0007	0.0932	
40	Comp Mass Flow (StearicSulf*) (kg/h)	17.4028	0.0000 *	0.0000	0.0018	
41	Comp Mass Flow (LauricSulf*) (kg/h)	260.9289	0.0000 *	0.0246	1.1218	
42	Comp Mass Flow (Myristic*) (kg/h)	5.4996	0.0000 *	0.0004	0.0222	
43	Comp Mass Flow (SO3) (kg/h)	0.2006	0.0000 *	19.3443	2.1778	
44	Comp Mass Flow (H2O) (kg/h)	135.7304	827.9473 *	21.5324	806.8676	
45	Comp Mass Flow (Glycerol) (kg/h)	0.0063	0.0000 *	0.0000	0.0001	
46	Comp Mass Flow (OleicAcid) (kg/h)	5.3261	0.0000 *	0.0000	0.0000	
47	Comp Mass Flow (1C16oicAcid) (kg/h)	2.9812	0.0000 *	0.0000	0.0001	
48	Comp Mass Flow (StearicAcid) (kg/h)	0.7149	0.0000 *	0.0000	0.0000	
49	Comp Mass Flow (Cellosolve) (kg/h)	1.8636	0.0000 *	0.5755	4.8654	
50	Comp Mass Flow (S_Liq_150) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
51	Comp Mass Flow (Oxygen) (kg/h)	0.0294	0.0000 *	271.8852	0.0011	
52	Comp Mass Flow (Nitrogen) (kg/h)	0.1017	0.0000 *	1388.3282	0.0025	
53	Comp Mass Flow (SO2) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
54	Comp Mass Flow (S_Rhombic) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
55	Comp Mass Flow (Triolein*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
56	Comp Mass Flow (Tripalmitin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
57	Comp Mass Flow (Trimyristin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
58	Comp Mass Flow (Triestearin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
59	Comp Mass Flow (Trilaurin*) (kg/h)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
60	Comp Mass Flow (NaOH) (kg/h)	0.2720	1.6592 *	0.0000	1.6592	
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 8 of 12	


1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Compositions					
7	Name	Gases Remanentes	Prod. Sulfonado	SO2	Azufre Liquido	Aire1
8	12 Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.1981	0.0000	0.0000	0.0000 *
9	13 Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.1370	0.0000	0.0000	0.0000 *
10	14 Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000	0.2091	0.0000	0.0000	0.0000 *
11	15 Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0258	0.0000	0.0000	0.0000 *
12	16 Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0001	0.3833	0.0000	0.0000	0.0000 *
13	17 Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000 *
14	18 Comp Mole Frac (SO3)	0.0048	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000 *
15	19 Comp Mole Frac (H2O)	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000 *
16	20 Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
17	21 Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000 *
18	22 Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000	0.0086	0.0000	0.0000	0.0000 *
19	23 Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000 *
20	24 Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0010	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000 *
21	25 Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000 *
22	26 Comp Mole Frac (Oxygen)	0.1455	0.0005	0.0482	0.0000	0.2100 *
23	27 Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.8484	0.0022	0.7900	0.0000	0.7900 *
24	28 Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000	0.1618	0.0000	0.0000 *
25	29 Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
26	30 Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
27	31 Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
28	32 Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
29	33 Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
30	34 Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
31	35 Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000 *
32	Name	3	Aire2	4	5	Aire Seco
33	37 Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
34	38 Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
35	39 Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
36	40 Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
37	41 Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
38	42 Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
39	43 Comp Mole Frac (SO3)	0.0000	0.0000 *	---	0.1242	0.0000
40	44 Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
41	45 Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
42	46 Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
43	47 Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
44	48 Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
45	49 Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
46	50 Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
47	51 Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0482	0.2100 *	---	0.0367	0.2100
48	52 Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.7900	0.7900 *	---	0.8391	0.7900
49	53 Comp Mole Frac (SO2)	0.1617	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
50	54 Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
51	55 Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
52	56 Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
53	57 Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
54	58 Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
55	59 Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
56	60 Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000 *	---	0.0000	0.0000
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 7 of 12	

1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Compositions (continued)					
7						
8						
9						
10						
11	Name	Azufre Solido	7	SO3	Aire3	8
12	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	Comp Mole Frac (SO3)	0.0000 *	0.0000	0.1242	0.0000	0.0510
19	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000 *	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0000 *	0.0000	0.0367	0.2100	0.1389
27	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0000 *	0.0000	0.8391	0.7900	0.8101
28	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	1.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	Name	9	Aceite de Palmiste	Agua	11	12
37	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
38	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
39	Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
40	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
41	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
42	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0160 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
43	Comp Mole Frac (SO3)	0.9971	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
44	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000 *	1.0000 *	0.0000	0.0000
45	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
46	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0122 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
47	Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000	0.0076 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
48	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0017 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
49	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0000	0.1153 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
50	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	1.0000	1.0000
51	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0010	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
52	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0019	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
53	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
54	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
55	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.1179 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
56	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0726 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
57	Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.1511 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
58	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0157 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
59	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.4900 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
60	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000 *	0.0000 *	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 8 of 12	

1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:28 2006			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main) (continued)					
7	Compositions (continued)					
8						
9						
10						
11	Name	13	14	15	16	17
12	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	Comp Mole Frac (MyristicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	Comp Mole Frac (SO3)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1242
19	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.2100	0.2100	0.0482	0.0482	0.0367
27	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.7900	0.7900	0.7900	0.7900	0.8391
28	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000	0.1618	0.1618	0.0000
29	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Comp Mole Frac (Trimyristin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	Name	1	6	Aqua Fria	18	25
37	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mole Frac (MyristicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0494
43	Comp Mole Frac (SO3)	0.0510	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000
44	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0004	1.0000	1.0000	0.4778
45	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2385
46	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0385
47	Comp Mole Frac (1C18oicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0238
48	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051
49	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.1669
50	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.1389	0.1455	0.0000	0.0000	0.0000
52	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.8101	0.8484	0.0000	0.0000	0.0000
53	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mole Frac (Trimyristin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 9 of 12	

1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Compositions (continued)					
7	Compositions (continued)					
8	Compositions (continued)					
9	Compositions (continued)					
10	Compositions (continued)					
11	Name	26	27	28	29	30
12	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0494	0.0494	0.0069	0.1733	0.0000
18	Comp Mole Frac (SO3)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	Comp Mole Frac (H2O)	0.4778	0.4778	0.8706	0.0091	0.6645
20	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.2385	0.2385	0.0000	0.0000	0.3336
21	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0385	0.0385	0.0000	0.1352	0.0000
22	Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0238	0.0238	0.0000	0.0833	0.0000
23	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0051	0.0051	0.0000	0.0180	0.0000
24	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.1669	0.1669	0.1228	0.5810	0.0019
25	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	Name	2	10	20	NaOH1	21
37	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	Comp Mole Frac (SO3)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024
44	Comp Mole Frac (H2O)	0.6773	0.0386	0.6645	0.9991	0.0828
45	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.3208	0.9614	0.3336	0.0000	0.0000
46	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47	Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0019	0.0000	0.0019	0.0000	0.0004
50	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1340
52	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7804
53	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 10 of 12	

1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:26 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Compositions (continued)					
7						
8						
9						
10						
11	Name	22	NaOH	23	24	
12	Comp Mole Frac (OleicSulf*)	0.0369	0.0000 *	0.0000	0.0000	
13	Comp Mole Frac (PalmiticSulf*)	0.0268	0.0000 *	0.0000	0.0000	
14	Comp Mole Frac (MiristicSulf*)	0.0394	0.0000 *	0.0000	0.0000	
15	Comp Mole Frac (StearicSulf*)	0.0049	0.0000 *	0.0000	0.0000	
16	Comp Mole Frac (LauricSulf*)	0.0722	0.0000 *	0.0000	0.0001	
17	Comp Mole Frac (Myristic*)	0.0026	0.0000 *	0.0000	0.0000	
18	Comp Mole Frac (SO3)	0.0003	0.0000 *	0.0041	0.0006	
19	Comp Mole Frac (H2O)	0.8110	0.9991 *	0.0201	0.9972	
20	Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
21	Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.0020	0.0000 *	0.0000	0.0000	
22	Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0013	0.0000 *	0.0000	0.0000	
23	Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0003	0.0000 *	0.0000	0.0000	
24	Comp Mole Frac (Cellosolve)	0.0022	0.0000 *	0.0001	0.0012	
25	Comp Mole Frac (S_Liq_150)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
26	Comp Mole Frac (Oxygen)	0.0001	0.0000 *	0.1428	0.0000	
27	Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0004	0.0000 *	0.8329	0.0000	
28	Comp Mole Frac (SO2)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
29	Comp Mole Frac (S_Rhombic)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
30	Comp Mole Frac (Triolein*)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
31	Comp Mole Frac (Tripalmitin*)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
32	Comp Mole Frac (Trimiristin*)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
33	Comp Mole Frac (Triestearin*)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
34	Comp Mole Frac (Trilaurin*)	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
35	Comp Mole Frac (NaOH)	0.0007	0.0009 *	0.0000	0.0009	
36						
37	Energy Streams					
38	Name	Q-100	Q-101	Q-102	Q-103	Q-105
39	Heat Flow (kJ/h)	1.281e+006	-8.004e+005	-2.286e+005	-1.063e+006	2.331
40	Name	Q-106	Q-107	Q-108	Q-109	Q-110
41	Heat Flow (kJ/h)	2.431e+005	2.191e+005	8.397e+004	1.368e+005	2.259e+004
42	Name	Q-111	Q-112	Q-113	Q-115	Q-116
43	Heat Flow (kJ/h)	4.195e+005	2.615e+004	3.465e+004	2.596e+005	8.986e+004
44	Name	Q-118	Q-104			
45	Heat Flow (kJ/h)	1.972e+006	6.360e+005			
46						
47	Unit Ops					
48	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc. Level
49	R-Sulfonación	Conversion Reactor	29	Prod. Sulfonado	No	500.0 *
50			1	Gases Remanentes		
51			Q-100	Q-100		
52	R-SO2	Conversion Reactor	12	3	No	500.0 *
53			13	SO2		
54			Q-101	Q-101		
55	R-SO3	Conversion Reactor	14	5	No	500.0 *
56			16	SO3		
57			Q-102	Q-102		
58	Fundidor	Conversion Reactor	Azufre Solido	Azufre Liquido	No	500.0 *
59			Q-103	7		
60				Q-103		
61	Disolución	Tank	Aire3	9	No	500.0 *
62			17	8		
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4815)		Page 11 of 12	

1	 TEAM LND Calgary, Alberta CANADA		Case Name: A:\INGRID1.HSC			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Tue May 30 12:03:28 2006			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Unit Ops (continued)					
7	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc. Level
8						
9	V-103	Tank	Aceite de Palmiste 18	26 25	No	500.0 *
10	Neutralización	Tank	Prod. Sulfonado NaOH1	22 21	No	500.0 *
11	Trampas	Tank	6 NaOH	24 23	No	500.0 *
12	TEE-100	Tee	Aire Seco	Aire1 Aire2 Aire3	No	500.0 *
13	P-100	Pump	Azufre Liquido Q-105	11	No	500.0 *
14	E-100	Heater	11 Q-106	12	No	500.0 *
15	E-101	Heater	Aire1 Q-107	13	No	500.0 *
16	E-102	Heater	Aire2 Q-108	14	No	500.0 *
17	E-105	Heater	8 Q-112	1	No	500.0 *
18	E-107	Heater	Agua Fria Q-115	Agua	No	500.0 *
19	E-108	Heater	30 Q-104	20	No	500.0 *
20	SET-1	Set			No	500.0 *
21	SET-2	Set			No	500.0 *
22	SET-3	Set			No	500.0 *
23	E-103	Cooler	SO2	15 Q-109	No	500.0 *
24	E-104	Cooler	SO3	17 Q-111	No	500.0 *
25	E-106	Cooler	Gases Remanentes	6 Q-113	No	500.0 *
26	E-109	Cooler	26	27 Q-118	No	500.0 *
27	K-100	Compressor	15 Q-110	16	No	500.0 *
28	K-101	Compressor	Agua Q-116	18	No	500.0 *
29	V-100	Separator	20	10 2	No	500.0 *
30	V-104	3 Phase Separator	27	29 28 30	No	500.0 *
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.1 (Build 4816)		Page 12 of 12	

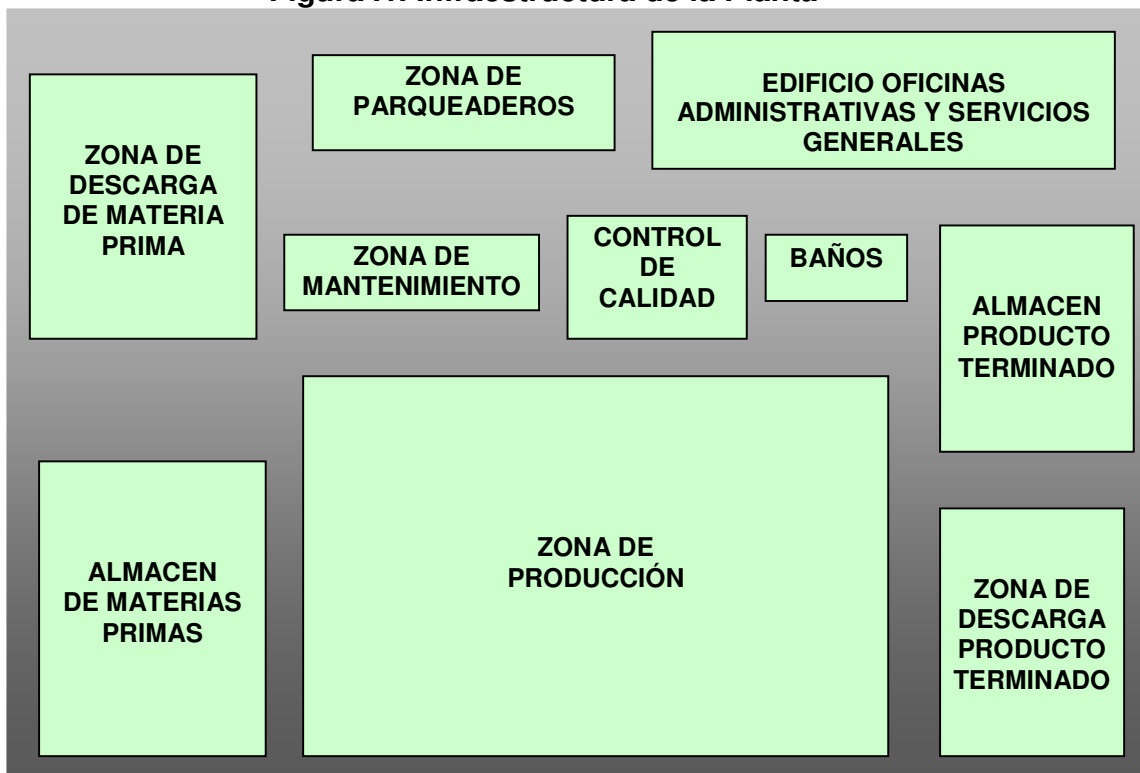
ANEXO H. EQUIPOS PRINCIPALES REQUERIDOS EN EL PROCESO

Tabla H1. Detalle de los Equipos Principales

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CONDICIONES	ESPECIFICACIONES
Fundidor	Reactor para fundir el azufre sólido, tiene una chaqueta de calentamiento	Temperatura: 166.9 °C Presión: 1 atm Conversión: 100%	Volumen: 0.057 m ³ Material: Acero Inoxidable
R-SO ₂	Reactor convertidor con chaqueta de enfriamiento. La reacción es exotérmica	Temperatura: 626.9 °C Presión: 1.29 atm Conversión: 100%	Volumen: 1.216 m ³ Material: Acero Inoxidable
R-SO ₃	Reactor convertidor con lecho catalítico de Pentóxido de Vanadio. La reacción es exotérmica	Temperatura: 526.9 °C Presión: 1 atm Conversión: 100%	Volumen: 1.08 m ³ Material: Acero Inoxidable
R-Sulfonación	Reactor convertidor con chaqueta de enfriamiento. La reacción es exotérmica	Temperatura: 49.85 °C Presión: 1 atm Conversión: 95%	Volumen: 9.39 m ³ Material: Acero Inoxidable
Tanque V-103	Tanque donde se realiza la hidrólisis del aceite de palmiste	Temperatura: 755,3 °C Presión: 15 atm Conversión: 100%	Volumen: 4.84 m ³ Material: Acero Inoxidable 316
V-100	Separador flash, retira el agua contenida en la mezcla de glicerol-agua.	Temperatura: 245,3°C Presión: 1 atm Conversión: 96%	Volumen: 0.4128 m ³ Material: Acero al carbón
Neutralizador	Tanque con agitador.	Temperatura: 41.88°C Presión: 1 atm	Volumen: 0.67 m ³ Material: Acero Inoxidable 316
Decantador	Separa una mezcla proveniente del equipo V-103, que es una mezcla de ácidos grasos y glicerol	Temperatura: 20°C Presión: 1 atm	Volumen: 0.77 m ³ Material: Acero al carbón

ANEXO I. DISTRIBUCION DE LA PLANTA

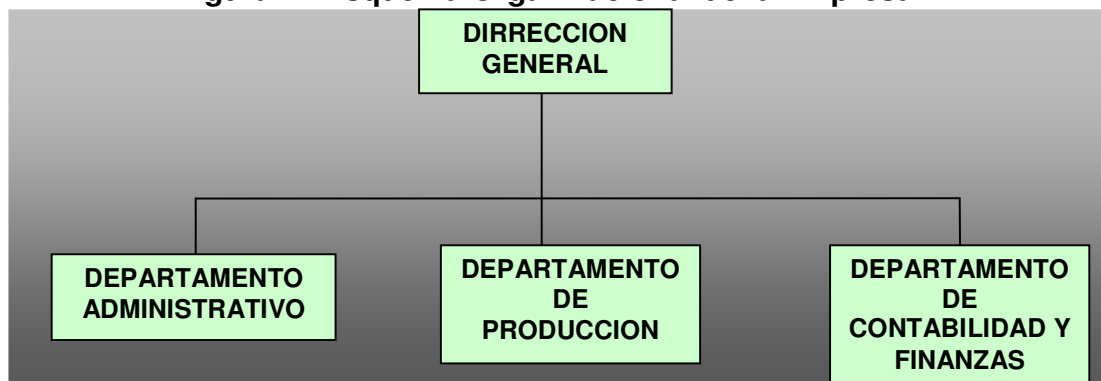
Figura I1. Infraestructura de la Planta



- ✚ **Zona de Producción:** en esta área se encuentra toda la maquinaria y equipos necesarios para la transformación de materia prima.
- ✚ **Zona de Mantenimiento:** en esta área se encuentra el personal y las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de la planta.

- ✚ **Control de Calidad:** en esta sección se realizan todos los procedimientos necesarios para garantizar la calidad del producto, por lo tanto cuenta con laboratorios de pruebas para materia prima y productos.
- ✚ **Recepción de Materia Prima:** en esta zona se descarga la materia prima.
- ✚ **Almacenamiento de Materia Prima:** en esta zona se almacena la materia prima en condiciones tales que permitan su adecuada conservación y manejo.
- ✚ **Almacenamiento de Producto Terminado:** en esta zona se almacena los productos terminados en condiciones tales que permitan su adecuada conservación y manejo.
- ✚ **Área Administrativa:** en esta zona quedan las oficinas administrativas.

Figura I2. Esquema Organizacional de la Empresa



- ✚ **Dirección General:** está compuesta por el director o gerente general más las personas que lo respaldan.

- ✚ **Departamento de Producción:** el personal de este departamento se encarga de los procesos de transformación de materia prima. Comprende las unidades de Ingeniería de Procesos, Mantenimiento, Materiales y Servicios, Control de Calidad y Seguridad Industrial.

- ✚ **Departamento de Contabilidad y Finanzas:** encargado de identificar, medir, registrar y distribuir la información económica, la previsión de gastos e ingresos y las inversiones que posibiliten el crecimiento de la empresa. Está conformado por Contabilidad General, Presupuesto e Inversiones.

- ✚ **Departamento Administrativo:** corresponde al resto del personal necesario para el buen funcionamiento de la empresa.

Tabla I1. Personal Requerido en la Planta

DEPARTAMENTO	CARGO	PERSONA POR CARGO
Dirección General	Gerente General	1
	Secretaria de Gerencia	1
Departamento de Producción	Ingenieros de Procesos	2
	Operadores de Planta	9
	Almacenista	1
	Operario de Control de Calidad	1

	Técnico de Mantenimiento	1
	Personal de Seguridad Industrial	6
Departamento de Contabilidad y Finanzas	Contador	1
	Auxiliar Contable	1
Departamento Administrativo	Auditor General	1
	Secretaria del departamento	1
	Mensajero	1
	Oficios Varios	1
TOTAL		28

ANEXO J. PRODUCCION Y VENTAS DEL PRESUPUESTO DE PRODUCCION

Tabla J1. Flujo de Caja Libre del Proyecto desde el Año 0 hasta Año 5

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Unidades a vender de subproducto	0,00	0,00	64,50	69,88	75,25	80,63
Precio de venta subproducto	0,00	0,00	513,00	564,30	620,73	682,80
1. Unidades a vender producto	0,00	0,00	3.180,00	3.445,00	3.710,00	3.975,00
2. Precio de venta producto	0,00	0,00	2.500,00	2.550,00	2.601,00	2.653,02
3. Ingresos por ventas (1*2)	0,00	0,00	7.983.088,50	8.824.183,28	9.696.419,93	10.600.808,91
4. Venta de activos						
5. Total ingresos (3+4)	0,00	0,00	7.983.088,50	8.824.183,28	9.696.419,93	10.600.808,91
EGRESOS						
6. Costos Variables unitarios	0,00	0,00	1.434,04	1.323,73	1.229,18	1.147,23
7. Costo variables totales	0,00	0,00	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22
8. Costos fijos	0,00	0,00	111.165,00	111.165,00	3.466,80	3.466,80
9. Subtotal costos (7+8)	0,00	0,00	4.671.409,22	4.671.409,22	4.563.711,02	4.563.711,02
10. Depreciaciones	0,00	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
11. Amortizaciones	0,00	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
12. Valor en libros de activos vendidos						
13. Total egresos (9+10+11+12)	0,00	76.676,39	4.748.085,61	4.748.085,61	4.640.387,41	4.640.387,41
14. Utilidad bruta (5-13)	0,00	76.676,39	3.235.002,89	4.076.097,67	5.056.032,52	5.960.421,49
15. (-) Pago de intereses préstamo						
16. Utilidad antes de impuestos (14-15)	0,00	76.676,39	3.235.002,89	4.076.097,67	5.056.032,52	5.960.421,49
17. (-) Impuestos	0,00	75.142,87	3.170.302,83	3.994.575,72	4.954.911,87	5.841.213,06
18. Utilidad neta (16-17)	0,00	1.533,53	64.700,06	81.521,95	101.120,65	119.208,43
AJUSTES CONTABLES						

19. (+) Depreciaciones (10)	0,00	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
20. (+) Amortizaciones (11)	0,00	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
21. (+) Valor en libros de activos vendidos(12)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22. (-) Inversiones						

23. Terrenos	40.783,00	0,00				
24. Edificaciones	112.153,50	112.153,50				
25. Maquinaria	61.761,75	61.761,75				
26. Muebles	0,00	61.175,00				
28. Capital de trabajo	100.000,00	0,00				
29. Gastos e Instalación de equipos	160.580,55	86.466,45				
30. Gastos de desarrollo y obtención de tecn.	0,00	132.429,00				
31. Planeación e Integración del Proyecto	8.695,76	8.695,76				
32. Supervisión de la Construcción	8.695,76	8.695,76				
33. Administración del Proyecto	1.739,15	1.739,15				
35. Imprevistos	26.087,29	26.087,29				
32. Total inversiones (23+24+...30)	349.481,30	269.873,30	0,00	0,00	0,00	0,00
33. (+) Ingresos por recursos de crédito						
34. (+) Recuperación de capital de trabajo						
35. (+) Valor de desecho por venta activos						
36. (-) Amortización capital créditos						
37. FLUJO NETO CAJA (18+19+20+21-31+32+33+34-35)	349.481,30	194.730,43	141.376,45	158.198,35	177.797,04	195.884,82

Tabla J1. Flujo de Caja Libre del Proyecto desde el Año 6 hasta Año 10

CONCEPTO	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS					
Unidades a vender de subproducto	86,00	91,38	96,75	102,13	107,50
Precio de venta subproducto	751,08	826,19	908,81	999,69	1.099,66
1. Unidades a vender producto	4.240,00	4.505,00	4.770,00	5.035,00	5.300,00
2. Precio de venta producto	2.706,08	2.760,20	2.815,41	2.871,71	2.929,15
3. Ingresos por ventas (1*2)	11.538.374,0 6	12.510.207,4 4	13.517.414,2 9	14.561.179,3 7	15.642.700,3 6
4. Venta de activos					
5. Total ingresos (3+4)	11.538.374,0 6	12.510.207,4 4	13.517.414,2 9	14.561.179,3 7	15.642.700,3 6
EGRESOS					
6. Costos Variables unitarios	1.075,53	1.012,26	956,03	905,71	860,42
7. Costo variables totales	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22
8. Costos fijos	3.466,80	3.466,80	3.466,80	3.466,80	3.466,80
9. Subtotal costos (7+8)	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02
10. Depreciaciones	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
11. Amortizaciones	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
12. Valor en libros de activos vendidos					
13. Total egresos (9+10+11+12)	4.640.387,41	4.640.387,41	4.640.387,41	4.640.387,41	4.640.387,41
14. Utilidad bruta (5-13)	6.897.986,65	7.869.820,02	8.877.026,88	9.920.791,96	11.002.312,9 5
15. (-) Pago de intereses préstamo					
16. Utilidad antes de impuestos (14-15)	6.897.986,65	7.869.820,02	8.877.026,88	9.920.791,96	11.002.312,9 5
17. (-) Impuestos	6.760.026,91	7.712.423,62	8.699.486,34	9.722.376,12	10.782.266,69
18. Utilidad neta (16-17)	137.959,73	157.396,40	177.540,54	198.415,84	220.046,26

AJUSTES CONTABLES					
19. (+) Depreciaciones (10)	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
20. (+) Amortizaciones (11)	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
21. (+) Valor en libros de activos vendidos(12)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22. (-) Inversiones					
23. Terrenos					
24. Edificaciones					
25. Maquinaria					
26. Muebles					
28. Capital de trabajo					
29. Gastos e Instalación de equipos					
30. Gastos de desarrollo y obtención de tecn.					
31. Planeación e Integración del Proyecto					
32. Supervisión de la Construcción					
33. Administración del Proyecto					
35. Imprevistos					
32. Total inversiones (23+24+...30)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33. (+) Ingresos por recursos de crédito					
34. (+) Recuperación de capital de trabajo					
35. (+) Valor de desecho por venta activos					
36. (-) Amortización capital créditos					
37. FLUJO NETO CAJA (18+19+20+21-31+32+33+34-35)	214.636,13	234.072,79	254.216,93	275.092,23	296.722,65

ANEXO K. COSTOS DE FABRICACIÓN Y GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

Tabla K1. Costo Materia Prima

MATERIA PRIMA	UNIDAD	COSTO (US\$)/UNID.	UNID. / AÑO	TOTAL (US\$)/AÑO
Aceite de Palmiste [1]	Tonelada	501,64	5.600	2.809.184
Hidróxido de Sodio [2]	Tonelada	17.740,62	20,11	356.763,8
Azufre [2]	Tonelada	244,7	1.130,77	276.697,42
			TOTAL	3.442.645,22

Fuente: [1] Palmeras de Puerto Wilches, [2] Alquilab, [3] Laboratorios León.

Tabla K2. Costo de Mano Directa e Indirecta

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SUELDO (US\$)/MES	TOTAL (US\$)/AÑO
Mano de Obra Directa			
Ingeniero de Procesos	2	1.020	24.480
Operadores de Planta	9	326	35.208
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA			59.688
Mano de Obra Indirecta			
Técnico de Mantenimiento	1	408	4.896
Operarios de Almacenamiento	1	265	3.180
Operarios de Control de Calidad	1	338	4.056
Personal de Seguridad Industrial	6	326	23.472
TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA			35.604
TOTAL			95.292

Fuente: Cálculo de los Autores

Tabla K3. Gastos de Administración y Ventas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SUELDO (US\$)/MES	TOTAL (US\$)/AÑO
Gerente General	1	1.631	19.572
Secretaria de Gerencia	1	245	2.940
Contador	1	489	5.868
Auxiliar de Contabilidad	1	245	2.940
Secretaria del Departamento	1	204	2.448

Administrativo			
Auditor General	1	612	7.344
Mensajero	1	184	2.208
TOTAL			43.320
OTROS GASTOS			
Gastos de Oficina			3.263
Viáticos y Representaciones			2.447
Otros			2.447
TOTAL			51.477

Fuente: Cálculo de los Autores.

Tabla K4. Gastos Indirectos

DESCRIPCION	COSTO (US\$)
Descripción de la Inversión Fija ^a	50.752
Amortización de la Inversión Diferida ^b	7.450
Servicios	1.081.995
Mantenimiento ^c	8.646,65
Seguro e impuestos ^d	2.470,47
TOTAL	1.151.314,12

4

Tabla K5. Costo Total de Servicios Industriales

SERVICIO INDUSTRIAL	UNIDAD	COSTO(US\$)/ UNIDAD	COSTO(US\$) TOTAL/ Ton. de producto	COSTO (US\$)/ AÑO
Energía Eléctrica	KW/h	0,693	146,5	776.450
Agua	m ³	0,30	57,65	305.545
			TOTAL	1.081.995

Fuente: Cálculo de los Autores

^a Se calcula por el método de línea recta. Años de vida útil: Edificaciones 20 años, Maquinaria y Equipo 10 años, Mobiliario Auxiliar 10 años y Vehículos 5 años.

^b Se calcula por el método de línea recta. 5 años de vida útil.

^c 7% anual del costo de los equipos

^d 2% anual del costo de equipos más edificios

ANEXO L. COSTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Tabla L1. Costo de los Equipos Principales

EQUIPO	COSTO (US\$)
Fundidor	770
Reactor R-SO ₂	6.930
Reactor R-SO ₃	6.380
Reactor Sulfonador	31.130
Decantador	1.650
Flash Separador Glicerina-Agua	2.486
Neutralizador	4.180
TOTAL	53.526

Tabla L2. Costo de Bomba

EQUIPO	CAUDAL (m ³ /h)	COSTO (US\$)
Bomba P-100	0.057	742,5
	TOTAL	742,5

Tabla L3. Costo de Compresores

EQUIPO	POTENCIA (KW)	COSTO (US\$)
Compresor K-100	6,275	10.670
Compresor k-101	24,91	3.080
	TOTAL	13.750

Tabla L4. Costo de Tanques

EQUIPO	VOLUMEN (m ³)	MATERIAL	COSTO (US\$)
Tanque disolución	7,635	Acero al Carbón	2.310
Tanque V-103	5,55	Acero Inoxidable 316	38.345
Trampa NaOH	0.47	Acero Inoxidable 316	3300

		TOTAL	43.955
--	--	--------------	---------------

Tabla L5. Costo y Especificaciones de Enfriadores

EQUIPO	CARGA DE ENFRIAMIENTO KJ/h	COSTO (US\$)
E-103	1.368E+05	330
E-104	4.195E+05	990
E-106	3.465E+04	330
E-109	1.972E+06	3.190
	TOTAL	4.840

Tabla L6. Costo de Calentadores

EQUIPO	COSTO (US\$)
E-101	1.430
E-102	1.100
E-105	1.100
E-108	1.650
E-107	1.430
TOTAL	6.710

El costo total de los equipos es US\$ 123.523,5

ANEXO M. ESTADO DE RESULTADOS CON FINANCIAMIENTO

Tabla M1. Flujo del Inversionista desde el Año 0 hasta Año 5

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Unidades a vender de subproducto	0,00	0,00	64,50	69,88	75,25	80,63
Precio de venta subproducto	0,00	0,00	513,00	564,30	620,73	682,80
1. Unidades a vender	0,00	0,00	3.180,00	3.445,00	3.710,00	3.975,00
2. Precio de venta	0,00	0,00	2.500,00	2.550,00	2.601,00	2.653,02
3. Ingresos por ventas (1*2)	0,00	0,00	7.983.088,50	8.824.183,28	9.696.419,93	10.600.808,91
4. Venta de activos						
5. Total ingresos (3+4)	0,00	0,00	7.983.088,50	8.824.183,28	9.696.419,93	10.600.808,91
EGRESOS						
6. Costos Variables unitarios	0,00	0,00	1.434,04	1.323,73	1.229,18	1.147,23
7. Costo variables totales (6*1)	0,00	0,00	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22
8. Costos fijos	0,00	0,00	111.165,00	111.165,00	3.466,80	3.466,80
9. Subtotal costos (7+8)	0,00	0,00	4.671.409,22	4.671.409,22	4.563.711,02	4.563.711,02
10. Depreciaciones	0,00	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
11. Amortizaciones	0,00	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
12. Valor en libros de activos vendidos						
13. Total egresos (9+10+11+12)	0,00	76.676,39	4.748.085,61	4.748.085,61	4.640.387,41	4.640.387,41
14. Utilidad bruta (5-13)	0,00	76.676,39	3.235.002,89	4.076.097,67	5.056.032,52	5.960.421,49
15. (-) Pago de intereses préstamo		143.473,27	136.611,16	128.678,56	119.508,48	108.907,87
16. Utilidad antes de impuestos(14+15)	0,00	220.149,66	3.098.391,73	3.947.419,11	4.936.524,04	5.851.513,62
17. (-) Impuestos	0,00	215.746,67	3.036.423,89	3.868.470,72	4.837.793,56	5.734.483,35
18. Utilidad neta (16-17)	0,00	4.402,99	61.967,83	78.948,38	98.730,48	117.030,27
AJUSTES CONTABLES						
19. (+) Depreciaciones (10)	0,00	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
20. (+) Amortizaciones (11)	0,00	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19

21. (+) Valor en libros de activos vendidos(12)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22. (-) Inversiones						
23. Terrenos	40.783,00	0,00				
24. Obras físicas	112.153,50	112.153,50				
25. Maquinaria	61.761,75	61.761,75				
26. Muebles	0,00	61.175,00				
28. Capital de trabajo	0,00	0,00				
29. Gastos e Instalación de equipos	160.580,55	86.466,45				
30. Gastos de desarrollo y obtención de tecn.	0,00	132.429,00				
31. Planeación e Integración del Proyecto	8.695,76	8.695,76				
32. Supervisión de la Construcción	8.695,76	8.695,76				
33. Administración del Proyecto	1.739,15	1.739,15				
35. Imprevistos	26.087,29	26.087,29				
32. Otras inversiones	0,00	0,00				
33. Total inversiones (23+24+...31)	375.278,80	321.556,70	0,00	0,00	0,00	0,00
34. (+) Ingresos por recursos de crédito						
35. (+) Recuperación de capital de trabajo						
36. (+) Valor de desecho por venta activos						
37. (-) Amortización capital créditos	0,00	43.987,87	50.849,97	58.782,57	67.952,65	78.553,26
38. FLUJO NETO CAJA (18+19+20+21-31+32+33+34-35)	375.278,80	293.271,17	87.794,25	96.842,21	107.454,22	115.153,40

Tabla M1. Flujo del Inversionista desde el Año 6 hasta Año 10

CONCEPTO	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS					
Unidades a vender de subproducto	86,00	91,38	96,75	102,13	107,50
Precio de venta subproducto	751,08	826,19	908,81	999,69	1.099,66
1. Unidades a vender	4.240,00	4.505,00	4.770,00	5.035,00	5.300,00
2. Precio de venta	2.706,08	2.760,20	2.815,41	2.871,71	2.929,15
3. Ingresos por ventas (1*2)	11.538.374,06	12.510.207,44	13.517.414,29	14.561.179,37	15.642.700,36
4. Venta de activos					0,00
5. Total ingresos (3+4)	11.538.374,06	12.510.207,44	13.517.414,29	14.561.179,37	15.642.700,36
EGRESOS					
6. Costos Variables unitarios	1.075,53	1.012,26	956,03	905,71	860,42
7. Costo variables totales (6*1)	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22	4.560.244,22
8. Costos fijos	3.466,80	3.466,80	3.466,80	3.466,80	3.466,80
9. Subtotal costos (7+8)	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02	4.563.711,02
10. Depreciaciones	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
11. Amortizaciones	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19
12. Valor en libros de activos vendidos					112.153,50
13. Total egresos (9+10+11+12)	4.640.387,41	4.640.387,41	4.640.387,41	4.640.387,41	4.752.540,91
14. Utilidad bruta (5-13)	6.897.986,65	7.869.820,02	8.877.026,88	9.920.791,96	10.890.159,45
15. (-) Pago de intereses préstamo	96.653,56	82.487,58	66.111,70	47.181,19	25.297,52
16. Utilidad antes de impuestos (14+15)	6.801.333,09	7.787.332,45	8.810.915,18	9.873.610,77	10.864.861,93
17. (-) Impuestos	6.665.306,42	7.631.585,80	8.634.696,87	9.676.138,55	10.647.564,69
18. Utilidad neta (16-17)	136.026,66	155.746,65	176.218,30	197.472,22	217.297,24
AJUSTES CONTABLES					
19. (+) Depreciaciones (10)	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20	29.685,20
20. (+) Amortizaciones (11)	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19	46.991,19

21. (+) Valor en libros de activos vendidos(12)	0,00	0,00	0,00	0,00	112.153,50
22. (-) Inversiones					
23. Terrenos					
24. Obras físicas					
25. Maquinaria					
26. Muebles					
28. Capital de trabajo					
29. Gastos e Instalación de equipos					
30. Gastos de desarrollo y obtención de tecn.					
31. Planeación e Integración del Proyecto					
32. Supervisión de la Construcción					
33. Administración del Proyecto					
35. Imprevistos					
32. Otras inversiones					
33. Total inversiones (23+24+...31)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34. (+) Ingresos por recursos de crédito					
35. (+) Recuperación de capital de trabajo					0,00
36. (+) Valor de desecho por venta activos					
37. (-) Amortización capital créditos	90.807,57	104.973,55	121.349,43	140.279,94	162.163,61
38. FLUJO NETO CAJA (18+19+20+21-31+32+33+34-35)	121.895,48	127.449,49	131.545,27	133.868,67	243.963,52

ANEXO N. VALOR PRESENTE NETO

Tabla N1. Valor Presente Neto del Proyecto sin Financiamiento

TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD	15,00%
VALOR PRESENTE NETO	580.952,25
TASA INTERNA DE RETORNO	26,01%

Tabla N2. Valor Presente Neto del Proyecto con Financiamiento

Valor del crédito	919.700,4											
Tasa de interés	15,60%											
Plazo de amortización	10											
CONCEPTO	AÑO 0	AÑO1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO	
Cuota		187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.461,13	187.46	
Intereses		143.473,27	136.611,16	128.678,56	119.508,48	108.907,87	96.653,56	82.487,58	66.111,70	47.181,19	25.29	
Amortización capital		43.987,87	50.849,97	58.782,57	67.952,65	78.553,26	90.807,57	104.973,55	121.349,43	140.279,94	162.16	
CALCULO DEL COSTO DE CAPITAL				MONTO	% PARTICIPACIÓN	COSTO (%)	% PONDERACIÓN					
Recursos Propios				375.278,80		0,29	0,15	0,04				
Recursos de créditos				919.700,43		0,71	0,00	0,00				
Total				1.294.979,23		1,00		0,04				
TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD												4,35%
VALOR PRESENTE NETO												226.590,14
TASA INTERNA DE RETORNO												9,84%

ANEXO O. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Figura O1. Variación de la TIR con Respecto al Aumento del Precio del Aceite de Palmiste

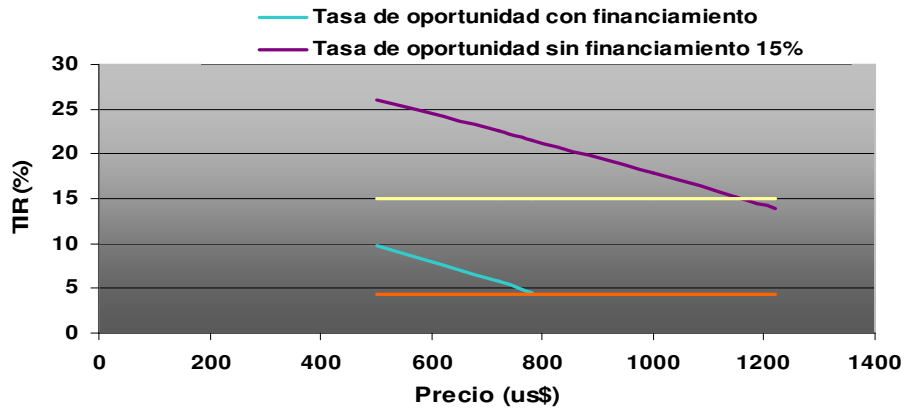


Figura O2. Variación de la TIR con Respecto a la Disminución del Precio de Venta de los Surfactantes Aniónicos

