

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA LA PRODUCCIÓN
DE ÉSTERES DE METILO A PARTIR DE LA ESTEARINA DE PALMA**

**LEONEL ANDRÉS ABREU
EDITH BLANCO BARRERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2004

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA PARA LA PRODUCCIÓN
DE ÉSTERES DE METILO A PARTIR DE LA ESTEARINA DE PALMA**

**LEONEL ANDRÉS ABREU
EDITH BLANCO BARRERA**

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Químico

**Director:
Mario Álvarez Cifuentes
Ingeniero Químico M Sc., Ph D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2004

DEDICATORIA

*A mis padres por el apoyo, comprensión y paciencia
que tuvieron durante todo este tiempo,*

*A todos mis amigos que hicieron agradable
mi estadía en la universidad,*

*Y a la persona que llevo en mi corazón
por su amor y compañía.*

Edith

A Dios mi guía y apoyo,

*A mi mamá, mis hermanos y sobrinos
por darme un motivo de vida cada día,*

A todos los que ocupan un lugar en mi corazón,

*Y a mi compañera por enseñarme que la primera impresión
no es suficiente para conocer quien te puede aportar en la vida.*

Leo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos

- ✚ A nuestro director el Dr. Mario Álvarez Cifuentes por sus acertadas indicaciones técnicas y por su contribución a nuestra formación personal.
- ✚ Al Grupo INTERFASE por habernos brindado la oportunidad de desempeñarnos profesionalmente durante la ejecución de este proyecto.
- ✚ A los ingenieros Germán Zambrano y Jacob Delgado por su desinteresada pero muy valiosa orientación.
- ✚ A las entidades y personas que de manera directa o indirecta facilitaron la realización de éste documento.

RESUMEN

1. TITULO *

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE ÉSTERES DE METILO A PARTIR DE LA ESTEARINA DE PALMA.

2. AUTORES **

Leonel Andrés Abreu
Edith Blanco Barrera

3. PALABRAS CLAVES

Metil éster, éster de metilo, aceite de palma, estearina, transesterificación, prefactibilidad.

4. DESCRIPCIÓN

A continuación se presenta un estudio de prefactibilidad técnico económica para la producción de ésteres de metilo en Colombia usando la estearina de palma africana como materia prima.

El estudio comprende el análisis de la oferta, la demanda y el consumo de los ésteres de metilo en el panorama mundial, suramericano y nacional; se analiza el comportamiento de los precios del producto y de la materia prima, así como la tendencia de crecimiento en la producción de aceite de palma y el consumo de productos finales como los cosméticos. Igualmente se define la localización de la planta, se analiza y selecciona la tecnología más adecuada y se realiza el diseño y dimensionamiento de los equipos principales, definiendo los consumos de materia prima y servicios industriales. También se define la organización administrativa y las necesidades de personal, se estima el capital de inversión, el costo anual de producción finalizando con la evaluación financiera del proyecto.

Se determinó que es necesaria una capacidad de 100 toneladas por día para cubrir la demanda en Colombia y parte de la Comunidad Andina de Naciones, estableciendo la planta en la ciudad de Barranquilla y usando un proceso continuo de transesterificación a baja presión y temperatura moderada en medio alcalino. La evaluación económica es favorable presentando buenas tasas de rentabilidad y baja sensibilidad a la variación en los precios de compra de materia prima y venta del producto.

* Trabajo de grado para optar al título de ingeniero químico

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas – Escuela de Ingeniería Química

ABSTRACT

1. TITLE*

TECHNICAL-ECONOMIC PREFEASIBILITY STUDY FOR METHYL ESTER PRODUCTION FROM PALM STEARINE.

2. AUTHORS **

Leonel Andrés Abreu
Edith Blanco Barrera

3. KEY WORDS

Methyl ester, fatty acid methyl ester, palm oil, stearine, transesterification, prefeasibility

4. DESCRIPTION

Next appears a technical-economic prefeasibility study for the methyl ester production in Colombia using the palm oil stearine like raw material.

The study includes the analysis of demand, supply and consumption of methylesters in the world-wide, South American and national scene; the prices behavior of the product and the raw material is analyzed, as well as, the growth tendency in the production of palm oil and the cosmetics consumption. Also the location of the plant is defined, the most suitable technology is selected and it is made the design and sizing of the main equipment devices and the raw materials and utilities consumptions are defined. Also the administrative organization and labors are specified; the capital investment and cost of overall manufacturing by year are calculated. Finally the financial evaluation of the Project is made.

The study threw out as results that capacity of 100 tons per day will cover the demand in Colombia and part of the Andean Community of Nations, the plant should be established in the city of Barranquilla and using a continuous low pressure and temperature transesterification process in alkaline conditions. The economic evaluation is favorable presenting good rates of yield and the low sensitivity to the variation in the prices of purchase of raw material and sale of the product

* Degree Project

** Students of Chemical Engineering School

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. GENERALIDADES | 3 |
| 1.1. COMPOSICIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES | 3 |
| 1.2. ESTERES DE METILO | 4 |
| 1.2.1. Definición | 4 |
| 1.2.2. Usos y derivados de los metil ésteres | 6 |
| 1.2.3. Características físicas y químicas de los metil ésteres de aceite de palma | 9 |
| 2. ESTUDIO DEL MERCADO | 10 |
| 2.1. ANALISIS DE LA DEMANDA Y OFERTA DE LOS ÉSTERES DE METILO | 10 |
| 2.1.1. Mercado mundial | 10 |
| 2.1.2. Mercado de la comunidad andina y otros países | 14 |
| 2.1.3 Mercado nacional | 19 |
| 2.2. ANALISIS DE PRECIOS | 23 |
| 2.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA | 25 |
| 3. ESTUDIO TÉCNICO | 28 |

| | |
|--|----|
| 3.1. TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA | 28 |
| 3.1.1. Tamaño de la planta | 28 |
| 3.1.2. Estudio de localización | 30 |
| 3.2. SELECCIÓN DEL PROCESO | 39 |
| 3.2.1. Selección de la materia prima | 39 |
| 3.2.2. Selección de la tecnología | 42 |
| 3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 46 |
| 3.3.1. Descripción detallada del proceso | 49 |
| 3.3.2. Balances de materia y energía | 58 |
| 3.3.3. Dimensionamiento de equipos | 59 |
| 3.3.4. Consumo de servicios industriales | 61 |
| 3.4. ANALISIS DE EFLUENTES DEL PROCESO | 61 |
| 3.5. ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA | 62 |
| 3.6 DISTRIBUCION DE LA PLANTA | 65 |
| 4. ESTIMACIÓN DE COSTOS | 70 |

| | |
|---|----|
| 4.1. ESTIMACIÓN DEL CAPITAL DE INVERSIÓN | 70 |
| 4.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN | 74 |
| 4.2.1. Estimación del costo de la materia prima | 76 |
| 4.2.2. Estimación del costo anual de los servicios industriales | 76 |
| 4.2.3. Estimación del costo del tratamiento de residuos | 77 |
| 4.2.4. Estimación del costo de mano de obra | 77 |
| 5. EVALUACIÓN FINANCIERA | 79 |
| 5.1. PARAMETROS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA | 79 |
| 5.2. RESULTADOS DE LA EVALUACION FINANCIERA | 81 |
| 5.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 82 |
| CONCLUSIONES | 83 |
| RECOMENDACIONES | 8X |
| BIBLIOGRAFIA | |
| ANEXOS | |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Composición relativa de algunas grasas y aceites | 4 |
| Tabla 2. Volumen de exportación y valor de los metil esteres en Asia y Europa | 12 |
| Tabla 3. Producción mundial de metil esteres y glicerina | 13 |
| Tabla 4. Producción de metil esteres en Malasia | 14 |
| Tabla 5. Composición promedio de la estearina de palma colombiana | 15 |
| Tabla 6. Código arancelario de sales y esteres escogidos | 15 |
| Tabla 7. Mercado de sales y esteres grasos en Brasil | 16 |
| Tabla 8. Mercado de sales y esteres grasos en Chile | 16 |
| Tabla 9. Ventas de cosméticos y productos para el baño por país | 18 |
| Tabla 10. Consumo aparente de productos finales en Colombia | 23 |
| Tabla 11. Precio de importación de ésteres grasos y sus sales | 24 |
| Tabla 12. Precio internacional de la estearina de palma RBD | 25 |
| Tabla 13. Importaciones de aceite de palma crudo y estearina de palma | 26 |
| Tabla 14. Comparación entre los aceites vegetales para la producción de esteres de metilo y las calidades disponibles de aceite refinado en Colombia | 30 |
| Tabla 15. Factores relevantes y asignación de pesos porcentuales | 32 |
| Tabla 16. Productos de la agroindustria de la palma de aceite | 33 |
| Tabla 17. Producción de preparaciones cosméticas y productos de limpieza | 34 |
| Tabla 18. Vías de acceso a las ciudades seleccionadas | 35 |
| Tabla 19. Índice de precios al consumidor. Año 2003 | 37 |
| Tabla 20. Tasa de desempleo por ciudades | 37 |
| Tabla 21. Tecnologías usadas en las diferentes patentes | 45 |
| Tabla 22. Glicéridos contenidos en el aceite de palma | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabla 23. Resumen del balance de masa en estado estacionario | 59 |
| Tabla 24. Dimensionamiento de equipos principales | 60 |
| Tabla 25. Dimensionamiento de tanques de almacenamiento | 61 |
| Tabla 26. Consumo de servicios industriales | 61 |
| Tabla 27. Operadores necesarios para el funcionamiento de equipos | 65 |
| Tabla 28. Personal necesario para la planta de esteres de metilo | 66 |
| Tabla 29. Factores que afectan los costos asociados con el capital de inversión | 71 |
| Tabla 30. Costos de los equipos principales | 72 |
| Tabla 31. Costos de los tanques de almacenamiento | 73 |
| Tabla 32. Factores que afectan el costo total de fabricación de un producto químico | 75 |
| Tabla 33. Costo anual de materias primas | 76 |
| Tabla 34. Costo anual de servicios industriales | 76 |
| Tabla 35. Costo de mano de obra | 77 |
| Tabla 36. Costo anual de fabricación | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estructura molecular de los triglicéridos | 3 |
| Figura 2. Reacción de esterificación de ácidos grasos | 5 |
| Figura 3. Reacción de transesterificación de triglicéridos | 5 |
| Figura 4. Diagrama de procesos oleoquímicos. Metil esteres | 8 |
| Figura 5. Ventas mundiales de productos oleoquímicos | 11 |
| Figura 6. Mercado de los metil esteres por aplicación | 12 |
| Figura 7. Producción mundial de los metil esteres | 14 |
| Figura 8. Exportaciones colombianas de esteres de ácido esteárico | 19 |
| Figura 9. Importaciones colombianas de esteres de ácido esteárico | 20 |
| Figura 10. Producción nacional de esteres grasos | 21 |
| Figura 11. Proyección del consumo aparente de los esteres de metilo a nivel nacional | 21 |
| Figura 12. Proyección de la producción y ventas de productos cosméticos y productos de aseo en Colombia | 22 |
| Figura 13. Precios de importación de sales y esteres grasos | 24 |
| Figura 14. Proyección de la producción de aceite de palma en Colombia | 25 |
| Figura 15. Destino de las exportaciones de aceite de palma | 26 |
| Figura 16. Demanda de aceite de palma | 27 |
| Figura 17. Distribución del área sembrada de palma africana por zonas | 33 |
| Figura 18. Calificación para localización de la planta | 39 |
| Figura 19. Alternativas para la selección de la materia prima | 40 |
| Figura 20. Diagrama de bloques del proceso de producción de metil esteres a partir de estearina de palma | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Distribución de ácidos grasos en las moléculas de triglicéridos | 50 |
| Figura 22. Diagrama general de la planta de esteres de metilo | 51 |
| Figura 23. Diagrama del subflow de metóxido de sodio | 52 |
| Figura 24. Diagrama del subflow de purificación de metil esteres | 53 |
| Figura 25. Diagrama del subflow de purificación de glicerina | 54 |
| Figura 26. Diagrama del subflow de refinación de glicerina | 55 |
| Figura 27. Esquema organizacional de la planta de esteres de metilo | 64 |
| Figura 28. Distribución de la planta | 69 |
| Figura 29. Variación de la tasa interna de retorno con el precio de la materia prima | 82 |
| Figura 30. Variación de la tasas interna de retorno con el precio de venta del producto | 83 |

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A

MERCADO MUNDIAL DE METIL ÉSTERES

Tabla A1. Principales productores de metil esterres en USA, Europa y Japón

Tabla A2. Compañías Oleoquímicas de Malasia y sus productos

Tabla A3. Capacidad de producción de Asia en 1994 (000 /toneladas)

ANEXO B

MERCADO DE MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCCIÓN DE METIL ÉSTERES EN LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES

Tabla B1. Mercado de Ácido Palmítico, Sus sales y sus esterres - NANDINA 29157010

Tabla B2. Mercado de Esterres del ácido esteárico - NANDINA 29157029

Tabla B3. Mercado de Sales y esterres del ácido oleico - NANDINA 29161520

Tabla B4. Mercado de Ácidos linoleico o linoléxico, sus sales y sus esterres

Tabla B5. Empresas Productoras de Sales y Esterres del ácido Oleico

Tabla B6. Empresas Productoras de Esterres del ácido Esteárico - NANDINA 29157029

ANEXO C

PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS METIL ÉSTERES EN LAS PREPARACIONES COSMÉTICAS DE USO FINAL

Tabla C1. Formulaciones de productos finales que contiene Metil Ésteres

Tabla C2. Formulación de otros oleoquímicos usados en productos de uso final

ANEXO D

MERCADO DE PRODUCTOS FINALES QUE CONTIENEN METIL ÉSTERES EN LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES Y OTROS PAÍSES LATINOAMERICANOS

Tabla D1. Mercado de preparaciones para afeitado o para antes o después del afeitado

Tabla D2. Mercado de las demás preparaciones de belleza, de maquillaje y del cuidado de la piel, incluidas las preparaciones antisolares y bronceadoras.

Tabla D3. Mercado de desodorantes corporales y antitranspirantes - NANDINA 33072000

Tabla D4. Polvos incluidos los compactos - NANDINA 33049100

Tabla D5. Ventas de cosméticos y productos para el baño por sector en Brasil, 1996-2000

Tabla D6. Pronóstico de ventas al público de Cosméticos y Productos para el baño en Argentina por Sector, 2000-2005

ANEXO E

MERCADO NACIONAL DE METIL ÉSTERS

Tabla E1. Consumo Aparente Nacional de Sales y Esteres (Toneladas)

Tabla E2. Proyección del Consumo Aparente Nacional de los Esteres de Metilo

Tabla E3. Exportaciones de productos finales en Colombia

Tabla E4. Importaciones de productos finales en Colombia

Tabla E5. Precio de producción de los productos finales en Colombia

Tabla E6. Consumo aparente de productos finales en Colombia (toneladas)

Tabla E7. Importaciones de productos oleoquímicos básicos. Colombia. 1997-2001

ANEXO F
MATERIA PRIMA PARA PRODUCCIÓN DE METIL ÉSTERES EN COLOMBIA

Tabla F1. Distribución del los cultivos del aceite de palma de acuerdo a las zonas

Tabla F2. Plantas de beneficio

Figura F3. Cultivos de palma de Aceite en Colombia de fruto de palma de aceite

ANEXO G
DATOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Tabla G1. Tarifas de fletes de transporte de carga por camión

Tabla G2. Distancia de las ciudades seleccionadas a los centros de producción

Tabla G3. Distancia de las ciudades seleccionadas a los puertos principales

Tabla G4. Tarifas del Gas Natural en Colombia

Tabla G5. Tarifas de agua en Colombia

Tabla G6. Tarifas de energía eléctrica en Colombia

Tabla G7. Costo de terrenos industriales

Tabla G8. Factor regional para tasas retributivas

Tabla G9. Matriz de Calificación para localización de la planta de producción.

ANEXO H
DATOS DEL ESTUDIO TÉCNICO

Tablas H1. Balances de materia y energía (Work sheets de HYSYS Plant 3.1)

ANEXO I
DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS

Tabla I1. Factores para estimar el costo de fabricación.

Tabla I2. Histórico de precio de los servicios industriales en ECOPETROL

Tabla I3 Precio del metanol

Tabla I4 Precio del hidróxido de sodio

ANEXO J
DATOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Tabla J1. Presupuesto de producción y ventas

Tabla J2. Depreciación y amortización

Tabla J3. Presupuesto de inversión con recursos propios

Tabla J4. Presupuesto de inversión con financiamiento

Tabla J5. Presupuesto de producción recursos propios

Tabla J6. Presupuesto de producción con financiamiento

ANEXO K
FICHAS DE SEGURIDAD

Tabla K1. Ficha de seguridad Glicerina

Tabla K2. Ficha de seguridad metóxido de sodio

Tabla K3. Ficha de seguridad hidróxido de sodio

Tabla K4. Ficha de seguridad del metanol

INTRODUCCION

La oleoquímica es la ciencia que estudia las transformaciones químicas de las moléculas de las sustancias grasas, como son las grasas y los aceites que se pueden obtener bien sea de plantas o de animales, como en el caso del aceite de palma (*aceite vegetal*), el cual ofrece una gran variedad de productos que pueden ser obtenidos a través de diversos procesos industriales. De esta forma la oleoquímica se presenta como una alternativa para la cadena del aceite de palma transformando esta materia prima en productos de mayor valor agregado.

Entre la producción de los oleoquímicos básicos se pueden mencionar: *los ésteres de metilo*, los alcoholes grasos, los ácidos grasos, entre otros; sectores que no se han desarrollado industrialmente en Colombia y que representa un potencial sustancial debido al notable crecimiento de la demanda mundial y nacional de estos productos registrado en los últimos años⁴. La investigación y desarrollo en los oleoquímicos derivados del aceite de palma es tema de gran relevancia en los países que son líderes mundiales en su producción y se encuentra en pleno crecimiento. Ya que en el ámbito mundial la oleoquímica es un área de gran potencial debido a que en la actualidad se producen cerca de 6,2 millones de toneladas de oleoquímicos básicos, dentro de los cuales se encuentran *los metil ésteres y la glicerina*¹⁰.

Últimamente los metil esterres o esterres de metilo han adquirido gran importancia en el campo de la oleoquímica debido al uso actual que se le esta dando en el área de los biocombustibles, en el mercado de los detergentes y en los productos de cuidado personal.

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados y analizando algunos factores a nivel nacional como lo son:

- ✚ Los niveles de crecimiento o la expansión de cultivos planeados por el sector palmero colombiano, con los cuales se desea doblar la participación en el mercado mundial del aceite de palma en los próximos cinco años.
- ✚ La necesidad de buscar alternativas para la diversificación del portafolio de productos del aceite de palma en Colombia, que permitan aumentar la competitividad en el mercado internacional.
- ✚ El interés de algunas empresas colombianas y entidades de apoyo a los diferentes estudios de los productos de la cadena productiva del Aceite de palma

Se presenta este estudio de pre-factibilidad técnico- económico para el montaje de una planta de ésteres de metilo en Colombia, utilizando como materia prima la estearina de la palma africana.

En este trabajo se documenta el análisis del mercado nacional e internacional que tienen los metil esterres, su demanda y oferta, la disponibilidad de la materia prima, y se revisa además las tendencias futuras de este mercado para así determinar la viabilidad comercial del proyecto.

Además se identifica el proceso más viable para el montaje de esta planta en el país a partir de tecnologías disponibles comercialmente; dimensionando y especificando los equipos principales y realizando una distribución de la planta. De esta forma es posible obtener un estimativo del valor de la inversión, así como los costos anuales de producción que se generan durante su funcionamiento.

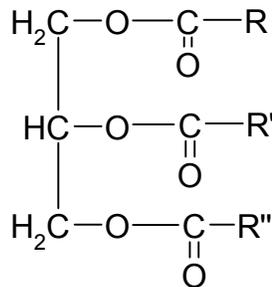
También se realiza un estudio financiero en el que se presenta el análisis de los principales indicadores económicos tales como la TIR (Tasa Interna de Retorno), el VPN (Valor Presente Neto) y el TRI (Tiempo de Retorno de la Inversión); con el fin de observar la rentabilidad y viabilidad financiera de este proyecto en Colombia.

1. GENERALIDADES

1.1. COMPOSICIÓN DE LAS GRASAS Y ACEITES

Básicamente las grasas y aceites se encuentran conformadas por moléculas de ésteres carboxílicos de glicerol, más conocidos como triglicéridos, los cuales tienen una estructura similar a la mostrada en la Figura 1.

Figura 1. Estructura molecular de los triglicéridos.



Los radicales R, R' y R'' de la figura, representan cadenas lineales de ácidos grasos, que varían de grasa en grasa, según su origen. Por ejemplo: en el aceite de palma los ácidos grasos poseen longitudes de cadena del C₁₂ al C₂₀, en tanto que en el aceite de palmiste y coco las cadenas varían entre C₆ y C₁₈. El aceite de palma y el sebo tienen una estructura en la cual predomina el ácido graso palmítico, seguido del oleico y, en menor cantidad, el linoleico; en tanto que los aceites de palmiste y coco tienen un mayor contenido de ácido graso láurico con una menor cantidad de los otros ácidos grasos. En la tabla 1 es posible observar la composición de los aceites mencionados.

A nivel industrial las sustancias grasas más utilizadas como materias primas en la oleoquímica son el aceite de palma, soya, ajonjolí, sebo, los aceites de coco y palmiste, aunque toda la gama de aceites y grasas disponibles en la naturaleza pueden ser usados.

Tabla 1. Composición relativa de algunas grasas y aceites (%)

| Ácido graso | Fórmula química | Aceite de palma | Aceite de palmiste | Aceite de coco | Sebo | Aceite de soya* |
|-------------------------------------|--|-----------------|--------------------|----------------|-------------|-----------------|
| C₆ – Caproico | C₆H₁₂O₂ | - | 0,3 | 0,2 | - | - |
| C₈ – Caprílico | C₈H₁₆O₂ | - | 4,4 | 8,0 | - | - |
| C₁₀ – Caprílico | C₁₀H₂₀O₂ | - | 3,7 | 7,0 | - | - |
| C₁₂ – Láurico | C₁₂H₂₄O₂ | 0,2 | 48,3 | 48,2 | - | - |
| C₁₄ – Mirístico | C₁₄H₂₈O₂ | 1,1 | 15,6 | 18,0 | 2,5 | - |
| C₁₆ – Palmítico | C₁₆H₃₂O₂ | 44,4 | 7,8 | 8,5 | 26,6 | 6,5 |
| C₁₈ – Estéarico | C₁₈H₃₆O₂ | 4,5 | 2,0 | 2,3 | 21,8 | 4,2 |
| C_{18:1} – Oléico | C₁₈H₃₄O₂ | 39,2 | 15,1 | 5,7 | 42,8 | 28,0 |
| C_{18:2} – Linoleico | C₁₈H₃₂O₂ | 10,1 | 2,7 | 2,1 | 2,3 | 52,6 |
| Otros | | 0,5 | 0 | 0,1 | 4,0 | 8,0 |

Fuentes: GARCÉS, ISABEL Y CUELLAR, MÓNICA. 1999. "Productos derivados de la industria de palma de aceite". Memorias primer curso internacional de palma y aceite. Cenipalma. Ed. Kimpres, Santa fe de Bogotá. Página 357. * <http://mpopc.org.my/abtenfu1.htm>

1. 2. ESTERES DE METILO

1.2.1 Definición. Los metil ésteres son los ésteres que más comúnmente se obtienen de las grasas y aceites de plantas y animales. Los ésteres metílicos son el producto de la reacción entre ácidos grasos libres o triglicéridos con un alcohol de bajo peso molecular como el metanol, en este caso se llama transesterificación y también pueden ser obtenidos por esterificación de ácidos grasos. La transesterificación es el método más común ya que la esterificación es más costosa comparada con la transesterificación¹⁰.

Cuando la reacción química ocurre entre metanol y triglicéridos, que pueden estar refinados o crudos, adicional a los metil ésteres se obtiene glicerina cruda como subproducto, la cual se obtiene tanto en el proceso de transesterificación como en el de esterificación.

La esterificación de ácidos grasos transcurre normalmente en condiciones de alta temperatura y presiones intermedias (250° C, 10 bares) en presencia de un catalizador ácido como el ácido sulfúrico. La esterificación es el proceso que se prefiere cuando se desean obtener ésteres de ácidos grasos específicos. La reacción que tiene lugar es en equilibrio y el exceso de metanol es requerido para completarla; el metil éster obtenido puede purificarse parcial o completamente por fraccionamiento¹⁷.

El otro proceso para la obtención de ésteres de metilo es la transesterificación. Por esta ruta, triglicéridos, generalmente sin refinar, se someten a reacción con metanol en condiciones de temperatura suave (65° C) y presión atmosférica, en presencia de un catalizador básico. La transesterificación es una reacción en equilibrio que se puede dirigir en el sentido que se desee¹⁰. Los metil esteres resultantes son sometidos a destilación y entonces pueden ser convertidos a alcoholes, alcanos amidas o ácidos grasos. La corriente de glicerina que se obtiene como subproducto se debe purificar para retirarle el metanol y las impurezas.

Figura 2. Reacción de Esterificación de Ácidos Grasos.

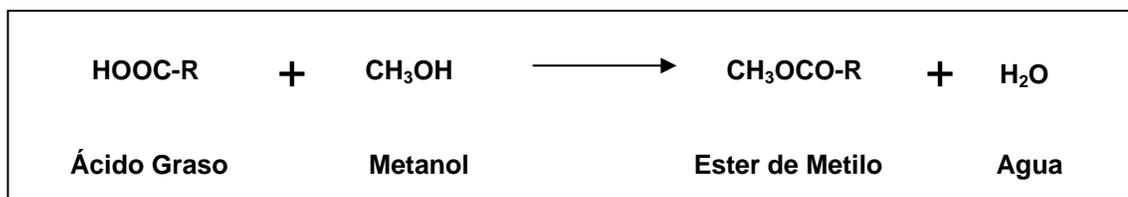
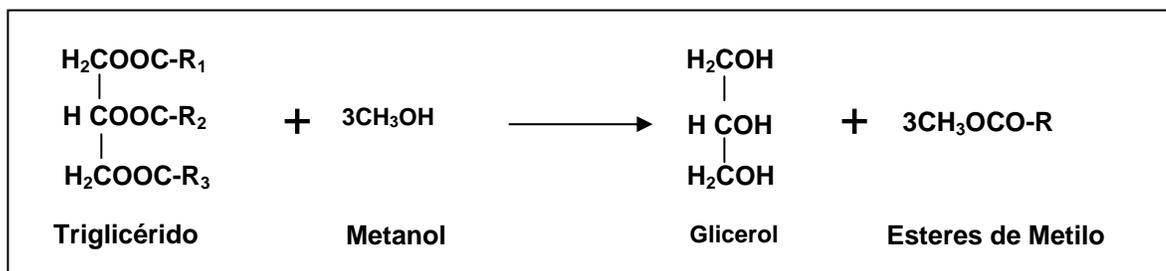


Figura 3. Reacción de Transesterificación de Triglicéridos.



Entre las posibles fuentes de materias primas (triglicéridos) para obtener metil ésteres se pueden mencionar el aceite crudo de palma y la estearina de palma. El aceite crudo de palma puede ser convertido a metil ésteres cuando se le han removido componentes minoritarios como los carotenos y la vitamina E, que posteriormente pueden ser recuperados.

El aceite crudo de palma o el aceite refinado de palma (blanqueado y desodorizado) generalmente es fraccionado en dos componentes, una fracción líquida y una fracción sólida llamadas oleina y estearina de palma respectivamente. La estearina puede ser convertida a metil ésteres por transesterificación con metanol, a partir de esta, es posible obtener una mezcla de ésteres metílicos que contiene las cadenas de los ácidos grasos que la conforman, generalmente los ésteres que se obtienen se denominan³.

- Estearatos de metilo
- Linoleatos de metilo
- Palmitato de metilo
- Oleato de metilo
- Otros esterres en menor proporción

1.2.2 Usos y derivados de los metil ésteres. Los ésteres metílicos tienen aplicaciones finales como lubricantes, plastificantes, aceites hidráulicos, combustible sustituto del diesel, y se emplean en industrias como la de fármacos, cosméticos, aditivos alimentarios.

También pueden ser usados como materia prima de otros compuestos químicos tales como alcoholes grasos, alcanolamidas (usadas en champús, espumas de baño, etc.), esterres metílicos sulfonados (como un sustituto del alquilbenceno lineal), miristato de isopropilo (usado para formulaciones cosméticas).

Por otra parte, se están realizando amplios estudios sobre las nuevas posibilidades de uso de los esterres de metilo, dentro de las cuales cabe mencionar¹²:

- La producción de poliésteres de sacarosa.
- La producción de jabones de cianamidas de ácidos grasos.
- La glicerólisis de los metilésteres para la utilización de monoglicéridos al 40, 60 y 90% para productos industriales (lubricantes y emulsificantes para fluidos de corte, pastas para pulverización y pulido)
- Para la fabricación de jabones anhidros.
- Para la producción de monoglicéridos para la industria de alimentos (en Israel un aceite de ensalada esta siendo producido por medio del proceso de intercambio de metil ésteres).

Entre lo principales derivados de los metil ésteres se encuentran los metil éster alfa sulfonado, los jabones y los sustitutos del Diesel ¹⁹ mostrados en la figura 4.

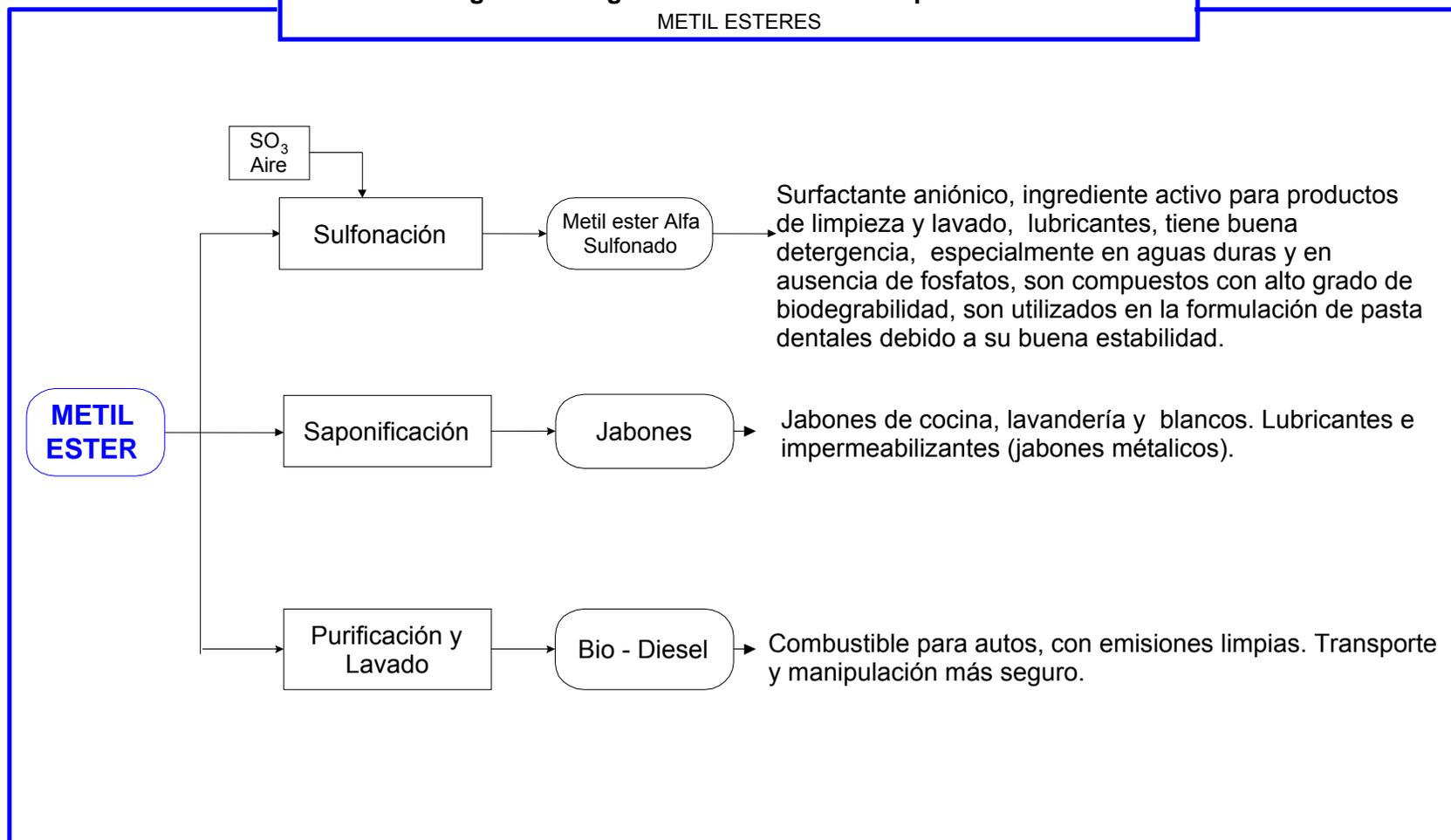
Los metil ésteres son fácilmente procesados para la producción de jabón de alta calidad. La producción de jabón vía metil éster presenta pequeñas ventajas ya que son mas reactivos con el álcali, más estables al fenómeno de oxidación y no son corrosivos; son mejores espumantes, tienen mejor estabilidad, mejor olor y brillo¹⁰.

Los ésteres de metilo alfa sulfonado son una nueva clase de surfactantes aniónicos, los cuales se pueden utilizar como ingrediente activo en productos de limpieza y lavado. Proporciona el jabón buenas características dispersantes, tiene buena detergencia, especialmente en aguas duras y en ausencia de fosfatos, son compuestos con alto grado de biodegradabilidad. Los ésteres sulfonados a partir de metil éster, son utilizados en la formulación de pastas dentales, debido a su buena estabilidad y bajo costo.

Los metil ésteres se han usado como sustitutos diesel en diferentes medios de transporte presentando buenos resultados. Los motores funcionan con menor producción de vapores, menor contenido de partículas de carbón y bajo contenido de azufre en los gases de exostos y su arranque en frío es fácil.

Figura 4. Diagrama de Procesos Oleoquímicos

METIL ESTERES



Cadena productiva de la palma de aceite en la zona central, Instituto Colombiano del Petróleo - ECOPETROL ICP Grupo de transferencia Tecnológica INTERFASE, Dirección general de investigación, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química, Bucaramanga, Junio del 2002

1.2.3 Características físicas y químicas de los metil ésteres de aceite de palma. Los ésteres son líquidos de color amarillo pálido generalmente insolubles en agua, pero solubles en varios líquidos orgánicos y con olores agradables que suelen describirse como olores a frutas.

Las características fisicoquímicas más sobresalientes de los metil ésteres basados en aceite de palma son²¹:

1. Los valores ácido de todos los metil ésteres son bajos, normalmente menos de 0.8 mg KOH/g.
2. Los valores de saponificación de los metil ésteres son altos y decrecen con el incremento de los átomos de carbono en sus moléculas.
3. Los valores hidroxilo son bajos en un rango de 0 a 2.5 indicando una mínima contaminación con el alcohol usado u otros componentes hidróxidos.
4. Los índices de yodo de la mayoría de metil ésteres saturados puros son menores de 0.4
5. El contenido de agua de los metil ésteres es bajo, normalmente 0.2%
6. El flash point y el punto de enfriamiento de los metil ésteres aumenta con el incremento en el número de átomos de carbono en sus moléculas.
7. Tienen puntos de ebullición bajos y existen grandes diferencias entre los puntos de ebullición, lo cual hace que sea más fácil la destilación fraccionada
8. Los metil ésteres son poco corrosivos (no se requieren equipos en acero inoxidable)
9. Poseen bajas temperaturas de reacción
10. En preparación de detergentes se obtiene buena detergencia especialmente en aguas duras y en ausencia de fosfatos, además de buenas características de biodegradación.
11. Si son usados como lubricantes sintéticos tienen buena lubricidad, baja temperatura de fluidización, estabilidad de oxidación, baja volatilidad y alto punto de inflamación.
12. Su peso molecular promedio es de 287.3 g/mol aproximadamente.
13. Tienen una gravedad específica de 0.827 @ 25/25 °C.

2. ESTUDIO DEL MERCADO

En el presente capítulo se caracteriza el mercado de los metil esteres tanto en el ámbito nacional como internacional, exponiendo una perspectiva de las tendencias para los próximos 10 años; se analizan la oferta y la demanda de este productos para determinar su comportamiento a nivel comercial; así mismo, se realiza un análisis de la materia prima mostrando las tendencias en cuanto a producción y disponibilidad.

2.1. ANALISIS DE LA DEMANDA Y OFERTA DE LOS ÉSTERES DE METILO

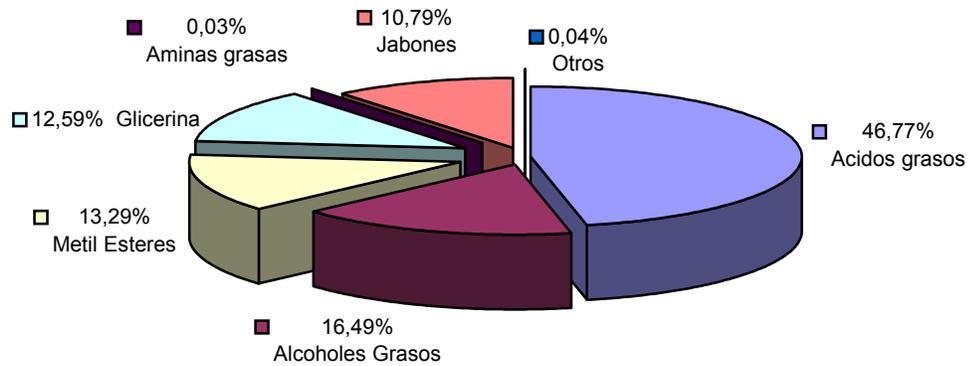
2.1.1. Mercado mundial.

Demanda

Hay numerosos factores que contribuyeron a la rápida expansión de la industria oleoquímica. El desarrollo de compañías multinacionales, los incentivos desarrollados por los gobiernos, que identifican a la industria oleoquímica como un sector de potencial crecimiento.

En el año 2002 se obtuvo una venta total de productos oleoquímicos de 1.267.942 toneladas de oleoquímicos, de los cuales, los metil esteres aportaron el 13.29%, ocupando así el tercer lugar de participación en este mercado, (figura 5).

Figura 5. Ventas Mundiales de Productos Oleoquimicos - 2002



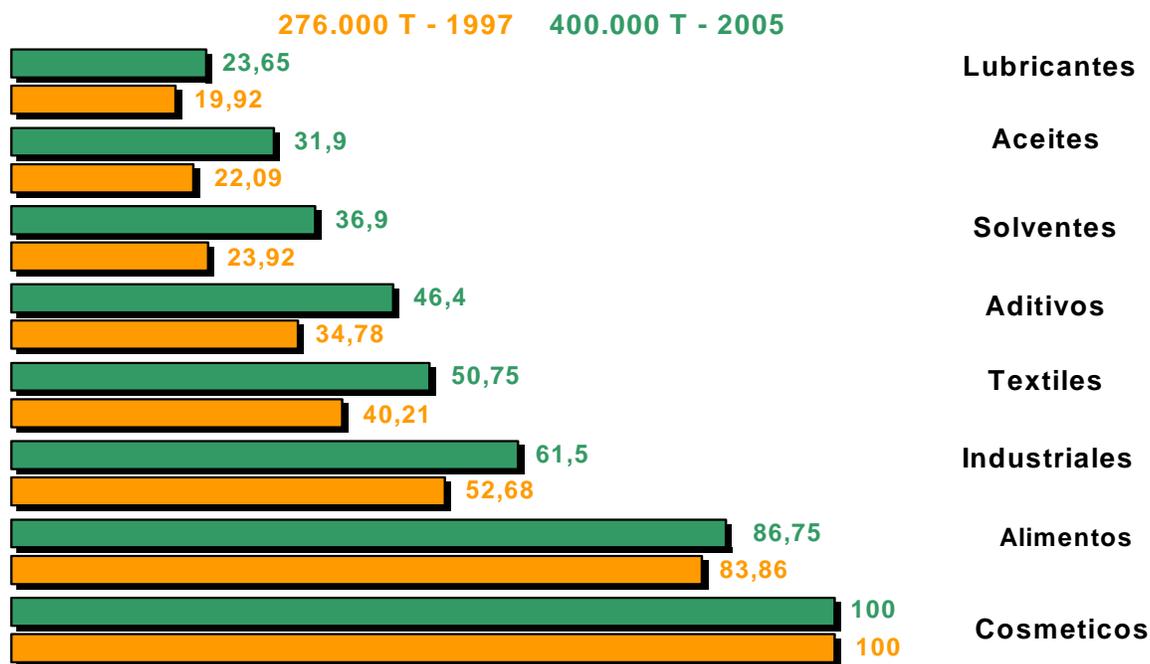
Fuente: Review of the Malasyan Oil Palm Industry 2002, MPOB

Los ésteres de metilo se utilizan principalmente como compuestos químicos intermedios en la producción de una serie de oleoquímicos como alcoholes grasos, alcanolamidas, ésteres metílicos sulfonados, ésteres de sacarosa y otros ésteres grasos. Así mismo, pueden ser sometidos a sulfonación para producir ésteres metílicos-sulfonados que tienen uso como surfactantes para la fabricación de detergentes, campo en el cual compiten con productos derivados del petróleo.

Entre los productos derivados de los metil esterés que son consumidos a nivel mundial, encontramos los lubricantes, aceites, solventes, aditivos poliméricos, textiles, cosméticos, productos industriales y aditivos para la industria alimenticia²². La figura 6, muestra que el consumo per capita de los productos finales que contienen metil esterés, como son los cosméticos, los productos de cuidado personal y de uso industrial tienen una tasa de crecimiento aun más grande que los demás.

El panorama de la industria de los metil esterés se muestra muy prometedor, ya que la demanda mundial de estos, ha venido creciendo con una rata anual del 2% al 3%. La mayor demanda en los próximos años se espera que se desarrolle principalmente en las regiones del Sureste Asiático³⁰, región que actualmente es la de mayor producción y exportación de productos oleoquímicos registrando un porcentaje del 36% en la demanda mundial en el año 2.000.

Figura 6. Mercado de los Metil Esteres por Aplicación



Recurs these figure were communicated by Henkel to Onidol.Oléagineux Corps gras Lipides (vol. 6 nr. 5) - Sylvain Claude – Onido.1.997

Este panorama optimista se ve reflejado en el comportamiento de las exportaciones de los productos oleoquímicos, en que se observa un rápido incremento en el volumen y los valores de exportación. En la tabla 2, se muestra los volúmenes de exportación que tuvieron Asia y Europa en los años de 1998 y 1999. En el anexo A se pueden observar otros datos sobre este mercado.

Tabla 2: Volumen de Exportación y Valor de los Metil Esteres en Asia y Europa

| Producto | 1998 | | 1999 | |
|---------------------------|----------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Volumen (Ton) | Valor (RM Millón) | Volumen (Ton) | Valor (RM Millón) |
| Metil Ester | 1,180 | 2.8 | 134,272 | 364.1 |
| Glicerina | 68,215 | 188.7 | 118,670 | 358.1 |
| TOTAL OLEOQUIMICOS | 655,417 | 1,958.8 | 1,010,992 | 2,833.0 |

Fuente: An overview of the asean oleochemical market; Ting Kueh Soon; Malaysian Oil Scientists' and Technologists' Association (MOSTA); December, 2000, Amsterdam

Oferta

En 1995, la producción mundial de metil ésteres fue de 600.000 toneladas, y la mayoría de estas fueron convertidas a alcoholes grasos utilizados en la producción de surfactantes. Recientes hechos en el medio ambiente, causaron un significativo incremento en la producción de ésteres de metilos para uso de Biodiesel principalmente, es así que en el año 2000, esta cifra se duplicó y la producción mundial registrada estuvo alrededor de las 1,3 millones de toneladas²⁰.

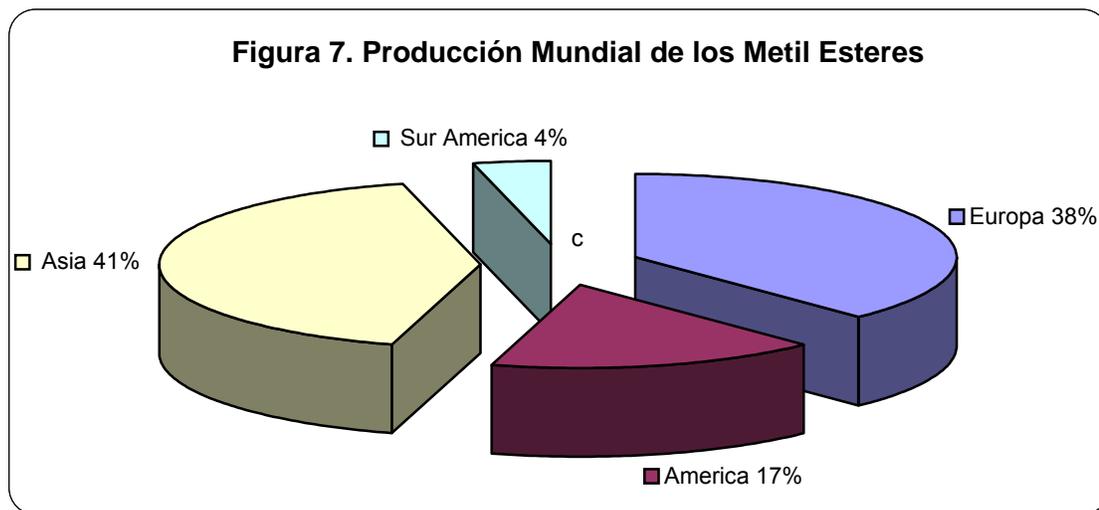
Actualmente la producción mundial de los metil ésteres esta distribuida en un 37.87% en Europa, un 16.66% en América, un 41.66% en Asia y un 3.81% en otras regiones (entre las que se encuentra Sudamérica)¹⁶.

Se espera que esta producción se expanda a un 35% para el 2010, tal como se muestra en la proyección de la tabla 3.

Tabla 3. Producción mundial de Metil Esteres y Glicerina (*000 ton)

| Oleoquímicos Básicos | | 1995 | 2000 | 2010 | % incremento 1995/2010 |
|----------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------------|
| Metil Esteres | Europa | 250 | 250 | 275 | 10 |
| | América | 100 | 110 | 130 | 30 |
| | Asia | 225 | 275 | 365 | 60 |
| | Otros | 20 | 25 | 30 | 50 |
| | Mundo | 595 | 660 | 800 | 35 |
| Glicerol – natural | Europa | 200 | 210 | 230 | 15 |
| | América | 150 | 170 | 210 | 40 |
| | Asia | 200 | 270 | 450 | 125 |
| | Otros | 50 | 50 | 60 | 20 |
| | Mundo | 600 | 700 | 950 | 60 |

Recurs: *Malaysian Oil Science and Technology* Vol 6 No 1/June 1997



Si se tiene en cuenta la situación de Asia, que es la región con mayor producción de oleoquímicos, donde existen hoy 21 compañías en operación, 12 en construcción, 14 de estas compañías están dedicadas a la producción de oleoquímicos básicos y glicerina y 7 compañías están produciendo derivados como jabones, alimentos y cosméticos³⁰.

Tabla 4. Producción de Metil Esteres en Malasia ('000 ton)

| Óleo químico | 1990 | 1994 | 1995 Capacidades | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|---------------------|------|------|
| Metil Esteres | 63 | 208 | 175 | 240 | 270 |
| Glicerina | 24 | 80 | 120 | 120 | 120 |

Recurs: Malaysian Oil Science and Technology Vol 6 No 1/June 1997. Private communication, Malaysian Oleochemical Manufacturers' Group (MOMG)

2.1.2 Mercado de la comunidad andina y otros países. Debido a que no se conocen datos de producción de ésteres de metilo en los países de la Comunidad Andina (Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela, exceptuando a Colombia) el consumo aparente de este mercado, dependerá únicamente de las importaciones y exportaciones realizadas.

Por ello, se tiene en cuenta tanto la demanda directa de los esteres de metilo como la demanda de productos finales ya que estos últimos representan un gran porcentaje del mercado que se desea cubrir.

Para realizar el análisis de la demanda directa de los esteres de metilo y debido a que no se encuentran datos de importaciones y exportaciones de esteres en general, el análisis se concentró primordialmente en los grupos de las sales y esteres de los ácidos grasos como son el ácido palmítico, esteárico, oleico y linoleico, ya que son estos los más representativos en la estearina de palma. En tabla 5, se muestran la composición promedio de la estearina de palma producida en Colombia, en donde se refleja el porcentaje de participación de los ácidos grasos presentes y en la tabla 6 se presentan los códigos de las partida arancelarias para estos productos.

Tabla 5. Composición promedio de la Estearina de Palma Colombiana

| Ácido Graso | | | | Estearina de Palma |
|-------------|--------------|--------|-------------------|--------------------|
| | Nombre común | Abrev. | Formula | |
| SATURADOS | Láurico | C12:0 | $C_{12}H_{24}O_2$ | 0.1 - 0.4 |
| | Mirístico | C14:0 | $C_{14}H_{28}O_2$ | 1.1 - 1.8 |
| | Palmítico | C16:0 | $C_{16}H_{32}O_2$ | 48.4 – 73.8 |
| | Esteárico | C18:0 | $C_{18}H_{36}O_2$ | 3.9 - 5.6 |
| | Araquídico | C20:0 | $C_{20}H_{40}O_2$ | 0.3 - 0.6 |
| INSATURADO | Palmitoleico | C16:1 | $C_{16}H_{30}O_2$ | 0.05 – 0.2 |
| | Oleico | C18:1 | $C_{18}H_{34}O_2$ | 15.6 – 36.0 |
| | Linoleico | C18:2 | $C_{18}H_{32}O_2$ | 3.2 - 9.8 |
| | Linolenico | C18:3 | $C_{18}H_{30}O_2$ | 0.1 - 0.6 |

Fuente: Estudio de la cadena productiva de la palma de aceite, zona central. Interfase – Fedepalma

Tabla 6. Código Arancelario de las Sales y esteres escogidos

| Grupo | Producto | Partida arancelaria |
|------------------------|--|---------------------|
| Sales y ésteres grasos | Ácido palmitico, sus sales y sus esteres | 29157010 |
| | Esteres del ácido Esteárico | 29157029 |
| | Sales y esteres del ácido oleico | 29161520 |
| | Ácidos Linoleico o linolenico, sus sales y sus esteres | 29161590 |

Fuente: <http://www.comunidadandina.org>

A partir de datos reportados en la página de la Comunidad Andina de Naciones, se observa que la demanda directa de los metil esteres en estos países, está totalmente satisfecha por las importaciones que se realizan de otras regiones. Es así como en el mercado de estos productos desde 1998 al 2002, el total de las exportaciones realizadas fue de 206 toneladas con importaciones de 5.088 toneladas, obteniéndose en promedio por año una demanda insatisfecha de 977 toneladas. Estas importaciones vienen principalmente de países como Estados Unidos, Noruega, Malasia, México, Alemania y en menor proporción del Reino Unido, España, Canadá, Brasil, Argentina. Los datos de las importaciones, exportaciones y balanza comercial de estos oleoquímicos se reportan en el Anexo B.

Para este análisis de mercado también se tiene en cuenta la demanda de países como Argentina, Brasil y Chile, los cuales se visualizan como un aporte significativo al mercado de este producto. Se encontró que las importaciones de sales y ésteres grasos en Argentina fueron bajas durante el periodo 1999-2001 con un volumen promedio por año de 384 toneladas. Por el contrario las exportaciones de estos oleoquímicos, registraron una cifra más destacada durante este mismo periodo, con un volumen de exportación de 5.519 toneladas en promedio por año⁷.

En cuanto a la tendencia del mercado de las sales y ésteres grasos en Brasil, este se caracterizó por un comportamiento creciente en las exportaciones de estos productos del orden del 39% y contrariamente un decrecimiento en las importaciones del 7% durante el periodo 1999-2001. El mercado aparente de los esteres en brasil, se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 7. Mercado de Sales y Esteres Grasos en Brasil

| Año | Exportaciones | Importaciones | Balanza Comercial |
|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 1999 | 346 | 8225 | -7879 |
| 2000 | 1187 | 11270 | -10083 |
| 2001 | 667 | 7121 | -6454 |
| Promedio | 733 | 8872 | |
| Crecimiento | 39% | -7% | |

Fuente: Base de Datos Fedepalma - Cenipalma

Por último, el mercado de las sales y ésteres grasos en Chile durante el periodo 1999-2001 se caracterizó por un crecimiento del 41% en las exportaciones, pasando de 21 toneladas en el año 1999 a 42 toneladas en el año 2001. En el caso de las importaciones se presentó un decrecimiento del 8% aunque con un volumen más alto que el de las exportaciones, creándose así una balanza comercial negativa, y por lo tanto un mercado de sales y ésteres grasos que se abastece de las importaciones.

Tabla 8. Mercado de Sales y Esteres Grasos en Chile

| Año | Exportaciones | Importaciones | Balanza Comercial |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 1999 | 21 | 206 | -185 |
| 2000 | 48 | 247 | -199 |
| 2001 | 42 | 175 | -133 |
| Promedio | 37 | 209 | |
| Crecimiento | 41% | -8% | |

Fuente: Base de Datos Fedepalma-Cenipalma

En cuanto a la demanda de los metil esterres para productos finales, se analiza el sector de los cosméticos siendo este el más representativo consumidor de ésteres, ya que estos compuestos tienen una gran participación en las formulaciones cosméticas. La mayor participación la tienen las cremas bronceadoras y protectoras para la piel, las cremas para el tocador, los desodorantes sólidos de tocador, los jabones y cremas para afeitar y los productos sólidos para el maquillaje. En el Anexo C se muestra el porcentaje de participación de los diferentes esterres de metilo en los cosméticos en general.

Se encontró que las exportaciones de productos finales en la Comunidad Andina son de 5.907 toneladas entre 1998 y 2002 con importaciones de 77.803 toneladas durante este mismo periodo. Hay que tener en cuenta que en estos productos, los metil esterres aportan el 34% del total del consumo aparente, representando aproximadamente 4.888 toneladas en promedio por año.

En cuanto a la demanda de estos productos finales en otros países de latín América como en Argentina, Brasil y Chile el comportamiento del mercado se observa en el movimiento

del volumen de sus ventas con un crecimiento del 15% en el último año, especialmente en Brasil, de acuerdo a datos de la Asociación Brasileira de la Industria de Higiene, Perfumes y Cosméticos (ABIHPEC), se estima que las ventas para el 2004 sean de US\$ 805.7 millones y que tengan un aumento de US\$ 841.7 millones en el 2005. Este crecimiento se debe a la globalización que ha tenido estos productos, ya que las multinacionales han logrado cambiar las tendencias de mercado del público en la compra de maquillaje y ahora las mujeres del mundo consideran los productos de belleza como una necesidad y no un lujo, tal como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Ventas de cosméticos y productos para el baño por país, 1996-2000
US\$ millones, psap actual

| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Brasil | 8969.5 | 9169.6 | 9130.0 | 6888.3 | 7576.6 |
| México | 2660.9 | 2986.5 | 3129.6 | 3315.2 | 3539.8 |
| Argentina | 2317.6 | 2417.0 | 2524.3 | 2572.2 | 2587.0 |
| Colombia | 849.6 | 880.7 | 904.9 | 926.2 | 955.1 |
| Chile | 746.2 | 852.3 | 904.1 | 881.1 | 841.0 |
| Venezuela | 661.6 | 709.8 | 736.1 | 765.6 | 791.8 |
| Otros | 1961.0 | 2078.0 | 2090.1 | 2096.6 | 2133.0 |
| Total: | 18166.4 | 19093.9 | 19419.1 | 17445.2 | 18424.3 |

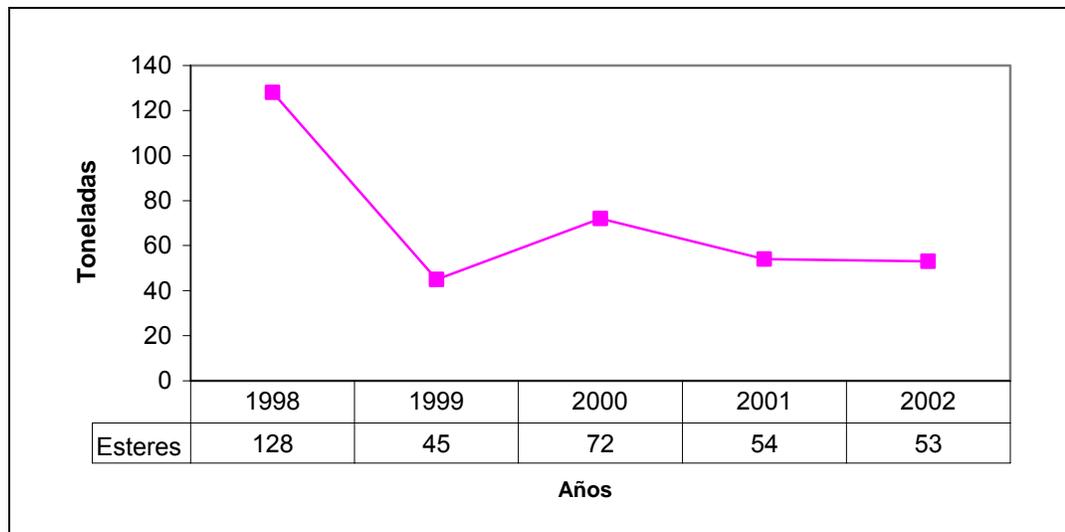
Fuente: Euromonitor International psap: precio sugerido al público

2.1.3 Mercado nacional.

Demanda

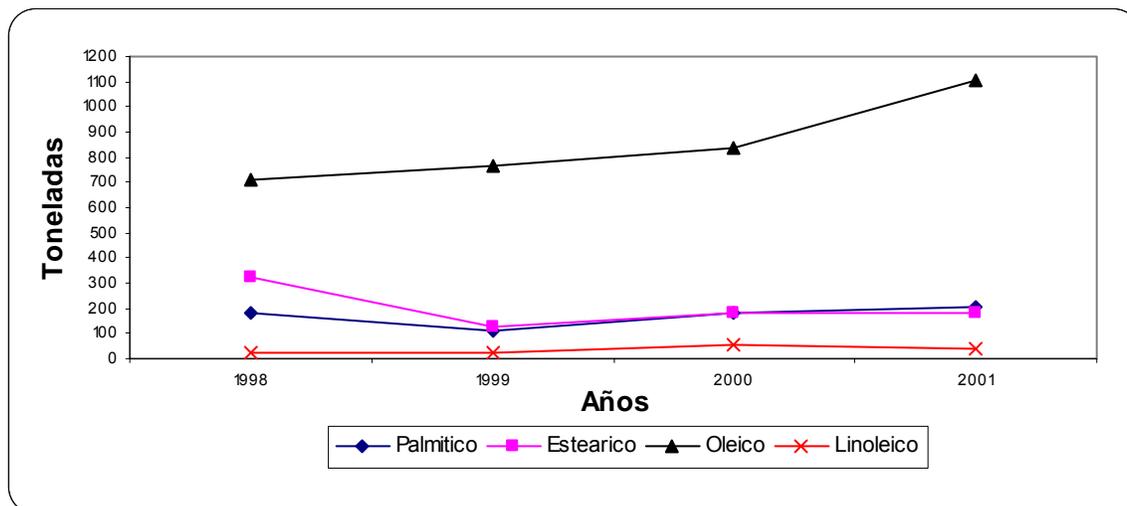
Las exportaciones colombianas de los ésteres de ácidos grasos durante los últimos años han tenido un comportamiento decreciente pasando de 128 toneladas en el año 1998 a 54 toneladas en el 2001, mientras que las importaciones provenientes de diferentes países, principalmente de Estados Unidos, registraron un incremento del 24% pasando de 1.236 toneladas en 1998 a 1.543 toneladas en el 2001. De esta forma se observa que la demanda de los ésteres de los ácidos grasos en Colombia se ve satisfecho en su mayoría por las importaciones realizadas. Los datos de exportación e importación de sales de ésteres se pueden observar en el Anexo E, y en las siguientes figuras se observa el comportamiento de las exportaciones e importaciones de estos productos en Colombia.

Figura 8. Exportaciones Colombianas de Esteres del Ácido Esteárico



Fuente: Datos Comunidad Andina

Figura 9. Importaciones Colombianas de las Sales y Esteres de Ácidos Grasos

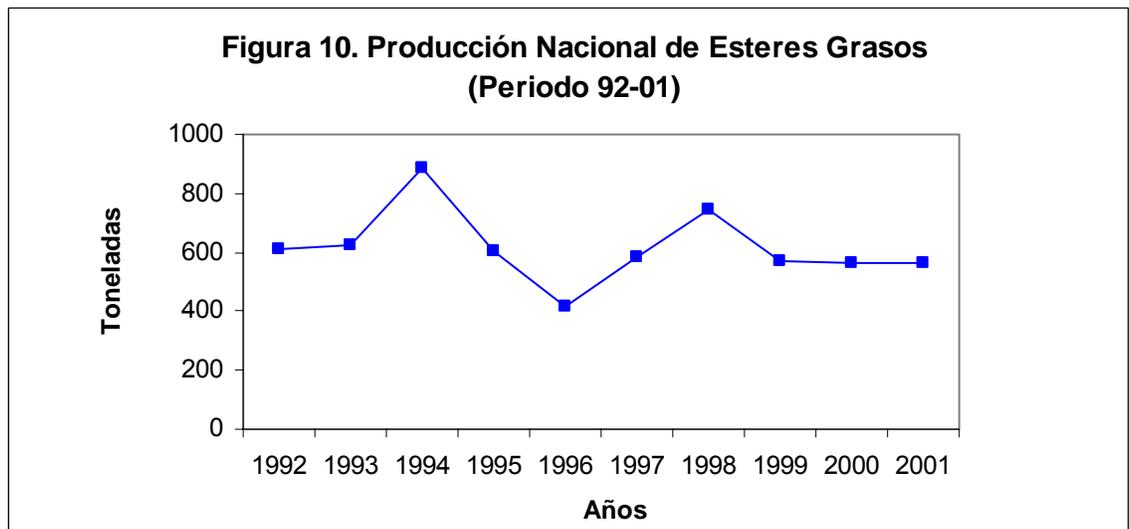


Fuente: Datos Comunidad Andina

En cuanto a las exportaciones de los productos finales en Colombia han tenido un incremento 67% durante el periodo de 1998 al 2001, registrando un valor de 4.428 toneladas en promedio por año. El valor más alto de exportaciones se registró en el año 2001 con 5.218 toneladas, dichas exportaciones se dirigen principalmente a países como Venezuela, Ecuador, Perú, Panamá, Guatemala y Chile. Por otro lado, las importaciones que se realizaron de estos productos durante el mismo periodo, alcanzaron un valor de 5.029 toneladas en promedio por año, observándose un incremento del 29% entre el 2000 y 2001. Los principales países de donde provienen las importaciones son México, Estados Unidos, Europa, Panamá, Chile y Venezuela²⁷.

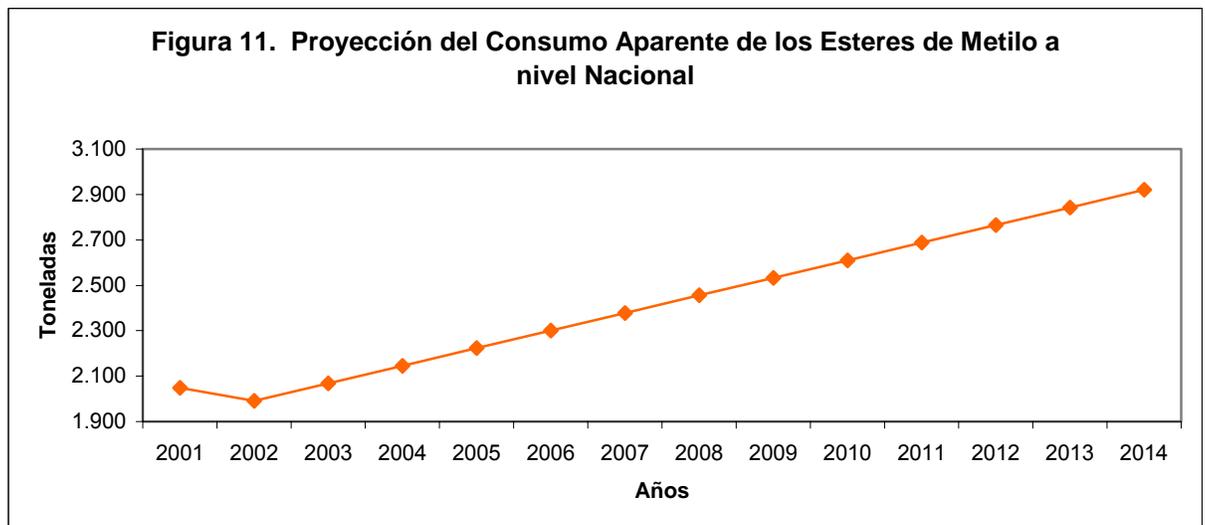
Oferta

La producción de las sales y esterres grasos en el mercado nacional representa el 7% de la producción de oleoquímicos en el país, la cual presentó variaciones significativas entre los años 1992 y 2001. Encontrándose así, que hay un promedio de producción de 630 toneladas por año, con un decrecimiento del 1%²⁶. Estas cifras son consideradas bajas comparadas con el volumen de producción mundial, confirmando un bajo desarrollo en la industria oleoquímica colombiana.



Fuente: Datos Cenipalma

De esta manera, se obtiene que el consumo aparente de las sales y ésteres para el periodo 1998 - 2001 es de 1.847 toneladas en promedio por año, abriendo nuevas posibilidades de negocio en un mercado por satisfacer durante los próximos años. En la siguiente figura se observa la proyección del consumo aparente de las sales y esterres grasos en Colombia hasta el año 2014.

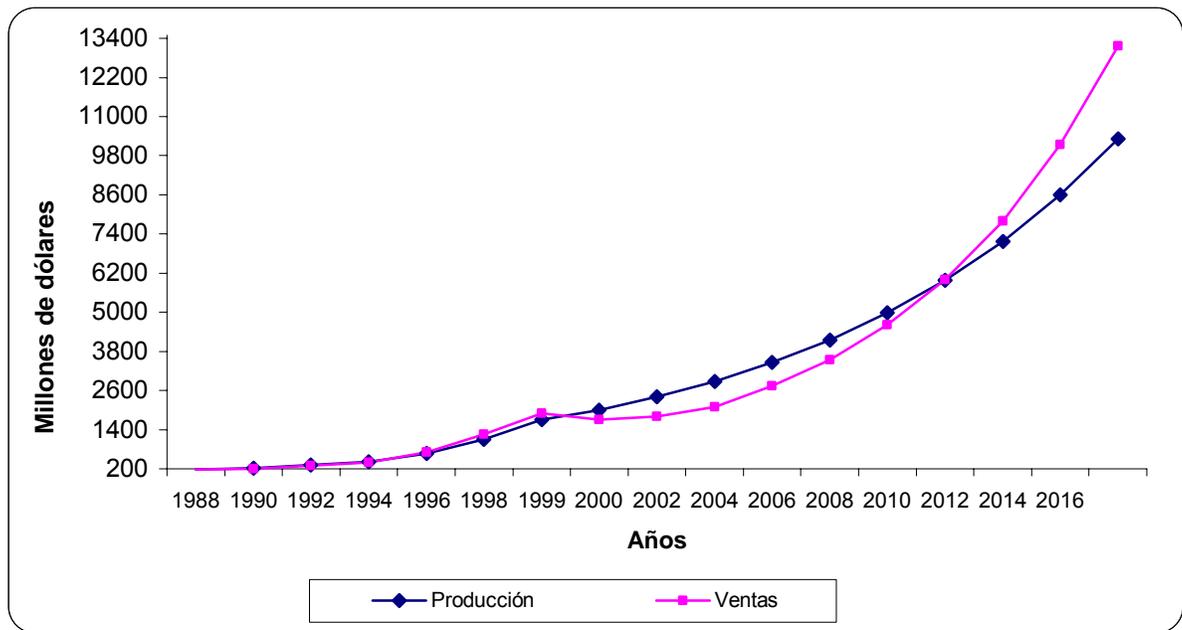


Se encontró que el crecimiento para los próximos años es de 3%, aunque este aumento esta sujeto al consumo que presente los diferentes productos como los cosméticos y el Biodiesel.

En cuanto al mercado de los productos finales en Colombia, se encontró que el sector de los cosméticos y productos de aseo ha venido presentando una tendencia creciente con relación a producción y ventas desde 1986, siendo el período de mayor crecimiento el comprendido entre 1992 y 1999. En la figura 12 se observa el comportamiento histórico para el periodo comprendido entre 1980 – 1999 y la proyección que tiene este sector, en el cual el 54% de la producción nacional corresponde a los cosméticos.

Dentro de este sector, los productos sólidos para el maquillaje, tienen el mayor crecimiento en el grupo con el 51%, pero estos no tienen mayor significancia, debido a sus bajas cifras de consumo, mientras que los desodorantes poseen un crecimiento del 11% con un consumo aparente de 3.931 toneladas en promedio por año²⁵.

Figura 12. Proyección de la producción y ventas de productos cosméticos y productos de aseo en Colombia



Fuente. Cámara de Productos cosméticos y Productos de Aseo. Andi.

En Colombia, se encontró un amplio sector industrial de productores y comercializadores de productos de uso final, se destaca la presencia de empresas como Colgate Palmolive, Procter & Gamble, Unilever, Johnson & Jonson, Guillet, Jafra, Yanbal, Ebel, Varela S.A., Detergentes de Colombia S.A. –DERSA., pero también existen pequeños productores que representan un sector del mercado. Además, las grandes cadenas de supermercados han empezado a elaborar sus propias marcas de todo tipo de productos, especialmente en el área de aseo personal y alimentos, lo que los convierte en un nuevo sector de competidores, y en posibles clientes de productos oleoquímicos.

Tabla 10. Consumo aparente de productos finales en Colombia (toneladas)

| Producto | 1997 | 1998 | 1999 | PROMEDIO (1997-1999) | Crecimiento | %Particip |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|-------------|-----------|
| Demás preparaciones de belleza | 6.741 | 8.892 | 7.467 | 7.700 | 5% | 2,71 |
| Desodorantes | 3.620 | 3.699 | 4.474 | 3.931 | 11% | 1,39 |
| Jabones y cremas de afeitar | 1.113 | 2.090 | 617 | 1.273 | -26% | 0,45 |
| Productos sólidos para maquillaje | - 342 | - 370 | - 781 | - 498 | 51% | -0,18 |
| Total | 354.662 | 255.531 | 240.940 | 283.711 | -18% | 100,00 |

Fuente: Datos Fedepalma - Cenipalma

2.2 ANALISIS DE PRECIOS

El precio del metil éster presenta una dependencia directa del precio de la materia prima y de los grados de hidrogenación y purificación. Los precios de los metil esteres generalmente oscilan entre US\$500 y US\$900 por tonelada. El rango inferior de precio corresponden a metil esteres sólo hidrogenados y destilados, mientras que el límite superior de precio es para los metil esteres destilados y con doble hidrogenación que además, tienen bajos índices de yodo y bajos niveles de glicéridos grasos¹⁴.

Actualmente la tendencia del precio internacional de los metil ésteres presentada por Oil World es decreciente, pero se considera que habrá un comportamiento inflacionario del 1% para el precio de este producto. El precio de venta para los metil ésteres se puede estimar en US \$700 por tonelada. El precio de importación en Colombia registrado por la comunidad andina para el año 2002 es de US \$950/tonelada, el comportamiento durante los últimos años se puede apreciar en la tabla 11 y en la siguiente figura.

Figura 13. Precios de importación de sales y ésteres grasos

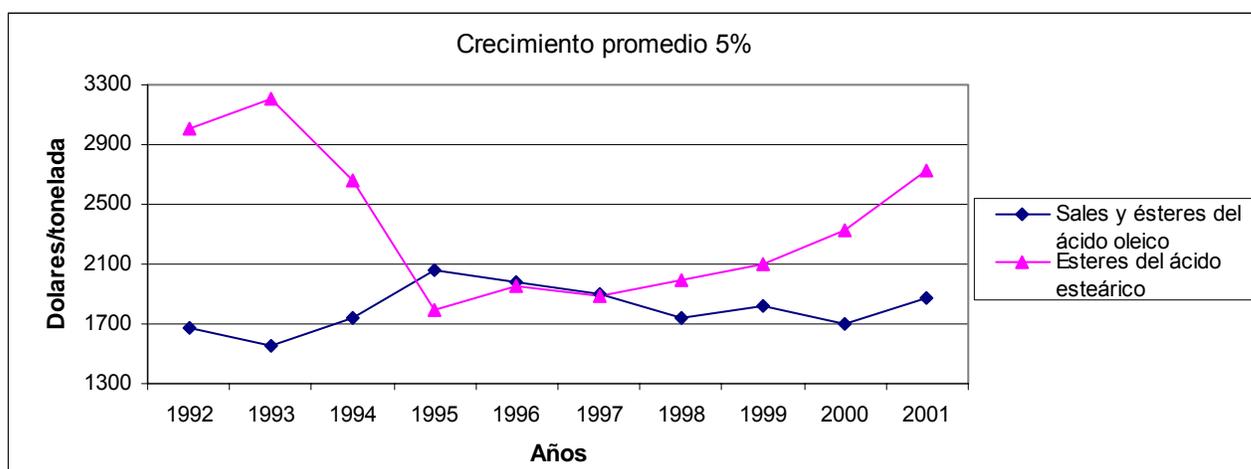


Tabla 11. Precio de importación de ésteres grasos y sus sales

| Precios de Importación (Dólares/tonelada) | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
| Sales y ésteres del ácido oleico | 1668.83 | 1549.25 | 1741.83 | 2066.35 | 1973.51 | 1900.00 | 1733.43 | 1815.69 | 1702.64 | 1868.00 |
| Ésteres del ácido esteárico | 3008.06 | 3212.44 | 2656.60 | 1789.31 | 1948.34 | 1891.74 | 1990.68 | 2106.56 | 2324.02 | 2724.55 |

Fuente: www.intellexport.com.co

En cuanto al precio de la materia prima (estearina de palma), se puede observar en la tabla 13 que el comportamiento del precio internacional durante los últimos años ha sido muy variable, pero en el último año reportado se denota una tendencia al alza.

Tabla 12. Precio de internacional de la estearina de palma RBD

| Precio Internacional (US \$/ Ton - FOB Malaysia) | | |
|---|------------------------|------------------|
| Año | Precio promedio | Variación |
| 1998 | 503 | 19,4 |
| 1999 | 313 | -37,7 |
| 2000 | 228 | -27,1 |
| 2001 | 219 | -4,2 |
| 2002 | 336 | 53,7 |

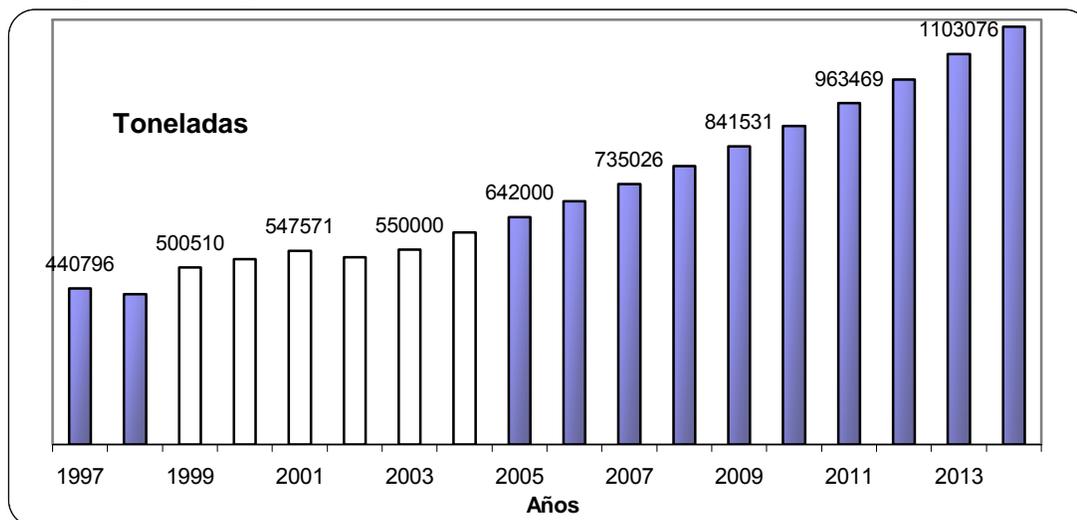
Fuente: Datos de Fedepalma

2.3 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

La materia prima que se consideró para la producción de los metil esterres, objeto de este estudio, es la estearina del aceite del palma africana. Este material es la parte sólida que se obtiene de la refinación del aceite crudo, su disponibilidad depende directamente de la producción de aceite refinado.

Se encontró que la producción de Aceite de Palma en Colombia presenta un crecimiento del 7% anual²⁹; pasando en el año 1997 de 440.796 toneladas a 547.571 en el año 2001 tal como se aprecia en la figura 14, además también se puede observar la proyección que tendrá la producción del aceite de palma para los próximos 10 años.

Figura 14. Proyección de la Producción de Aceite de Palma en Colombia



Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2002

En cuanto a las importaciones de Aceite de Palma en Colombia se observa que se presentaron bajos niveles durante el periodo de 1997 – 2001, siendo solamente 193 toneladas el volumen de importación. En el caso de la Estearina de Palma éste volumen fue de 233 toneladas en promedio durante el mismo periodo.

Tabla 13. Importaciones de aceite de palma crudo y estearina de palma (toneladas)

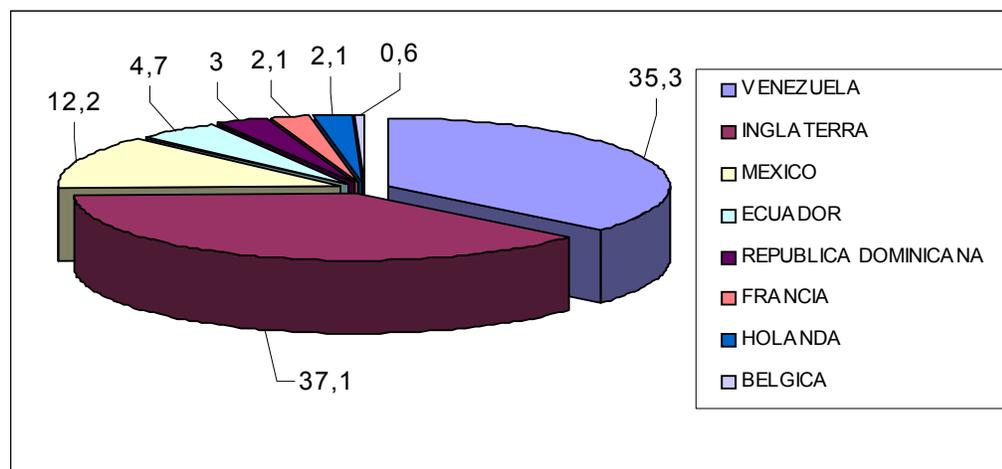
| PRODUCTO | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| Aceite de Palma crudo | 0 | 0 | 592 | 373 | 0 |
| Estearina de Palma | 0 | 10 | 0 | 940 | 217 |

Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2002

Las exportaciones de aceite de palma registran un volumen de 104.726 toneladas entre 1997 y 2001 con un crecimiento anual del 24%; pasando de un volumen de 62.741 toneladas en el año 1997 a 147.431 toneladas en el año 2001.

El mayor volumen de las exportaciones de Aceite de Palma se orienta hacia tres países en los cuales se concentra el 85% del total. El primer mercado es para República Dominicana con un 37.1%, seguido por Venezuela con una participación del 35.3% y México con el 12.2%.

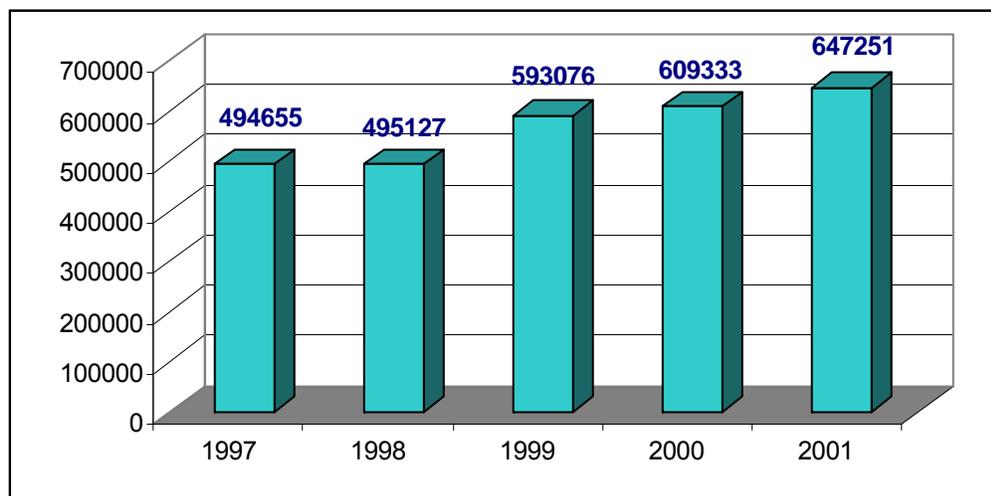
Figura 15. Destino de las Exportaciones de Aceite de Palma



La demanda de Aceite de Palma en términos del consumo presentó una tendencia de crecimiento del 7% en el periodo 1997-2001 al pasar de 494.655 toneladas en 1997 a 647.251 toneladas en el 2001, tal como lo muestra la figura 16.

El consumo promedio de Aceite de palma en el mercado nacional es de 567.888 toneladas.

Figura 16. Demanda de Aceite de Palma (1997-2001)



3. ESTUDIO TÉCNICO

En este capítulo se detallan los parámetros técnicos más relevantes en el montaje de una planta de producción de metil ésteres en Colombia, es así como, se presenta la definición del tamaño de la planta y su localización, la selección de la tecnología de producción que más se adecua al ámbito nacional y también se presenta un diseño preliminar de los principales equipos que componen la planta, la distribución de estos, finalizando con la descripción del organigrama que se propone para la administración y operación.

3.1 TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Entre los factores fundamentales que influyen al definir la conveniencia de un proyecto se cuentan el tamaño y la localización de la planta, debido a su influencia en la inversión y los costos del mismo.

Para determinar el tamaño y la localización de la planta se tuvo en cuenta los resultados arrojados por el análisis del mercado pues se definió que el tamaño de la planta debe ser suficiente para satisfacer la demanda de metil ésteres en la comunidad andina y otros países de Suramérica. En cuanto a la localización se realiza el análisis de algunos parámetros que definen la ubicación la planta que ofrece las mejores condiciones con respecto a mano de obra, disponibilidad de materia prima, costos e insumos.

3.1.1. Tamaño de la planta. En la definición del tamaño de la planta se tuvieron en cuenta factores como la demanda, la disponibilidad de las materias primas, la tecnología y los equipos disponibles en el mercado. A continuación se muestra el análisis de cada uno de los factores que influyen en la definición del tamaño de la planta.

 **Demanda.** En el capítulo anterior, se realizó un análisis del mercado de los metil ésteres tanto a nivel mundial como nacional. Este estudio arrojó como resultado que no sólo la demanda directa de metil ésteres es el mercado objetivo sino que también se puede proyectar la producción para satisfacer la demanda de estos compuestos en los productos de uso final como los cosméticos, debido a la gran participación en sus formulaciones. La planta que se propone pretende cubrir las necesidades de metil ésteres en los mercados de la Comunidad Andina de Naciones (Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia) y otros países como Argentina, Brasil y Chile.

Por medio de este análisis se encontró que el consumo aparente directo de los metil ésteres es de 6.000 toneladas en promedio por año, repartidas así: 16.28% para la Comunidad Andina, 52.93% para países como Argentina, Brasil y Chile y 30.79% en Colombia y se espera un crecimiento anual del 3%.

Mientras que en el mercado de los productos finales se observa que existe un consumo aparente de 101.350 toneladas por año aproximadamente, del cual Colombia posee el 95.17% de este valor y el resto está representado en la Comunidad Andina. Este sector es de gran importancia para el mercado de los ésteres de metilo debido al crecimiento que se espera en sus ventas convirtiéndose así en una oportunidad de negocio ya que según la proyección que se observa en la figura 12, la capacidad de producción instalada actualmente será menor a la demanda que se espera tener en los próximos años.

Teniendo en cuenta estos valores, y con miras a cubrir un amplio porcentaje del mercado suramericano de los ésteres de metilo, se establece que el tamaño de la planta es de *100 toneladas diarias*.

 **Disponibilidad de la materia prima.** Como se ha mencionado anteriormente, la materia prima para la elaboración de los metil ésteres es la estearina RBD de la palma africana, la cual tiene una disponibilidad en Colombia de 200.000 toneladas/año aproximadamente.

La estearina que entra al proceso de transesterificación deberá cumplir con los requerimientos mínimos de calidad, a fin de garantizar que los procesos operen según los estándares definidos y que el producto cumpla los requerimientos internacionales. El aceite refinado de Colombia cumple con los requisitos de calidad para la fabricación de ésteres de metilo como se puede apreciar en la siguiente tabla

Tabla 14. Comparación entre los Aceites Vegetales para la Producción de Esteres de Metilo y las calidades disponibles de Aceite Refinado en Colombia

| | % Máx., Requerido | % Disponible |
|------------------|-------------------|--------------|
| FFA | 0.1 | < 0.07 |
| Humedad | 0.05 | < 0.04 |
| Impurezas | 0.1 | < 0.1 |
| Fósforo | 10 mg/Kg. | < 5 mg/Kg. |
| Insaponificables | 1 | <1 |

Fuente: CICTA, UIS.

Por otra parte, la elaboración de métil esterres tiene como requisito el abastecimiento de insumos como metanol e hidróxido de sodio principalmente. En el caso del metanol, este muestra una tendencia creciente en su producción. En Suramérica el mercado del metanol tiene un comportamiento bastante satisfactorio, ya que en la región se presenta uno de los precios más bajos y tiene posibilidades de expansión en caso de aumentar la demanda.⁸

3.1.2 Estudio de localización. La definición de la localización de la planta se realizó considerando el método cuantitativo por puntos¹, el cual se compone básicamente de las siguientes etapas:

1. Determinación de las ciudades donde posiblemente se ubicaría la planta.
2. Identificación de los factores más relevantes.
3. Asignación porcentual a cada uno de estos factores de acuerdo con su importancia relativa. (la sumatoria debe ser igual a 100%).
4. Recolección de información relevante para el análisis de los factores definidos.

5. Asignación de calificaciones para cada factor en las diferentes ciudades con base en el análisis de la información recolectada, las calificaciones varían entre 0 y 10, el cero indica la no existencia o deficiencia del factor analizado en dicha ciudad y 10 indica la excelencia en las condiciones del factor.
6. Las puntuaciones totales para cada localización se calculan de acuerdo con la fórmula:

$$P_T = \sum F_i * P_i$$

Donde: P_T es la puntuación total, F_i es el peso relativo dado a cada factor y P_i es la puntuación individual asignada a cada factor. La ciudad o el sitio que presente la mayor puntuación total será la seleccionada para la ubicación de la planta.

 **Selección de Ciudades.** Se realiza una selección preliminar de las ciudades con potencial para ubicar la planta de producción de metil ésteres en Colombia, considerando las de mayor desarrollo industrial como: Bogotá, Cali, Medellín, Cartagena, Barranquilla, Bucaramanga, así mismo se tuvieron en cuenta los municipios con potencial industrial y que se encuentra cerca a zonas palmeras del país como: Villavicencio y Barrancabermeja.

 **Factores y asignación de pesos porcentuales.** Se seleccionaron unos factores clasificados por grupos, los cuales permiten identificar la contribución de estos como fuerzas localizacionales, para la ubicación de la planta⁹. El peso relativo de cada factor se determinó revisando estudios de localización de proyectos industriales en el sector de procesos químicos. En la tabla 15 se muestra estos factores y sus respectivos pesos porcentuales.

Tabla 15. Factores y asignación de pesos porcentuales

| Factor | Peso |
|---|------|
| Disponibilidad de Materia Prima | 20 |
| Cercanía al Mercado Industrial y encadenamiento a la cadena oleoquímica | 10 |
| Vías de Transporte | 15 |
| Existencia de zonas industriales | 20 |
| Existencia de industrias complementarias | 10 |
| Costo de vida | 5 |
| Mano de obra disponible | 5 |
| Costo de servicios | 5 |
| Costo de terrenos | 5 |
| Impacto Ambiental | 5 |

 *Disponibilidad de materia prima*

El volumen y la disponibilidad nacional del aceite de palma y por ende de la estearina de palma, son factores para definir la ubicación de la planta de producción.

Las áreas de cultivo de aceite de palma en Colombia se encuentran delimitadas en cuatro zonas según su distribución geográfica y la concentración de plantaciones (Anexo F), tal como se observa a continuación:

Zona Oriental: Meta, Casanare, Cundinamarca y Caquetá

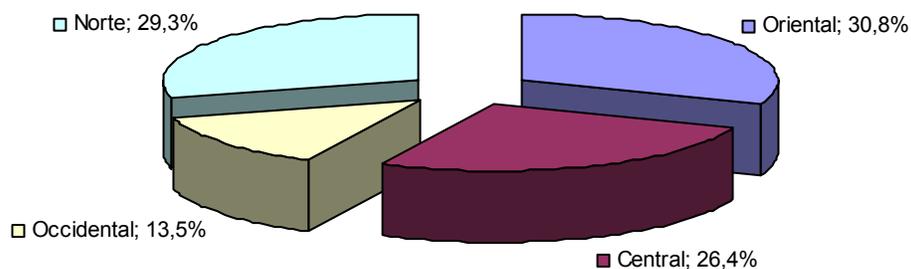
Zona Norte: Magdalena, Guajira, Atlántico y Norte del Cesar.

Zona Central: Cesar, Santander y Norte de Santander.

Zona Occidental: Tumaco, pequeñas áreas en Cauca y Valle.

Estas zonas presentan diferentes volúmenes de producción de palma africana y de aceite de palma, dependiendo del desarrollo del sector en cada región; destacándose la zona oriental como la de mayor área sembrada de palma africana con un total de 33.698 hectáreas en el año 2002, y una participación del 30.8%. El porcentaje de distribución de los cultivos de palma africana por zonas se aprecia en la siguiente figura.

Figura 17. Distribución del área sembrada de palma africana por zonas (2001)



Fuente: Fedepalma

En la zona oriental también se registra el mayor volumen de producción de productos agroindustriales de palma, siendo una zona atractiva para la localización de la planta.

Tabla 16. Productos de la agroindustria de la palma de Aceite 2001 (Toneladas)

| PRODUCTOS | ZONAS | | | |
|-----------------------|----------|--------|---------|------------|
| | ORIENTAL | NORTE | CENTRAL | OCCIDENTAL |
| Fruto de Palma | 951991 | 763461 | 610205 | 324698 |
| Aceite de palma crudo | 197443 | 155517 | 122041 | 72570 |
| Almendra de palma | 42137 | 32741 | 30278 | 13370 |

Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2002.

En cuanto al aceite no comprometido a nivel local se tienen los siguientes porcentajes de participación para cada zona: Zona Central 63%, zona occidental 38%, zona norte 33% y zona oriental 75%.

Cercanía al mercado Industrial

De acuerdo con el análisis del mercado realizado en el capítulo 2 de este estudio, se observaron las posibilidades de uso de los metil ésteres en las formulaciones de cosméticos, por ello se analiza la producción del sector por región.

Tabla 17. Producción de preparaciones cosméticas y productos de limpieza

| Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador (Miles de \$) | | | | | |
|---|-------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| DEPARTAMENTO | Producción Bruta | | | | |
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | PROMEDIO |
| Bogota | 1.622.840.297 | 1.834.991.592 | 1.776.938.136 | 1.977.332.081 | 1.803.025.526 |
| Valle Cauca | 1.166.347.474 | 1.524.340.922 | 1.652.909.754 | 1.934.739.538 | 1.569.584.422 |
| Antioquia | 616.598.526 | 562.158.991 | 615.688.058 | 727.279.158 | 630.431.183 |
| Cundinamarca | 151.274.388 | 203.802.921 | 428.238.864 | 542.393.039 | 331.427.303 |
| Atlántico | 118.299.414 | 132.745.950 | 141.828.677 | 156.934.548 | 137.452.147 |
| Bolívar | 13.042.705 | 14.189.621 | 13.975.721 | 20.323.758 | 15.382.951 |
| Santander | 30.875.09 | 3.430.561 | 4.056.299 | 4.256.377 | 3.707.686 |

Fuente: DANE - Encuesta Anual Manufacturera

De acuerdo con las cifras de producción de la tabla anterior, se observa que en este sector se destacan Bogotá y los departamentos de Valle del Cauca y Antioquia, en los cuales se encuentran las ciudades con mayor ponderación para este factor y con mayores posibilidades de desarrollo industrial del sector. De igual manera, para el caso de la glicerina, que se genera durante la etapa de transesterificación, se podría obtener un mercado potencial en la fabricación de jabones de tocador.

Vías de transporte

El transporte de materias primas, insumos y productos elaborados ocupa un lugar de interés primordial a la hora de evaluar la localización de la planta de producción de metil ésteres en Colombia, por tanto como primer paso se evaluó la existencia y calidad de las principales vías de acceso (aéreas, marítimas y terrestres) a cada una de las ciudades seleccionadas.

Los datos para realizar la evaluación se obtienen de la tabla 18; siendo Cartagena, Barranquilla, Cali y Bogotá las ciudades mejor calificadas.

Tabla 18. Vías de acceso a las ciudades seleccionadas

| CIUDAD | VIAS DE ACCESO | | |
|-----------------|---|---------------------------------|-----------------------------|
| | ÁÉREAS | MARÍTIMAS | TERRESTRES |
| Barrancabermeja | Aeropuerto Yariguíez | - | Troncal del Magdalena medio |
| Barranquilla | Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz | Puerto de carga general | Vía panamericana |
| Bogotá | Aeropuerto Internacional El Dorado | - | Vía panamericana |
| Bucaramanga | Aeropuerto Palonegro | - | Vía panamericana |
| Cali | Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón | Cerca al puerto de Buenaventura | Vía panamericana |
| Cartagena | Aeropuerto Internacional Rafael Núñez | Puerto de carga general | Vía panamericana |
| Medellín | Aeropuerto internacional José María Córdoba | - | Vía panamericana |
| Villavicencio | Aeropuerto Vanguardia | - | Vía panamericana |

Otro factor que se consideró para calificar las vías de transporte fue la cercanía de las ciudades propuestas a los principales municipios productores de materia prima, así como la distancia de las ciudades seleccionadas a los principales centros de comercialización del producto final, dando como resultado que para este factor las ciudades con mayor potencial son Barrancabermeja, Medellín, Bucaramanga y Bogotá. (Anexos G2 y G3)

El sistema portuario colombiano está comprendido por terminales públicos y privados. Los principales terminales privados por lo general son especializados y se caracterizan por tener infraestructura y equipos diseñados para carga y descarga de mercancías especializadas tales como: cemento, petróleo, hidrocarburos, carbón, y productos como café, atún, entre otros.

Los terminales de servicio público conocidos más comúnmente como sociedades portuarias regionales son: Tumaco y Buenaventura ubicado en la Costa Pacífica, Cartagena, Barranquilla y Santa Marta en el Atlántico.

Los principales aeropuertos están en las ciudades de: Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali y Cartagena, las demás ciudades de Colombia, cuentan con conexiones a través del aeropuerto El Dorado. La concentración de servicios de carga para transporte internacional se encuentra en Bogotá principalmente, aunque Cali, Medellín y Barranquilla han mejorado su infraestructura de carga internacional.

Zonas Industriales para procesos químicos

Dentro del análisis, debe considerarse que para la operación de una planta industrial se requieren servicios industriales como: vapor, agua tratada, tratamiento de aguas residuales, energía eléctrica, combustible, etc. Por ello se revisaron las ciudades con zonas industriales que cuentan con la infraestructura para ofrecer los servicios antes mencionados.

De acuerdo con lo anterior, se determinó que las dos principales zonas industriales se localizan en Barrancabermeja y Cartagena, donde se desarrollan actividades de refinación de petróleo y otros procesos químicos. En las otras ciudades del país existen zonas industriales definidas, y se calificó conforme al número de plantas químicas que operan en cada ciudad.

Industrias Complementarias

Para el montaje y buen desempeño de una planta industrial se identificó la disponibilidad de empresas dedicadas a prestar servicios al sector industrial como: mantenimiento de equipo industrial, consultoría, servicios de vigilancia y seguridad, control de calidad, comercialización de insumos y reactivos específicos, entre otros. Por esto se le asignó un mayor puntaje a las ciudades que tienen un visible desarrollo industrial.

Costo de vida

El costo de vida en cada una de las ciudades seleccionadas es un factor que debe considerarse para definir la ubicación final de la planta de producción, por esto analizando la dinámica de la inflación en Colombia, se observó el comportamiento del índice de precios al consumidor (IPC) reportado por el DANE para cada ciudad, siendo la mejor calificada aquella con menor IPC.

Tabla 19. Índice de Precios al Consumidor - Año 2003

| CIUDAD | IPC |
|-----------------|------|
| Barrancabermeja | 6,99 |
| Barranquilla | 6,90 |
| Bogotá | 5,98 |
| Bucaramanga | 6,44 |
| Cali | 7,15 |
| Cartagena | 7,23 |
| Medellín | 7,66 |
| Villavicencio | 6,96 |

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE)

 **Mano de obra**

Para analizar la disponibilidad de mano de obra, se tuvo en cuenta como indicador la tasa de desempleo de cada ciudad reportada según los resultados de la encuesta continua de hogares (ECH) que realiza el DANE. La ciudad con mayor tasa de desempleo recibió mejor calificación puesto que se puede asociar este indicador con un menor costo de la mano de obra, en la tabla 20 se aprecia la tasa de desempleo de cada ciudad.

Tabla 20. Tasa de desempleo por ciudades

| Tasa de Desempleo (2002) | |
|--------------------------|------|
| Barrancabermeja | 16.1 |
| Barranquilla | 14.4 |
| Bogotá | 20.4 |
| Bucaramanga | 21.1 |
| Cali | 16.7 |
| Cartagena | 15.1 |
| Medellín | 18.8 |
| Villavicencio | 16.4 |

Fuente : DANE - Encuesta Continua de Hogares

Costos de servicios

En cuanto a los servicios que requiere la planta de producción de metil ésteres (agua, energía eléctrica y gas); se consultaron las tarifas establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y la superintendencia de servicios públicos domiciliarios. De acuerdo con estos valores se hizo la calificación dando una ponderación a cada servicio, de acuerdo con su importancia relativa. Se obtiene que las ciudades mejor calificadas son Barranquilla, Villavicencio y Cali. Anexos G4, G5 y G6.

Costos de terrenos industriales

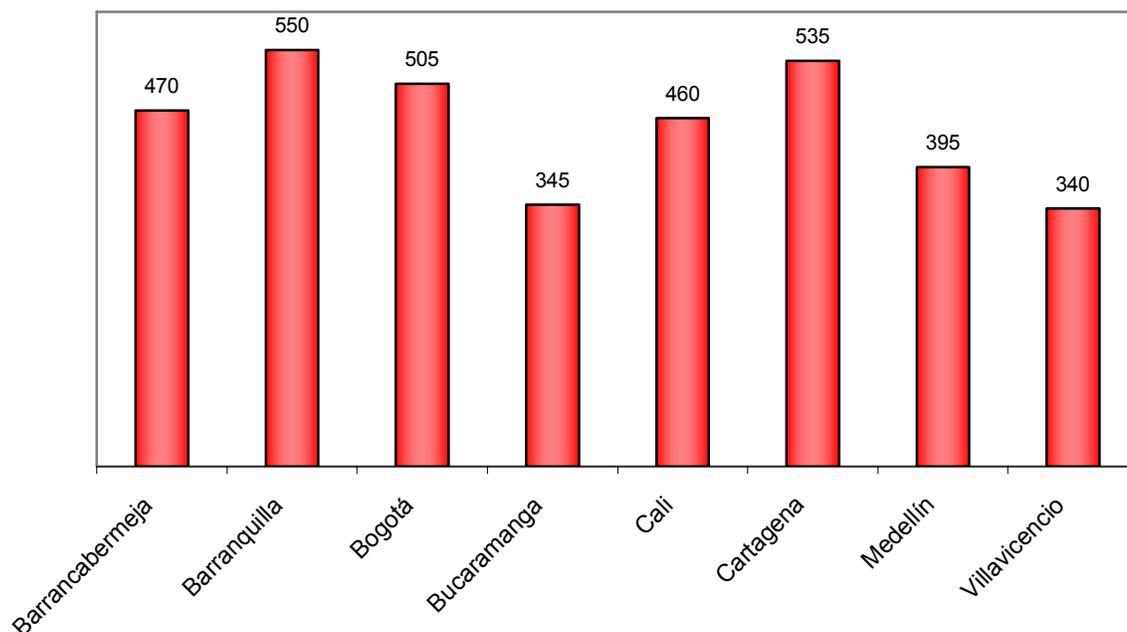
El costo del terreno para la construcción de plantas industriales se ve afectado por múltiples factores en cada ciudad, dada la influencia directa de este valor en el capital de inversión inicial se analizaron los rangos de precio de terrenos en las zonas industriales de las diversas ciudades seleccionadas, calificando con mayor valor la de menor costo. El análisis arroja como resultado que las mejores localizaciones son Cali, Cartagena y Barrancabermeja. Anexo G7.

Impacto ambiental

Para calificar este ítem se consideraron los factores regionales que aplican las corporaciones autónomas regionales (CAR's) para el cobro de tasas retributivas por el grado de contaminación generada y dispuesta. Anexo G8.

Con los resultados obtenidos del análisis de los anteriores ítems se elaboró la matriz de calificación conforme al método descrito en el numeral 3.1.2 y los factores de la tabla 15. La figura 18 resume los resultados de la localización de la planta, donde se puede observar que Barranquilla es la ciudad que se recomienda para el montaje de una planta de producción de metil ésteres en Colombia pues presenta condiciones más favorables comparadas con las otras opciones.

Figura 18. Calificación para localización de la Planta



3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO

3.2.1 Selección de la materia prima. Tal como se mencionó en las generalidades descritas en el capítulo 1, la producción de metil ésteres a partir de estearina de palma se puede llevar a cabo por diversas rutas tecnológicas.

Para este estudio se tiene en cuenta la ruta de transesterificación, en la cual se utilizan catalizadores alcalinos en fase homogénea, ya que presenta algunas ventajas como menor consumo de energía generando menores costos de producción, disminución en el consumo de servicios industriales y equipos de fabricación más sencillos y seguros.

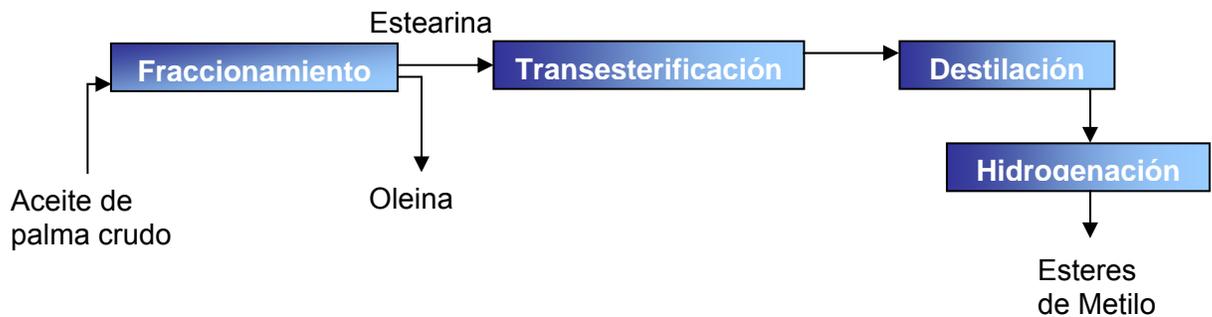
Antes de abordar los detalles del diseño del proceso se debe analizar el tipo de materia prima que se puede utilizar de acuerdo con las opciones que ofrece el mercado nacional; es decir, escoger si el proceso de producción parte de aceite de palma crudo, fracciones crudas del aceite o si se usan fracciones refinadas (estearina RBD); debido a que el

diseño del proceso, los costos de inversión y producción dependen en gran medida de la selección de la materia prima.

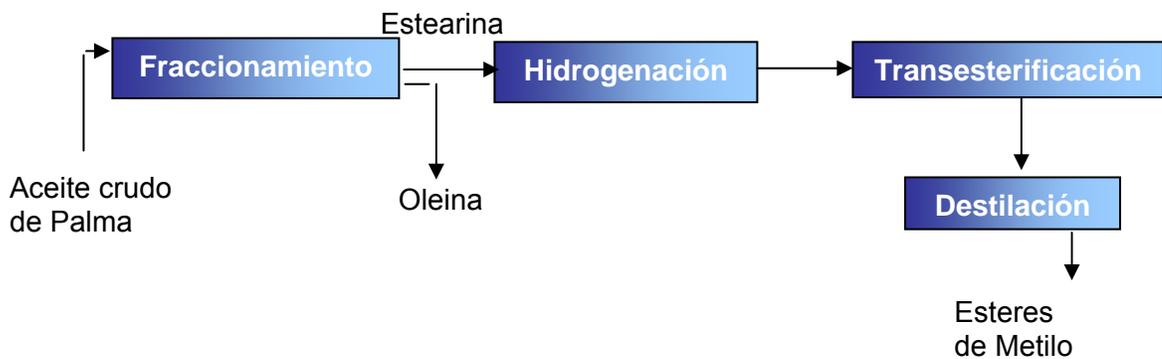
Es así como se pueden mencionar las siguientes alternativas para la producción de ésteres de metilo dependiendo de la materia prima que alimente el proceso:

Figura 19. Alternativas para la selección de la materia prima

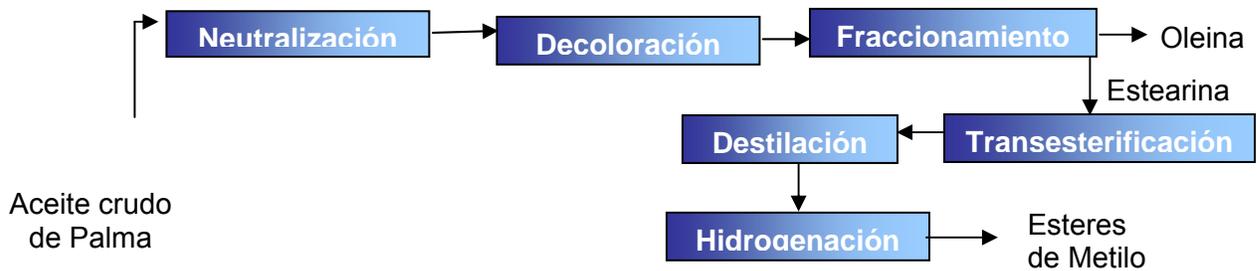
Utilizando como materia prima aceite de palma crudo (3% acidez).



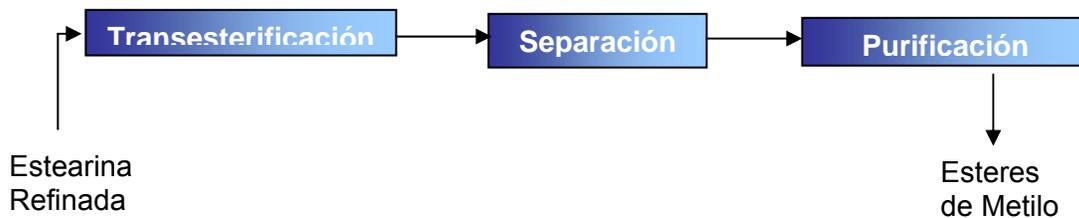
Utilizando como materia prima aceite de palma crudo y reorganizando las unidades del proceso.



Realizando la refinación del aceite antes del fraccionamiento.



Partiendo de Estearina de palma RBD.



Analizando los diagramas anteriormente expuestos se puede concluir que para los dos primeros casos el fraccionamiento de aceite de palma crudo produce oleínas de baja calidad, que una vez refinadas dan lugar a aceites con punto de enturbiamiento alto ($>12^{\circ}\text{C}$)³. Además usando cualquiera de las dos opciones se pierde el 3% de ácidos grasos libres, que podrían convertirse en ésteres. Si se usara la alternativa tres la operación sería más compleja y costosa, porque el ahorro que se obtiene por usar aceite crudo no compensa los costos de inversión y manufactura.

Con el proceso de producción a partir de estearina RBD, se disminuye la inversión inicial debido a que se omite el paso de preesterificación de los ácidos grasos libres, además la estearina ofrecida en Colombia cumple con los requisitos de calidad para obtener metil ésteres con fines cosméticos. La desventaja sería el sobre costo que tiene la estearina refinada en comparación con la fracción cruda, aunque esta diferencia en los precios no es muy alta²⁸; por lo tanto para este estudio se usará estearina de palma RBD.

3.2.2 Selección de la tecnología. Haciendo una revisión bibliográfica de los diferentes mecanismos que se han publicado y que han sido patentados se puede definir que el proceso más adecuado para lograr la conversión de triglicéridos en metil ésteres es el proceso de transesterificación a presión atmosférica utilizando un catalizador básico (metóxido de sodio), en el cual se logran altas conversiones, alrededor del 98%, con una baja producción de jabones. Adicionalmente para purificar los metil ésteres y la glicerina se utiliza un proceso en seco en el que no se emplean lavados sucesivos con agua, lo que mejora las condiciones ambientales de la planta.

Entre los diversos procesos que se analizaron se pueden mencionar los siguientes:

 **AU- A Patent 43519/89:** Choo, Ngan y Basaron desarrollaron un proceso para la *“producción y evaluación de metil esterres de aceite de palma como un sustituto del diesel”* patentado en la oficina australiana de patentes por el PORIM (Palm Oil Research Institute of Malaysia) en la cual se describe un proceso para convertir aceite crudo de palma, estearina cruda de palma o aceite crudo de palmiste a metil esterres bajo condiciones suaves; el cual consta de dos pasos: la esterificación de ácidos grasos libres presentes en el aceite y la transesterificación de glicéridos a metil esterres

La esterificación se realiza en batch a 200-250° C bajo presión, el agua producida durante la reacción tiene que ser removida continuamente, también se puede realizar en continuo usando metanol sobrecalentado, este proceso se hace cuando la materia prima tiene alto contenido de ácidos grasos libres.

El proceso predominante para la manufactura de metil esterres es la transesterificación con metanol que se lleva a cabo entre 70 y 75° C a presión atmosférica en dos reactores agitados en serie, en la primera etapa se logran conversiones del 80%, removiendo el glicerol formado y llevando la mezcla a un nuevo reactor se alcanzan conversiones del 98%, posteriormente se separa el glicerol y a los metil ésteres se les retira el metanol por evaporación para purificarlos finalmente con lavados sucesivos con agua caliente.

✚ **US Patent 6,187,939:** Sasaki, Suzuki y Okada patentaron un proceso para preparar ésteres de ácidos grasos haciendo reaccionar grasas o aceites con un alcohol en ausencia de catalizador en condiciones tales que por lo menos uno de los reactivos se encuentre en estado supercrítico, como materia prima se pueden usar diversos aceites (coco, girasol, soya, estearina, palma, palmiste, etc.), cuando el alcohol utilizado es metanol la reacción debe llevarse a cabo a temperaturas de por lo menos 240° C, puesto que esta es la temperatura crítica del metanol, así mismo se describe el proceso para diferentes tipos de alcoholes, no se definen restricciones en cuanto a presión pero debe ser inferior a 25 MPa, la reacción debe usar un exceso de alcohol de 7 o 8 veces la cantidad de material graso.

✚ **US Patent 6,489,496:** Barnhorst, Staley y Oester desarrollaron para Cognis Corporation un proceso para fabricar ésteres de ácidos carboxílicos vía transesterificación; en donde en un reactor batch agitado a 200RPM se hace reaccionar la mezcla de triglicéridos con un alcohol de cadena corta en exceso de 8:1, usando un catalizador alcalino como el respectivo alcóxido del alcohol en concentraciones de entre el 0,03 y 1.5% en peso. El producto de la reacción se lleva a un separador continuo: la centrífuga modelo V2 de Costner Industries Nevada Corporation (CINC), donde se retira constantemente la glicerina para regresar la mezcla de metil ésteres al reactor para alcanzar altas conversiones con tiempos de residencia cortos.

✚ **US Patent 5,514,820:** Presentada por Assmann, Blasey y Gutsch en el cual se trata un proceso continuo para la producción de ésteres de alquilo bajos, a temperaturas de hasta de 100° C. y presiones hasta 10 bar., haciendo reaccionar triglicéridos de ácidos grasos que contienen menos del 1% de ácidos grasos libres con metanol en presencia de una catalizador alcalino homogéneo como metilato de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio entre otros. La mezcla reactiva se pasa a través de un reactor tubular donde el número de Reynolds del flujo de la mezcla debe ser superior a 2300 ya que se debe asegurar el mezclado total por turbulencia; posteriormente pasa a un separador estático donde el glicerol que se forma se retira de la primera etapa, y la mezcla pasa a un segundo ciclo de reacción – separación.

La desventaja del proceso son los altos consumos de alcohol y catalizador alcalino requeridos para alcanzar alta conversión por el equilibrio de la reacción. El gran exceso de alcohol y catalizador complica la decantación de catalizador, ya que se forman jabones, los cuales deben ser removidos con ácidos inorgánicos y adición de agua.

✚ **US Patent 6,538,146:** Presentada por Turck, en esta patente se describe un método para producir ésteres de ácidos grasos con alcoholes monovalentes usando triglicéridos naturales o sintéticos que contienen alto contenido de ácidos grasos libres y fosfátidos. Para ello, el alimento se pone en contacto con una corriente de recirculación que consiste de glicerina y catalizador básico con el fin de neutralizar los ácidos grasos libres, la mezcla se lleva a una etapa de separación donde se remueve buena parte de la glicerina y los ácidos neutralizados, para posteriormente añadirle el alcohol y el catalizador básico para realizar la reacción de transesterificación, finalmente se separa la fase éster de la fase glicerol, esta última, que contiene gran cantidad del catalizador básico es la corriente que se recircula para neutralizar los ácidos grasos libres. En este trabajo también se describe un procedimiento para calcular la cantidad de catalizador que debe ser agregado dependiendo del valor ácido de los triglicéridos usados.

✚ **US Patent 5,525,126:** Este trabajo patentado por Basu y Norris describe un proceso para preparar ésteres a partir de grasas o aceites, mezclándolos con un alcohol y un catalizador no alcalino compuesto por un mezcla de acetato de calcio y acetato de bario, la mezcla se calienta aproximadamente a 200 o 250° C, por espacio de tres horas en un autoclave, para luego enfriarla rápidamente a 63° C, la materia prima utilizada puede contener concentraciones altas de ácidos grasos libres, diglicéridos y monoglicéridos ya que el catalizador empleado no induce la reacción de formación de jabones, por tanto se elimina la etapa de preesterificación cuando se usan aceites crudos como alimento.

✚ **US Patent 6,768,015.** Presentada por Luxem y Troy en ella se describe un proceso para producir metil ésteres, haciendo reaccionar aceite que contiene triglicéridos

y ácidos grasos libres con metanol, bajo presiones de 500 psia, la conversión se lleva a cabo a temperaturas entre 80 y 200° C usando un catalizador ácido generalmente ácido sulfúrico, con este trabajo se consigue un proceso para realizar esterificación y transesterificación simultáneamente en un solo paso.

✚ **US Patent 6,262,285.** Patente presentada por Mc Donald para Crown Iron Works Company, en ella se presenta un proceso para producir metil ésteres de ácidos grasos (FAME) y separarlos continuamente del glicerol que también se genera durante la reacción de transesterificación con metanol, el proceso descrito se realiza en seco y a baja presión. Usando decantación continua se obtiene mayor pureza en las fracciones de metil ésteres y glicerina, pues se elimina la necesidad de lavar con agua los metil ésteres. El exceso de metanol que contienen las dos fracciones antes mencionadas se recupera fácilmente por un proceso de extracción al vacío y cualquier mínima cantidad de agua que contenga se elimina usando columnas desecantes equipadas con tamices moleculares, en lugar de usar procesos de fraccionamiento costosos.

La tecnología seleccionada para diseñar el proceso de producción de metil ésteres a partir de estearina de palma esta basada en los datos recopilados de las anteriores patentes, especialmente, la patente norteamericana 6,262,285 y la patente australiana asignada al PORIM.

Tabla 21. Tecnologías usadas en las diferentes patentes

| Patente | Condiciones |
|--------------|---|
| AU 43519/89 | <ul style="list-style-type: none"> • Esterificación en batch a T=200-205°C • Transesterificación con metanol a T=70-75°C y presión atmosférica • Separación continua de la glicerina de los esterres • Conversiones del 98% |
| US 6,187,939 | <ul style="list-style-type: none"> • Sin catalizador • Estado Supercrítico • T< 240°C con metanol • P< 25 Mpa • Exceso de alcohol de 7 o 8 veces con relación al aceite |
| US 6,768,015 | <ul style="list-style-type: none"> • P = 500 psia y T= 80 – 200°C • Catalizador ácido (ácido sulfúrico) • Esterificación y transesterificación simultanea |

| Patente | Condiciones |
|--------------|---|
| US 6,489,496 | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso en batch con agitación de 200 RPM • Alcohol de cadena corta en exceso de 8 a 1 • Catalizador alcalino (0,03 – 1,5%W) • Separación continua con centrifugación • Altas conversiones con tiempo de residencias cortos |
| US 5,514,820 | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso continuo en reactor tubular con separadores estáticos • T = 100°C y P = 10 bar • Triglicéridos < 1% de ácidos grasos libres • Catalizador alcalino homogéneo • Flujo turbulento |
| US 6,538,146 | <ul style="list-style-type: none"> • Alcoholes monovalentes • Recirculación de glicerina y catalizador básico para neutralizar los ácidos grasos • Transesterificación con catalizador básico • Separación de la glicerina de los ésteres |
| US 5,525,126 | <ul style="list-style-type: none"> • Catalizador no alcalino (mezcla de acetato de calcio y acetato de bario) • Calentamiento entre 200 - 250°C • Enfriamiento a 63°C • Mínima formación de jabones |
| US 6,262,285 | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso en seco y a baja presión • Separación continua • Evitan lavados con agua de los metil ésteres • Exceso de metanol es recuperado por extracción al vacío y columnas de tamices moleculares |

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la figura 20 se presenta el diagrama de bloques del proceso de producción de metil ésteres a partir de la estearina de palma, en él se aprecia de manera general las etapas principales que conforman el proceso.

La etapa uno (1) corresponde a la producción de metóxido de sodio, la cual se lleva a cabo mezclando hidróxido de sodio con metanol, parte de este metanol viene fresco y el resto viene de una corriente de recirculación; comparado con la cantidad de hidróxido de sodio que entra, el metanol está en gran exceso, ya que como condición para una próxima etapa la cantidad molar de este componente debe ser ocho veces la cantidad de triglicéridos a ser transesterificados. La reacción que se lleva a cabo en este paso

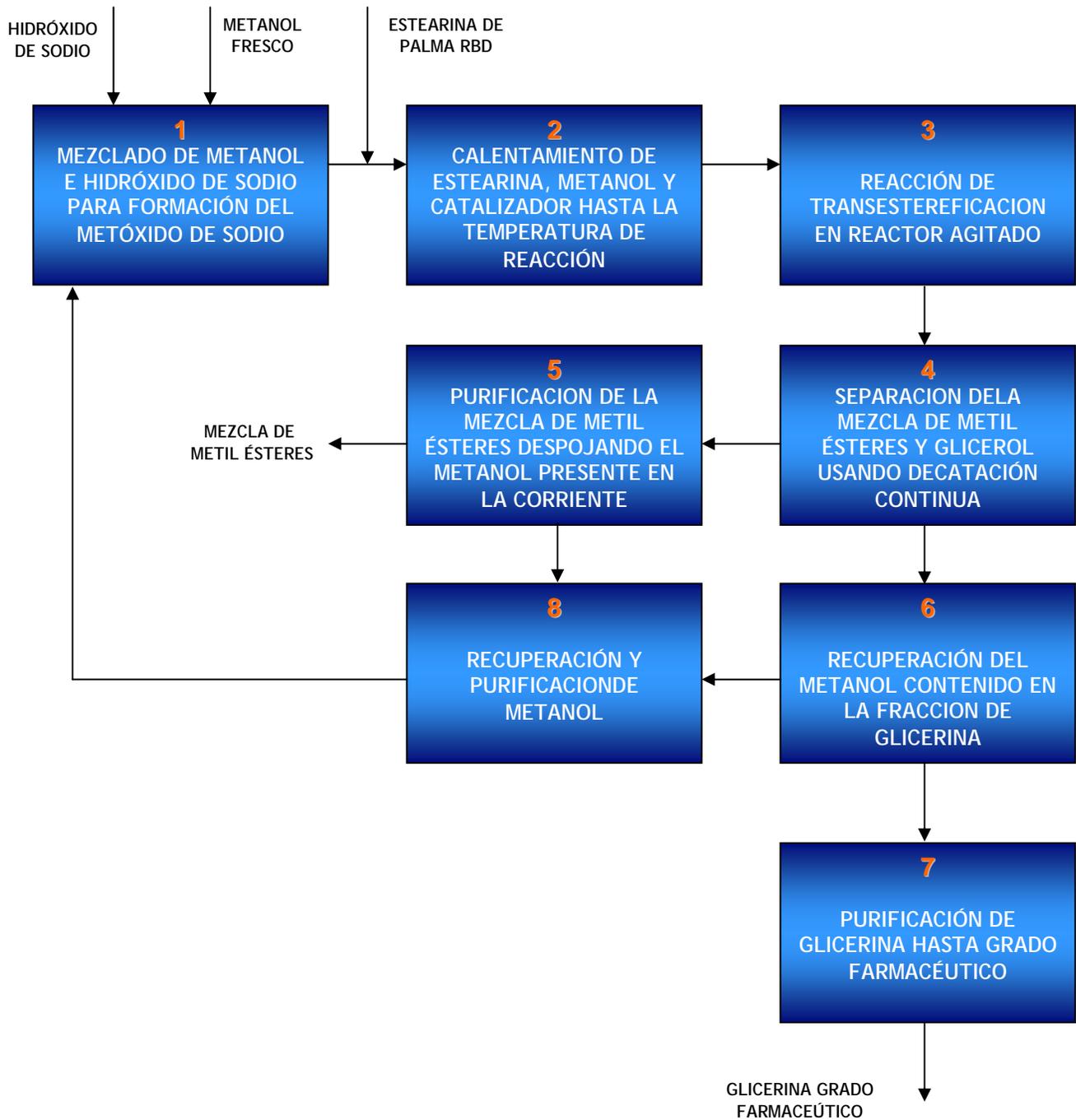
provoca un aumento leve en la temperatura, lo cual se observa a la salida de los productos.

A la corriente que abandona la etapa uno se le adicionan los triglicéridos que van a alimentar el proceso, a los cuales previamente se le han retirado algunas impurezas. Esta nueva corriente compuesta principalmente por los triglicéridos de la estearina de palma, metanol y metóxido de sodio se somete a calentamiento con vapor en la etapa dos (2) donde la mezcla, que esta a presión atmosférica, alcanza una temperatura de 65° C, la cual es la temperatura a la cual la reacción es posible.

La etapa tres (3) en donde se lleva a cabo la reacción de transesterificación, que es la reacción química en la cual un éster reacciona con otro compuesto normalmente un alcohol, para formar un nuevo éster. En general este tipo de reacciones son reversibles y van acompañadas de pequeños efectos térmicos, pues la reacción es exotérmica y de primer orden¹⁷. La mezcla de triglicéridos, metanol y catalizador ingresa en fase líquida a un reactor enchaquetado, en donde se produce los metil ésteres por contacto íntimo de los reactantes con el catalizador, por medio de agitación continua. En presencia de un catalizador alcalino las velocidades de reacción son grandes mucho mayores que la de saponificación, los alcóxidos de sodio son especialmente activos para transesterificación, ya que permite alcanzar conversiones superiores al 95% y velocidades de reacción adecuadas a temperaturas inferiores a las empleadas al utilizar otro tipo de catalizador. El mecanismo de esta reacción ya ha sido evaluado en trabajos anteriores¹⁷.

La siguiente etapa del proceso es una separación de fases, una fase pesada compuesta por glicerol, metanol y parte de los triglicéridos que no reaccionaron y otra fase ligera compuesta esencialmente por la mezcla de metil ésteres y una menor proporción de metanol, la separación se realiza en un decantador continuo aprovechando la diferencia de densidades entre las dos fases, ya que es más eficiente que la decantación batch³².

Figura 20. Diagrama de bloques del proceso de producción de metil ésteres a partir de estearina de palma RBD.



Una vez retirada la glicerina, la corriente de metil ésteres se somete a un proceso de despojamiento con el fin de retirar el metanol, obteniéndose de esta manera una mezcla de metil ésteres disponibles para la venta, que se compone básicamente por metil palmitato, metil oleato y en menor proporción metil estearato y metil linoleato entre otros.

A la fracción glicerosa, retirada en la etapa cuatro (4) se le retira el metanol que no reaccionó y posteriormente se somete a un proceso de concentración para llevarla de un porcentaje cercano al 80% a un grado farmacéutico alrededor del 95% en peso.

Finalmente, las corrientes de metanol se agrupan en la unidad de recuperación de metanol donde se comprime y se seca para su recirculación mezclándolo con metanol fresco.

3.3.1 Descripción detallada del proceso. Para simular el proceso de producción de ésteres de metilo, obtener los balances de materia y energía, determinar el consumo de servicios industriales y dimensionar los equipos principales se utilizó el paquete de software HYSYS Plant versión 3.1

Esta herramienta presenta algunas limitaciones en cuanto a la definición de los triglicéridos que componen la estearina que ingresa al proceso, ya que la distribución de ácidos grasos en las moléculas de la mezcla de triglicéridos no es bien conocida. De acuerdo a modelos como los de Hilditch, Karta, y otros, se ha concluido que el aceite de palma está constituido principal por los triglicéridos de la tabla 22³.

Los triglicéridos mixtos son los más comunes en la naturaleza, es decir que la molécula contiene tanto cadenas saturadas como insaturadas. En las grasas de origen vegetal, existe una preferencia en la distribución de los ácidos grasos saturados³, que se encuentran preferentemente en posición 1-3, aunque la distribución 1-2 también es posible, tal como se puede ver en la figura 21.

La estearina que se produce en Colombia tiene una composición promedio de ácidos grasos como se mostró en la tabla 5; con base en lo anteriormente expuesto, se

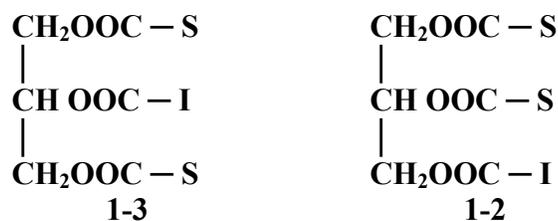
consideró que la estearina que ingresa al proceso esta compuesta básicamente dipalmitooleína, oleopalmitoestearina y linoleína. Haciendo uso de las herramientas del software, se construyo un compuesto hipotético que representa la mezcla de triglicéridos que conforma la materia prima, como una adición de tres cadenas carbonadas grasas a una molécula de glicerol.

Tabla 22. Glicéridos contenidos en el aceite de palma

| Componente | Punto de Fusión °C |
|----------------------|-----------------------|
| Tripalmitina | 65 |
| Dipalmitoestearina | 63 |
| Dipalmitooleína | 34,5 |
| Oleopalmitoestearina | 31 |
| Palmitodioleína | 18 |
| Oleína y linoleína | 15 |

Fuente: Tecnología de aceites y grasas - E. Bernardini y J. Baquero

Figura 21. Distribución de ácidos grasos en las moléculas de triglicéridos.



Fuente: Tecnología de aceites y grasas - E. Bernardini y J. Baquero

También se asume que en la estearina de palma no se encuentran diglicéridos, ni monoglicéridos, ni sustancias como carotenos o tocoferoles.

En las gráficas que aparecen a continuación se presenta el diagrama principal de la planta de producción de metil ésteres y también los diagramas de cada subflow.

Figura 22. Diagrama General de la planta de ésteres de metilo

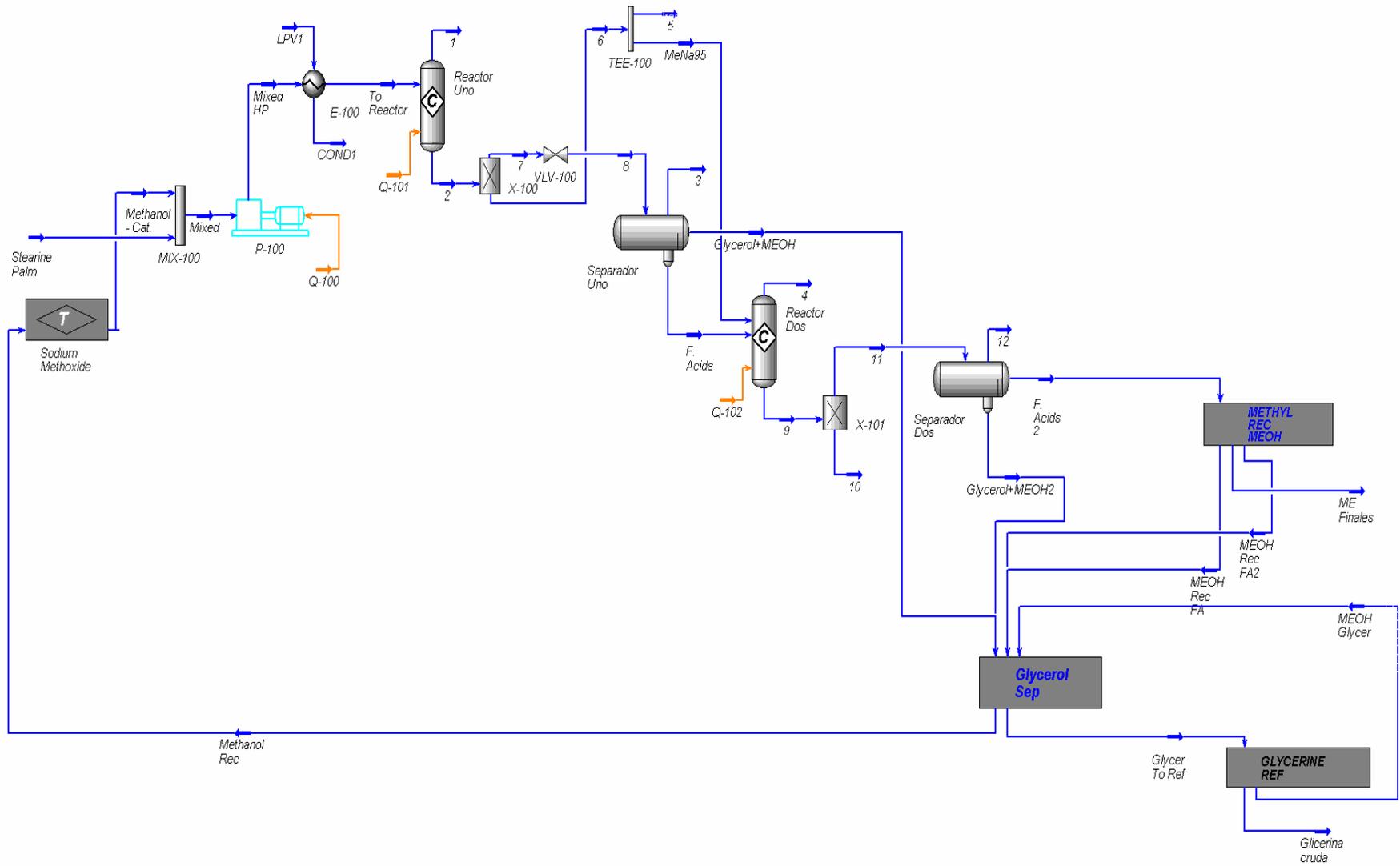


Figura 23. Diagrama del Subflow de Metóxido de Sodio

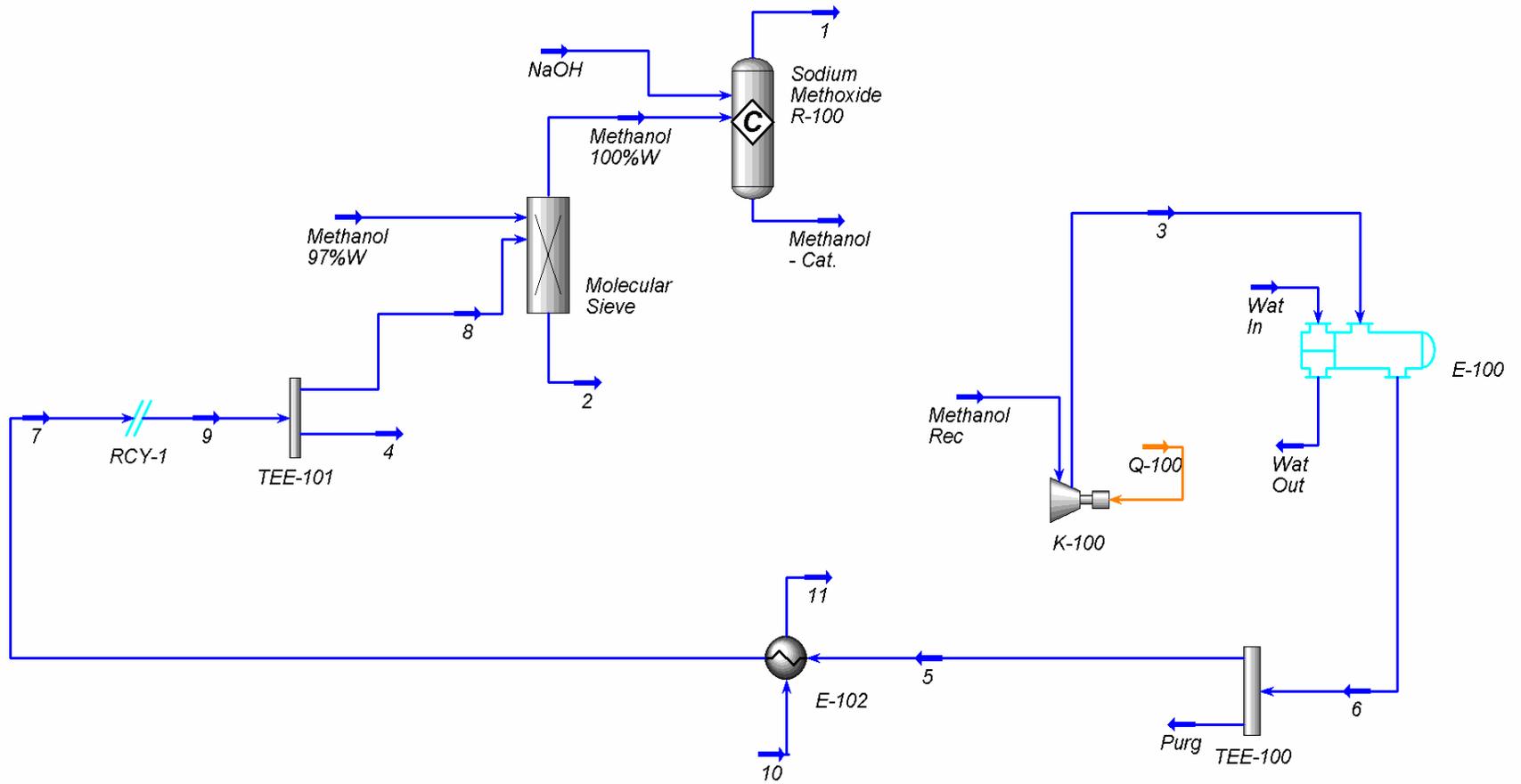


Figura 24. Diagrama del Subflow de Purificación de Metil Esteres

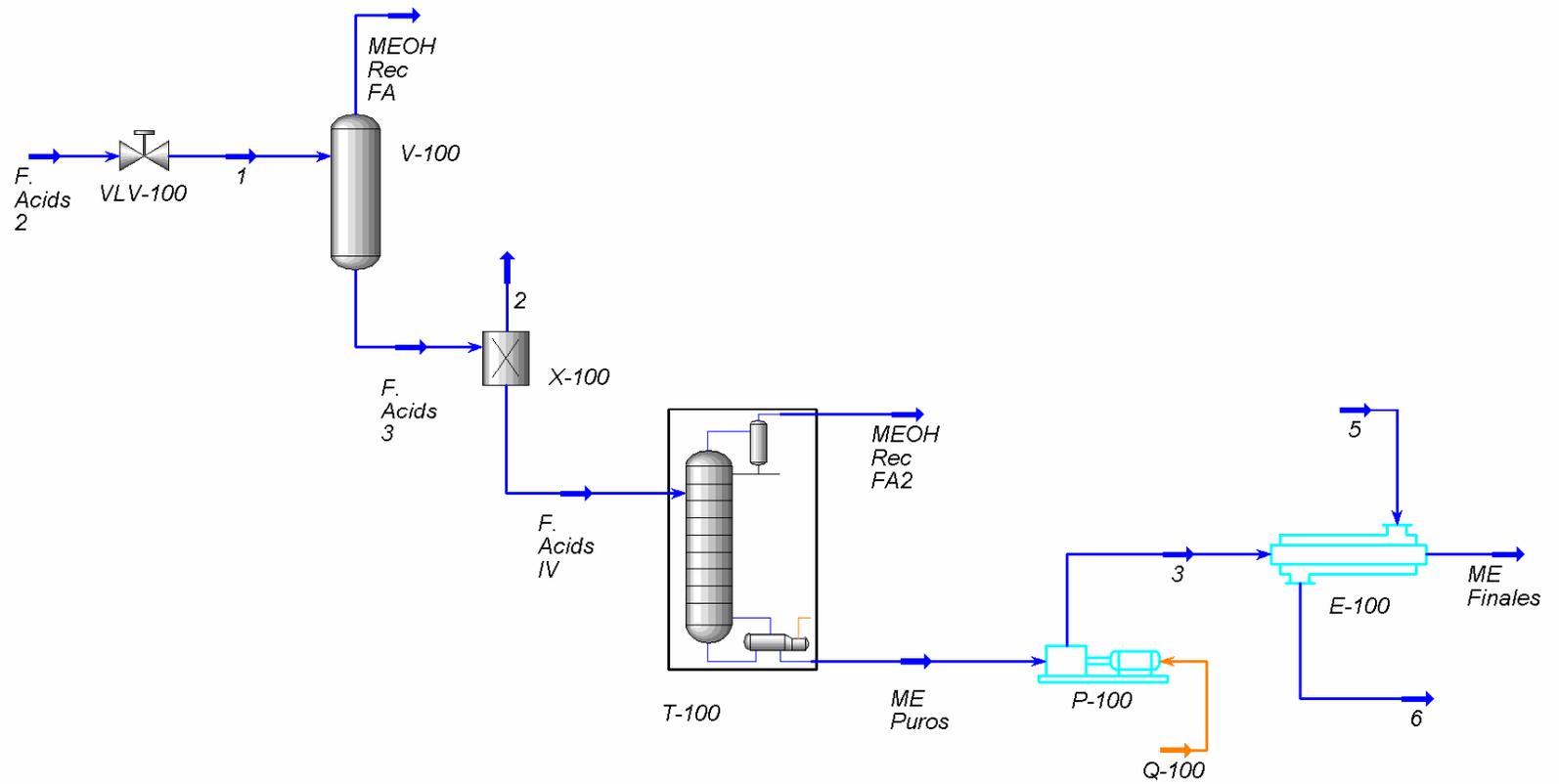


Figura 25. Diagrama del Subflow de Purificación de Glicerina

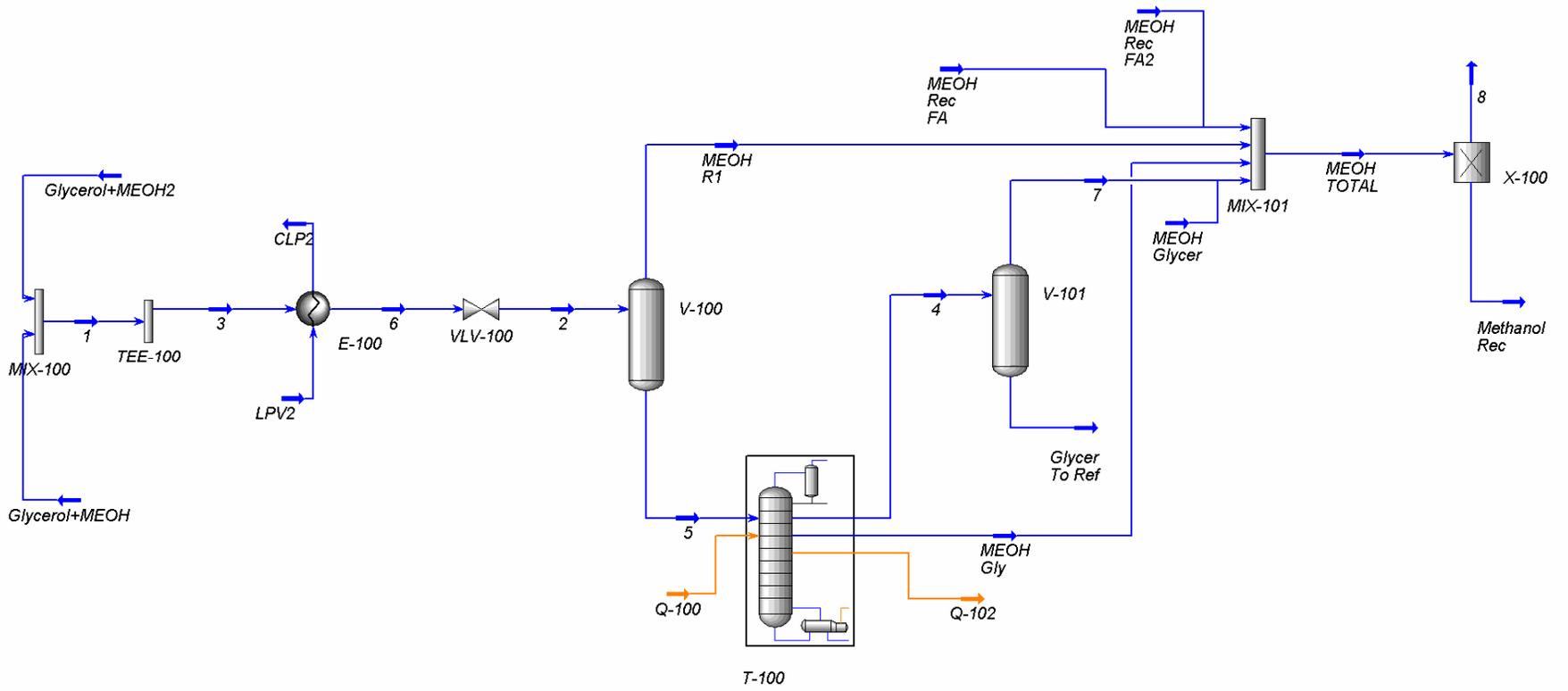
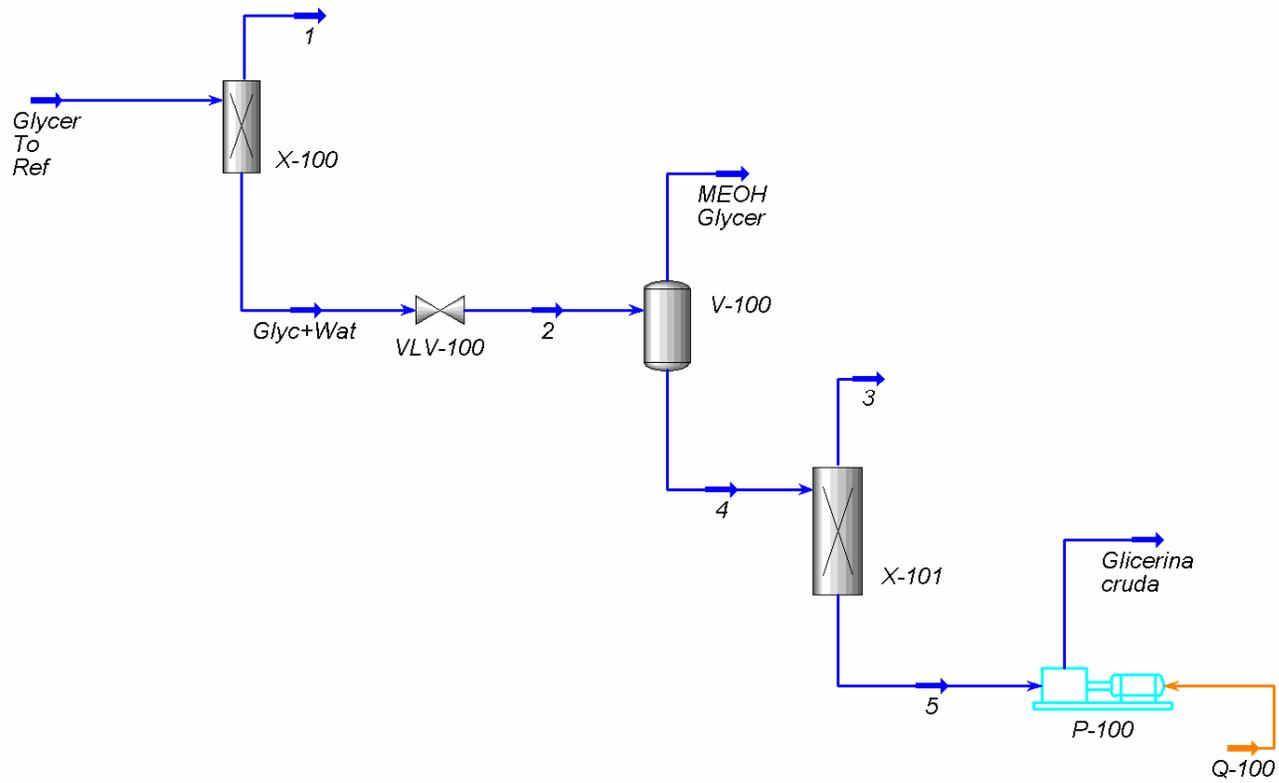


Figura 26. Diagrama del Subflow de Refinación de Glicerina



La estearina ingresa al proceso en estado líquido a 55° C y presión atmosférica a través de la corriente *stearine palm* con un flujo de 4583 kg/h, esta corriente tiene una participación de ácidos grasos así: 62,3% de ácido palmítico, 25,8% de ácido oleico, 5,25% de ácido esteárico, 5,32% de ácido linoleico, y en pequeñas proporciones los ácidos mirístico y araquídico.

Esta corriente de alimentación entra en el mezclador *MIX-100* donde se mezcla con la corriente *Methanol-Cat* que consiste de una mezcla de metanol con metóxido de sodio la cual se ha preparado en el subflow *Sodium methoxide*. Una vez la mezcla de triglicéridos, metanol y catalizador pasa por la bomba *P100* ingresa al intercambiador de calor *E100* a 51° C y se calienta hasta 75° C con vapor sobrecalentado de 600 kPa a 160° C, la mezcla que se mantiene a presión atmosférica se encuentra en condiciones para activar la reacción. Posteriormente la corriente *To reactor* ingresa a una primera etapa de reacción, el reactor de conversión enchaquetado *Reactor Uno*, el cual es isotérmico y está equipado con un sistema de agitación para alcanzar una conversión del 80%, de tal manera que por la corriente 2 salen la mezcla de ésteres de metilo, catalizador triglicéridos y metanol sin reaccionar para enviarlos a la etapa de decantación en el *Separador Uno*.

La corriente 7 compuesta de triglicéridos y metil ésteres ingresa al separador continuo de tres fases *Separador uno* de donde salen la corriente 3, la corriente *F. Acids*, y la corriente *Glycerol+MeOH*. Esta última corriente se compone principalmente de glicerol y metanol y se envía al subflow *Glycerol Sep* donde se recupera el metanol y se purifica la glicerina mientras que la corriente de *F. Acids* en la que se encuentran los metil ésteres, los triglicéridos que faltan por reaccionar y algo de metanol, ingresa al segundo reactor de conversión junto con la corriente *MeNa95* que contiene metanol y catalizador adicional con una relación molar de 80/20 respectivamente. En el *reactor dos*, donde se lleva a cabo un nuevo ciclo de la reacción de transesterificación donde se alcanza hasta un 98% de conversión de triglicéridos en metil ésteres a 75°C y 101,325 kPa.

La corriente 9 que abandona el *reactor dos* se le retira el metóxido de sodio para luego ingresar a un nuevo separador de fases, el *separador dos*, donde se retira la fase glicerol por la corriente *Glycerol+MEOH2* que se lleva al subflow *Glycerol Sep*, en tanto que la corriente *F. Acid 2* que contiene en su mayoría metil ésteres, un 25% molar de metanol y

menos del 2% molar de triglicéridos se envía al subflow *Methyl Rec MeOH* para retirar el metanol y purificar la mezcla de metil ésteres.

Cada subflow es una unidad compuesta de varios equipos que cumplen un fin específico. El subflow *Methyl Rec MeOH* es la sección encargada de purificar la mezcla de metil ésteres y adecuarla para su almacenamiento y posterior purificación. A este subflow ingresa la corriente *F. Acids 2* a 73° C y 1 atm de presión a la cual se le reduce la presión hasta 20 kPa para que en el separador flash *V-100@TPL2* se le retire gran parte del metanol en la corriente *MEOH Rec FA*. La corriente *F. Acids 3*, ingresa a la columna de destilación *T-100@TPL2* donde se le retira el metanol restante a los metil ésteres por la corriente *MEOH Rec FA2*; las corrientes *MEOH Rec FA* y *MEOH Rec FA2* se mezcla para ingresar al subflow *Glycerine Sep*. Finalmente a la corriente de metil ésteres puros se le aumenta la presión de 16 kPa a 160 kPa en la bomba *P-100@TPL2* y en el intercambiador de calor *E-100@TPL2* se le disminuye la temperatura de 205° C a 75° C para ser retirados por la corriente *ME Finales* que consiste de la mezcla de metil ésteres con una composición másica de 59,3% de palmitato de metilo, 27,7% de oleato de metilo, 5,7% de linoleato de metilo, 5,6% de estearato de metilo con un flujo másico total de 4.166 kg/h.

En el subflow *Glycer Sep* se mezclan las corrientes que contienen la glicerina que se ha retirado de los decantadores por la corriente *Glycerol+MEOH* con un porcentaje molar de 71,6% de metanol y 24,4% de glicerol y la corriente *Glycerol+MEOH2* compuesta por un porcentaje molar de 51,1% de metanol y 46,2% de glicerol; esta mezcla se acondiciona en el intercambiador de calor *E-100@TPL2* y en la válvula *VLV-100@TPL2* para entregar una mezcla a 65° C y 30 kPa al separador flash *V100@TPL1* donde se retira buena parte del metanol presente por la corriente *MEOH R1*, la corriente *5@TPL1* que contiene 68,6% en peso de glicerina y 13,6% de metanol se ingresa a la torre de destilación *T100@TPL1* para retirar otra cantidad del metanol presente, la corriente de glicerina pasa a un nuevo separador flash donde se despojan el resto de metanol y se logra llevar la glicerina hasta un 75% en peso. Todas las corriente de metanol que vienen de los separadores flash, de la columna de destilación y del subflow *Methyl Rec MEOH* son llevados al mezclador *MIX100@TPL1* agrupando todas las corrientes de metanol donde posteriormente se retiran las impurezas que salen por la corriente *8@TPL1* para obtener la corriente

Methanol Rec que tiene una fracción molar de 0,995 de metanol y el resto es agua, esta corriente se envía al sub flow *Sodium methoxide*. Finalmente la corriente *Glycer to Ref* de 888,1 kg/h abandona el equipo de separación *V101@TPL1* y se envía al sub flow *Glycerine Ref* con una porcentaje en peso de 75,7% de glicerol, 4,6% de metanol, agua y metil ésteres en menor concentración.

EL subflow *Glycerine Ref* está equipado con una serie de separadores que tienen por fin llevar la glicerina hasta una composición por encima del 90%. A la corriente *Glycer to Ref* que proviene del subflow *Glycer Sep* a 91° C y 30 kPa se le despoja el metanol presente en la glicerina en el separador flash *V-100@TPL3* a 5 kPa y 79° C. De donde se obtiene la corriente *MEOH Glycer* rica en metanol con un flujo de 36,4 Kg/h, para ser recirculada al subflow *Glycer Sep* y otra corriente rica en glicerina a la que se le retira el agua y los metil ésteres presentes para obtener finalmente la corriente *Glicerina Cruda* con una fracción molar del 95,9% y un flujo de 755,6 Kg/h.

El metanol que se recuperó en todo el proceso en la corriente *Methanol Rec*, que se encuentra a 59° C y 5 kPa, se lleva al compresor *K-100@Catal* en el subflow *Sodium methoxide* donde se comprime hasta 143 kPa y 344° C, posteriormente se condensa en el intercambiador de calor *E-100@Catal* donde se le disminuye la temperatura hasta 67,6° C a presión atmosférica, posteriormente en el intercambiador de calor *E-101@Catal* se enfría la mezcla hasta 25° C y se le retira la mayor parte del agua que se ha condensado, para luego ingresar el metanol reciclado junto con metanol fresco del 97% al *Molecular Sieve@Catal* donde se retira el agua restante por adsorción sobre tamices moleculares. La corriente que sale de éste equipo se lleva al reactor de conversión *Sodium Methoxide R-100@Catal* donde se mezcla con la cantidad necesaria hidróxido de sodio para producir el metóxido de sodio requerido en la reacción de transesterificación, este último componente sale por la corriente *Methanol+Cat* junto con una gran cantidad de metanol.

3.3.2 Balances de materia y energía. El cálculo de los consumos de materia prima e insumos también se realizó usando el software HYSYS Plant 3.1, en la tabla 22 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la simulación, para las corrientes de alimento y las corrientes de productos.

Tabla 23. Resumen del balance de masa en estado estacionario

| BALANCE DE MASA | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| MATERIA PRIMA | | | |
| Componente | Corriente | Proceso | Flujo másico (Kg/h) |
| Estearina | Stearine Palm | Transesterificación | 4583 |
| Metanol | Methanol 97%W@Catal | Producción de metóxido de sodio | 1244 |
| Hidróxido de sodio | NaOH@Catal | Producción de metóxido de sodio | 15,43 |
| PRODUCTOS | | | |
| Componente | Corriente | Proceso | Flujo másico (Kg/h) |
| Metil ésteres | ME Finales | Purificación de metil ésteres | 4166 |
| Glicerina | Glicerina Cruda | Refinación de glicerina | 755,6 |

Fuente: Cálculos en HYSYS Plant 3.1

En el Anexo H se pueden apreciar los requerimientos calóricos de cada equipo y de cada corriente así como los datos de las condiciones de operación y las composiciones de cada corriente.

3.3.3 Dimensionamiento de equipos. Los principales equipos que conforman la planta de producción de metil ésteres se dimensionaron usando el software HYSYS Plant 3.1, el material de construcción escogido fue acero al carbono, pues de acuerdo con las recomendaciones hechas por Turton y colaboradores²³, los compuestos químicos que se manejan en la planta tiene limitaciones modestas para este tipo de material.

En la tabla 24 se aprecia en resumen el dimensionamiento de los principales equipos de las unidades que integran la planta de producción de metil ésteres, definiendo sus especificaciones y su tamaño. También se tiene en cuenta que es necesario garantizar existencias de materia prima, insumos y productos, para ello se dimensionaron tanques de almacenamiento con capacidad para almacenar 15 días del flujo de cada componente. En la tabla 25 se presenta el detalle de este cálculo.

Tabla 24. Dimensionamiento de equipos principales

| EQUIPO | NOMBRE | DIMENSIONES | | | ESPECIFICACIONES |
|------------------------|---------------|--------------|-------------|---------------------------|---|
| | | DIAMETRO (m) | ALTURA* (m) | VOLUMEN (m ³) | |
| Intercambiador | E-100 | 0,330 | 4,877 | 0,3089 | Tipo: Cabezal fijo Área: 17,12 m ² Número de tubos: 44 U : 1048 kJ/h m ² °C |
| Intercambiador | E-100 @TPL1 | 0,203 | 4,877 | 0,1186 | Tipo: Cabezal flotante Área: 6,23 m ² Número de tubos: 16 U : 1002 kJ/h m ² °C |
| Intercambiador | E-100 @TPL2 | 0,203 | 4,877 | 0,1161 | Tipo: Cabezal flotante Área: 6,62 m ² Número de tubos: 17 U : 2058 kJ/h m ² °C |
| Intercambiador | E-100 @Catal | 0,203 | 4,877 | 0,1161 | Tipo: Cabezal flotante Área: 6,62 m ² Número de tubos: 17 U : 4148 kJ/h m ² °C |
| Enfriador | E-101 @Catal | 0,533 | 4,877 | 0,6944 | Tipo: Doble tubo Área: 1,42m ² Número de tubos: 160 U : 46,87 kJ/h m ² °C |
| Reactor | Reactor Uno | 2,282 | 3,423 | 14 | Reactor de conversión Conversión: 80% Temp. 75° C Presión: 110 kPa |
| Reactor | Reactor Dos | 2,106 | 3,159 | 11 | Reactor de conversión Conversión: 98% Temp. 75° C Presión: 101 kPa |
| Reactor | R-100 @Catal | 1,619 | 2,429 | 5 | Reactor de conversión Temp. 44° C Presión: 101 kPa |
| Decantador | Separador Uno | 0,762 | 2,667 | 1,216 | Temp. 68° C Presión: 101 kPa |
| Decantador | Separador Dos | 1,067 | 3,734 | 3,461 | Temp. 73° C Presión: 101 kPa |
| Separador | V-100 @TPL1 | 0,762 | 2,667 | 1,216 | Temp. 65,3° C Presión: 30 kPa |
| Separador | V-101 @TPL1 | 0,4572 | 2,515 | 0,4128 | Temp. 91,5° C Presión: 30 kPa |
| Separador | V-100 @TPL2 | 0,6096 | 3,353 | 0,9786 | Temp. 60,1° C Presión: 20 kPa |
| Separador | V-100 @TPL3 | 0,6096 | 2,134 | 0,6227 | Temp. 79,4° C Presión: 5 kPa |
| Columna de Destilación | T-100 @TPL1 | 0,4572 | 2,515 | 0,4128 | Presión: 30 kPa |
| Columna de destilación | T-100 @TPL2 | 1,219 | 4,267 | 4.982 | Presión: 16 kPa |
| Bomba | P-100 | - | - | - | Tipo: Bomba centrífuga Potencia: 0,1783 Kw. ΔP: 68,67 kPa NPSH: 5,391 m |
| Bomba | P-100 @TPL2 | - | - | - | Tipo: Bomba centrífuga Potencia: 03004kW ΔP: 144,0 kPa NPSH: 1,120m |
| Compresor | K-100 @Catal | - | - | - | Tipo: Compresor centrífuga Potencia: 108,686 Kw. Incremento de presión: 138,3 kPa |

* Para el caso de los intercambiadores se considera la longitud de los tubos y para el caso de los decantadores la longitud

Tabla 25. Dimensionamiento de tanques de almacenamiento

| CORRIENTE | Flujo másico (kg/h) | Flujo Volumétrico (m ³ /día) | Volumen para almacenar 15 días de producción (m ³) | Diámetro (m) | Altura (m) |
|---------------|---------------------|---|--|--------------|------------|
| Metanol | 1244 | 37,735 | 566 | 8 | 12 |
| Estearina | 4583 | 129,753 | 1946 | 12 | 18 |
| Metil Esteres | 4166 | 118,915 | 237 | 6 | 9 |
| Glicerina | 755,6 | 15,769 | 1784 | 11 | 17 |

3.3.4 Consumo de servicios industriales. Con base en los cálculos del diseño de la planta se realizó un estimativo de las necesidades básicas de servicios industriales como energía eléctrica, vapor, agua de enfriamiento y aire para instrumentos. En la siguiente tabla se aprecian los consumos de estos.

Tabla 26. Consumo de servicios industriales

| SERVICIO | CONSUMO / 100 ton/día de producto |
|--|-----------------------------------|
| Energía Eléctrica (kW/h) | 118,87 |
| Agua de enfriamiento (m ³ /h) | 206,4 |
| Agua de refrigeración (kg/h) | 2362 |
| Vapor de 600 kPa (kg/h) | 2876,02 |
| Aire (m ³) | 7 |

Fuente: cálculos de HYSYS Plant 3.1

3.4 ANALISIS DE EFLUENTES DEL PROCESO

Este análisis tiene como fin determinar los efluentes que pueden causar impacto ambiental durante el proceso de producción de esteres de metilo, proponiendo una alternativa de solución para su tratamiento y así cumplir con las normas ambientales nacionales.

Según el esquema de planta propuesto para el proceso de metil esterres, se puede apreciar que no existe emisiones atmosféricas en la zona de producción, sin embargo

hay que tener en cuenta que pueden ocurrir emisiones ocasionales, debido a fugas o escapes dados en tuberías y equipos. Para evitar estos escapes, la planta puede implementar programas de detención y corrección de fugas. También se puede afirmar que los residuos sólidos generados en el proceso son nulos, debido a que la materia prima comprada y los insumos necesarios para la producción están libres de impurezas sólidas

Sin embargo, el mayor problema ambiental lo ocasiona el vertimiento líquido originado en la etapa de transesterificación con la corriente pura de metóxido de sodio que debe ser retirada del proceso. Según revisiones bibliográficas realizadas se encontró que este compuesto es considerado altamente peligroso, debido a su inestabilidad en el medio ambiente, ya que puede ocasionar explosiones a su contacto con el agua o con la humedad del aire. Es aconsejable realizarle un análisis de calidad con el fin de poder recircularlo al proceso y así minimizar este vertimiento, o sino almacenarlo y manejarlo de acuerdo a las reglamentaciones dadas para residuos peligrosos, y teniendo mucho cuidado en no mezclarlo con sustancias incompatibles.

Además hay que tener en cuenta que en las unidades de purificación de metil esterres y glicerina, se producen pequeños vertimientos, pero estos efluentes no originan gran impacto ambiental debido a que estas corrientes contienen pequeñas trazas de metanol que pueden ser dispuestas sin mayor restricción.

3.5 ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA

La organización de la empresa debe corresponder a una estructura que garantice el logro de los objetivos y metas propuestas por la empresa. La empresa está dividida en departamentos o secciones especializadas en una actividad específica con lo cual se garantiza el buen desempeño y operación de la planta.

Los principales departamentos que conforman la planta son:

- ✚ *Dirección General:* Este departamento esta integrado por el gerente general, el cual se encargara de hacer cumplir la misión, políticas, reglamentos y procedimientos establecidos., así como la de elaborar la planeación estratégica de la empresa.

- ✚ *Departamento de Producción:* Aquí se busca optimizar la utilización de recursos puestos a disposición de la empresa, lo cual se logra con la aplicación de métodos y procedimientos apropiados. En esta área se encuentran todos los equipos y maquinaria que se necesitan para elaborar y almacenar el producto terminado, realizar el control de calidad, así como el desarrollo de ingeniería del producto y la determinación de los procesos técnicos.

- ✚ *Departamento de Mantenimiento:* Aquí se realiza el proceso de prevención de fallas y conservación de máquinas, así como la elaboración y coordinación de programas de mantenimiento de equipos y herramientas para garantizar los programas de producción.

- ✚ *Departamento Administrativo:* Este departamento se incluye el personal administrativo que se encarga de llevar la contabilidad, realizar y manejar los presupuestos para la compra de materias primas e insumos y de los demás gastos en que incurra la planta; así como el personal de oficina, como recepcionista, mensajero y personal de seguridad.

En la figura 27 se muestra el esquema organizacional propuesto para la planta de esterres de metilo a partir de la estearina de palma

Según este esquema de organización, el tamaño de la planta y los equipos instalados, se puede hacer un cálculo global de las necesidades de personal que garantice el adecuado funcionamiento de la planta, esta evaluación de personal se realiza asignando los cargos que cubran las operacionales en cada departamento.

Figura 27. Esquema Organizacional de la planta de Esteres de metilo



Uno de los departamentos más importantes es el de producción, por ello es necesario garantizar una buena distribución de personal que garantice el adecuado funcionamiento de la planta, por ello es de especial cuidado la determinación del número correcto de operadores a trabajar en este sitio. Hay que tener en cuenta que la planta opera continuamente, durante las 24 horas del día, por lo tanto se manejarán 3 jornadas diarias de 8 horas cada una, que trabajaran durante 7 días. Adicionalmente se tiene en cuenta que es necesario añadir una jornada adicional para cubrir los días de descanso del personal operativo. En la tabla 27 ²³ se muestra que el personal necesario para el funcionamiento continuo de la planta de esterres de metilo según la cantidad de equipos diseñados en el proceso es de 21 operadores diarios distribuidos en los diferentes turnos, y según la consideración anterior se obtiene un total de 28 operadores trabajando en esta planta.

Tabla 27. Operadores necesarios para el funcionamiento de equipos

| Equipo | Cantidad | Factor | Personal (8 h) | Personal (24 h) |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|
| Bombas | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Compresor | 1 | 0.15 | 0.15 | 0.45 |
| Decantadores | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Enfriador | 1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| Intercambiadores | 4 | 0.1 | 0.4 | 1.2 |
| Planta de agua de enfriamiento | 1 | 2 | 2 | 6 |
| Reactores | 3 | 0.5 | 1.5 | 4.5 |
| Separadores | 4 | 0.3 | 1.2 | 3.6 |
| Tanques de almacenamiento | 4 | 0 | 00 | 0 |
| Torres de destilación | 2 | 0.35 | 0.7 | 2.1 |
| TOTAL | | | | 19 |

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede calcular la cantidad total de personal necesario para el buen funcionamiento de la planta, dando un total de 59 personas distribuidos de la siguiente forma: 2 personas para la Dirección General, 32 personas para el departamento de Producción, 10 personas para el departamento de Mantenimiento, y los restantes pertenecen al departamento Administrativo. (Ver tabla 28)

3.6 DISTRIBUCION DE LA PLANTA

Planificar la distribución de las instalaciones se hace con el fin de tener zonas bien definidas de operación, con el fin de garantizar un eficiente desempeño y comunicación en las diferentes actividades realizadas en la planta.

La estructura planteada para la planta de esteres de metilo comprende las siguientes zonas:

Tabla 28. Personal necesario para la planta de Esteres de Metilo

| Departamento | Cargo | Cantidad de Personas |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Dirección General | Gerente | 1 |
| | Secretaria de Gerencia | 1 |
| Producción | Ingeniero de Proceso | 1 |
| | Secretaria de Planta | 1 |
| | Jefe Control de Calidad | 1 |
| | Auxiliar de Calidad | 1 |
| | Operadores | 28 |
| Mantenimiento | Jefe de Mantenimiento | 1 |
| | Técnicos de Mantenimiento | 6 |
| | Jefe de Almacén | 1 |
| | Auxiliares de Almacén | 2 |
| Administrativo | Jefe de Contabilidad | 1 |
| | Auxiliar Contable | 2 |
| | Jefe de Compras | 1 |
| | Auxiliar de Compras | 1 |
| | Jefe de Seguridad Industrial | 1 |
| | Personal de Seguridad | 6 |
| | Recepcionista | 1 |
| | Mensajero | 1 |
| | Personal de Aseo | 1 |
| TOTAL | | 59 |

✚ *Zona de recepción y almacenamiento de materia prima: Esta zona tiene espacio disponible para la recepción de materia prima y su posterior almacenamiento en condiciones adecuadas.*

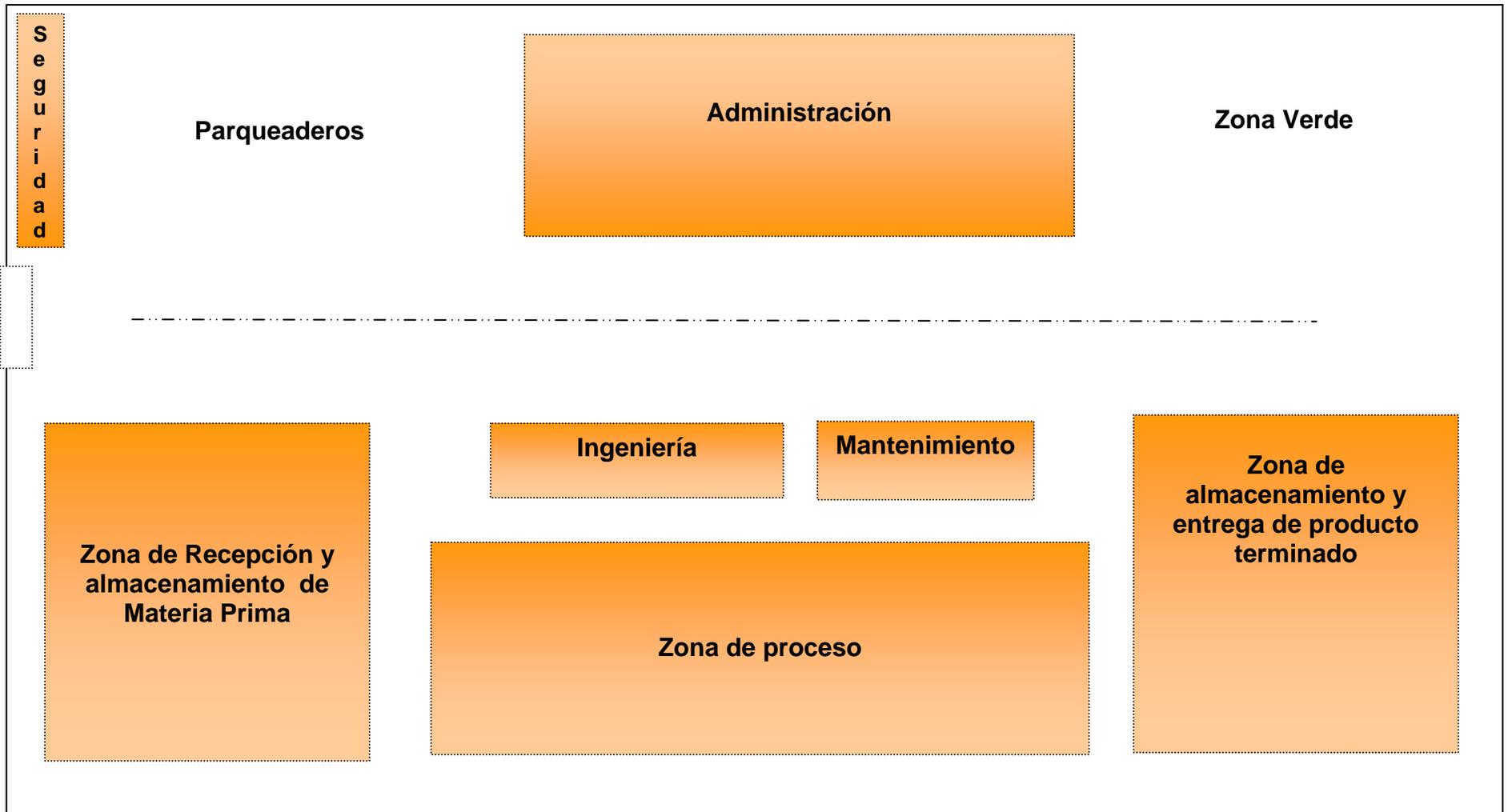
- ✚ *Zona de recepción y almacenamiento de materia prima:* Esta zona tiene espacio disponible para la recepción de materia prima y su posterior almacenamiento en condiciones adecuadas.
- ✚ *Zona de Proceso:* En esta zona se encuentran los equipos de proceso, la planta de agua de enfriamiento, tuberías y espacio para la circulación de operadores y maquinaria pequeña.
- ✚ *Zona de carga y almacenamiento de Producto Terminado:* Esta zona tiene espacio disponible el almacenamiento de los esteres de metilo y su posterior carga en el vehiculo transportador.
- ✚ *Zona de Ingeniería:* Aquí se ubica el cuarto de operaciones, oficinas para el ingeniero de proceso, laboratorio de control de calidad, salón de reuniones, cafetería, baños y pasillos de circulación
- ✚ *Zona de Mantenimiento y Almacén:* En esta zona se encuentra el personal y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de la planta.
- ✚ *Zona Administrativa:* Aquí se ubican el personal de gerencia general, del departamento Financiero y departamento administrativo, además lugares como recepción, sala de espera, cafetería, baños y pasillos de circulación.
- ✚ *Parqueaderos*

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa una distribución de planta en forma lineal tal como se muestra en la figura 28. En la cual se observa claramente dos líneas de operación: la línea administrativa y la línea de producción. Esta última comienza con la recepción y almacenamiento de materia prima, seguido del área de proceso y termina con el almacenamiento y carga de producto terminado.

Para calcular el área total necesario para la instalación de la planta, es necesario calcular el espacio requerido para la zona de producción, para la cual hay que tener en cuenta las dimensiones de los equipos principales, conocer el inventario de materia prima y producto terminado y otros factores como el de seguridad y circulación de materiales¹. Además de estimar el espacio necesario para la instalación de cada equipo, en la zona de producción se le adiciona un área correspondiente a un cuadrado con lado de 1,5 m que corresponde a la separación que debe haber entre los diferentes equipos, también hay que tener en cuenta el área correspondiente al espacio de circulación y tuberías, por lo cual se multiplica por un factor de 3. De esta forma se obtiene que el área total calculada para la zona de producción de metil esterres de de 9.100 m² aproximadamente.

Al valor anteriormente calculado, se le asigna un factor de 1,85 que corresponde al espacio ocupado por oficinas, zonas verdes, parqueaderos y espacio circulante, para así obtener el área total requerida de 17.000 m²

Figura 28. Distribución de la planta



4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

En este capítulo se definirán el dinero necesario para construir y poner en marcha la planta de producción de ésteres de metilo, también, se determinará el dinero necesario para que la planta opere, es decir el costo total de operación. Para ello se tiene en cuenta las recomendaciones que en la literatura²⁴ se hacen para este tipo de estudio, el cual se clasifica como un estimativo de prefactibilidad ya que se define el tamaño de los equipos principales, las necesidades de servicios industriales y la organización administrativa de la planta para determinar un estimativo de costos teniendo en cuenta los factores que los afectan. Este tipo de estudios no incluye balances rigurosos de materia y energía, ni se especifica completamente los servicios e instalaciones que requiere la planta, por ello la estimación de los costos tiene una precisión que se encuentra en un rango entre el +30% de sobrecosto y el -20% de subvalorización.

4.1 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL DE INVERSIÓN

Para determinar el capital de inversión se toma en consideración que aparte del costo de compra de los equipos se debe incluir otros costos en los que se incurre, clasificados como gastos directos, gastos indirectos y de contingencia y sueldos. En la tabla 29 se detallan los costos asociados con el capital de inversión.

Todos estos costos asociados con la instalación de la planta se pueden calcular partiendo del costo de compra del equipo evaluado para unas condiciones base que son el costo del equipo construido en acero al carbón y operando a presión atmosférica. Las desviaciones de estas condiciones se corrigen usando un factor de multiplicación que depende del tipo de equipo, el material específico de construcción y la presión específica del sistema. El módulo de costo sencillo agrupa los costos directos e indirectos mostrados en la tabla 29, como diversos factores del costo de compra de los equipos sin contar los costos de los terrenos, las edificaciones y los servicios, los cuales se incluyen en el costo total de la planta (total grass roots cost).

Tabla 29. Factores que afectan los costos asociados con el capital de inversión

| Factores asociados con la instalación del equipo | Descripción |
|--|---|
| Gastos Directos Costo del equipo F.O.B | Precio de compra de equipos en el puerto del fabricante F.O.B. |
| Materiales requeridos para la instalación | Incluye todas las tuberías, aislantes, protectores de fuego, cimientos y soportes estructurales, instrumentación y electricidad y pintura asociada con el equipo. |
| Mano de obra para instalar el equipo | Incluye toda la mano de obra asociada con la instalación del equipo y los materiales mencionados en el ítem anterior. |
| Gastos Indirectos Fletes, seguros e impuestos | Incluye todos los costos de transporte para el embarque del equipo y los materiales hasta el sitio de la planta; todos los seguros sobre los objetos embarcados, y cualquier impuesto de compra que se aplique. |
| Gastos generales de construcción | Incluye todos los beneficios suplementarios tales como vacaciones, incapacidades, los aportes parafiscales como seguro social y el salario y los gastos generales del personal de supervisión. |
| Gastos de contratistas de ingeniería | Incluye los salarios y los gastos generales para el personal de ingeniería, diseño y gerencia del proyecto. |
| Gastos de contingencia y honorarios Contingencia | Un factor para cubrir las circunstancias imprevistas. Estas pueden incluir pérdidas de tiempo debido a tormentas y huelgas, pequeños cambios en el diseño e incrementos imprevistos de precios. |
| Honorarios de contratistas | Estos honorarios varían dependiendo del tipo de planta y de otros factores. |
| Costo de instalaciones auxiliares Sitio | Incluye la compra del terreno, nivelación y excavación del sitio; instalación y conexión de los sistemas eléctricos, acueducto y alcantarillado; construcción de todas las vías internas, andenes y parqueaderos. |
| Edificios auxiliares | Incluye todas las oficinas administrativas, los talleres de mantenimiento y los cuartos de control, almacenes y edificios de servicios (cafetería, vestieros e instalaciones médicas). |
| Servicios industriales | Incluye el almacenamiento de las materias primas y los productos finales, instalaciones de cargue y descargue de materia prima y de productos, todos los equipos necesarios para suministrar los servicios industriales requeridos por el proceso (agua de enfriamiento, generación de vapor, sistemas de distribución de combustible, etc.), instalaciones de control medioambiental (tratamiento de agua residual, incineradores, etc.) y sistemas de protección contra el fuego. |

El cálculo del costo de los equipos de la planta más los otros costos mencionados anteriormente se calcularon usando el programa CAPCOST el cual es una herramienta informática para la estimación de los costos de capital suministrada en el libro Analysis, synthesis and design of chemical processes de Turton y colaboradores ²³. Esta herramienta solicita algunos datos de diseño y operación del equipo al que se le está calculando el costo, estos costos se ajustan a la inflación usando el índice Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) para obtener los costos de la tabla 30.

Tabla 30. Costo de los equipos principales

| EQUIPO | NOMBRE | COSTO DEL EQUIPO (\$) | MÓDULO DE COSTO SENCILLO (\$) |
|------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Intercambiador | E-100 | 12.354.750 | 40.771.950 |
| Intercambiador | E-100 @TPL1 | 8.091.150 | 26.392.500 |
| Intercambiador | E-100 @TPL2 | 8.193.150 | 27.035.100 |
| Intercambiador | E-100 @Catal | 8.193.150 | 27.035.100 |
| Enfriador | E-101 @Catal | 2.871.300 | 5.597.250 |
| Reactor | Reactor Uno | 68.597.550 | 350.943.750 |
| Reactor | Reactor Dos | 63.342.000 | 324.059.100 |
| Reactor | R-100 @Catal | 63.342.000 | 324.059.100 |
| Decantador | Separador Uno | 79.978.200 | 308.376.600 |
| Decantador | Separador Dos | 79.978.200 | 308.376.600 |
| Separador | V-100 @TPL1 | 17.916.300 | 91.664.850 |
| Separador | V-101 @TPL1 | 13.792.950 | 70.571.250 |
| Separador | V-100 @TPL2 | 18.676.200 | 95.545.950 |
| Separador | V-100 @TPL3 | 15.649.350 | 80.067.450 |
| Columna de Destilación | T-100 @TPL1 | 13.792.950 | 70.571.250 |
| Columna de destilación | T-100 @TPL2 | 30.436.800 | 151.849.950 |
| Bomba | P-100 | 12.061.500 | 39.917.700 |
| Bomba | P-100 @TPL2 | 13.966.350 | 46.231.500 |
| Bomba | P-100@TPL3 | 7.287.900 | 24.117.900 |
| Compresor | K-100 @Catal | 48.646.350 | 72.965.700 |
| TOTAL | | 587.168.100 | 2.486.150.550 |

Fuente: Cálculos en CAPCOST.bas

El costo de los equipos está reportado en pesos colombianos, la tasa representativa del mercado³¹ a octubre 25 de 2004 fue de 2550 \$/U\$ y el valor de CEPCI usado para actualizar los datos fue de 399. Tal como se mencionó anteriormente al módulo de costos sencillo se le agregó los gastos por contingencia y honorarios y el costo de las instalaciones auxiliares para obtener el costo total de la planta (Total grass roots cost of plant), el cual para este caso se estima en \$ 3.664.350.000, a este valor se le debe adicionar el costo del terreno, este se determinó con base en el valor del terreno por metro cuadrado para la ciudad de Barranquilla y el tamaño del lote obtenido en la distribución de la planta, cuyo valor es de de \$ 2.040.000.000. También se debe adicionar el valor de los tanques de almacenamiento, cuyas dimensiones se reportaron en la tabla 25 y corresponde a \$1.279.576.653, en este valor que se presenta en la tabla 31, se incluye techo cónico y aditamentos como escaleras, pinturas, etc. y finalmente se debe adicionar el valor de la torre de enfriamiento donde se acondicionan las corrientes de agua de enfriamiento que deben regresarse al proceso, este coste se estimo en \$ 708.900.000 teniendo en cuenta la energía retirada de los reactores y de algunos intercambiadores de calor.

Tabla 31. Costo de los tanques de almacenamiento

| COMPONENTE | Volumen para 15 días (m ³) | Costo U\$ | Costo \$ |
|---------------|--|----------------|----------------------|
| Metanol | 566,0 | 93.600 | 238.680.000 |
| Estearina | 1946,3 | 180.195 | 1.313.250.000 |
| Glicerina | 236,5 | 60.100 | 153.255.000 |
| Metil Esteres | 1783,7 | 167.900 | 428.145.000 |
| TOTAL | | 501.795 | 1.279.576.653 |

Fuente: Cálculos en CAPCOST.bas

El capital inicial de inversión para el montaje de la planta de producción de metil ésteres es de \$ 7.692.826.653. En este último valor no está incluido el capital de trabajo, que es la cantidad de dinero necesaria para garantizar el pleno funcionamiento de la planta durante un ciclo productivo, que se inicia con la adquisición de las materias primas y termina con el recaudo de los ingresos de la venta del producto terminado para la compra de nuevos insumos, su estimación se realiza con base en el costo total de fabricación, por ello su determinación se considerará más adelante.

4.2 ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN

Los costos asociados con la operación diaria de la planta se ven influenciados por múltiples factores, estos se dividen en tres categorías: Los costos directos de fabricación, que representan los gastos de operación y varían con la tasa de producción; los costos fijo de fabricación, los cuales son independientes de los cambios en la producción y que se presentan aún cuando la planta no esté operando; y finalmente, los gastos generales de fabricación, que representan la carga de gastos generales que son necesarios para llevar a cabo las funciones del negocio. La suma de estos costos es el costo total de fabricación, el cual se expresa en unidad de dinero por unidad de tiempo, generalmente por año. En la tabla 32 se aprecian en detalle estos costos.

La estimación de estos costos se realiza cuando se conoce el valor del capital fijo de inversión, el costo de la mano de obra operativa, el costo de los servicios industriales, el costo de las materias primas y el costo del tratamiento de residuos. En el anexo I se muestran los principales costos que conforman el costo total de fabricación, los factores que típicamente se usan para la evaluación de los costos, así como los rangos en que se pueden usar dichos factores. De acuerdo con esto, el costo total de fabricación se puede calcular con la siguiente ecuación, donde COM : costo total de fabricación; FCI : capital fijo de inversión; C_{OL} : costo de mano de obra; C_{UT} : costo de servicios industriales; C_{WT} : costo de tratamiento de residuos; C_{RM} : costo de materias primas

$$COM = 0.304FCI + 2,73C_{OL} + 1,23(C_{UT} + C_{WT} + C_{RM})$$

El capital fijo de inversión se estimó en la sección anterior, los demás costos necesarios para estimar el capital fijo de inversión se estiman con base en los consumos de materia prima y servicios industriales, el análisis de los efluentes de la planta y las necesidades de personal tanto operativo como administrativo. Todos los costos están reportados en pesos colombianos por año.

Tabla 32. Factores que afectan el costo total de fabricación de un producto químico

| FACTOR | DESCRIPCION |
|---|--|
| Costos Directos | Factores que varían con la producción |
| Materias primas | Costo de las materias primas requeridas en el proceso, de acuerdo con los flujos del diagrama |
| Tratamiento de residuos | Costo de tratamiento de residuos |
| Servicios | Costo de las corrientes de servicios requeridas por el proceso, entre ellas: Combustible, vapor, energía eléctrica, agua de enfriamiento, agua de proceso, agua de calderas, aire para instrumentos, gas inerte, agua de refrigeración |
| Mano de obra operativa | Costos del personal requerido para las operaciones de la planta. |
| Supervisión directa y personal de oficina | Costo del personal administrativo, de ingeniería y soporte. |
| Mantenimiento y reparaciones | Costo de la mano de obra y los materiales asociados con el mantenimiento de equipos. |
| Suministros operativos | Costo de suministros misceláneos que soportan las operaciones diarias y que no se consideran materias primas (papel de cartas, lubricantes, filtros, dotación, etc.) |
| Cargos de laboratorio | Costo de las rutinas y las pruebas especiales de laboratorio requeridas para el control de la calidad del producto. |
| Patentes y regalías | Costo de usar tecnología patentada o licenciada. |
| Costos Fijos | Factores no afectados por la producción |
| Depreciación | Costo asociado con la infraestructura física de la planta (edificaciones, equipos, etc.) |
| Seguros e impuestos | Costos asociados con los impuestos de propiedad, renta y seguros de responsabilidad civil. |
| Gastos generales de planta | Agrupar todos los costos asociados con la operación de las instalaciones auxiliares que soportan el proceso de producción. Los costos involucrados son: servicios de nómina y contabilidad, servicios de seguridad y protección al fuego, servicios médicos, cafetería e instalaciones recreativas, beneficio de trabajadores y gastos generales de nómina, ingeniería general, etc. |
| Gastos Generales | Costos asociados con la gerencia y las actividades administrativas y no directamente con el proceso de producción |
| Costos de administración | Costo para la administración. Incluye salarios, otros gastos administrativos, construcciones, y otras actividades relacionadas. |
| Costos de distribución y ventas | Costos de las ventas y el mercadeo requerido para la comercialización del producto. Incluye salarios y otros costos misceláneos. |
| Investigación y desarrollo | Costos de las actividades de investigación relativas al proceso o al producto. Incluye salarios y fondos para el equipo y los suministros relacionados con la investigación. |

Fuente: *Analysis, synthesis and design of chemical processes; Turton, R. Et al.*

4.2.1 Estimación del costo de la materia prima. Los costos anuales de la materia prima y de los insumos se estimaron tomando como referencia los precios internacionales de la estearina de palma, del metanol y del hidróxido de sodio (Anexo I), y basándose en los consumos reportados en el numeral 3.3.2 del anterior capítulo. En la tabla 33 se puede apreciar la determinación de este costo.

Tabla 33. Costo anual de materias primas

| Componente | Flujo (kg/h) | Precio | Costo Anual |
|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|
| Estearina | 4583 | 336,00 U\$/MT | 32.984.400.960 |
| Metanol | 1244 | 279,38 U\$/MT | 7.444.493.582 |
| Hidróxido de sodio | 15,44 | 1,25 U\$/lb | 912.596.026 |

4.2.2 Estimación del costo anual de los servicios industriales. El costo anual que el implica la utilización de servicios como agua de enfriamiento, vapor, agua de refrigeración, energía eléctrica y aire para instrumentos se determino con los consumos que se reportaron anteriormente y los precios de cada servicio. Para el caso de la energía eléctrica del anexo G6 se tomó el precio del kilovatio por hora para la ciudad de Barranquilla; los otros servicios se estimaron con base los registros históricos de precios de servicios industriales en el complejo de refinación Ecopetrol – Barrancabermeja, tal como se muestra en el Anexo I. En la tabla 34 se aprecia el costo anual de estos servicios.

Tabla 34. Costo anual de servicios industriales

| SERVICIO | Consumos/hora | Precios (\$) | Costo Anual |
|--|----------------------|---------------------|--------------------|
| Electricidad (kW/h) | 118,88 | 125,88 | 125.699.272 |
| Agua de enfriamiento (m ³ /h) | 206,41 | 17,09 | 29.622.496 |
| Vapor (600 kPa) (kg/h) | 2876,02 | 11,58 | 407.797.189 |
| Agua de refrigeración (kg/h) | 2362,00 | 2,14 | 42.381.612 |
| Aire para instrumentos (m ³ /h) | 7,00 | 119,85 | 7.047.180 |
| Total | | | 612.547.748 |

4.2.3 Estimación del costo del tratamiento de residuos. De acuerdo con el análisis de efluentes del proceso que se consideró en el capítulo anterior, se puede decir que la disposición del catalizador generaría el costo por tratamiento de residuos. Dado que se trata de un residuo peligroso se le asignó factor de costo de U\$ 145/ton ²³ para su tratamiento, de tal manera que el costo anual para tratar esta corriente es de \$ 61.465.761

4.2.4 Estimación del costo de mano de obra. Con base en los cargos asignados en la organización se estimó el costo de la nómina para todo el personal de la planta. La asignación de los sueldos se definió como factores del salario mínimo legal vigente, el costo anual se estimó en \$ 671.775.000, este valor incluye el total anual de la nómina más un valor mensual de esta correspondiente al pago de primas legales. En la tabla 35 se presenta el valor mensual de la nómina.

Tabla 35. Costo de mano de obra

| Cargo | Personal | Salario Mensual (\$) |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Dirección General | | |
| Gerente | 1 | 6.240.000 |
| Secretaria de Gerencia | 1 | 663.000 |
| Departamento de Producción | | |
| Ing. de Procesos | 1 | 2.925.000 |
| Secretaria de Planta | 1 | 663.000 |
| Jefe Control de Calidad | 1 | 975.000 |
| Auxiliar de Calidad | 1 | 507.000 |
| Operadores | 28 | 22.932.000 |
| Departamento de Mantenimiento | | |
| Jefe de Mantenimiento | 1 | 975.000 |
| Técnicos de Mantenimiento | 6 | 4.914.000 |
| Jefe de Almacén | 1 | 975.000 |
| Auxiliares de Almacén | 2 | 1.014.000 |
| Departamento Administrativo | | |
| Jefe de Contabilidad | 1 | 975.000 |
| Auxiliar Contable | 2 | 1.014.000 |
| Jefe de Compras | 1 | 975.000 |
| Auxiliar de Compras | 1 | 507.000 |
| Jefe de Seguridad Industrial | 1 | 975.000 |

| Cargo | Personal | Salario Mensual (\$) |
|-----------------------|-----------|----------------------|
| Personal de Seguridad | 6 | 3.042.000 |
| Recepcionista | 1 | 468.000 |
| Mensajero | 1 | 468.000 |
| Personal de Aseo | 1 | 468.000 |
| TOTAL | 59 | 51.675.000 |

El costo anual de producción se determinó como se especificó anteriormente, en la tabla 36 se detallan los costos que constituyen este cargo.

Tabla 36. Costo anual de fabricación

| | Costo anual (\$) | % |
|--|-----------------------|-------------|
| Costos Directos | | |
| Materias primas | 32.984.400.960 | 58,2 |
| Insumos | 8.357.089.609 | 14,7 |
| Tratamiento de residuos | 61.465.761 | 0,1 |
| Servicios | 612.547.748 | 1,1 |
| Mano de obra operativa | 298.116.000 | 0,5 |
| Supervisión directa y personal de oficina | 254.514.000 | 0,4 |
| Mantenimiento y reparaciones | 461.569.599 | 0,8 |
| Suministros operativos | 69.235.440 | 0,1 |
| Cargos de laboratorio | 44.717.400 | 0,1 |
| Patentes y regalías | 1.699.984.653 | 3,0 |
| Subtotal costo directo de fabricación | 44.843.641.170 | 79,1 |
| Costos Fijos de fabricación | | |
| Depreciación | 769.282.665 | 1,4 |
| Seguros e impuestos | 246.170.453 | 0,4 |
| Gastos generales de planta | 488.007.888 | 0,9 |
| Subtotal costo directo de fabricación | 1.503.461.006 | 2,7 |
| Gastos Generales de fabricación | | |
| Costos de administración | 119.145.000 | 0,2 |
| Costos de distribución y ventas | 7.366.600.162 | 13,0 |
| Investigación y desarrollo | 2.833.307.755 | 5,0 |
| Subtotal costo directo de fabricación | 10.319.052.917 | 18,2 |
| COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN | 56.666.155.092 | 100 |

5. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se presentan el cálculo de los presupuestos de inversión, de producción. la determinación de los flujos de caja que tendría el proyecto para el montaje de una planta de producción de ésteres de metilo usando recursos propios o recurriendo a una fuente externa para su financiamiento; así mismo se toman como indicadores financieros el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) para determinar la viabilidad financiera del proyecto. Finalmente se presenta un análisis de sensibilidad para determinar la influencia del precio de la materia prima y del precio de venta del producto.

5.1 PARAMETROS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Para la determinación del flujo de caja se tuvieron en cuenta algunas consideraciones:

- ✚ La evaluación financiera está hecha en pesos colombianos a valor corriente considerando de esta manera los efectos inflacionarios, con una inflación constante del 6% anual de acuerdo con el comportamiento histórico de la última década, también se considera un incremento anual del 3% para el precio de compra de la estearina y 1% para el precio de venta de la mezcla de metil ésteres; la tasa representativa del mercado se tomó en 2550 U\$/\$.
- ✚ El horizonte del proyecto es de 15 años los cuales que se componen de 3 etapas, el año cero y uno es la etapa de ejecución y en estos periodos se realizan las erogaciones de dinero correspondientes a la inversión inicial y puesta en marcha, hasta el año 14 se considera la etapa de producción para finalmente en el año 15 liquidar el proyecto, recuperando parte de la inversión y el capital de trabajo.

- ✚ Para el inicio de la producción se determinó el punto de equilibrio como el porcentaje del ingreso por ventas totales que equipara los costos fijos y variables este porcentaje es del 16,94% de las ventas que se alcanza con una producción de 2.963 toneladas al año, adicionalmente se considera que de la capacidad instalada se aprovechara el 50% el primer año productivo y sucesivamente se aumentará un 5% hasta alcanzar un 80% de aprovechamiento.
- ✚ El precio de venta para los metilésteres se estimó en US\$700 ¹⁴, de acuerdo con reportes internacionales de precios, el precio de la glicerina se estimó en 1190 U\$/ton, y se consideró que el flujo de subproducto es el 18% de la producción de metil ésteres, se consideran ventas totales.
- ✚ Se consideraron gastos preoperativos como porcentajes de la inversión inicial así: montaje de la planta (20%), imprevistos (1%), gastos de organización, en que se incluyen los trámites legales (15%).
- ✚ A fin de comparar los resultados financieros del uso de capital propio o ajeno se realizó la evaluación para el caso de recurrir a recursos del sistema financiero, para conseguir la financiación del 70% del valor de la inversión inicial, para lo cual la tasa de interés del crédito es del DTF más 8 puntos (16%) y entre las condiciones debe garantizarse un año de gracia y la amortización se realiza en pagos iguales durante 5 años y los intereses del primer año se amortizan durante el mismo periodo a fin de disminuir la base gravable ¹⁸.
- ✚ Se considera que la tasa de oportunidad para este tipo de proyectos cuando se usa capital propio es del 25% como premio al riesgo pero cuando se usa capital ajeno esta corresponde al porcentaje del costo del capital, en este caso al 18,7%.
- ✚ El capital de trabajo definido en el numeral 4.1 se estimó de la siguiente manera: caja y bancos: 30 días del costo de producción, cuentas por cobrar: 30 días del costo de producción; inventario de materia prima: 10 días del costo de la materia prima; inventario de producto en proceso: 5 días del costo de producción; inventario de producto terminado: 7 días del costo directo de producción y cuentas por pagar: 1 mes

del costo de la materia prima e insumos, este dinero se recupera en la liquidación del proyecto por ser un capital cíclico.

- ✚ El presupuesto de inversiones considera dos desembolsos durante los dos primeros años, en el caso de usar recursos propios estos son del 50% cada uno, en el caso de usar recursos propios estos son del 30 y el 70% respectivamente.
- ✚ La depreciación de activos se realizó por el método de la línea recta para un periodo de 10 años, la amortización de activos diferidos se realizó por el mismo método por un periodo de 5 años, también se consideró un valor de salvamento de equipos del 10% de la inversión inicial
- ✚ El presupuesto de producción se calculó con base en la proyección del costo anual de producción y de los ingresos por ventas, se consideró que el impuesto de renta para este tipo de proyectos es del 35% y que la reserva legal es del 10%. En el Anexo J se puede apreciar las tablas de la evaluación financiera realizada.

5.2 RESULTADOS DE LA EVALUACION FINANCIERA

Con base en estas consideraciones se definió el flujo neto de caja que corresponde a la suma del presupuesto de inversión y del presupuesto de producción, y con base en sus resultados se calcularon los indicadores financieros.

El valor presente neto para el caso de usar recursos propios es de 6.524 millones de pesos con una tasa interna de retorno de 38,05%, en caso de recurrir a la financiación se obtiene que el valor presente neto es de 12.599 millones de pesos con una tasa interna de retorno de 54,16%, lo cual demuestra que el proyecto tiene una buena rentabilidad, ya que los valores presentes netos son positivos y la tasa interna de retorno es superior a 25% en el caso de usar recursos propios y mucho mayor que 18,7% usando apalancamiento financiero.

5.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Debido a la fluctuación constate del mercado se analizó el comportamiento de los indicadores financieros cuando el precio de la materia prima y el precio de venta del producto tienen una variación en un rango del 5% a la baja y 5% al alza. Cabe anotar que el costo de la materia prima es alrededor del 60% del costo total de producción.

En la figura 29 se observa el comportamiento de la tasa interna de retorno cuando varía el precio de compra de la materia prima, en tanto que en la figura 30 se presenta el comportamiento de este mismo indicador cuando la variación se realiza sobre el precio de venta de la mezcla de metil ésteres.

Figura 29. Variación de la tasa interna de retorno con el precio de la materia prima.

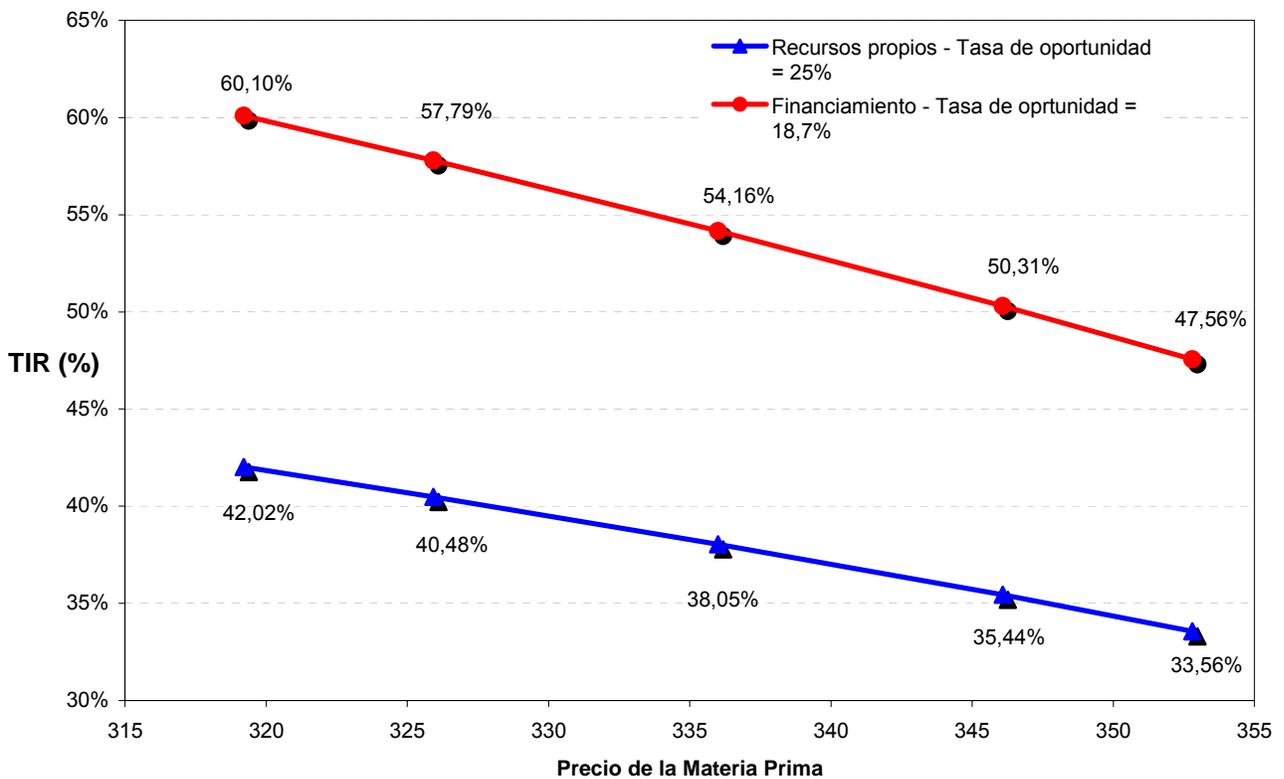
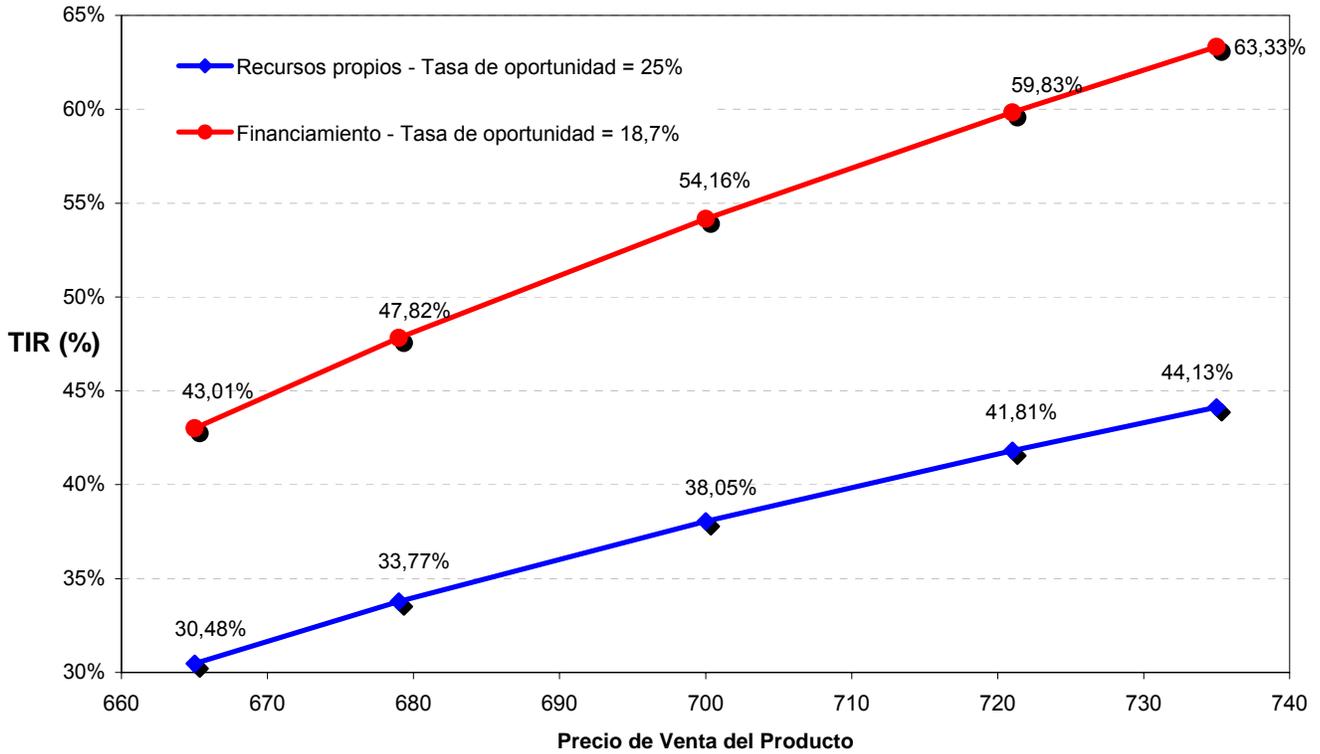


Figura 30. Variación de la tasa interna de retorno con el precio de venta del producto



De las figuras anteriores se puede concluir que una variación del 5% en los precios de materia prima y producto no afectan la rentabilidad del proyecto, dado que las tasa internas de retorno son superiores a las tasas de oportunidad para todos los casos, también se puede decir que en el caso de utilización de capital del sistema financiero es te es más sensible al cambio de estos factores comparado con el caso de utilización de recursos propios, así mismo, se puede afirmar que la variación en el precio de venta del producto tiene un influencia más sensible sobre la rentabilidad del proyecto que la variación del precio de la materia prima.

CONCLUSIONES

- ✚ La producción mundial de metil ésteres en el mundo ha mostrado un amplio crecimiento especialmente en el sureste asiático con un 41%, ya que estos compuestos han venido reemplazando los derivados petroquímicos especialmente en la industria de los productos cosméticos en la cual tienen una participación del 34%, y cuyo consumo se ha visto beneficiado por el cambio en las tendencias de consumo debido a factores como la globalización.
- ✚ La demanda directa de metil ésteres en la Comunidad Andina de Naciones se encuentra satisfecha por importaciones, en tanto que en el panorama Colombiano el bajo desarrollo de la industria oleoquímica ha hecho que la oferta de metil ésteres disminuya en contraste con el creciente aumento de la demanda a una rata del 24% anual, la cual también se satisface con importaciones provenientes de países como Estados Unidos.
- ✚ Se encontró que la producción y ventas de productos cosméticos de uso final presenta una tendencia bastante creciente en el mercado nacional especialmente en el sector de los desodorantes y el maquillaje compacto.
- ✚ El sector palmero colombiano se encuentra en expansión con un incremento anual del 7% en la producción, la cual se estima que cubra las necesidades del país y gran parte se destine a la exportación por ello para el montaje de una planta de metil ésteres no se tendría problemas en cuanto a disponibilidad de materia prima.
- ✚ El tamaño de la planta de metil ésteres se estimo en 100 toneladas diarias el cual cubre la demanda directa de estos productos en la Comunidad Andina y parte de la demanda en las formulaciones de productos de uso final.
- ✚ La ciudad más favorecida para el montaje de la planta de metil ésteres en Colombia es Barranquilla, ciudad que presentó mejores resultados al calificar

factores como disponibilidad de materia prima, vías de accesos, encadenamiento industrial, entre otros.

- ✚ Para la producción de metil ésteres se eligió el proceso de transesterificación a bajas presiones y temperaturas moderadas, con un proceso de purificación que no involucra lavados de los metil ésteres con agua.
- ✚ La estearina de palma refinada es la materia prima del proceso cuyo uso evita etapas preliminares de purificación, disminuye costos de inversión además de presentar disponibilidad en el mercado nacional a precios relativamente bajos.
- ✚ El capital de inversión para el montaje de la planta de metil ésteres en Colombia es de \$ 7.692.826.653 y el costo de producción anual es de \$ 56.666.155.092, para lo cual la planta debe empezar a producir el 17% de la capacidad aprovechada y así alcanzar el punto de equilibrio.
- ✚ La evaluación financiera del proyecto arroja resultados favorables para esta planta con valores de TIR cercanos al 38% en caso de usar recursos propios y del 54% usando apalancamiento financiero debido en parte a las bajas tasas de interés con que es posible obtener crédito.

RECOMENDACIONES

- Debido a las limitaciones de la información técnica que se encuentra disponible se recomienda que para mejorar la precisión de este estudio y llevarlo a un nivel de factibilidad se realicen investigaciones a nivel laboratorio y piloto a fin determinar condiciones de operación y detalles del proceso, que no son publicados o se encuentran protegidos por patentes.
- Se recomienda realizar un estudio de caracterización de la estearina de palma a fin de determinar la composición promedio de moléculas de triglicéridos que la integran, y así mejorar la precisión de los datos de simulación que pueden obtenerse con el software HYSYS Plant.
- En vista que en el proceso de producción de metil ésteres se utilizan metanol y metóxido de sodio se recomienda un estudio sobre el impacto ambiental de estos compuestos y su manejo debido a sus niveles de toxicidad y riesgo.
- Como no se conocen datos exactos del consumo de metil ésteres en Colombia se recomienda un estudio en el que se precise las necesidades de metil ésteres por sector industrial logrando así mejores proyecciones del mercado objetivo, ya que para este estudio se consideró la producción de mezcla de metil ésteres compuesta esencialmente por palmitato, oleato, linoleato y estearato de metilo.
- Se recomienda estudiar los efectos que una etapa posterior de hidrogenación, que convierta la mezcla de metil ésteres en metil ésteres saturados, tenga sobre la rentabilidad del proyecto y su influencia en el mercado como materia prima directa para la producción de metil ésteres sulfonados.

BIBLIOGRAFIA

1. BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. Tercera edición. Mc Graw-Hill.
2. BALLESTRA S.p.A. Ballestra technology for Biodiesel production. Estereco Umbertide. Italy
3. BERNARDINI, E y BAQUERO, J. Tecnología de Aceites y grasas. Editorial Mc Graw Hill. España. 1980.
4. BONNER, William A. y CASTRO, Albert J. Química orgánica básica. Editorial Allhambra S.A. España. 1968.
5. BUFORD D, Smith. Desing of equilibrium stage processes. Mc Graw Hill. American Status. 1963
6. CHEMICAL ENGINEERIN, Buyers' Guide 2004. September 2003. Pag 390
7. CITI, Centro de transferencia tecnológica industrial. Caracterización del sector productivo de la palma de aceite. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. 1999
8. ESPAÑA, Luisa. Estudio de prefactibilidad técnico-económico para el montaje de una planta de DMT, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. 1999.
- 9.
10. GONZALES H, Luis H. Principios sobre la formulación y evaluación de proyectos económicos. Tercera edición. 1996

11. INTERFASE, Grupo de Transferencia Tecnológica. Cadena productiva de la palma de aceite, zona central. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. Junio del 2002
12. HENGSTEBECK, R.J. Distillation, principles and desing procedures. Fourth edition. Reinhold book company. New York. 1968
13. HEREDIA SANCHEZ, Pablo Cesar. Producción de esteres surfactantes a partir de aceites de palma y palmiste. Fundación Universidad de América, Facultad de Ingeniería Química. 1998
14. LURGI LIFE SCIENCE ENGINEERING. Diesel fuel from renewable resourse. Germany.
15. McARTHUR, Brian W; BROOKS, Burt; SHEATS, Brad; FOSTER, Norman C. Meeting the challenge of methylester sulfonation. CHEMITHON Corporation. Pag. 20
16. McCABE, Warren L; SMITH, Julian C and HARRIOT, Meter. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, cuarta edición. Mc Graw Hill. España. 1994
17. MALAYSIAN OIL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Vol. 6, No 1. June 1997.
18. MARTINEZ NIÑO, Noelva y VILLAMIZAR, Gloria Isabel. Obtención de un agrodiesel a partir de metil esteres de estearina de palma y diesel. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga, 1995
19. MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos, Identificación, formulación y evaluación (financiera, económica, social, ambiental). Cuarta edición. MM editores. Bogota. 2001
20. MORETTI G, F and ADAM, I. Fatty Acid Methylesteres in the Detergent Industry. PORIM International Palm Oil Congress. 1999. Pag 216 – 225.

21. SAEKI, S and BAGALKOTE, B.B. Development and Application of New Functional Surfactants in: Fats, Oleochemicals and Surfactants. 1997. Page 207
22. SALMIAH, Ahmad, KANG YEW, Beng and MOHTAR, Yusof. Basic Oleochemical, Advances in oil palm research. Chapter 29. 1999.
23. SYLVAIN, Claude. Oléagineux Corps gras Lipides. Recurs comunicated by Henkel to Onidol. Vol 6, No 5. Onido. 1997.
24. TURTON, Richard; BAILIE, Richard C and WHITING, Wallace B. Analysis, synthesis and desing of chemical processes. Chapter 2 and 3. Pretice Hall PTR. New Jersey. 1998.
25. TIMMERHAUS, Klaus D and PETER, Max S. Platn desing and economics for chemical engineers. Fourth edition. Mc Graw Hill. New Cork. 1991

LINKS DE INTERNET

26. ANDI: Asociación nacional de industriales. Cámara de la industria de cosméticos y productos de Aseo. <http://www.andi.com.co/>
27. CENIPALMA: Centro de Investigación de palma de aceite. www.cenipalma.org
28. CAN: Comunidad Andina de Naciones. www.comunidadandina.org
29. FEDEPALMA: Federación nacional de palmicultores. www.fedepalma.org
30. INTELIGENCIA DE MERCADOS: Producción de aceite de palma. Agrocadenas. www.agrocadenas.gov.co

31. MPOB: Malasyan Oil Palm Industry 2002. www.MPOB.com
32. PORTAFOLIO: Diario de economía y negocios. www.portafolio.com.co
33. USPTO: Oficina de patentes de Estados Unidos de América. www.uspto.gov

ANEXOS

ANEXO A

MERCADO MUNDIAL DE MÉTIL ESTERES

Tabla A1. Principales productores de metil esteres en USA, Europa y Japón

| Productores | Localización | Capacidad de planta (000 MT/year) |
|---|------------------|--------------------------------------|
| ESTADOS UNIDOS | | |
| Procter & Gamble, P&G | Sacramento | 90 |
| Stefan | Millsdale | 20-25 |
| Henkel | Cincinnati | 40 |
| Witco | Memphis/Mapleton | 30-40 |
| OESTE EUROPEO | | |
| Henkel | W. Germany | 180 |
| Albrigh & Wilson (Henkel) | Inglaterra | 30 |
| Sidobre- Sinnova (Henkel) | France | 30 |
| JAPON | | |
| Kao Soap | | 15 |
| New Japan Chemical | | 15 |
| ESTE DE ASIA | | |
| Henkel Oleochemical Chemicals (Henkel/Lucky/NJC) | | 30 |
| FPG (P&G/Felda) | | 150 |
| Colgate-Palmolive (Colgate) | | 5 |
| Philipinas Kao (Kao) | | 54 |
| Prime Chem | | 30 |
| Lu Do & Lu Yu | | 30 |
| Chemphil (Albrigh & Wilson) | | 20 |

Fuente: Estudio del Mercado Internacional de la Industria Oleoquímica. Fedepalma

Tabla A2. Compañías Oleoquímicas de Malasia y sus productos

| Compañía | Productos |
|--------------------------------------|---|
| Fatty Chemicals | Alcoholes grasos, Métil Esteres, Glicerina, Etileno Bis-Esteramida (EBS), Jabón |
| Danisco Cultor | Esteres para cosméticos y comidas |
| Cognis Oleochemicals | Alcoholes grasos, Glicerina, Métil esterres, Ácidos grasos |
| Unichema Malaysia | Ácidos grasos, Glicerina, Jabones, Esteres para cosméticos |
| FPG Oleochemicals | Métil esterres y Alcoholes grasos |
| Natural Oleochemical, Dubois Natural | Ácidos grasos, Glicerina y esterres para cosméticos |

Fuente: Private communication, Malaysian Oleochemical Manufacturers' Group (MOMG)

Tabla A3. Capacidad de producción de Asia en 1994 (000 /toneladas)

| Oleoquímicos | Indonesia | Filipinas | Tailandia | Malasia [®] | Total |
|---------------------------|------------|------------|-----------|----------------------|-------------|
| Métil esterres | 0 | 54 | 0 | 175 | 229 |
| Glicerina | 40 | 24 | 1 | 115 | 180 |
| TOTAL Oleoquímicos | 326 | 225 | 13 | 1075 | 1639 |

Fuente: Malaysian Oil Science and Technology Vol. 6 No 1/June 1997[®] 1995 capacity

ANEXO B

MERCADO DE MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCCIÓN DE METIL ÉSTERES EN LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES

Tabla B1. Mercado de Ácido Palmítico, Sus sales y sus ésteres - NANDINA 29157010

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Bolivia | 0 | 5 | -5 |
| Ecuador | 0 | 354 | -354 |
| Perú | 11 | 187 | -176 |
| Venezuela | 0 | 175 | -175 |
| TOTAL | 11 | 721 | -710 |

Tabla B2. Mercado de Ésteres del ácido esteárico - NANDINA 29157029

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Bolivia | 0 | 134 | -134 |
| Ecuador | 0 | 597 | -597 |
| Perú | 156 | 336 | -180 |
| Venezuela | 14 | 2.315 | -2.301 |
| TOTAL | 170 | 6.630 | -6.460 |

Tabla B3. Mercado de Sales y ésteres del ácido oleico - NANDINA 29161520

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Bolivia | 0 | 0 | 0 |
| Ecuador | 0 | 0 | 0 |
| Perú | 0 | 6 | -6 |
| Venezuela | 14 | 258 | -244 |
| TOTAL | 14 | 264 | -250 |

**Tabla B4. Mercado de Ácidos linoleico o linolénico, sus sales y sus ésteres
NANDINA 29161590**

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Bolivia | 0 | 1 | -1 |
| Ecuador | 0 | 11 | -11 |
| Perú | 0 | 6 | -6 |
| Venezuela | 0 | 290 | -290 |
| TOTAL | 0 | 308 | -308 |

Fuente: Comunidad Andina. Periodo comprendido entre 1998 y 2002 para tablas (B1, B2, B3, B4)

**Tabla B5. Empresas Productoras de Sales y Esteres del ácido Oleico
(NANDINA 29161520)**

| Empresa | País |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Industrias Químicas Razzoli Ltda. | Cartagena - Colombia |
| Ácidos Grasos Industriales, C.A. | Tinaquillo (Cojedes) - Venezuela |
| Branger Industrias Químicas, S.A. | Caracas - Venezuela |
| Quideco C.A. | Maracay - Venezuela |

Fuente: Comunidad Andina de Naciones

**Tabla B6. Empresas Productoras de Esteres del ácido Esteárico
(NANDINA 29157029)**

| Empresa | País |
|---|----------------------------------|
| Agroquim S.A. | Medellín - Colombia |
| Carboquímica S.A. | Bogotá - Colombia |
| Detergentes S.A. | Bogotá - Colombia |
| Industrias Químicas Razzoli Ltda. | Cartagena - Colombia |
| Nopco Colombiana S.A. | Bello (Ant) - Colombia |
| Polyquímicos S.A. | Bogotá - Colombia |
| Producciones Químicas Ltda. | Bogotá - Colombia |
| Productos Químicos Especializados Ltda. | Cali - Colombia |
| Compañía Química S.A. | Callao - Perú |
| Industria Peruana de Metales y Derivados S.A. | Lima - Perú |
| Sulfatos y Derivados S.A. | Lima - Perú |
| Ácidos Grasos Industriales, C.A. | Tinaquillo (Cojedes) - Venezuela |
| Branger Industrias Químicas, C.A. | Caracas - Venezuela |
| Champion Químicas de Venezuela, C.A. | Maracaibo - Venezuela |
| Estearatos de Venezuela C.A. | Barcelona - Venezuela |
| Industrias Químicas Microcal C.A. | Caracas - Venezuela |
| Quideco C.A. | Maracay - Venezuela |
| Vencatalyst C.A. | Caracas - Venezuela |

Fuente: Comunidad Andina de Naciones

ANEXO C

PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS METIL ÉSTERES EN LAS PREPARACIONES COSMÉTICAS DE USO FINAL

Tabla C1. Formulaciones de productos finales que contiene Metil Ésteres

| Producto | Producto | Producto Oleoquímico | % |
|---|---|--|----|
| Las demás preparaciones de belleza, maquillaje y para el cuidado de la piel, incluidas las preparaciones antisolares y los bronceadores | Cremas bronceadoras y protectoras para piel 35235205 | Miristato de Isopropilo (Producto Oleoso) | 12 |
| | | Palmitato de Isopropilo (Aceite no graso) | 89 |
| | | Monoestearato de Glicerilo (Crema aceite-agua) | 16 |
| | Cremas tocador | Ácido Esteárico (Cremas de todo uso) | 20 |
| | | Estearato de Glicerilo (Tipo aceite-agua) | 15 |
| | | Glicerina (Sólidas aceite-agua) | 10 |
| Desodorantes corporales y antitranspirantes | Desodorante sólido de tocador 35281100 | Alcohol Estearílico (Barras antiperspirantes) | 24 |
| | | PPG-3-Miristil Eter (Barras desodorantes no alcohólicas) | 69 |
| | | Miristato de Isopropilo (Cremas antiperspirantes) | 32 |
| Preparaciones para afeitarse o para antes o después del afeitado | Jabón y crema de afeitarse 35235019 | Ácido Esteárico (Crema de afeitarse) | 36 |
| | | Monoestearato de Glicerilo (Crema no espumante, Cremas postafeitado) | 10 |
| | | Alcohol Cetílico (Espuma postafeitado) | 62 |
| Polvos para maquillaje incluidos los compactos | Productos sólidos para maquillaje 35235141 | Monoestearato de Glicerilo (rimel pastilla, polvos grasos) | 60 |
| | | Ácido Esteárico (Maquillaje en pastillas, en cremas) | 15 |

Fuente: Cosmetología de Harry, J.B. Wilkinson – R.J. Moore, Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid, 1990

Tabla C2. Formulación de otros oleoquímicos usados en productos de uso final

| Tipo de compuesto | Oleoquímico | Más importante uso cosmético |
|----------------------|------------------|--|
| Ácidos grasos | Ácido láurico | Emulsiones aceite/agua, jabones |
| | Ácido mirístico | Emulsiones aceite/agua, jabones |
| | Ácido palmítico | Como un éster (isopropil palmitato) en cosméticos para la piel |
| | Ácido esteárico | Jabones, cremas de afeitarse, cremas, emulsiones |
| | Ácido oleico | Jabones líquidos, emulsificantes, champús en aceite |
| | Ácido linoleico | Cosméticos para la piel |
| | Ácido linolénico | Cosméticos para la piel |
| Glicerina | Glicerina | Humectantes, emolientes, productos para el cuidado de la piel. |

Fuente: HAGEN, M. 2000. "Surfactants and cosmetics". In: "Proceedings Chemical – technical utilization of vegetable oils". CTVO NET. Bonn, Germany, 20-21 June, 2000. p. 81

ANEXO D

MERCADO DE PRODUCTOS FINALES QUE CONTIENEN METIL ÉSTERES EN LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES Y OTROS PAÍSES LATINOAMERICANOS

**Tabla D1. Mercado de preparaciones para afeitado o para antes o después del
afeitado – NANDINA 33071000**

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Bolivia | 5 | 1.590 | -1.585 |
| Ecuador | 0 | 595 | -595 |
| Perú | 113 | 1.179 | -1.066 |
| Venezuela | 29 | 1.493 | -1.464 |
| TOTAL | 147 | 4.857 | |

**Tabla D2. Mercado de las demás preparaciones de belleza, de maquillaje y del
cuidado de la piel, incluidas las preparaciones antisolares y bronceadoras,
(Excepto los medicamentos) - NANDINA 33049900**

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Bolivia | 7 | 8.677 | -8.670 |
| Ecuador | 43 | 7.850 | -7.807 |
| Perú | 2.796 | 6.621 | -3.825 |
| Venezuela | 1.109 | 19.160 | -18.051 |
| TOTAL | 3.955 | 42.308 | |

**Tabla D3. Mercado de desodorantes corporales y antitranspirantes
NANDINA 33072000**

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Bolivia | 1 | 6.126 | -6.125 |
| Ecuador | 56 | 4.411 | -4.355 |
| Perú | 533 | 4.092 | 3.559 |
| Venezuela | 380 | 8.360 | -7.980 |
| TOTAL | 970 | 22.989 | |

Tabla D4. Polvos incluidos los compactos - NANDINA 33049100

| País | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Balanza Comercial |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Bolivia | 0 | 2.912 | -2.912 |
| Ecuador | 6 | 1.253 | -1.247 |
| Perú | 285 | 1.247 | -962 |
| Venezuela | 544 | 2.237 | -1.693 |
| TOTAL | 835 | 7.649 | |

Fuente: Comunidad Andina. Periodo comprendido entre 1998 y 2002 para las anteriores tablas.

Tabla D5. Ventas de cosméticos y productos para el baño por sector en Brasil, 1996-2000 US\$ millones, psap actual

| SECTOR | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 1996-2000 ICAC |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|
| Cuidado bucal | 2336.9 | 2485.6 | 2530.7 | 2272.6 | 2324.7 | -0.1 |
| Cuidado de la piel | 2098.6 | 2219.6 | 2213.3 | 2090.3 | 2190.1 | 1.1 |
| Colores cosméticos | 1824.1 | 2000.6 | 2169.1 | 1943.5 | 2079.2 | 3.3 |
| Productos para baño/ducha | 1778.5 | 1831.0 | 1823.4 | 1542.2 | 1599.6 | -2.6 |
| Desodorantes | 1448.7 | 1504.1 | 1522.2 | 1382.5 | 1464.4 | 0.3 |
| Productos para el aseo para hombre | 976.5 | 986.4 | 996.8 | 1009.6 | 1094.7 | 2.9 |
| Cuidado del cuerpo | 361.5 | 389.1 | 380.8 | 330.5 | 341.3 | -1.4 |
| Cuidado solar | 209.5 | 224.9 | 228.6 | 203.2 | 212.7 | 0.4 |

Fuente: Euromonitor International. Clave: – Indica un crecimiento diminuto. ICAC: índice de crecimiento anual compuesto

Tabla D6. Pronóstico de ventas al público de Cosméticos y Productos para el baño en Argentina por Sector, 2000-2005 (US\$ millones)

| SECTOR | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Productos para baño & ducha | 221.6 | 225.9 | 230.8 | 236.0 | 241.5 | 247.4 |
| Desodorantes | 312.8 | 321.5 | 331.9 | 344.1 | 357.5 | 372.1 |
| Colores cosméticos | 293.8 | 309.2 | 330.1 | 355.2 | 386.0 | 423.1 |
| Productos de aseo masculino | 197.8 | 202.8 | 209.9 | 218.8 | 228.9 | 240.6 |
| Higiene bucal | 178.9 | 188.0 | 198.0 | 208.9 | 220.8 | 233.8 |
| Cuidado de la piel | 304.7 | 309.6 | 317.1 | 327.2 | 340.4 | 357.1 |
| Cuidado solar | 25.4 | 26.0 | 26.7 | 27.5 | 28.4 | 29.5 |

Fuente: Euromonitor International, Chicago, IL, USA

ANEXO E

MERCADO NACIONAL DE METIL ÉSTERS

Tabla E1. Consumo Aparente Nacional de Sales y Esteres (Toneladas)

| Año | Exportaciones (Toneladas) | Importaciones (Toneladas) | Producción (Toneladas) | Consumo Aparente |
|------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|
| 1998 | 129 | 1.236 | 747 | 1.854 |
| 1999 | 45 | 1.022 | 569 | 1.546 |
| 2000 | 72 | 1.248 | 563 | 1.739 |
| 2001 | 58 | 1.543 | 563 | 2.048 |
| 2002 | 53 | 825 | - | - |

Fuente: Comunidad Andina y Datos Interfase

Tabla E2. Proyección del Consumo Aparente Nacional de los Esteres de Metilo

| Año | Consumo Aparente |
|------|------------------|
| 2001 | 2.048 |
| 2002 | 1990,5 |
| 2003 | 2.068 |
| 2004 | 2145,5 |
| 2005 | 2.223 |
| 2006 | 2300,5 |
| 2007 | 2.378 |
| 2008 | 2455,5 |
| 2009 | 2.533 |
| 2010 | 2610,5 |
| 2011 | 2.688 |
| 2012 | 2765,5 |
| 2013 | 2.843 |
| 2014 | 2920,5 |

Tabla E3. Exportaciones de productos finales en Colombia

| Producto | Toneladas | | | Crecimiento | Miles de dólares | | | Crecimiento |
|--------------------------------|-----------|-------|-------|-------------|------------------|-------|-------|-------------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | Anual | 1997 | 1998 | 1999 | Anual |
| Demás preparaciones de belleza | 1.060 | 1.447 | 1.580 | 22% | 5.088 | 7.127 | 6.603 | 14% |
| Dentífricos | 544 | 603 | 877 | 27% | 2.336 | 2.245 | 2.403 | 1% |
| Desodorantes | 97 | 61 | 80 | -9% | 836 | 367 | 416 | -29% |
| Preparaciones de afeitar | 9 | 57 | 18 | 45% | 71 | 233 | 94 | 15% |
| Polvos maquillaje | 1.039 | 1.161 | 1.319 | 13% | 3.055 | 3.616 | 3.549 | 8% |

Tabla E4. Importaciones de productos finales en Colombia

| Producto | Toneladas | | | Crecimiento Anual | Miles de dólares | | | Crecimiento Anual |
|--------------------------------|-----------|-------|-------|-------------------|------------------|--------|-------|-------------------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | | 1997 | 1998 | 1999 | |
| Demás preparaciones de belleza | 1.051 | 1.648 | 1.097 | 2% | 9.820 | 13.204 | 9.177 | -3% |
| Dentífricos | 1.942 | 2.335 | 1.933 | 0% | 6.398 | 8.225 | 6.585 | 1% |
| Desodorantes | 1.367 | 1.590 | 1.915 | 18% | 10.723 | 9.901 | 9.944 | -4% |
| Preparaciones de afeitar | 378 | 400 | 356 | -3% | 1.583 | 2.124 | 1.253 | -11% |
| Polvos maquillaje | 27 | 45 | 36 | 15% | 555 | 568 | 395 | -16% |

Tabla E5. Precio de producción de los productos finales en Colombia^{1/}

| Producto | 1997 | 1998 | 1999 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| Demás preparaciones de belleza | 9,86 | 8,44 | 9,99 |
| Dentífricos | 7,39 | 6,63 | 7,12 |
| Desodorantes | 16,44 | 14,91 | 10,75 |
| Jabones y cremas de afeitar | 10,03 | 4,80 | 3,91 |
| Preparaciones para higiene bucal | 5,58 | 4,97 | 4,26 |
| Productos sólidos para maquillaje | 24,13 | 24,02 | 32,27 |

1/ Miles de dólares/tonelada

Tabla E6. Consumo aparente de productos finales en Colombia (toneladas)

| Producto | Consumo Aparente | | |
|-----------------------------------|------------------|--------|--------|
| | 1997 | 1998 | 1999 |
| Demás preparaciones de belleza | 6.741 | 8.892 | 7.467 |
| Dentífricos | 10.747 | 14.050 | 17.072 |
| Desodorantes | 3.620 | 3.699 | 4.474 |
| Jabones y cremas de afeitar | 1.113 | 2.090 | 617 |
| Productos sólidos para maquillaje | - | - | - |
| | 342 | 370 | 781 |

Tabla E7. Importaciones de productos oleoquímicos básicos. Colombia. 1997-2001

Valor FOB en dólares y Peso neto en Kilogramos

| PARTIDA ARANCELARIA | CODIGO CIU Rev. 2 | Descripción | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | |
|---------------------|-------------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | Valor Fob | Peso neto |
| GLICERINA | | | | | | | | | | | | |
| 1520000000 | | Glicerol en bruto; aguas y lejías glicerosas | 244.486 | 234.230 | 218.728 | 433.440 | 180.589 | 125.042 | 185.359 | 135.730 | 412.924 | 332.258 |
| 2905450000 | 03523101-3 | Glicerol | 140.593 | 98.538 | 2.611 | 258 | 290.186 | 212.243 | 919.609 | 653.371 | 682.012 | 599.427 |
| | | Subtotal glicerol | 385.079 | 332.768 | 221.339 | 433.698 | 470.775 | 337.285 | 1.104.968 | 789.101 | 1.094.936 | 931.685 |
| ACIDOS GRASOS | | | | | | | | | | | | |
| 2915701000 | | Acido palmítico, sus sales y sus ésteres | 351.582 | 173.535 | 358.016 | 170.880 | 239.933 | 100.851 | 439.964 | 167.654 | 439.701 | 190.159 |
| 2916159000 | | Ácidos linoléico o linolénico, sus sales y sus ésteres | 71.617 | 40.243 | 43.909 | 18.107 | 60.889 | 21.176 | 103.095 | 48.742 | 60.877 | 38.686 |
| 2915702900 | | Esteres de ácido esteárico | 557.642 | 334.599 | 526.611 | 308.419 | 221.300 | 113.008 | 367.411 | 158.641 | 407.962 | 166.711 |
| 2916152000 | | Sales y esterres de ácido oleico | 934.926 | 524.822 | 1.052.961 | 639.192 | 1.165.243 | 689.178 | 1.269.427 | 754.166 | 1.615.200 | 998.912 |
| | | Subtotal sales y esterres | 1.915.767 | 1.073.199 | 1.981.497 | 1.136.598 | 1.687.365 | 924.213 | 2.179.897 | 1.129.203 | 2.523.740 | 1.394.468 |
| | | TOTAL OLEOQUÍMICOS BASICOS | 7.377.120 | 6.707.000 | 6.689.027 | 6.350.262 | 7.149.922 | 6.943.978 | 7.335.086 | 6.345.693 | 7.245.617 | 5.979.598 |

Fuentes: Datos DIAN y ACOPLÁSTICOS. Cálculos: INTERFASE.

ANEXO F

DATOS DE MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE METIL ÉSTERES EN COLOMBIA

Tabla F1. Distribución de los cultivos del aceite de palma de acuerdo a las zonas (Hectáreas)

| Año | Área | Central | | Norte | | Occidental | | Oriental | | Totales | |
|-------|---------------|---------|-----------|--------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|
| | | ha | Part. (%) | Ha | Part. (%) | ha | Part. (%) | ha | Part. (%) | ha | Part. (%) |
| 1998 | Sembrada | 35.041 | 24,2 | 38.615 | 26,6 | 19.409 | 13,4 | 51.962 | 35,8 | 145.027 | 100 |
| | En producción | 27.751 | 22,5 | 32.349 | 26,3 | 15.825 | 12,9 | 47.205 | 38,3 | 123.130 | 100 |
| | En desarrollo | 7.290 | 33,3 | 6.266 | 28,6 | 3.583 | 16,4 | 4.757 | 21,7 | 21.897 | 100 |
| 1999 | Sembrada | 37.013 | 24,6 | 39.678 | 26,4 | 20.971 | 13,9 | 52.737 | 35,1 | 150.399 | 100 |
| | En producción | 28.872 | 22,5 | 34.343 | 26,7 | 16.310 | 12,7 | 48.898 | 38,1 | 128.423 | 100 |
| | En desarrollo | 8.141 | 37,0 | 5.335 | 24,3 | 4.660 | 21,2 | 3.839 | 17,5 | 21.976 | 100 |
| 2000 | Sembrada | 39.126 | 24,9 | 42.817 | 27,2 | 21.602 | 13,7 | 53.783 | 34,2 | 157.327 | 100 |
| | En producción | 30.498 | 22,6 | 35.700 | 26,5 | 18.249 | 13,5 | 50.325 | 37,3 | 134.772 | 100 |
| | En desarrollo | 8.628 | 38,3 | 7.117 | 31,6 | 3.353 | 14,9 | 3.458 | 15,3 | 22.555 | 100 |
| 2001 | Sembrada | 44.227 | 26,1 | 46.923 | 27,7 | 23.230 | 13,7 | 55.184 | 32,5 | 169.564 | 100 |
| | En producción | 32.172 | 23,2 | 37.117 | 26,8 | 18.381 | 13,3 | 50.787 | 36,7 | 138.457 | 100 |
| | En desarrollo | 12.055 | 38,8 | 9.806 | 31,5 | 4.849 | 15,6 | 4.397 | 14,1 | 31.107 | 100 |
| 2002e | Sembrada | 48.825 | 26,4 | 54.259 | 29,3 | 25.056 | 13,5 | 57.025 | 30,8 | 185.165 | 100 |
| | En producción | 33.698 | 23,2 | 38.878 | 26,8 | 19.253 | 13,3 | 53.197 | 36,7 | 145.027 | 100 |
| | En desarrollo | 15.127 | 37,7 | 15.381 | 38,3 | 5.803 | 14,5 | 3.828 | 9,5 | 40.138 | 100 |

Nota:

1/ La superficie sembrada en palma de aceite hace referencia al área neta, es decir, el espacio solamente ocupado por la palma de aceite y calculado con base en densidades de siembra reportadas por los productores. Según Censo Nacional (1997-1998), la relación entre área neta y área bruta arroja un resultado del 93,3%.

e: estimado

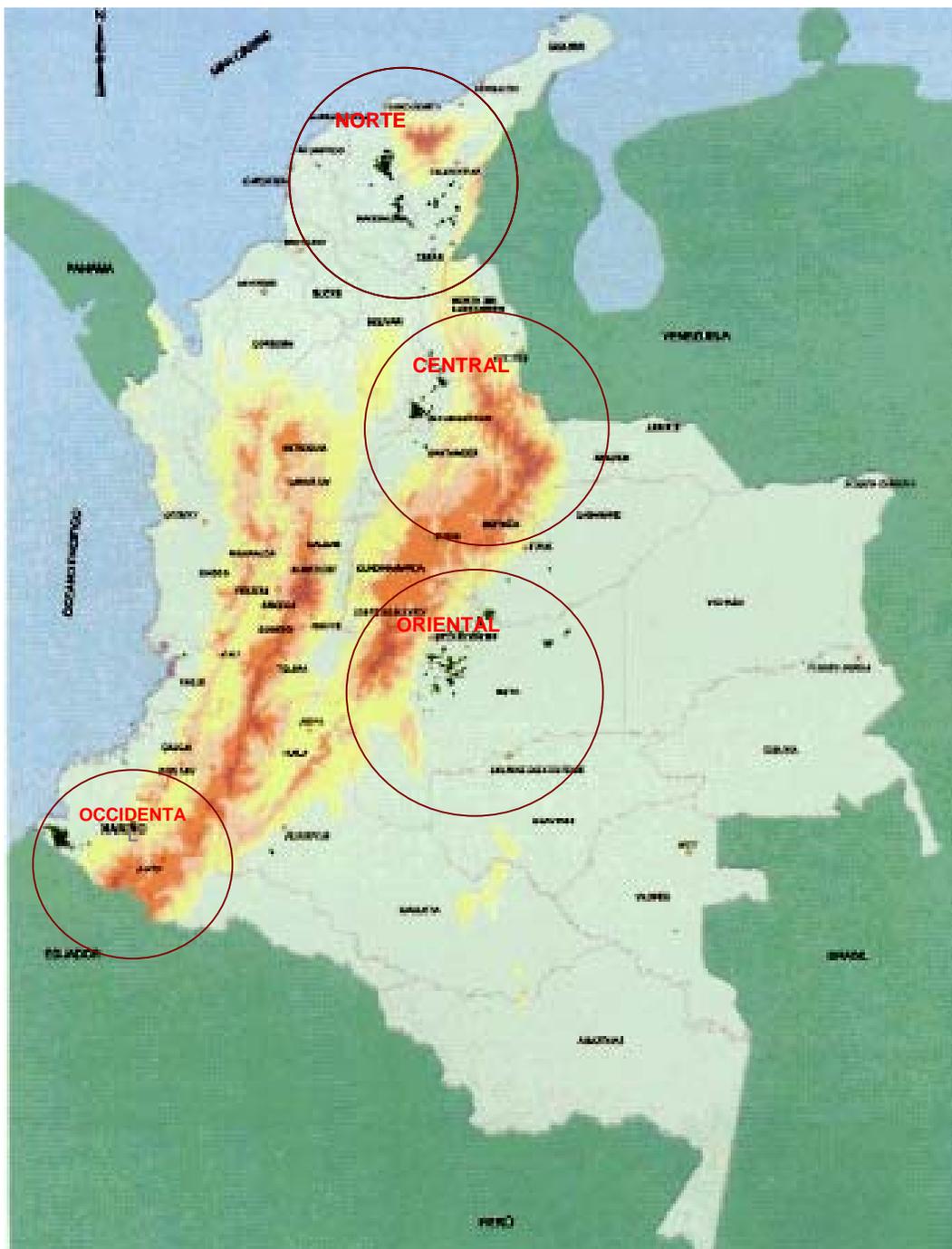
Fuente: Censo Nacional de Plantaciones y Plantas de Beneficio 1997-1998 y Encuestas con los Productores

Tabla F2. Plantas de beneficio de fruto de palma de aceite

| Departamento | Municipio | Nombre de la empresa o razón social | |
|-----------------------------|------------------------|---|--|
| Caquetá | Belén de los Andaquíes | Cecora Ltda. | |
| Casanare | Villanueva | Palmar del Oriente Ltda. | |
| | | Palmeras Santana Ltda. | |
| | | Palmas del Casanare | |
| Cesar | Agustín Codazzi | Oleoflores Ltda.* | |
| | Bosconia | Palmas Oleaginosas de Casacará Ltda. | |
| | El Copey | Palmas Oleaginosas del Ariguani Ltda. | |
| | Becerril | Palmeras de la Costa S.A. | |
| | San Alberto | Palmeras de Alamosa Ltda. | |
| | Aguachica | Industrial Agraria La Palma S.A. – Indupalma | |
| | San Martín | Agroince Ltda. y Cía S.C.A. | |
| Cundinamarca | Paratebueno | Palmas del Cesar S.A.* | |
| Magdalena | Aracataca | Promesa S.A. | |
| | Ciénaga | Extractora Tequendama Ltda.* | |
| | | Palmares y Ganadería Ltda. - Palmag* | |
| | | Extractora Bella Esperanza Ltda. | |
| | | Extractora Patuca Ltda. (1) | |
| El Retén | Gradesa S.A.* | | |
| Meta | Acacias | Palmas Oleaginosas del Magdalena - Padelma Ltda.* | |
| | | Aceites S.A. | |
| | | Agropecuaria La Loma Ltda. | |
| | | Oleaginosas Santana Ltda. | |
| | Barranca de Upía | Palmeras del Llano Ltda. | |
| | Cabuyaro | Palmeras la Margarita Díaz Martínez y Cía. | |
| | Cumaral | Guaicaramo S.A. | |
| | San Carlos de Guaroa | Puerto Gaitán | Palmallano S.A. |
| | | San Carlos de Guaroa | Hacienda la Cabaña S.A. |
| | | | Plantaciones Unipalma de los Llanos S.A. |
| | | | Sapuga S.A. |
| El Palmar del Llano Ltda. | | | |
| Inversiones del Darién S.A. | | | |
| San Martín | San Martín | Manuelita S.A. | |
| | | Oleaginosas San Marcos Ltda. | |
| | | Palmeros Colombianos S.A. | |
| Nariño | Tumaco | Palmeras el Morichal Ltda. | |
| Norte de Santander | El Zulia | Entrepalmas S.A. | |
| | | Araki S.A. | |
| | | Astorga S.A.* | |
| | | Palmas de Tumaco Ltda. | |
| | | Palmar Santa Elena Ltda. | |
| Santander | Puerto Wilches | Palmas Santa Fe Ltda. | |
| | | Palmeiras S.A.* | |
| | | Cooperativa Palmas Risaralda Ltda. - Copar | |
| | | Extractora Monterrey Proagro y Cía. S.C.A. | |
| Santander | Puerto Wilches | Oleaginosas Las Brisas S.A. | |
| | | Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. | |
| | | Palmeras de Puerto Wilches S.A | |

Fuente: Fedepalma

Figura F3. Cultivos de palma de Aceite en Colombia



Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma. 2002

ANEXO G

DATOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Tabla G1. Tarifas de fletes de transporte de carga por camión

| FLETES DE TRANSPORTE DE CARGA (\$/TONELADA) | | | | | | | | | | | |
|--|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|
| ORIGEN DESTINO | B/QUILLA | BOGOTA | B/MANGA | B/TURA | CALI | C/GENA | M/LLIN | PASTO | S.MARTA | V/CENCIO | TUMACO |
| B/QUILLA | | 91659 | 69637 | 100310 | 103494 | 28423 | 74870 | 111455 | 21318 | 102761 | 127377 |
| BOGOTA | 57320 | | 44056 | 50952 | 49272 | 57320 | 47432 | 81468 | 57320 | 32687 | 95533 |
| B/MANGA | 52543 | 59688 | | 80819 | 76337 | 58912 | 72479 | 104133 | 49735 | 73900 | 114639 |
| B/VENTURA | 103139 | 69637 | 84888 | | 31265 | 101544 | 63952 | 63952 | 103494 | 83848 | 79611 |
| CALI | 87572 | 58268 | 77826 | 31265 | | 87572 | 53832 | 48319 | 92348 | 72479 | 76985 |
| C/GENA | 24160 | 96200 | 74200 | 104700 | 100669 | | 75321 | 111455 | 28423 | 106826 | 127377 |
| MEDELLIN | 49360 | 48068 | 57446 | 47767 | 46176 | 50952 | | 74834 | 52543 | 63080 | 87572 |
| PASTO | 114639 | 80064 | 98717 | 58196 | 54004 | 114639 | 79174 | | 119416 | 90164 | 39792 |
| S.MARTA | 24160 | 88886 | 68215 | 98717 | 98717 | 28423 | 78498 | 111455 | | 100389 | 127377 |
| V/CENCIO | 73242 | 32687 | 51289 | 55728 | 57897 | 73242 | 59485 | 88591 | 73242 | | 111455 |

* Los valores aquí establecidos son válidos para carga masiva o general

Fuente: RESOLUCIÓN No. 002500 DEL 22 DE FEBRERO DE 2002. Ministerio de Transporte

Tabla G2. Distancia de las ciudades seleccionadas a los centros de producción

| ORIGEN DESTINO | Ciénaga | Pto. Wilches | S. Carlos Guaroa | Tumaco |
|-------------------|---------|--------------|------------------|--------|
| Barrancabermeja | 562 | 30 | 643 | 1411 |
| Barranquilla | 61 | 620 | 1184 | 1911 |
| Bogotá | 894 | 444 | 229 | 1208 |
| Bucaramanga | 501 | 139 | 622 | 1520 |
| Cali | 1275 | 742 | 740 | 697 |
| Cartagena | 176 | 735 | 1299 | 1796 |
| Medellín | 819 | 331 | 628 | 1153 |
| Villavicencio | 1026 | 576 | 97 | 1340 |

Fuente: Ministerio de transporte

Tabla G3. Distancia de las ciudades seleccionadas a los puertos principales

| ORIGEN | Barranquilla | Buenaventura | Cartagena | Santa Marta | Tumaco |
|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|--------------------|---------------|
| DESTINO | | | | | |
| Barrancabermeja | 590 | 854 | 705 | 595 | 1411 |
| Barranquilla | 0 | 1356 | 115 | 94 | 1911 |
| Bogotá | 955 | 653 | 1070 | 927 | 1208 |
| Bucaramanga | 562 | 1142 | 677 | 534 | 1520 |
| Cali | 1214 | 142 | 1099 | 1308 | 697 |
| Cartagena | 115 | 1241 | 0 | 209 | 1796 |
| Medellín | 758 | 598 | 643 | 852 | 1153 |
| Villavicencio | 1087 | 785 | 1202 | 1059 | 1340 |

Ministerio de Transporte

Tabla G4. Tarifas del Gas Natural en Colombia

| Tarifa Media de Gas (pesos/ m3) Grandes Consumidores -Año 2002 | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Mercado | Empresa | Tarifa |
| Cartagena | Surtidora de Gas del Caribe | 359.40 |
| Medellín | Empresas publicas de Medellín E.S.P. | 395.71 |
| Bogota -Cundinamarca | Gas Natural S.A E.S.P | 349.91 |
| Cali | Empresa de Gases de Occidente S.A. | 334.80 |
| Barranquilla | Gases del Caribe | 229.78 |
| Barrancabermeja | Gases de Barrancabermeja | 471.34 |
| Bucaramanga | Gas Natural del Oriente S.A E.S.P. | 250.00 |
| Villavicencio | Gases del Llano Llano Gas S.A | 208.00 |

Fuente: Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG. 2002

Tabla G5. Tarifas de agua en Colombia

| Servicio de Acueducto - Estructura Tarifaria 2002 | |
|--|---------------------------------|
| MERCADO | Consumo \$/m³ |
| Bogotá | 2082,97 |
| Meta | 1596,13 |
| Medellín | 1571,86 |
| Cartagena | 1346,65 |
| Cali | 1162,34 |
| Barranquilla | 1159,36 |
| Magdalena | 1110,00 |
| Pasto | 915,00 |
| Bucaramanga | 753,61 |
| Barrancabermeja | 426,00 |

Fuente: Comisión Reguladora de Agua (2002)

Tabla G6. Tarifas de energía eléctrica en Colombia

| Tarifa Media Energía Eléctrica Sector Industrial (\$/ Kwh) | | |
|--|--|--------|
| Mercado | Empresa | Tarifa |
| Atlántico | Central Hidroeléctrica de Urra S.A. | 102.11 |
| Bogota | Emgesa S.A. E.S.P. | 131.36 |
| Bogota | Empresa de Energía de Cundinamarca S.A. E.S.P | 137.07 |
| Bogota | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 154.15 |
| Bogota | Comercializadora Andina de Energía S.A. E.S.P | 159.12 |
| Bogota | Codensa S.A. E.S.P | 204.88 |
| Bolívar | Central Hidroeléctrica de Urra S.A. | 103.86 |
| Cali | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 129.42 |
| Cali | Termovalle S.C.A. E.S.P | 139.52 |
| Cali | Empresas Municipales de Cali Eice | 149.49 |
| Cali | Comercializadora Andina de Energía S.A. E.S.P. | 161.42 |
| Costa Atlántica | Electrificadota de la Costa Atlántica S.A. E.S.P | 125.88 |
| Costa Atlántica | Comercializar S.A. E.S.P | 136.2 |
| Costa Atlántica | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 158.61 |
| Costa Atlántica | Comercializadora Andina de Energía S.A. E.S.P | 161.47 |
| Costa caribe | Emgesa S.A. E.S.P | 125.39 |
| Costa caribe | Energía confiable S.A. E.S.P | 152.84 |
| Costa caribe | Electrificadora del caribe S.A. E.S.P | 168.34 |
| Magdalena | Central Hidroeléctrica de Urra S.A. | 101.33 |
| Medellín | Flores I.,I,I Ltda. S.C.A. E.S.P. | 116.82 |
| Medellín | Energen S.A. Empresa de Servicios Públicos | 139.24 |
| Medellín | Comercializadora Andina de Energía S.A. E.S.P | 148.84 |
| Medellín | Empresas Publicas de Medellín E.S.P. | 121.39 |
| Meta | Emgesa S.A. E.S.P | 110.66 |
| Meta | Comercializadora Andina de Energía S.A. E.S.P | 128.72 |
| Meta | Electrificadota del Meta S.A. E.S.P | 142.25 |
| Meta | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 143.5 |
| Nariño | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 146.19 |
| Nariño | Electrificadota del Huila S.A. E.S.P | 148.03 |
| Nariño | Emgesa S.A. E.S.P | 148.31 |
| Nariño | Comercializar S.A. E.S.P | 155.98 |
| Santander | Emgesa S.A. E.S.P | 129.32 |
| Santander | Electrificadota del Huila S.A. E.S.P | 144.84 |
| Santander | Distribuidora & Comercializadora de Energía Eléctrica S.A. E.S.P | 147.89 |
| Santander | Comercializadora andina de Energía S.A. E.S.P | 154.74 |
| Santander | Electrificadota de Santander S.A. | 214.9 |

Fuente: Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG. 2002.

Tabla G7. Costo de terrenos industriales

| Tabla 2- . Costo de Terrenos Industriales (\$/m ²) | | |
|--|--|----------------------------|
| CIUDAD | ZONA | VALOR (\$/m ²) |
| BARRANCABERMEJA | Sector nororiental, en inmediaciones de la planta de fertilizantes FERTICOL | 2600-10000 |
| | Sector Noroccidental, en inmediaciones de la refinería de ECOPETROL | 65000-110000 |
| | Sector Norte, Campo Galán, y está destinado a la construcción de nuevas industrias | 120000-130000 |
| BARRANQUILLA | Sector de Puerto Colombia | 120.000 |
| BOGOTA | La Valvanera | 120.000 |
| | Montevideo | 380.000 |
| BUCARAMANGA | Zona industrial | 80000-120000 |
| CALI | Perímetro Urbano | 120000-140000 |
| | La Dolores (Palmira) | 30000-40000 |
| | Juanchito (Candelaria) | 25000-35000 |
| | Arroyo hondo(Yumbo) | 40000-70000 |
| CARTAGENA | ECOPETROL, ÁLCALIS y CONASTIL | 130000-150000 |
| | Cartagena-Mamonal-Gambote | 90000-100000 |
| MEDELLIN | Itagui (Autopista Sur) | 300000-350000 |
| | Medellín (Autopista sur) | 350000 |
| | Rionegro (Autopista Medellín-Bogotá) | 18000-20000 |
| VILLAVICENCIO | Vía a Bogotá | 400000 |

Fuente: Lonjas a nivel nacional 2003.

Tabla G8. Factor regional para tasas retributivas

| CORPORACIONES AUTONOMAS | DEPARTAMENTO | FACTOR REGIONAL |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| CRA | Barranquilla | 1 |
| CARDIQUE | Bolívar | 1 |
| CORANTIOQUIA | Antioquia | 1 |
| CVC | Valle del cauca | 3 |
| CORPORINOQUIA | Villavicencio | 1 |
| CAR | Cundinamarca | 1 |
| CAS | Santander | 5 |
| CDMB | Bucaramanga | 5 |

Tabla G9. Matriz de Calificación para localización de la planta de producción de Metil Ésteres en Colombia por el método cualitativo por puntos

| Peso | Materia Prima | | Mercado Ind. | | Vías de Transp. | | Zona Ind. | | Ind. Complem. | |
|-----------------|---------------|-------|--------------|-------|-----------------|-------|-----------|-------|---------------|-------|
| | 20 | | 10 | | 15 | | 20 | | 10 | |
| | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. |
| Barrancabermeja | 4 | 80 | 2 | 20 | 8 | 120 | 7 | 140 | 3 | 30 |
| Barranquilla | 6 | 120 | 5 | 50 | 7 | 105 | 5 | 100 | 5 | 50 |
| Bogotá | 7 | 140 | 8 | 80 | 2 | 30 | 3 | 60 | 8 | 80 |
| Bucaramanga | 3 | 60 | 3 | 30 | 4 | 60 | 2 | 40 | 2 | 20 |
| Cali | 2 | 40 | 7 | 70 | 3 | 45 | 6 | 120 | 6 | 60 |
| Cartagena | 5 | 100 | 4 | 40 | 5 | 75 | 8 | 160 | 7 | 70 |
| Medellín | 1 | 20 | 6 | 60 | 6 | 90 | 4 | 80 | 4 | 40 |
| Villavicencio | 8 | 160 | 1 | 10 | 1 | 15 | 1 | 20 | 1 | 10 |

| Peso | IPC | | Mano de obra | | Servicios | | Terrenos | | Impacto Amb. | |
|-----------------|--------|-------|--------------|-------|-----------|-------|----------|-------|--------------|-------|
| | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | | 5 | |
| | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. |
| Barrancabermeja | 4 | 20 | 3 | 15 | 2 | 10 | 6 | 30 | 1 | 5 |
| Barranquilla | 6 | 30 | 1 | 5 | 8 | 40 | 4 | 20 | 6 | 30 |
| Bogotá | 8 | 40 | 7 | 35 | 1 | 5 | 2 | 10 | 5 | 25 |
| Bucaramanga | 7 | 35 | 8 | 40 | 5 | 25 | 5 | 25 | 2 | 10 |
| Cali | 3 | 15 | 5 | 25 | 6 | 30 | 8 | 40 | 3 | 15 |
| Cartagena | 2 | 10 | 2 | 10 | 3 | 15 | 7 | 35 | 4 | 20 |
| Medellín | 1 | 5 | 6 | 30 | 4 | 20 | 3 | 15 | 7 | 35 |
| Villavicencio | 5 | 25 | 4 | 20 | 7 | 35 | 1 | 5 | 8 | 40 |

| CIUDAD | TOTALES |
|-----------------|---------|
| Barrancabermeja | 470 |
| Barranquilla | 550 |
| Bogotá | 505 |
| Bucaramanga | 345 |
| Cali | 460 |
| Cartagena | 535 |
| Medellín | 395 |
| Villavicencio | 340 |

ANEXO H

DATOS DEL ESTUDIO TÉCNICO

| | | | | | | |
|---|--|---|--------------|----------------|-----------------|-----|
|  | Centro de Transferencia Tecnológica Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Química Oficina 201 | Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es | | | | |
| | | Unit Set: SI | | | | |
| | | Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004 | | | | |
| Workbook: Case (Main) | | | | | | |
| Material Streams | | | | | | |
| | | | | | Fluid Pkg: | All |
| Name | Stearine Palm | Methanol - Cat. | Mixed | To Reactor | LPV1 | |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5858 | 1.0000 | |
| Temperature (C) | 55.00 | 43.94 | 51.00 | 75.00 | 160.0 | |
| Pressure (kPa) | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 110.0 | 601.3 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 16.38 | 43.02 | 59.40 | 59.40 | 40.74 | |
| Mass Flow (kg/h) | 4583 | 1381 | 5965 | 5965 | 734.0 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 5.224 | 1.746 | 6.970 | 6.970 | 0.7355 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.224e+007 | -1.027e+007 | -2.251e+007 | -2.097e+007 | -9.664e+006 | |
| Name | COND1 | Mixed HP | 1 | 3 | Glycerol+MEOH | |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | |
| Temperature (C) | 155.6 | 51.04 | 75.00 | 67.97 | 67.97 | |
| Pressure (kPa) | 551.3 | 170.0 | 110.0 | 101.3 | 101.3 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 40.74 | 59.40 | 0.0000 | 1.791 | 23.13 | |
| Mass Flow (kg/h) | 734.0 | 5965 | 0.0000 | 55.81 | 1221 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.7355 | 6.970 | 0.0000 | 6.993e-002 | 1.272 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.121e+007 | -2.251e+007 | 0.0000 | -2.871e+005 | -8.235e+006 | |
| Name | F. Acids | 2 | 6 | 7 | 8 | |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 0.7917 | 0.0000 | 0.0000 | |
| Temperature (C) | 67.97 | 75.00 | 71.51 | 71.51 | 71.51 | |
| Pressure (kPa) | 101.3 | 110.0 | 110.0 | 110.0 | 101.3 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 26.53 | 52.94 | 1.852 | 51.09 | 51.09 | |
| Mass Flow (kg/h) | 4630 | 5965 | 67.82 | 5897 | 5897 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 5.251 | 6.678 | 9.686e-002 | 6.581 | 6.581 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.525e+007 | -2.420e+007 | -4.328e+005 | -2.377e+007 | -2.377e+007 | |
| Name | MeNa95 | 5 | 4 | 9 | 10 | |
| Vapour Fraction | 0.7917 | 0.7917 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| Temperature (C) | 71.51 | 71.51 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | |
| Pressure (kPa) | 110.0 | 110.0 | 101.3 | 101.3 | 101.3 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 1.759 | 9.259e-002 | 0.0000 | 26.73 | 0.3664 | |
| Mass Flow (kg/h) | 64.42 | 3.391 | 0.0000 | 4694 | 19.79 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 9.201e-002 | 4.843e-003 | 0.0000 | 5.272 | 3.593e-002 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.111e+005 | -2.164e+004 | 0.0000 | -1.612e+007 | -1.333e+005 | |
| Name | 11 | 12 | F. Acids 2 | Glycerol+MEOH2 | Glycer To Ref | |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0379 | |
| Temperature (C) | 75.00 | 72.78 | 72.78 | 72.78 | 91.50 | |
| Pressure (kPa) | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 30.00 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 26.36 | 1.024 | 22.09 | 3.612 | 9.524 | |
| Mass Flow (kg/h) | 4674 | 31.34 | 4424 | 229.4 | 888.1 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 5.237 | 3.920e-002 | 4.995 | 0.2148 | 0.7817 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.599e+007 | -1.338e+005 | -1.425e+007 | -1.602e+006 | -5.709e+006 | |
| Name | MEOH Rec FA | MEOH Rec FA2 | Methanol Rec | MEOH Glycer | Glicerina cruda | |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | |
| Temperature (C) | 60.15 | 26.38 | 59.08 | 79.39 | 72.22 | |
| Pressure (kPa) | 20.00 | 16.00 | 5.000 | 5.000 | 105.0 | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 3.432 | 2.237 | 23.95 | 1.165 | 7.619 | |
| Mass Flow (kg/h) | 109.8 | 71.67 | 765.7 | 36.44 | 755.6 | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.1379 | 9.007e-002 | 0.9617 | 4.540e-002 | 0.6272 | |
| Heat Flow (kJ/h) | -6.834e+005 | -4.502e+005 | -4.790e+006 | -2.352e+005 | -5.119e+006 | |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es

Unit Set: S

Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Material Streams (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | ME Finales | 13 | 14 | NaOH @Catal | Methanol 97%W @Ca |
|---------------------------|-------------------|---------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Vapour Fraction | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 25.00 | 25.00 |
| Pressure (kPa) | 110.0 | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 101.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 16.12 | 0.3570 | 0.3570 | 0.3857 | 39.73 |
| Mass Flow (kg/h) | 4166 | 10.00 | 10.00 | 15.43 | 1244 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 4.677 | 1.240e-002 | 1.240e-002 | 8.656e-003 | 1.554 |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.270e+007 | 520.8 | 520.8 | -6.452e+004 | -9.731e+006 |
| Name | Methanol 100%W @C | 2 @Catal | 1 @Catal | Methanol - Cat. @Cata | Methanol Rec @Catal |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| Temperature (C) | 25.33 | 25.33 | 43.94 | 43.94 | 59.08 |
| Pressure (kPa) | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 5.000 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 42.63 | 2.098 | 0.0000 | 43.02 | 23.95 |
| Mass Flow (kg/h) | 1366 | 37.80 | 0.0000 | 1381 | 765.7 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 1.717 | 3.787e-002 | 0.0000 | 1.746 | 0.9617 |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.035e+007 | -5.991e+005 | 0.0000 | -1.041e+007 | -4.790e+006 |
| Name | 3 @Catal | Wat In @Catal | Wat Out @Catal | 6 @Catal | Purg @Catal |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 344.7 | 30.00 | 40.00 | 67.64 | 67.64 |
| Pressure (kPa) | 143.3 | 400.0 | 360.0 | 103.3 | 103.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 23.95 | 1725 | 1725 | 23.95 | 4.790 |
| Mass Flow (kg/h) | 765.7 | 3.108e+004 | 3.108e+004 | 765.7 | 153.1 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.9617 | 31.14 | 31.14 | 0.9617 | 0.1923 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.398e+006 | -4.910e+008 | -4.897e+008 | -5.696e+006 | -1.139e+006 |
| Name | 5 @Catal | 7 @Catal | 4 @Catal | 8 @Catal | 9 @Catal |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 67.64 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Pressure (kPa) | 103.3 | 101.3 | 101.3 | 101.3 | 101.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 19.16 | 19.16 | 14.16 | 5.000 | 19.16 |
| Mass Flow (kg/h) | 612.5 | 612.5 | 452.7 | 159.8 | 612.5 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.7693 | 0.7693 | 0.5686 | 0.2007 | 0.7693 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.557e+006 | -4.656e+006 | -3.441e+006 | -1.215e+006 | -4.656e+006 |
| Name | 10 @Catal | 11 @Catal | Glycerol+MEOH @TPI | Glycerol+MEOH2 @TPI | 1 @TPL1 |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 5.000 | 15.00 | 67.97 | 72.78 | 68.70 |
| Pressure (kPa) | 500.0 | 450.0 | 101.3 | 101.3 | 101.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 131.1 | 131.1 | 23.08 | 3.611 | 26.69 |
| Mass Flow (kg/h) | 2362 | 2362 | 1208 | 229.3 | 1437 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 2.367 | 2.367 | 1.257 | 0.2147 | 1.471 |
| Heat Flow (kJ/h) | -3.757e+007 | -3.747e+007 | -8.197e+006 | -1.602e+006 | -9.799e+006 |
| Name | 3 @TPL1 | MEOH R1 @TPL1 | 5 @TPL1 | 6 @TPL1 | LPV2 @TPL1 |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.4413 | 1.0000 |
| Temperature (C) | 68.70 | 65.35 | 65.35 | 90.00 | 160.0 |
| Pressure (kPa) | 101.3 | 30.00 | 30.00 | 101.3 | 601.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 26.69 | 14.27 | 12.42 | 26.69 | 12.99 |
| Mass Flow (kg/h) | 1437 | 456.4 | 980.7 | 1437 | 234.0 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 1.471 | 0.5732 | 0.8980 | 1.471 | 0.2344 |
| Heat Flow (kJ/h) | -9.799e+006 | -2.849e+006 | -6.462e+006 | -9.311e+006 | -3.081e+006 |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es
 Unit Set: SI
 Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Material Streams (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | CLP2 @TPL1 | MEOH TOTAL @TPL1 | 2 @TPL1 | 4 @TPL1 | MEOH Gly @TPL1 |
|---------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Vapour Fraction | 0.0000 | 1.0000 | 0.5347 | 0.0234 | 1.0000 |
| Temperature (C) | 158.9 | 58.86 | 65.35 | 91.50 | 36.50 |
| Pressure (kPa) | 601.3 | 5.000 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 12.99 | 23.99 | 26.69 | 9.752 | 2.665 |
| Mass Flow (kg/h) | 234.0 | 766.5 | 1437 | 895.4 | 85.32 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.2344 | 0.9625 | 1.471 | 0.7908 | 0.1072 |
| Heat Flow (kJ/h) | -3.569e+006 | -4.799e+006 | -9.311e+006 | -5.766e+006 | -5.354e+005 |
| Name | 7 @TPL1 | Glycer To Ref @TPL1 | MEOH Rec FA @TPL1 | MEOH Rec FA2 @TPL1 | 8 @TPL1 |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9030 |
| Temperature (C) | 91.50 | 91.50 | 60.15 | 26.38 | 59.08 |
| Pressure (kPa) | 30.00 | 30.00 | 20.00 | 16.00 | 5.000 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 0.2281 | 9.524 | 3.420 | 2.237 | 3.409e-002 |
| Mass Flow (kg/h) | 7.253 | 888.1 | 109.5 | 71.67 | 0.8379 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 9.090e-003 | 0.7817 | 0.1375 | 9.007e-002 | 8.164e-004 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.543e+004 | -5.721e+006 | -6.834e+005 | -4.501e+005 | -9224 |
| Name | Methanol Rec @TPL1 | MEOH Glycer @TPL1 | 5 @COL1 | 4 @COL1 | 7 @COL1 |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| Temperature (C) | 59.08 | 79.39 | 65.35 | 91.50 | 36.50 |
| Pressure (kPa) | 5.000 | 5.000 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 23.95 | 1.165 | 12.42 | 9.752 | 2.665 |
| Mass Flow (kg/h) | 765.7 | 36.44 | 980.7 | 895.4 | 85.32 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.9617 | 4.540e-002 | 0.8980 | 0.7908 | 0.1072 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.790e+006 | -2.352e+005 | -6.462e+006 | -5.774e+006 | -5.354e+005 |
| Name | 1 @COL1 | 2 @COL1 | 3 @COL1 | 6 @COL1 | F. Acids 2 @TPL2 |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 59.32 | 59.32 | 36.50 | 91.50 | 72.78 |
| Pressure (kPa) | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 101.3 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 5.330 | 14.61 | 2.665 | 4.855 | 22.09 |
| Mass Flow (kg/h) | 170.5 | 1050 | 85.17 | 154.5 | 4424 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.2141 | 0.9844 | 0.1070 | 0.1936 | 4.995 |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.066e+006 | -6.999e+006 | -6.352e+005 | -9.672e+005 | -1.425e+007 |
| Name | 1 @TPL2 | MEOH Rec FA @TPL2 | F. Acids 3 @TPL2 | 2 @TPL2 | F. Acids IV @TPL2 |
| Vapour Fraction | 0.1554 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0065 | 0.0215 |
| Temperature (C) | 60.15 | 60.15 | 60.15 | 58.59 | 58.59 |
| Pressure (kPa) | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 16.00 | 16.00 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 22.09 | 3.432 | 18.65 | 0.2940 | 18.36 |
| Mass Flow (kg/h) | 4424 | 109.8 | 4314 | 76.26 | 4238 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 4.995 | 0.1379 | 4.857 | 8.963e-002 | 4.767 |
| Heat Flow (kJ/h) | -1.425e+007 | -6.834e+005 | -1.357e+007 | -2.170e+005 | -1.335e+007 |
| Name | MEOH Rec FA2 @TPL1 | ME Puros @TPL2 | 3 @TPL2 | ME Finales @TPL2 | 5 @TPL2 |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 26.38 | 205.2 | 205.3 | 75.00 | 30.00 |
| Pressure (kPa) | 16.00 | 16.00 | 160.0 | 110.0 | 500.0 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 2.237 | 16.12 | 16.12 | 16.12 | 1710 |
| Mass Flow (kg/h) | 71.67 | 4166 | 4166 | 4166 | 3.081e+004 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 9.007e-002 | 4.677 | 4.677 | 4.677 | 30.87 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.502e+005 | -1.141e+007 | -1.141e+007 | -1.270e+007 | -4.867e+008 |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es
 Unit Set: SI
 Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Material Streams (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | 6 @TPL2 | F. Acids IV @COL2 | 1 @COL2 | 2 @COL2 | 4 @COL2 |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0215 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| Temperature (C) | 40.00 | 58.59 | 166.1 | 166.1 | 205.2 |
| Pressure (kPa) | 450.0 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 1710 | 18.36 | 112.8 | 104.1 | 87.93 |
| Mass Flow (kg/h) | 3.081e+004 | 4238 | 5187 | 1.314e+004 | 8971 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 30.87 | 4.767 | 5.969 | 12.32 | 7.641 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.854e+008 | -1.335e+007 | -2.749e+007 | -6.823e+007 | -4.912e+007 |
| Name | 33 @COL2 | 5 @COL2 | 66 @COL2 | Glycer To Ref @TPL3 | 1 @TPL3 |
| Vapour Fraction | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0379 | 0.0000 |
| Temperature (C) | 26.38 | 26.38 | 205.2 | 91.50 | 91.48 |
| Pressure (kPa) | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 30.00 | 30.00 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 2.237 | 110.5 | 16.12 | 9.524 | 3.211e-002 |
| Mass Flow (kg/h) | 71.67 | 5116 | 4166 | 888.1 | 8.439 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 9.007e-002 | 5.879 | 4.677 | 0.7817 | 9.540e-003 |
| Heat Flow (kJ/h) | -4.502e+005 | -3.320e+007 | -1.141e+007 | -5.709e+006 | -2.548e+004 |
| Name | Glyc+Wat @TPL3 | MEOH Glycer @TPL3 | 4 @TPL3 | 2 @TPL3 | 3 @TPL3 |
| Vapour Fraction | 0.0381 | 1.0000 | 0.0000 | 0.1228 | 0.5797 |
| Temperature (C) | 91.48 | 79.39 | 79.39 | 79.39 | 72.18 |
| Pressure (kPa) | 30.00 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| Molar Flow (kgmole/h) | 9.492 | 1.165 | 8.327 | 9.492 | 0.7080 |
| Mass Flow (kg/h) | 879.7 | 36.44 | 843.3 | 879.7 | 87.71 |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.7721 | 4.540e-002 | 0.7267 | 0.7721 | 9.953e-002 |
| Heat Flow (kJ/h) | -5.683e+006 | -2.352e+005 | -5.448e+006 | -5.683e+006 | -3.285e+005 |
| Name | Glicerina cruda @TPL3 | 5 @TPL3 | | | |
| Vapour Fraction | 0.0000 | 0.0000 | | | |
| Temperature (C) | 72.22 | 72.18 | | | |
| Pressure (kPa) | 105.0 | 5.000 | | | |
| Molar Flow (kgmole/h) | 7.619 | 7.619 | | | |
| Mass Flow (kg/h) | 755.6 | 755.6 | | | |
| Liquid Volume Flow (m3/h) | 0.6272 | 0.6272 | | | |
| Heat Flow (kJ/h) | -5.119e+006 | -5.119e+006 | | | |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es

Unit Set: SI

Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Compositions

Fluid Pkg: All

| Name | Stearine Palm | Methanol - Cat. | Mixed | To Reactor | LPV1 |
|------------------------------------|---------------|-----------------|--------|------------|---------------|
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0026 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0007 | *** |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0115 | 0.0000 | 0.0032 | 0.0032 | *** |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.6227 | 0.0000 | 0.1717 | 0.1717 | *** |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.2576 | 0.0000 | 0.0710 | 0.0710 | *** |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0532 | 0.0000 | 0.0147 | 0.0147 | *** |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0525 | 0.0000 | 0.0145 | 0.0145 | *** |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.0000 | 0.9821 | 0.7112 | 0.7112 | *** |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0000 | 0.0090 | 0.0065 | 0.0065 | 1.0000 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.0000 | 0.0090 | 0.0065 | 0.0065 | *** |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | *** |
| Name | COND1 | Mixed HP | 1 | 3 | Glycerol+MEOH |
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | *** | 0.0007 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | *** | 0.0032 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | *** | 0.1717 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0016 |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | *** | 0.0710 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | *** | 0.0147 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | *** | 0.0145 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |
| Comp Mole Frac (Methanol) | *** | 0.7112 | 0.9925 | 0.7975 | 0.7151 |
| Comp Mole Frac (H2O) | 1.0000 | 0.0065 | 0.0075 | 0.0062 | 0.0138 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | *** | 0.0065 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0191 |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0011 |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0042 |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0008 |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2437 |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | *** | 0.0000 | 0.0000 | 0.1962 | 0.0000 |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metal Es
 Unit Set: SI
 Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Compositions (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | F. Acids | 2 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0016 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0008 |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0070 | 0.0036 | 0.0000 | 0.0037 | 0.0037 |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.0755 | 0.0385 | 0.0000 | 0.0399 | 0.0399 |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.0316 | 0.0159 | 0.0000 | 0.0165 | 0.0165 |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0065 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0034 | 0.0034 |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0064 | 0.0032 | 0.0000 | 0.0034 | 0.0034 |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.3728 | 0.5539 | 0.7917 | 0.5452 | 0.5452 |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0021 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0075 | 0.0075 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.0000 | 0.0073 | 0.2083 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.2910 | 0.1542 | 0.0000 | 0.1597 | 0.1597 |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0250 | 0.0130 | 0.0000 | 0.0135 | 0.0135 |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.1236 | 0.0638 | 0.0000 | 0.0661 | 0.0661 |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0256 | 0.0132 | 0.0000 | 0.0136 | 0.0136 |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0312 | 0.1221 | 0.0000 | 0.1265 | 0.1265 |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Name | MeNa95 | 5 | 4 | 9 | 10 |
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0016 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0069 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0015 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.7917 | 0.7917 | 0.8184 | 0.3053 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0020 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.2083 | 0.2083 | 0.0000 | 0.0137 | 1.0000 |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3623 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0310 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1534 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0318 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0894 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0000 | 0.0000 | 0.1763 | 0.0002 | 0.0000 |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es
 Unit Set: SI
 Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Compositions (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | 11 | 12 | F. Acids 2 | Glycerol+MEOH2 | Glycer To Ref |
|------------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0016 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0070 | 0.0000 | 0.0084 | 0.0001 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.0015 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.0006 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.3096 | 0.6535 | 0.2557 | 0.5106 | 0.1362 |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0021 | 0.0039 | 0.0006 | 0.0104 | 0.0294 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.3673 | 0.0000 | 0.4365 | 0.0119 | 0.0509 |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0314 | 0.0000 | 0.0374 | 0.0006 | 0.0030 |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.1555 | 0.0000 | 0.1851 | 0.0032 | 0.0114 |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0322 | 0.0000 | 0.0384 | 0.0007 | 0.0021 |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0907 | 0.0000 | 0.0326 | 0.4624 | 0.7670 |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0002 | 0.3425 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 |
| Name | MEOH Rec FA | MEOH Rec FA2 | Methanol Rec | MEOH Glycer | Glicerina cruda |
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.9939 | 1.0000 | 0.9947 | 0.9362 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0026 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0626 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | *** | *** |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0302 |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0021 |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0074 |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0015 |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.9587 |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0034 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |



Centro de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es

Unit Set: SI

Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Compositions (continued)

Fluid Pkg: All

| Name | ME Finales | 13 | 14 | | |
|------------------------------------|------------|--------|--------|--|--|
| Comp Mole Frac (M-Arachidate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (M-Myristate) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (M-Palmitate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (M-Oleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (M-Linoleate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (M-Stearate*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (Methanol) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (H2O) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (Sodium Methoxide*) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (NaOH) | *** | *** | *** | | |
| Comp Mole Frac (1C16oicAcid) | 0.5979 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (StearicAcid) | 0.0512 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (OleicAcid) | 0.2536 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (LinoleicAcid) | 0.0525 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (Glycerol) | 0.0447 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (AceticAcid) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | |
| Comp Mole Frac (Nitrogen) | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 | | |

Energy Streams

Fluid Pkg: All

| Name | Q-100 | Q-101 | Q-102 | | |
|------------------|-------|-------------|-------------|--|--|
| Heat Flow (kJ/h) | 641.8 | -3.233e+006 | -4.663e+005 | | |

Unit Ops

| Operation Name | Operation Type | Feeds | Products | Ignored | Calc. Level |
|------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------|---------|-------------|
| Sodium Methoxide | Standard Sub-Flowsheet | Methanol Rec | Methanol - Cat. | No | 2500 |
| Glycerol Sep | Standard Sub-Flowsheet | Glycerol+MEOH | Glycer To Ref | No | 2500 |
| | | Glycerol+MEOH2 | Methanol Rec | | |
| | | MEOH Rec FA | | | |
| | | MEOH Rec FA2 | | | |
| METHYL REC MEOH | Standard Sub-Flowsheet | F. Acids 2 | MEOH Rec FA | No | 2500 |
| | | | MEOH Rec FA2 | | |
| GLYCERINE REF | Standard Sub-Flowsheet | Glycer To Ref | MEOH Glycer | No | 2500 |
| | | | Glicerina cruda | | |
| MIX-100 | Mixer | Stearine Palm Methanol - Cat. | Mixed | No | 500.0 |
| E-100 | Heat Exchanger | Mixed HP LPV1 | To Reactor COND1 | No | 500.0 |
| P-100 | Pump | Mixed Q-100 | Mixed HP | No | 500.0 |
| Reactor Uno | Conversion Reactor | To Reactor | 2 | No | 500.0 |
| | | Q-101 | 1 Q-101 | | |
| Reactor Dos | Conversion Reactor | F. Acids | 9 | No | 500.0 |
| | | MeNa95 | 4 Q-102 | | |
| Separador Uno | 3 Phase Separator | 8 | Glycerol+MEOH | No | 500.0 |
| | | 13 | 3 | | |



Centro de Transferencia Tecnológica
Universidad Industrial de Santander
Escuela de Ingeniería Química
Oficina 201

Case Name: C:\Documents and Settings\INTERFASE\Mis documentos\Proyecto Metil Es

Unit Set: SI

Date/Time: Wed Nov 03 12:33:12 2004

Workbook: Case (Main) (continued)

Unit Ops (continued)

| Operation Name | Operation Type | Feeds | Products | Ignored | Calc. Level |
|----------------|--------------------|-------|----------------|---------|-------------|
| Separador Uno | 3 Phase Separator | | F. Acids | No | 500.0 |
| Separador Dos | 3 Phase Separator | 11 | F. Acids 2 | No | 500.0 |
| | | 14 | Glycerol+MEOH2 | | |
| X-100 | Component Splitter | 2 | 6 7 | No | 500.0 |
| X-101 | Component Splitter | 9 | 10 11 | No | 500.0 |
| VLV-100 | Valve | 7 | 8 | No | 500.0 |
| TEE-100 | Tee | 6 | MeNa95 5 | No | 500.0 |

ANEXO I

DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS

Tabla I1. Factores para estimar el costo de fabricación.

| Costo | Rango típico | Valor usado |
|---|--|--------------------------|
| Costos Directos | | |
| Materias primas | C_{RM} | C_{RM} |
| Tratamiento de residuos | C_{WT} | C_{WT} |
| Servicios | C_{UT} | C_{UT} |
| Mano de obra operativa | C_{OL} | C_{OL} |
| Supervisión directa y personal de oficina | $(0.1 - 0.25)C_{OL}$ | $0.18C_{OL}$ |
| Mantenimiento y reparaciones | $(0.02 - 0.1)FCI$ | $0.06FCI$ |
| Suministros operativos | $(0.1 - 0.2)C_{Mantenimiento}$ | $0.009FCI$ |
| Cargos de laboratorio | $(0.1 - 0.2)C_{OL}$ | $0.15C_{OL}$ |
| Patentes y regalías | $(0 - 0.06)COM$ | $0.03COM$ |
| Subtotal costo directo de fabricación | $C_{RM} + C_{WT} + C_{UT} + 1.33C_{OL} + 0.33COM + 0.069FCI$ | |
| Costos Fijos de fabricación | | |
| Depreciación | $0.1FCI$ | $0.1FCI$ |
| Seguros e impuestos | $(0.014 - 0.05)FCI$ | $0.032FCI$ |
| Gastos generales de planta | $(0.50 - 0.7)(C_{OL} + C_{Supervisión} + C_{Mantenimiento})$ | $0.708C_{OL} + 0.036FCI$ |
| Subtotal costo directo de fabricación | $0.708C_{OL} + 0.168FCI$ | |
| Gastos Generales de fabricación | | |
| Costos de administración | $0.15(C_{OL} + C_{Supervisión} + C_{Mantenimiento})$ | $0.177C_{OL} + 0.009FCI$ |
| Costos de distribución y ventas | $(0.02 - 0.2)COM$ | $0.11COM$ |
| Investigación y desarrollo | $0.05COM$ | $0.05COM$ |
| Subtotal costo directo de fabricación | $0.177C_{OL} + 0.009FCI + 0.16COM$ | |
| COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN | $C_{RM} + C_{WT} + C_{UT} + 2.215C_{OL} + 0.190COM + 0.246FCI$ | |
| C_{RM} : Costo de las materias primas | $C_{Supervisión}$: Costo de supervisión | |
| C_{OL} : Costo de la mano de obra operativa | COM: Costo total de fabricación | |
| C_{UT} : Costo de servicios industriales | FCI: Capital fijo de inversión. | |
| C_{WT} : Costo del tratamiento de residuos | $C_{Mantenimiento}$: Costo del mantenimiento | |

Fuente: Analysis, synthesis and design of chemical processes; Turton, R. Et al.

Tabla I2. Histórico de precio de los servicios industriales en ECOPETROL

| Año | AGUA INDUSTRIAL (\$/KILOGALON) | VAPOR (\$/KILOLIBRA) | AIRE COMPRIMIDO (\$/KILOPIE CUBICO) |
|------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| 1999 | 8936,93 | 3563,91 | 678,49 |
| 2000 | 7839,63 | 4137,31 | 723,03 |
| 2001 | 7007,05 | 4724,37 | 935,34 |
| 2002 | 8821,00 | 5247,81 | 919,15 |

Tabla I3 Precio del metanol

| | |
|--|--|
|  <p>METHANEX A Responsible Care® Company</p> | <h2>METHANEX METHANOL PRICE SHEET</h2> |
| <p>POSTED: SEPTEMBER 30, 2004</p> | |

REGIONAL POSTED CONTRACT PRICES:

- VALID THROUGH OCTOBER 31, 2004

| <u>Europe</u> (Valid through December 31, 2004) | <u>Price</u> | <u>Date Last Changed</u> |
|--|---------------------------------|--------------------------|
| ♦ EUROPEAN POSTED CONTRACT PRICE | EURO 230/MT | JUL 1/04 (+ 30/MT) |
| North America | | |
| ♦ U.S. GULF COAST - METHANEX NON-DISCOUNTED REFERENCE PRICE | USD 0.84/GAL * USD 279.38/MT | JUL 1/04 (+ 0.03/GAL) |
| Asia Pacific | | |
| ♦ ASIAN POSTED CONTRACT PRICE | USD 272/MT | JUL 1/04 (+ 12/MT) |

METHANEX RACK PRICES:

| <u>Location</u> | <u>Quantity Available</u> | <u>FOB Price</u> | <u>Change</u> |
|--------------------------|---|------------------|---------------|
| ♦ ROTTERDAM, NETHERLANDS | | | |
| ♦ ST. ROSE, LA | NO RACK PRODUCT AVAILABLE DUE TO SUPPLY CONSTRAINTS | | |
| ♦ HOUSTON, TX | | | |

* Convert to USD/MT using a conversion rate of 332.6 Gal per MT

Tabla I4 Precio del hidróxido de sodio

| | |
|--|---|
|  <p>The Chemistry Store.com Serving The Hobbyist, Students, School and Industry</p> |  |
|--|---|

| Caustic Soda Flakes | | | |
|---------------------|------------|-----------|------------------|
| Cat # | Packaging | Unit Cost | Package Cost |
| 1310732-2F | 2 lb pail | \$4.50/lb | \$9.00/per pail |
| 1310732-9F | 9 lb pail | \$1.58/lb | \$44.22 per pail |
| 1310732-18F | 18 lb pail | \$1.47/lb | \$56.46 per pail |
| 1310732-30F | 30 lb pail | \$1.40/lb | \$72.00 per pail |
| 1310732-50BF | 50 lb bag | \$1.25/lb | \$92.50 per bag |

We will quote you on larger quantities

| Caustic Soda Beads | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------------|
| Cat # | Packaging | Unit Cost | Package Cost |
| 1310732-50BB | 50 lb bag | \$1.20/lb | \$90.00 per bag |

ANEXO J DATOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Tabla J1. Presupuesto de producción y ventas (millones \$)

| DESCRIPCIÓN | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Capacidad Instalada (ton) | | | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 |
| Capacidad Aprovechada (%) | 0% | 0% | 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% |
| Producción (ton) | 0 | 0 | 17.500 | 19.250 | 21.000 | 22.750 | 24.500 | 26.250 |
| Precio Unitario de venta (\$/ton) | 1.785.000 | 1.802.850 | 1.820.879 | 1.839.087 | 1.857.478 | 1.876.053 | 1.894.813 | 1.913.762 |
| Ventas (% producido) | | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Unidades vendidas | | | 17.500 | 19.250 | 21.000 | 22.750 | 24.500 | 26.250 |
| Ingresos por producto principal | | | 31.865.373.750 | 35.402.430.236 | 39.007.041.315 | 42.680.204.372 | 46.422.929.986 | 50.236.242.092 |
| capacidad de producción de subproductos (ton) | | | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 |
| Producción de subproducto (ton) | | | 3.150 | 3.465 | 3.780 | 4.095 | 4.410 | 4.725 |
| Precio Unitario de venta (\$/ton) | 3.332.000 | 3.365.320 | 3.398.973 | 3.432.963 | 3.467.293 | 3.501.965 | 3.536.985 | 3.572.355 |
| Ventas (% producido) | | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| ingresos por venta de subproducto(\$) | | | 10.706.765.580 | 11.895.216.559 | 13.106.365.882 | 14.340.548.669 | 15.598.104.475 | 16.879.377.343 |
| Ventas a crédito (\$) | | | 3.547.678.277,50 | 3.941.470.566,30 | 4.342.783.933,05 | 4.751.729.420,08 | 5.168.419.538,46 | 5.592.968.286,26 |
| TOTAL INGRESOS POR VENTAS (\$) | | | 42.572.139.330 | 47.297.646.796 | 52.113.407.197 | 57.020.753.041 | 62.021.034.462 | 67.115.619.435 |
| DESCRIPCIÓN | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
| Capacidad Instalada (ton) | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 | 35.000 |
| Capacidad Aprovechada (%) | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| Producción (ton) | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 |
| Precio Unitario de venta (\$/ton) | 1.932.899 | 1.952.228 | 1.971.750 | 1.991.468 | 2.011.383 | 2.031.497 | 2.051.811 | 2.072.330 |
| Ventas (% producido) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Unidades vendidas | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 | 28.000 |
| Ingresos por producto principal | 54.121.178.147 | 54.662.389.929 | 55.209.013.828 | 55.761.103.966 | 56.318.715.006 | 56.881.902.156 | 57.450.721.178 | 58.025.228.389 |
| capacidad de producción de subproductos (ton) | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 | 6.300 |
| Producción de subproducto (ton) | 5.040 | 5.040 | 5.040 | 5.040 | 5.040 | 5.040 | 5.040 | 5.040 |
| Precio Unitario de venta (\$/ton) | 3.608.079 | 3.644.159 | 3.680.601 | 3.717.407 | 3.754.581 | 3.792.127 | 3.830.048 | 3.868.349 |
| Ventas (% producido) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| ingresos por venta de subproducto(\$) | 18.184.715.857 | 18.366.563.016 | 18.550.228.646 | 18.735.730.933 | 18.923.088.242 | 19.112.319.124 | 19.303.442.316 | 19.496.476.739 |
| Ventas a crédito (\$) | 6.025.491.167,07 | 6.085.746.078,74 | 6.146.603.539,52 | 6.208.069.574,92 | 6.270.150.270,67 | 6.332.851.773,37 | 6.396.180.291,11 | 6.460.142.094,02 |
| TOTAL INGRESOS POR VENTAS (\$) | 72.305.894.005 | 73.028.952.945 | 73.759.242.474 | 74.496.834.899 | 75.241.803.248 | 75.994.221.280 | 76.754.163.493 | 77.521.705.128 |

Tabla J2. Depreciación y amortización (millones \$)

| Concepto | Valor total | Años | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Equipo y maquinaria de fabricación | 7.692.826.653 | 10 | 0 | 0 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 |
| Montaje y Puesta en Marcha | 1.538.565.331 | 5 | 0 | 0 | 307.713.066 | 307.713.066 | 307.713.066 | 307.713.066 | 307.713.066 |
| Imprevistos | 76.928.267 | 5 | 0 | 0 | 15.385.653 | 15.385.653 | 15.385.653 | 15.385.653 | 15.385.653 |
| Gastos de administración | 1.153.923.998 | 5 | 0 | 0 | 230.784.800 | 230.784.800 | 230.784.800 | 230.784.800 | 230.784.800 |
| TOTAL DEPRECIACION ANUAL | | | 0 | 0 | 1.323.166.184 | 1.323.166.184 | 1.323.166.184 | 1.323.166.184 | 1.323.166.184 |
| Concepto | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
| Equipo y maquinaria de fabricación | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Montaje y Puesta en Marcha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Imprevistos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gastos de administración | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL DEPRECIACION ANUAL | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 769.282.665 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla J3. Presupuesto de inversión con recursos propios (millones \$)

| Descripción | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
|--|----------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| Compra de Equipo y maquinaria de fabricación* | 3.846.413.327 | 3.846.413.327 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total inversion fija por año | 3.846.413.327 | 3.846.413.327 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 769.282.665 |
| Montaje y Puesta en Marcha | 769.282.665 | 769.282.665 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Imprevistos | 38.464.133 | 38.464.133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gastos de Administración | 576.961.999 | 576.961.999 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total inversión intangible por año | 1.384.708.798 | 1.384.708.798 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total Inversión fija y diferida por año | 5.231.122.124 | 5.231.122.124 | 0 | 769.282.665 |
| Capital de trabajo | 2.949.493.269 | 2.949.493.269 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo total de Inversión con recursos propios | 8.180.615.393 | 8.180.615.393 | 0 | 13.752.084.281 |

Tabla J4. Presupuesto de inversión con financiamiento (millones \$)

| Descripción | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
|---|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| Capital de trabajo | 2.949.493.269 | 2.949.493.269 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo total de Inversión recursos propios | 8.180.615.393 | 8.180.615.393 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13752084281 |
| Total de inversión inicial | 4.908.369.236 | 11.452.861.550 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.752.084.281 |
| Recursos del crédito | | 11.452.861.550 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Amortización del crédito | 0 | 0 | 2.290.572.310 | 2.290.572.310 | -2.290.572.310 | 2.290.572.310 | 2.290.572.310 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Intereses del periodo de instalación | 0 | -1.832.457.848 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo total de Inversión | 4.908.369.236 | -1.832.457.848 | 2.290.572.310 | 2.290.572.310 | -2.290.572.310 | 2.290.572.310 | 2.290.572.310 | 0 | 13.752.084.281 |

Tabla J5. Presupuesto de producción recursos propios (millones \$)

| Descripción | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ventas (ton) | 17500 | 19250 | 21000 | 22750 | 24500 | 26250 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 |
| + Ingresos por ventas | 42572 | 47298 | 52113 | 57021 | 62021 | 67116 | 72306 | 73029 | 73759 | 74497 | 75242 | 75994 | 76754 | 77522 |
| - Costos de producción | 32037 | 36471 | 41234 | 46348 | 51838 | 57175 | 63494 | 66254 | 69150 | 72189 | 74609 | 77957 | 81472 | 85163 |
| = Utilidad marginal | 10535 | 10826 | 10879 | 10672 | 10183 | 9941 | 8812 | 6775 | 4609 | 2307 | 632 | -1963 | -4718 | -7642 |
| - Gastos generales | 134 | 142 | 150 | 159 | 169 | 179 | 190 | 201 | 213 | 226 | 240 | 254 | 269 | 286 |
| =Utilidad bruta antes de impuestos | 10401 | 10684 | 10729 | 10513 | 10014 | 9762 | 8622 | 6573 | 4396 | 2081 | 393 | -2217 | -4988 | -7927 |
| - Impuesto sobre la renta (35%) | 3640 | 3740 | 3755 | 3680 | 3505 | 3417 | 3018 | 2301 | 1538 | 728 | 137 | 0 | 0 | 0 |
| Utilidad después de impuestos | 6761 | 6945 | 6974 | 6833 | 6509 | 6345 | 5605 | 4273 | 2857 | 1353 | 255 | -2217 | -4988 | -7927 |
| + Reserva legal (10%) | 676 | 694 | 697 | 683 | 651 | 635 | 560 | 427 | 286 | 135 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| = Utilidad neta por distribuir | 6084 | 6250 | 6276 | 6150 | 5858 | 5711 | 5044 | 3845 | 2571 | 1218 | 230 | -2217 | -4988 | -7927 |
| + Depreciación y amortización | 1323 | 1323 | 1323 | 1323 | 1323 | 769 | 769 | 769 | 769 | 769 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| + Reserva legal | 676 | 694 | 697 | 683 | 651 | 635 | 560 | 427 | 286 | 135 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| = Flujo neto de efectivo | 8084 | 8268 | 8297 | 8157 | 7832 | 7114 | 6374 | 5042 | 3626 | 2122 | 255 | -2217 | -4988 | -7927 |

Tabla J6. Presupuesto de producción con financiamiento (millones \$)

| Descripción | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ventas (ton) | 17500 | 19250 | 21000 | 22750 | 24500 | 26250 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 | 28000 |
| + Ingresos por ventas | 42572 | 47298 | 52113 | 57021 | 62021 | 67116 | 72306 | 73029 | 73759 | 74497 | 75242 | 75994 | 76754 | 77522 |
| - Costos de producción | 32037 | 36471 | 41234 | 46348 | 51838 | 57175 | 63494 | 66254 | 69150 | 72189 | 74609 | 77957 | 81472 | 85163 |
| = Utilidad marginal | 10535 | 10826 | 10879 | 10672 | 10183 | 9941 | 8812 | 6775 | 4609 | 2307 | 632 | -1963 | -4718 | -7642 |
| - Gastos generales | 134 | 142 | 150 | 159 | 169 | 179 | 190 | 201 | 213 | 226 | 240 | 254 | 269 | 286 |
| -Costos financieros | 1832 | 1466 | 1099 | 733 | 366 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -Amortización de intereses de instalación | 366 | 366 | 366 | 366 | 366 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| =Utilidad bruta antes de impuestos | 8202 | 8852 | 9263 | 9413 | 9281 | 9762 | 8622 | 6573 | 4396 | 2081 | 393 | -2217 | -4988 | -7927 |
| - Impuesto sobre la renta (35%) | 2871 | 3098 | 3242 | 3295 | 3248 | 3417 | 3018 | 2301 | 1538 | 728 | 137 | 0 | 0 | 0 |
| = Utilidad neta después de impuestos | 5331 | 5754 | 6021 | 6119 | 6033 | 6345 | 5605 | 4273 | 2857 | 1353 | 255 | -2217 | -4988 | -7927 |
| Reserva legal (10%) | 533 | 575 | 602 | 612 | 603 | 635 | 560 | 427 | 286 | 135 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| =Utilidad por distribuir | 4798 | 5178 | 5419 | 5507 | 5429 | 5711 | 5044 | 3845 | 2571 | 1218 | 230 | -2217 | -4988 | -7927 |
| + Depreciación y amortización | 1323 | 1323 | 1323 | 1323 | 1323 | 769 | 769 | 769 | 769 | 769 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| +Reserva legal (10%) | 533 | 575 | 602 | 612 | 603 | 635 | 560 | 427 | 286 | 135 | 26 | 0 | 0 | 0 |
| + Amortización intereses de instalación | 366 | 366 | 366 | 366 | 366 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| = Flujo neto de efectivo | 7021 | 7443 | 7711 | 7808 | 7722 | 7114 | 6374 | 5042 | 3626 | 2122 | 255 | -2217 | -4988 | -7927 |

ANEXO K FICHAS DE SEGURIDAD

Tabla K1. Ficha de seguridad Glicerina

GLICEROL International Chemical Safety Cards

ICSC: 0624

| GLICEROL Glicerina 1,2,3-Propanotriol 1,2,3-Trihidroxipropano $C_3H_8O_3/CH_2OH-CHOH-CH_2OH$ Masa molecular: 92.09 | | | |
|--|---|--|---|
| TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION | PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS | PREVENCION | PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS |
| INCENDIO | Combustible. | Evitar llama abierta. | Polvos, espuma resistente al alcohol, pulverización de agua, dióxido de carbono. |
| EXPLOSION | Riesgo de incendio y explosión por contacto con agentes oxidantes fuertes. | | En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua. |
| EXPOSICION | | ¡EVITAR LA PRODUCCION DE NIEBLAS! | |
| • INHALACION | Tos, dificultad respiratoria. | Ventilación. | Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y someter a atención médica. |
| • PIEL | Piel seca. | Guantes protectores. | Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón. |
| • OJOS | Enrojecimiento. | Gafas ajustadas de seguridad. | Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico. |
| • INGESTION | Calambres abdominales, dolor abdominal, diarrea, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea. | No comer, beber ni fumar durante el trabajo. | Enjuagar la boca; dar a beber una papilla de carbón activado y agua, provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!). Reposo y suministrar a atención médica. |
| DERRAMAS Y FUGAS | ALMACENAMIENTO | ENVASADO Y ETIQUETADO | |
| Ventilación. Recoger el líquido procedente de una fuga en recipientes tapados, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración). | Separado de oxidantes fuertes. Herméticamente cerrado. Mantener en lugar seco. | | |
| VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE | | | |

International Chemical Safety Cards

GLICEROL

ICSC: 0624

| | | |
|---|---|---|
| D A T O S I M P O R T A N T E S | ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro viscoso, higroscópico. | VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación de sus nieblas. |
| | PELIGROS FISICOS | RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire por pulverización. |
| | PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al arder, en contacto con superficies calientes u oxidantes fuertes, bajo la influencia de sustancias higroscópicas, produciendo acroleína. Reacciona con oxidantes fuertes originando riesgo de incendio y explosión. | EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. |
| | LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 10 mg/m ³ (nieblas) (ACGIH 1990-1991). | EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| PROPIEDADES FISICAS | Punto de ebullición (se descompone): 290°C | Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.17 |
| | Punto de fusión: 18-20°C | Punto de inflamación: 160°C |
| | Densidad relativa (agua = 1): 1.261 | Temperatura de autoignición: 400°C |
| | Solubilidad en agua: Muy buena | Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.9-? |
| | Presión de vapor, Pa a 20°C: <0.1 | |

| | |
|--------------------------|--|
| DATOS AMBIENTALES | |
|--------------------------|--|

NOTAS

La alerta por el olor es insuficiente cuando se supera el valor límite de exposición. Código NFPA: H 1; F 1; R 0;

INFORMACION ADICIONAL

| | |
|----------------------|--|
| FISQ: 1-117 GLICEROL | |
|----------------------|--|

ICSC: 0624 GLICEROL

Tabla K2. Ficha de seguridad metóxido de sodio



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

MATHESON TRI-GAS, INC.
959 ROUTE 46 EAST
PARSIPPANY, NEW JERSEY 07054-0624

EMERGENCY CONTACT:
CHEMTREC 1-800-424-9300
INFORMATION CONTACT:
973-257-1100

SUBSTANCE: SODIUM METHYLATE

TRADE NAMES/SYNONYMS:

SODIUM METHOXIDE; SODIUM METHANOLATE; METHOXYSODIUM; FELDALAT NM;
METHANOL, SODIUM SALT; STCC 4916739; UN 1431; CH3NAO; MAT21380; RTECS PC3570000

CHEMICAL FAMILY: inorganic, salt

CREATION DATE: Jan 24 1989

REVISION DATE: Mar 19 2003

2. COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS

COMPONENT: SODIUM METHYLATE
CAS NUMBER: 124-41-4
PERCENTAGE: 100.0

3. HAZARDS IDENTIFICATION

NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=3 FIRE=4 REACTIVITY=2

EMERGENCY OVERVIEW:

COLOR: white

PHYSICAL FORM: powder

ODOR: odorless

MAJOR HEALTH HAZARDS: respiratory tract burns, skin burns, eye burns, mucous membrane burns

PHYSICAL HAZARDS: Extremely flammable. May ignite spontaneously on exposure to air. May react on contact with air, heat, light or water. Dust/air mixtures may ignite or explode.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS:

INHALATION:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation (possibly severe), difficulty breathing, dizziness, bluish skin color,



lung congestion

LONG TERM EXPOSURE: digestive disorders

SKIN CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation (possibly severe)

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

EYE CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation (possibly severe)

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

INGESTION:

SHORT TERM EXPOSURE: burns

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

4. FIRST AID MEASURES

INHALATION: If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Get immediate medical attention.

SKIN CONTACT: Wash skin with soap and water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Get immediate medical attention. Thoroughly clean and dry contaminated clothing and shoes before reuse. Destroy contaminated shoes.

EYE CONTACT: Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Then get immediate medical attention.

INGESTION: Contact local poison control center or physician immediately. Never make an unconscious person vomit or drink fluids. Give large amounts of water or milk. Allow vomiting to occur. When vomiting occurs, keep head lower than hips to help prevent aspiration. If person is unconscious, turn head to side. Get medical attention immediately.

NOTE TO PHYSICIAN: For inhalation, consider oxygen. Avoid gastric lavage or emesis.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: Severe fire hazard. May ignite on contact with water or moist air. Dust/air mixtures may ignite or explode.

EXTINGUISHING MEDIA: regular dry chemical, dry sand, lime, soda ash

Large fires: Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Let the fire burn.

FIRE FIGHTING: Do not use water. Do not use foam. Move container from fire area if it can be done without risk.

AUTOIGNITION: 158 F (70 C)

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

SOIL RELEASE:

Dig holding area such as lagoon, pond or pit for containment. Cover with plastic sheet or tarp to minimize spreading and protect from contact with water.

WATER RELEASE:

Neutralize.

OCCUPATIONAL RELEASE:

Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Do not touch spilled material. Stop leak if possible without personal risk. Do not get water directly on material. Small dry spills: Collect material into suitable, loosely covered container for disposal. Move containers away from spill to a safe area. Small liquid spills: Absorb with sand or other non-combustible material. Collect spilled material in appropriate container for disposal. Large spills: Dike for later disposal. Powder spills: Cover with plastic sheet or tarp to minimize spreading and protect from contact with water. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Stay upwind and keep out of low areas. Notify Local Emergency Planning Committee and State Emergency Response Commission for release greater than or equal to RQ (U.S. SARA Section 304). If release occurs in the U.S. and is reportable under CERCLA Section 103, notify the National Response Center at (800)424-8802 (USA) or (202)426-2675 (USA).

7. HANDLING AND STORAGE

STORAGE: Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Keep separated from incompatible substances.

8. EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

EXPOSURE LIMITS:

SODIUM METHYLATE:

No occupational exposure limits established.

VENTILATION: Provide local exhaust ventilation system. Ventilation equipment should be explosion-resistant if explosive concentrations of material are present. Ensure compliance with applicable exposure limits.

EYE PROTECTION: Wear splash resistant safety goggles with a faceshield. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

CLOTHING: Wear appropriate chemical resistant clothing.

GLOVES: Wear appropriate chemical resistant gloves.

RESPIRATOR: Under conditions of frequent use or heavy exposure, respiratory protection may be needed. Respiratory protection is ranked in order from minimum to maximum. Consider warning properties before use.

Any dust and mist respirator with a full facepiece.

Any air-purifying respirator with a full facepiece and a high-efficiency particulate filter.

Any powered, air-purifying respirator with a tight-fitting facepiece and a high-efficiency particulate filter.

For Unknown Concentrations or Immediately Dangerous to Life or Health -

Any supplied-air respirator with full facepiece and operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with a separate escape supply.

Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE: solid

COLOR: white

TEXTURE: free-flowing

PHYSICAL FORM: powder

ODOR: odorless

MOLECULAR WEIGHT: 54.03

MOLECULAR FORMULA: NA-C-H3-0

BOILING POINT: Not applicable

MELTING POINT: >572 F (>300 C)

DECOMPOSITION POINT: >261 F (>127 C)

VAPOR PRESSURE: 50 mmHg @ 20 C

VAPOR DENSITY (air=1): 1.1

SPECIFIC GRAVITY (water=1): >1.0

WATER SOLUBILITY: decomposes

PH: Not applicable

VOLATILITY: Not applicable

ODOR THRESHOLD: Not available

EVAPORATION RATE: Not applicable

COEFFICIENT OF WATER/OIL DISTRIBUTION: Not available

SOLVENT SOLUBILITY:

Soluble: methanol, ethanol

10. STABILITY AND REACTIVITY

REACTIVITY: May ignite on contact with water or moist air.

CONDITIONS TO AVOID: Avoid contact with air. Keep dry. Keep out of water supplies and sewers.

INCOMPATIBILITIES: halo carbons, oxidizing materials

HAZARDOUS DECOMPOSITION:

Thermal decomposition products: oxides of sodium

POLYMERIZATION: Will not polymerize.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

SODIUM METHYLATE:

TOXICITY DATA:

2037 mg/kg oral-rat LD50

LOCAL EFFECTS:

Corrosive: inhalation, skin, eye, ingestion

ACUTE TOXICITY LEVEL:

Moderately Toxic: ingestion

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Not available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Subject to disposal regulations: U.S. EPA 40 CFR 262. Hazardous Waste Number(s): D001. D003. Dispose in accordance with all applicable regulations.

14. TRANSPORT INFORMATION

U.S. DOT 49 CFR 172.101:

PROPER SHIPPING NAME: Sodium methylate

ID NUMBER: UN1431

HAZARD CLASS OR DIVISION: 4.2

PACKING GROUP: II

LABELING REQUIREMENTS: 4.2; 8



CANADIAN TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS:

SHIPPING NAME: Sodium methylate

UN NUMBER: UN1431

CLASS: 4.2; 8

PACKING GROUP/RISK GROUP: II

15. REGULATORY INFORMATION

U.S. REGULATIONS:

CERCLA SECTIONS 102a/103 HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 302.4):

SODIUM METHYLATE: 1000 LBS RQ

SARA TITLE III SECTION 302 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.30): Not regulated.

SARA TITLE III SECTION 304 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.40): Not regulated.

SARA TITLE III SARA SECTIONS 311/312 HAZARDOUS CATEGORIES (40 CFR 370.21):

ACUTE: Yes

CHRONIC: No

FIRE: Yes

REACTIVE: Yes

SUDDEN RELEASE: No

SARA TITLE III SECTION 313 (40 CFR 372.65): Not regulated.

OSHA PROCESS SAFETY (29CFR1910.119): Not regulated.

STATE REGULATIONS:

California Proposition 65: Not regulated.

CANADIAN REGULATIONS:

WHMIS CLASSIFICATION: Not determined.

NATIONAL INVENTORY STATUS:

U.S. INVENTORY (TSCA): Listed on inventory.

TSCA 12(b) EXPORT NOTIFICATION: Not listed.

CANADA INVENTORY (DSL/NDSL): Not determined.

16. OTHER INFORMATION

©Copyright 1984-2004 MDL Information Systems, Inc. All rights reserved.

MATHESON TRI-GAS, INC. MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, GUARANTEES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE PRODUCT OR THE INFORMATION HEREIN, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR USE. MATHESON TRI-GAS, INC. SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY PERSONAL INJURY, PROPERTY OR OTHER DAMAGES OF ANY NATURE, WHETHER COMPENSATORY, CONSEQUENTIAL, EXEMPLARY, OR OTHERWISE, RESULTING FROM ANY PUBLICATION, USE OR RELIANCE UPON THE INFORMATION HEREIN.

Tabla K3. Ficha de seguridad hidróxido de sodio

Material Safety Data Sheet



Sodium Hydroxide, Pellets

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: Sodium Hydroxide, Pellets

OTHER/GENERIC NAMES: Caustic soda bead, dry, granular or solid; Caustic soda; Lye

PRODUCT USE: Industrial

MANUFACTURER: General Chemical Corporation
90 East Halsey Road
Parsippany, NJ 07054

FOR MORE INFORMATION CALL: 973-515-1840
(Monday-Friday, 9:00am-4:30pm)

IN CASE OF EMERGENCY CALL: 800-631-8050
(24 Hours/Day, 7 Days/Week)

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>CAS NUMBER</u> | <u>WEIGHT %</u> |
|------------------------|-------------------|-----------------|
| Sodium hydroxide | 1310-73-2 | >97 |
| Sodium carbonate | 497-19-8 | <3 |

Trace impurities and additional material names not listed above may appear in Section 15 of this MSDS. These materials may be listed for local "Right-To-Know" compliance and for other reasons.

OSHA Hazard Communication Standard: *This product is considered hazardous under the OSHA Hazard Communication Standard.*

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW: White, odorless pellets. Causes burns to skin and eyes. Harmful if inhaled or swallowed. Corrosive. Hygroscopic.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Severe and rapid corrosion from contact. Extent of damage depends on duration of contact. Even dilute solutions exert a destructive effect, following prolonged contact. Mist from solutions is extremely corrosive.

EYES: Contact rapidly causes severe damage. Permanent corneal damage almost inevitably results. Even dilute solutions may produce similar effects, although less rapidly. Mist from solutions is extremely corrosive.

INHALATION: Inhalation of mist or dust can injure the entire respiratory tract with painful and corrosive action on tissue. Irritancy expected to become noticeable at 2 mg/m³ in air. The effects of inhalation can vary, depending upon extent of exposure, from mild mucous membrane irritation to sudden, severe bronchopneumonia.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Sodium Hydroxide, Pellets

INGESTION: Severe and rapid corrosive burns of the mouth, gullet and gastrointestinal tract will result, if swallowed. Effects include severe pain, difficulty in breathing, vomiting, diarrhea and collapse. Some effects may be delayed. Estimated average fatal dose is 5 g (human, adult).

DELAYED EFFECTS: None known.

Ingredients found on one of the three OSHA designated carcinogen lists are listed below.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>NTP STATUS</u> | <u>IARC STATUS</u> | <u>OSHA LIST</u> |
|--|-------------------|--------------------|------------------|
| No ingredients listed in this section. | | | |

4. FIRST AID MEASURES

SKIN: Immediately flush under a safety shower. If wearing goggles, flush head and face thoroughly before removing goggles. Next, wash victim's hands until all chemical is removed. Then remove contaminated clothing and shoes. Contact a physician. Continue washing for one to two hours and then move to a medical facility if a physician is not available (but only after at least one hour of showering).

EYES: Immediately flush with large amounts of water for at least 15 minutes, holding eyelids apart to facilitate irrigation. Speed is essential. Call a physician. If none is available, irrigate another 15-30 minutes before moving patient to a medical facility. Have an ophthalmologist make an evaluation of eye injury.

INHALATION: Remove to fresh air (to be handled by protected personnel). If breathing is difficult, or if victim is cyanotic (blue skin) give oxygen provided a qualified operator is present. Get medical attention.

INGESTION: Do not induce vomiting. If possible, and if conscious, immediately give large amounts of water or milk. This may be followed by dilute vinegar or fruit juice to neutralize alkali. Get medical attention.

ADVICE TO PHYSICIAN: Treat symptomatically.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLAMMABLE PROPERTIES

| | |
|---|-----------------|
| FLASH POINT: | Not flammable. |
| FLASH POINT METHOD: | Not applicable. |
| AUTOIGNITION TEMPERATURE: | Not applicable. |
| UPPER FLAME LIMIT (volume % in air): | Not applicable. |
| LOWER FLAME LIMIT (volume % in air): | Not applicable. |
| FLAME PROPAGATION RATE (solids): | Not applicable. |
| OSHA FLAMMABILITY CLASS: | Not flammable. |

EXTINGUISHING MEDIA:

If involved in a fire, flood with water, taking care not to splash or scatter this material, and keeping it away from common metals. Avoid carbon dioxide because it reacts exothermically with this material.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

Will react with metals such as aluminum, tin, and zinc (and alloys of these materials) to generate hydrogen gas, a fire and explosive hazard. Some material may vaporize in a fire. Contact with water or moisture may generate sufficient heat to ignite combustible materials.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Sodium Hydroxide, Pellets

SPECIAL FIRE FIGHTING PRECAUTIONS/INSTRUCTIONS:

Firefighters should wear self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus and full protective clothing, including eye protection and boots, to protect against vaporized material and mist. Material can melt in a fire and molten material can react violently with small amounts of water (spattering or misting), and with certain common metals to liberate flammable hydrogen gas.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

IN CASE OF SPILL OR OTHER RELEASE: (See section 8 for recommended personal protective equipment.)

Clean-up personnel need protection against inhalation and/or skin and eye contact hazards. Dry product can be promptly shoveled up for recovery or disposal. CAUTION! Avoid dusting and skin or eye contact. Also, delay in clean-up may allow absorption of moisture from the atmosphere, increasing clean-up difficulties. Control the disposal of the waste solid. Flush contaminated surfaces with water and neutralize with dilute acid (preferably acetic acid) to remove final traces. (Sodium bicarbonate may also be used to partially neutralize.) Finally, rinse with water; attempt to keep out of sewer. Any release to the environment of this product may be subject to federal and/or state reporting requirements. Check with appropriate agencies.

Spills and releases may have to be reported to Federal and/or local authorities. See Section 15 regarding reporting requirements.

7. HANDLING AND STORAGE

NORMAL HANDLING: (See section 8 for recommended personal protective equipment.)

Do not get in eyes, on skin or on clothing. Avoid breathing dust or mist, if generated. Keep container closed when not in use. Use with adequate ventilation and wash thoroughly after handling. When making solutions, use sufficient agitation and cooling, while adding slowly to surface of solution, to avoid splattering. Avoid handling conditions that may lead to spills, leaks, ejections, or to the formation of dust or mist. Wear protective clothing.

STORAGE RECOMMENDATIONS:

Store in closed containers in a dry, well-ventilated area separate from acids, peroxides, metals, easily ignitable materials and other incompatibles. Protect against moisture and water. Protect against physical damage. Drains for storage or use areas for this material should have retention basins for pH adjustment and dilution of spills and flushings before discharge.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

ENGINEERING CONTROLS:

Not necessary for pellets. However, if made into a solution or if ground up and mist or dust is generated, provide local exhaust ventilation. In the absence of dust or mist, natural ventilation is adequate. Ventilation facilities should be of corrosion-resistant construction.

In the event hydrogen gas is generated, a severe ventilation problem is rapidly introduced. Smothering CO₂, coupled with good local ventilation or respiratory protection, is probably the best emergency action. In this situation, ventilation facility must be explosion-resistant if such an emergency is likely to happen.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Sodium Hydroxide, Pellets

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

- SKIN PROTECTION:** Wear neoprene or rubber gloves and full protective clothing (apron, boots, etc.) if there is any possibility of contact with pellets, dust or liquid or mist from solutions. Contaminated clothing should be removed promptly and washed before reuse.
- EYE PROTECTION:** Wear chemical safety goggles if there is any possibility of contact with liquid or mist with the eyes. Add a face shield if there is any possibility of contact with liquid with the face. Do not wear contact lenses if handling liquid or dusty solid material.
- RESPIRATORY PROTECTION:** In the absence of dust or mist, none generally required. For airborne levels of concern, use a NIOSH-approved, full-facepiece (for eye protection) with a high-efficiency particulate or supplied-air respirator, or a self-contained breathing apparatus.
- ADDITIONAL RECOMMENDATIONS:** Provide eyewash stations, quick-drench showers and washing facilities accessible to areas of use and handling. Arrange for neutralization supplies and equipment and abundant running water.

EXPOSURE GUIDELINES

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>ACGIH TLV</u> | <u>OSHA PEL</u> | <u>OTHER LIMIT</u> |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Sodium hydroxide | 2 mg/m ³ ceiling | 2 mg/m ³ TWA | ----- |

- ¹ = Limit established by General Chemical Corporation.
² = Workplace Environmental Exposure Level (AIHA).
³ = Biological Exposure Index (ACGIH).

OTHER EXPOSURE LIMITS FOR POTENTIAL DECOMPOSITION PRODUCTS:
None

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

| | |
|--|-----------------------------|
| APPEARANCE: | White pellets; hygroscopic. |
| PHYSICAL STATE: | Solid |
| MOLECULAR WEIGHT: | 40.00 |
| CHEMICAL FORMULA: | NaOH |
| ODOR: | Odorless |
| SPECIFIC GRAVITY (water = 1.0): | 2.13 @ 25C |
| SOLUBILITY IN WATER (weight %): | 29.6 @ 0C |
| pH: | 14 (5% solution) |
| BOILING POINT: | 1390C |
| MELTING POINT: | 318C |
| VAPOR PRESSURE: | Negligible; 1 mm Hg @ 739C |
| VAPOR DENSITY (air = 1.0): | Not applicable |
| EVAPORATION RATE: | Negligible |
| % VOLATILES: | Negligible |
| FLASH POINT: | Not flammable |

(Flash point method and additional flammability data are found in Section 5.)



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Sodium Hydroxide, Pellets

10. STABILITY AND REACTIVITY

NORMALLY STABLE? (CONDITIONS TO AVOID):

Stable under normal conditions. Rapidly absorbs carbon dioxide and moisture from the air.

INCOMPATIBILITIES:

Common metals and their alloys; acids and their anhydrides; easily oxidizable compounds, including explosives, aldehydes and unsaturated organics; nitrocarbons and chlorocarbons. Strong exothermic reaction with water or moisture (generates much heat).

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

None. Remains chemically unchanged even at its boiling temperature.

HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

IMMEDIATE (ACUTE) EFFECTS:

LD₅₀ (ipr, mouse): 40 mg/kg
Rabbit skin: 500 mg / 24 hr / severe
Rabbit eye: 50 µg / 24 hr / severe

DELAYED (SUBCHRONIC AND CHRONIC) EFFECTS:

Data not available.

OTHER DATA:

None.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Aquatic toxicity: 125 ppm / 96 hr / mosquito fish / TLm / fresh water
180 ppm / 23 hr / oysters / lethal / salt water

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

RCRA

Is the unused product a RCRA hazardous waste if discarded? Yes If yes, the RCRA ID number is: D002

OTHER DISPOSAL CONSIDERATIONS:

Waste Sodium Hydroxide Pellets may be handled by first reducing to an aqueous solution by adding water with care, neutralizing as per Spill procedures and flushed to sewer with lots of water (regulations permitting) or disposed through a licensed contractor. Since disposal may be subject to federal, state or local regulations (EPA corrosive waste, aqueous form), users should review their operations in terms of applicable federal, state and local laws and regulations, then consult with appropriate regulatory agencies before discharging or disposing of waste material.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Sodium Hydroxide, Pellets

The information offered in section 13 is for the product as shipped. Use and/or alterations to the product such as mixing with other materials may significantly change the characteristics of the material and alter the RCRA classification and the proper disposal method.

14. TRANSPORT INFORMATION

US DOT HAZARD CLASS: 8, PG II
US DOT ID NUMBER: UN1823
PROPER SHIPPING NAME: Sodium hydroxide, solid

For additional information on shipping regulations affecting this material, contact the information number found in Section 1.

15. REGULATORY INFORMATION

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA)

TSCA INVENTORY STATUS: Listed on the TSCA inventory.

OTHER TSCA ISSUES: None

SARA TITLE III/CERCLA

"Reportable Quantities" (RQs) and/or "Threshold Planning Quantities" (TPQs) exist for the following ingredients.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>SARA/CERCLA RQ (lb)</u> | <u>SARA EHS TPQ (lb)</u> |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Sodium hydroxide | 1000 | ----- |

Spills or releases resulting in the loss of any ingredient at or above its RQ requires immediate notification to the National Response Center [(800) 424-8802] and to your Local Emergency Planning Committee.

SECTION 311 HAZARD CLASS: Immediate

SARA 313 TOXIC CHEMICALS:

The following ingredients are SARA 313 "Toxic Chemicals" and may be subject to annual reporting requirements. CAS numbers and weight percents are found in Section 2.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>COMMENT</u> |
|--|----------------|
| No ingredients listed in this section. | |

STATE RIGHT-TO-KNOW

In addition to the ingredients found in Section 2, the following are listed for state right-to-know purposes.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>WEIGHT %</u> | <u>COMMENT</u> |
|--|-----------------|----------------|
| No ingredients listed in this section. | | |

ADDITIONAL REGULATORY INFORMATION:

None



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Sodium Hydroxide, Pellets

WHMIS CLASSIFICATION (CANADA):

Class E

FOREIGN CHEMICAL CONTROL INVENTORY STATUS:

Listed on EU EINECS and Canadian DSL

16. OTHER INFORMATION

CURRENT ISSUE DATE: May, 2002

PREVIOUS ISSUE DATE: February, 1998

CHANGES TO MSDS FROM PREVIOUS ISSUE DATE ARE DUE TO THE FOLLOWING:

Change in format.

OTHER INFORMATION: None

Tabla K4. Ficha de seguridad del metanol

Material Safety Data Sheet



Methanol

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: Methanol

OTHER/GENERIC NAMES: Methyl alcohol, wood alcohol, carbinol.

PRODUCT USE: Solvent. Industrial.

MANUFACTURER: General Chemical Corporation
2340 Bert Drive
Hollister, CA 95023

FOR MORE INFORMATION CALL: 973-515-1840 (EST) or 800-631-8050
(Monday-Friday, 9:00am-4:30pm) 831-636-5151 (PST)
IN CASE OF EMERGENCY CALL: 800-631-8050
(24 Hours/Day, 7 Days/Week)

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>CAS NUMBER</u> | <u>WEIGHT %</u> |
|------------------------|-------------------|-----------------|
| Methanol | 67-56-1 | 100 |

Trace impurities and additional material names not listed above may appear in Section 15 of this MSDS. These materials may be listed for local "Right-To-Know" compliance and for other reasons.

OSHA Hazard Communication Standard: *This product is considered hazardous under the OSHA Hazard Communication Standard.*

3. HAZARDS IDENTIFICATION

EMERGENCY OVERVIEW: A colorless, water-white liquid with a mild alcohol odor. Causes skin and eye irritation. Can be absorbed through the skin. Harmful if swallowed or inhaled. May cause blindness. May be fatal if swallowed. Flammable.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Liquid is a mild irritant to skin and is readily absorbed through the skin. Repeated exposures may cause dermatitis due to defatting action.

EYES: Vapor is a mild irritant to eyes if treated promptly. Direct liquid contact can cause inflammation and transient corneal opacity.

INHALATION: Inhalation may cause headache, dizziness, weakness, gastrointestinal or visual disturbances (e.g., pupils are dilated, reacting poorly to light).

INGESTION: Causes inebriation, drowsiness, severe abdominal pain, visual disturbances, possible blindness and/or death. Cannot be made non-toxic.

DELAYED EFFECTS: Damage to pancreas and kidneys.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Methanol

Ingredients found on one of the three OSHA designated carcinogen lists are listed below.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>NTP STATUS</u> | <u>IARC STATUS</u> | <u>OSHA LIST</u> |
|--|-------------------|--------------------|------------------|
| No ingredients listed in this section. | | | |

4. FIRST AID MEASURES

SKIN: Flush with plenty of water. Remove contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse. Get medical attention.

EYES: Flush with plenty of water for a minimum of 15 minutes. Repeat procedure if irritation persists. Get medical attention.

INHALATION: Remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration, preferably, mouth-to-mouth. If breathing is difficult, give oxygen provided a qualified operator is available. Get medical attention.

INGESTION: If conscious, immediately induce vomiting by having patient drink 2 to 4 glasses of water and touching back of throat with finger. Get immediate medical attention.

ADVICE TO PHYSICIAN: Keep patient warm and cover eyes to exclude light.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLAMMABLE PROPERTIES

| | |
|---|-------------------|
| FLASH POINT: | 12C |
| FLASH POINT METHOD: | Closed Cup |
| AUTOIGNITION TEMPERATURE: | 385-470C |
| UPPER FLAME LIMIT (volume % in air): | 36.5 |
| LOWER FLAME LIMIT (volume % in air): | 6.0 |
| FLAME PROPAGATION RATE (solids): | Not applicable |
| OSHA FLAMMABILITY CLASS: | Flammable liquid. |

EXTINGUISHING MEDIA:

Carbon dioxide, dry chemical, alcohol foam, water spray or fog. Water may be ineffective but may be used to dilute spills to nonflammable mixture levels.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

Static explosions are reported for aqueous solutions as dilute as 30%.

SPECIAL FIRE FIGHTING PRECAUTIONS/INSTRUCTIONS:

Wear self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus with full facepiece. Wear full protective clothing. Use water to keep containers cool. Vapors may be heavier than air and may travel to a source of ignition and flash back.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

IN CASE OF SPILL OR OTHER RELEASE: (See section 8 for recommended personal protective equipment.)

For large spills: remove personnel from the area; remove all sources of ignition; remove leaky sources to the outside, if possible. Wear NIOSH-approved, self-contained breathing apparatus and eye protection. Monitor with



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Methanol

fire hose team and back-up hose team. Flush with water spray; keep out of sewers. For small spills: absorb on vermiculite, paper or other compatible material and collect in covered container; label "Flammable" for later disposal.

Spills and releases may have to be reported to Federal and/or local authorities. See Section 15 regarding reporting requirements.

7. HANDLING AND STORAGE

NORMAL HANDLING: (See section 8 for recommended personal protective equipment.)

Ground containers for transfer of contents. This also applies to many aqueous solutions of methanol. No smoking in areas of use.

STORAGE RECOMMENDATIONS:

Store in cool, well-ventilated areas, away from oxidizers and ignition sources. Store small quantities in safety cans. No smoking in storage areas.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

ENGINEERING CONTROLS:

Down-draft type local exhaust ventilation to meet TLV requirements with 50 fpm hood face velocity. Engineering controls should be spark-proof and explosion-proof.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

| | |
|------------------------------------|--|
| SKIN PROTECTION: | Prevent skin contact by wearing neoprene or rubber gloves (preferred material: NBR). Clothing should be static-free. Add impervious, protective clothing, including boots, where risk of splash and/or gross skin exposure is high. |
| EYE PROTECTION: | Wear safety glasses with non-perforated sideshields for normal handling. When pouring, add a full faceshield. For leak, spill or other emergency, where splashing may occur, wear chemical safety goggles. In that case, do not wear contact lenses. |
| RESPIRATORY PROTECTION: | In case of spills, emergencies or other conditions producing high vapor concentrations, use an air-supplied or self-contained, NIOSH-approved, breathing apparatus. |
| ADDITIONAL RECOMMENDATIONS: | Eyewash stations and safety showers. |

EXPOSURE GUIDELINES

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>ACGIH TLV</u> | <u>OSHA PEL</u> | <u>OTHER LIMIT</u> |
|------------------------|---|-----------------|--------------------|
| Methanol | 200 ppm TWA (skin) 250 ppm STEL (skin) | 200 ppm TWA | ----- |

¹ = Limit established by General Chemical Corporation.

² = Workplace Environmental Exposure Level (AIHA).

³ = Biological Exposure Index (ACGIH).



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Methanol

OTHER EXPOSURE LIMITS FOR POTENTIAL DECOMPOSITION PRODUCTS:

None.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| APPEARANCE: | Colorless, water-white liquid. |
| PHYSICAL STATE: | Liquid. |
| MOLECULAR WEIGHT: | 32.04 |
| CHEMICAL FORMULA: | CH ₃ OH |
| ODOR: | Mild alcohol. |
| SPECIFIC GRAVITY (water = 1.0): | 0.7920 - 0.7928 |
| SOLUBILITY IN WATER (weight %): | Complete |
| pH: | Neutral |
| BOILING POINT: | 64.5C |
| MELTING POINT: | -97.8C |
| VAPOR PRESSURE: | 92 mm Hg @ 20C |
| VAPOR DENSITY (air = 1.0): | 1.11 |
| EVAPORATION RATE: | 5.2 |
| % VOLATILES: | 100 |
| FLASH POINT: | 12C |

COMPARED TO: Ether

(Flash point method and additional flammability data are found in Section 5.)

10. STABILITY AND REACTIVITY

NORMALLY STABLE? (CONDITIONS TO AVOID):

Stable under normal conditions. Avoid heat, fire or sparks. Methanol may be corrosive to lead and aluminum and attack some forms of plastic and rubber.

INCOMPATIBILITIES:

Strong oxidants, particularly perchloric acid and lead perchlorate. Also, avoid contact with acetaldehyde, ethylene oxide, isocyanates and active metals.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Combustion is reported to yield carbon monoxide and carbon dioxide. Decomposition products may also include toxic formaldehyde and possibly unburned methanol.

HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

IMMEDIATE (ACUTE) EFFECTS:

LD₅₀(oral-rat): 5628 mg/kg
LC₅₀(inhl-rat): 64000 ppm/4H
LD₅₀(skin-rabbit): 15800 mg/kg
Rabbit-skin / 20 mg/24H / Moderate
Rabbit-eye / 100 mg/24H / Moderate



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Methanol

DELAYED (SUBCHRONIC AND CHRONIC) EFFECTS:

Repeated skin contact can cause a defatting dermatitis with dryness and cracking. Other symptoms of chronic exposure include eye irritation, headache, giddiness, insomnia, gastric disturbances, and visual difficulties.

Repeated exposure to airborne concentrations in the range of 200 to 375 ppm have been associated with headaches, and at 1200 to 8300 ppm with damaged vision.

OTHER DATA:

None.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

BOD₅ (g/g): 0.76-1.12 Standard Dilution/Sewage Seed

TLm96: >1000 ppm

250 ppm / 11 hr / goldfish / lethal / fresh water

LC₅₀ - Pimephales promelas/fathead minnow: 29.4 g/L for 96H -- 28-29D old, confidence limit = 28.5-30.4; test conditions: water temperature = 25 degrees C, dissolved oxygen = 7.3 mg/L, water hardness = 43.5 mg/L calcium carbonate, alkalinity = 46.6 calcium carbonate, tank volume = 6.3 L, additions = 5.71 V/D, pH = 7.66(0.03), other conditions of bioassay not specified

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

RCRA

Is the unused product a RCRA hazardous waste if discarded? Yes

If yes, the RCRA ID number is: U154

OTHER DISPOSAL CONSIDERATIONS:

The information offered in section 13 is for the product as shipped. Use and/or alterations to the product such as mixing with other materials may significantly change the characteristics of the material and alter the RCRA classification and the proper disposal method.

14. TRANSPORT INFORMATION

US DOT HAZARD CLASS: 3, 6.1

US DOT ID NUMBER: UN1230

PROPER SHIPPING NAME: Methanol, 3, UN1230, PG II, Toxic

For additional information on shipping regulations affecting this material, contact the information number found in Section 1.



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Methanol

15. REGULATORY INFORMATION

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA)

TSCA INVENTORY STATUS: Listed on the TSCA inventory.

OTHER TSCA ISSUES: None.

SARA TITLE III/CERCLA

"Reportable Quantities" (RQs) and/or "Threshold Planning Quantities" (TPQs) exist for the following ingredients.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>SARA/CERCLA RQ (lb)</u> | <u>SARA EHS TPQ (lb)</u> |
|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Methanol | 5000 | --- |

Spills or releases resulting in the loss of any ingredient at or above its RQ requires immediate notification to the National Response Center [(800) 424-8802] and to your Local Emergency Planning Committee.

SECTION 311 HAZARD CLASS: Immediate. Fire.

SARA 313 TOXIC CHEMICALS:

The following ingredients are SARA 313 "Toxic Chemicals" and may be subject to annual reporting requirements. CAS numbers and weight percents are found in Section 2.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>COMMENT</u> |
|------------------------|----------------|
| Methanol | None |

STATE RIGHT-TO-KNOW

In addition to the ingredients found in Section 2, the following are listed for state right-to-know purposes.

| <u>INGREDIENT NAME</u> | <u>WEIGHT %</u> | <u>COMMENT</u> |
|--|-----------------|----------------|
| No ingredients listed in this section. | | |

ADDITIONAL REGULATORY INFORMATION:

None.

WHMIS CLASSIFICATION (CANADA):

Class B2 and D2B.

FOREIGN CHEMICAL CONTROL INVENTORY STATUS:

Listed on Canadian DSL and EU EINECS.

16. OTHER INFORMATION

CURRENT ISSUE DATE: October, 2001

PREVIOUS ISSUE DATE: May, 1990



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Methanol

CHANGES TO MSDS FROM PREVIOUS ISSUE DATE ARE DUE TO THE FOLLOWING:
Converted to ANSI format.

OTHER INFORMATION: HMIS rating: 1-3-0
NFPA rating: 1-3-0