

**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DEL  
ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO COMO INGREDIENTE EN  
FORMULACIONES COSMÉTICAS**

**PILAR CONSTANZA SUÁREZ MARTÍNEZ**

**Código 2033487**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - QUÍMICAS  
INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2008**

**ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DEL  
ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO COMO INGREDIENTE EN  
FORMULACIONES COSMÉTICAS.**

**PILAR CONSTANZA SUÁREZ MARTÍNEZ**

**Código 2033487**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar al título de Ingeniero Químico.**

**Director**

**Ramiro Martínez Rey.**

**Ingeniero Químico Ph.D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - QUÍMICAS  
INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2008**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres Nubita y Rafael, quienes con su amor, enseñanza, comprensión, paciencia y total apoyo, han hecho posible el cumplimiento de este objetivo. Y porque a pesar de las adversidades siempre están a mi lado, recordándome que no estoy sola y que todo se puede lograr con esfuerzo y amor.**

**A mi hermana Diana Sofía, que ha sido durante toda la vida, mi confidente, mi amiga, mi apoyo, mi compañera de luchas, ... mi segunda madre.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Gracias a mis padres por su apoyo incondicional y sobre todo por llenar mi vida de amor.**

**A mi hermana por su compañía y amor.**

**A mi director de proyecto, Dr. Ramiro Martínez Rey por su orientación y apoyo en el desarrollo de este proyecto.**

**Al Ingeniero Tito Salcedo y a la empresa “Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A” por su confianza, amabilidad, compromiso y ayuda constante.**

**A la Ingeniera Paola Acevedo por su orientación en el estudio financiero.**

**A Ivonne por su amistad incondicional.**

**A todas las personas que de una u otra forma aportaron algo a mi vida durante este proceso.**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. INFORMACIÓN BÁSICA Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE	4
1.1 ÁCIDOS GRASOS	4
1.2 ÁCIDO OLÉICO	4
1.3 ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO (DHSA, Dihydroxystearic Acid)	5
1.3.1 Posibles usos del DHSA	6
1.3.2 DHSA como ingrediente cosmético	6
1.3.3 Derivados del ácido dihidroxiesteárico (DHSA).	8
1.3.4 Formulaciones cosméticas en las que se incluye el DHSA como tal o como recubrimiento para pigmentos.	9
2. ESTUDIO TÉCNICO	12
2.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO (DHSA) CRUDO	12
2.1.1 Producción del DHSA crudo a través de la ruta del ácido perfórmico (RPF), a escala de laboratorio	12
2.1.2 Producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido peracético (RPC), a escala piloto desarrollada por MPOB	14
2.1.3 Producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido perfórmico (RPF), a escala piloto desarrollada por MPOB	15
2.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO (DHSA) PURIFICADO	16
2.2.1 Producción de DHSA purificado, según planta piloto desarrollada por MPOB	16
2.3 PROPUESTA PRELIMINAR PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO QUE SE ENCARGUE DE LA PRODUCCIÓN DE DHSA PURIFICADO	18

2.3.1 Simulación del proceso de producción de DHSA crudo a escala piloto	18
2.3.2 Propuesta para el proceso de purificación del DHSA crudo, a escala piloto	22
3. ESTUDIO DE MERCADO	24
3.1 MERCADO MUNDIAL DE COSMÉTICOS.	24
3.2 MERCADO NACIONAL DE COSMÉTICOS.	26
4. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN	27
4.1 Microlocalización	27
4.2 Localización de materias primas y demás insumos	27
4.3 Infraestructura de servicios públicos disponibles	27
5. ESTUDIO FINANCIERO	28
5.1 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN	28
5.1.1 Inversión fija	28
5.1.2 Inversión de trabajo	28
5.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS	28
5.2.1 Costos de Producción	28
5.3 INGRESOS	29
5.3.1 Determinación del precio del DHSA purificado	29
5.3.2 Cálculo de ingresos	29
5.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA	29
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	37

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Hidrólisis de un triglicérido	4
Figura 2. Estructura química del 9,10-DHSA	6
Figura 3. Reacciones ruta RPF, a escala laboratorio. (1) Reacción de formación del ácido perfórmico; (2) Reacción de formación del epóxido (ácido epoxioctadecanoico); y (3) Reacción de hidroxilación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	13
Figura 4. Reacciones ruta RPF, a escala piloto. (1) Reacción de formación del ácido perfórmico; (2) Reacción de formación del epóxido (ácido epoxioctadecanoico); y (3) Reacción de hidroxilación con H <sub>2</sub> O	16
Figura 5. Diagrama utilizado en la simulación en HYSYS para la producción de DHSA crudo	19

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Formulación de una base	10
Tabla 2. Formulación de una pestañina	10
Tabla 3. Formulación de un lápiz labial	11
Tabla 4. Condiciones y composiciones de las corrientes de alimentación al reactor CVR-100	20
Tabla 5. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor X-100	21
Tabla 6. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del separador de fases V-101	21
Tabla 7. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor X-101	22
Tabla 8. Especificaciones del DHSA crudo y purificado que se ajustan a los resultados de la simulación	23
Tabla 9. Propiedades del DHSA crudo estimadas con la opción componentes hipotéticos del programa HYSYS	23

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Procesos de obtención del ácido oléico	38
Anexo B. Hoja de datos de seguridad DHSA crudo	40
Anexo C. Prueba de irritación del DHSA crudo y purificado.	41
Anexo D. Diagrama de flujo del proceso de obtención de DHSA crudo mediante la ruta del ácido perfórmico (RPF), a escala de laboratorio utilizando H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> en la reacción de hidroxilación	42
Anexo E. Diagrama de flujo del proceso de producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido peracético (RPC), a escala piloto desarrollada por MPOB	43
Anexo F. Diagrama de flujo del proceso de producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido perfórmico (RPF), a escala piloto desarrollada por MPOB	44
Anexo G. Composición de ácidos grasos del ácido oléico comercial	45
Anexo H. Especificaciones del DHSA crudo y purificado	46
Anexo I. Algunos de los principales ácidos grasos en la composición del DHSA crudo y purificado	47
Anexo J. Diagrama de flujo propuesto para la producción de DHSA purificado a escala piloto.	48
Anexo K. Características principales de las sustancias involucradas en los procesos de producción del DHSA crudo y purificado	49
Anexo L. Principales países de destino exportaciones colombianas de cosméticos Nov 2007	50
Anexo M. Principales países de origen importaciones colombianas de cosméticos Nov 2007	51
Anexo N. Estimación de la inversión total	52
Anexo O. Estimación de costos totales.	54
Anexo P. Flujo neto de caja en dólares.	57

## RESUMEN

### 1. TÍTULO

ESTUDIO TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DEL ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO COMO INGREDIENTE EN FORMULACIONES COSMÉTICAS\*

### 2. AUTOR

PILAR CONSTANZA SUÁREZ MARTÍNEZ\*\*

### 3. PALABRAS CLAVES

Ácido Dihidroxiesteárico, ácidos dihidroxi, ácido oléico, epoxidación, hidroxilación.

### 4. DESCRIPCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio técnico-económico preliminar para determinar la conveniencia de montar una planta piloto para la producción de ácido dihidroxiesteárico (DHSA) purificado a partir de ácido oleico crudo comercial. El DHSA, sus sales metálicas y ésteres son sustancias que pueden utilizarse como ingredientes en formulaciones cosméticas tales como lápices labiales, polvos compactos, pestañinas, brillos, sombras para ojos, rubores y bases. Este proyecto tiene el fin de incentivar principalmente al sector palmero colombiano para que invierta recursos en un estudio más profundo acerca de la producción del DHSA a escala de laboratorio y posteriormente a escala piloto.

El estudio está constituido por cinco capítulos distribuidos así: Información Básica y Análisis del Estado del Arte, Estudio Técnico, Estudio de Mercado, Estudio de localización y Estudio Financiero. A través de estos capítulos se describe con mayor detalle que es el DHSA, sus propiedades físicas, químicas y principalmente cosméticas; adicionalmente se analiza de donde y como se obtiene el DHSA, en que formulaciones cosméticas se puede incluir y su efecto en ellas; el mercado de productos cosméticos a nivel mundial y nacional; una simulación del proceso de producción de DHSA con el programa HYSYS y finalmente una evaluación financiera que demuestra la rentabilidad del proyecto.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Ph. D. Ramiro Martínez Rey

## **ABSTRACT**

### **1. TITLE**

ECONOMIC TECHNICAL STUDY FOR THE PRODUCTION OF DIHYDROXYSTEARIC ACID LIKE INGREDIENT IN COSMETIC FORMULATIONS\*

### **2. AUTHOR**

PILAR CONSTANZA SUÁREZ MARTÍNEZ\*\*

### **3. KEY WORDS**

Dihydroxystearic acid, oleic acid, epoxydation, hydroxylation.

### **4. DESCRIPTION**

The present work has as purpose to perform a preliminary economic technical study to determine the convenience of mounting a pilot plant for the purified dihydroxystearic acid (DHSA) production from commercial crude oleic acid. DHSA, its metallic salts and esters are substances that can be used like ingredients in cosmetic formulations such as lipsticks, powders compact, mascaras, lip gloss, eye shadow, rouges and foundations. This project has the aim to give an incentive mainly to the producing Colombian sector of palm to invest resources in a deeper study about the production of the DHSA to a laboratory scale and later to pilot scale.

The study is constituted by five chapters distributed thus: Basic information and Analysis of the State-of-the-art, Technical Study, Study of Market, Location Study and Financial Study. Through these chapters it is described in detail what is the DHSA, its physical, chemical and mainly cosmetic properties; additionally it is analyzed of where and how the DHSA is obtained, in which cosmetic formulations can be included and its effects in them; the market of cosmetic products at world-wide and to national level; a simulation of the DHSA production process with HYSYS program and finally a financial evaluation that demonstrates the yield of the project.

---

\*Project Degree

\*\*Physicochemical Engineering's Faculty. Chemical Engineering School. Director Ph. D Ramiro Martínez Rey.

## INTRODUCCIÓN

La industria oleoquímica ha tenido un crecimiento destacado a nivel mundial; la productividad y su comercialización, la tendencia de la demanda y las proyecciones del mercado, así lo demuestran. Es por esto que en Colombia la industria oleoquímica se ha visto como una oportunidad para el desarrollo económico nacional en cuanto a la comercialización de los productos derivados de los aceites de palma y palmiste.

En los últimos años la tendencia de los consumidores se ha encaminado hacia los productos naturales o derivados de ellos, por lo que se creó la necesidad de buscar nuevas fuentes de materia prima para los oleoquímicos y los productos de consumo final. Los aceites de palma y palmiste se convierten entonces en una posible fuente de recursos de productos básicos e intermedios que servirían de base a una industrialización basada en cadenas de valor de un cultivo, que para Colombia significa en este momento uno de los sectores económicos con mayor potencial de desarrollo.

Cabe destacar que la palma de aceite es considerada un cultivo ecológico, aspecto que hoy en día es fundamental, pues no hay la necesidad de talar bosques, contribuye a mitigar el calentamiento global, no produce residuos porque todas sus partes son utilizadas y crea microclimas y ambientes favorables para la sostenibilidad de los cultivos. La industria nacional debe fortalecer y estimular el crecimiento de la economía colombiana. Es por esto que aprovechar materias primas disponibles como los aceites de palma y de palmiste para la

producción de oleoquímicos puede equilibrar la balanza comercial negativa que tienen estos productos y fomentar el crecimiento de las industrias que utilizan oleoquímicos en la manufactura de diversos productos de consumo final. Una de ellas es la industria cosmética, sector económico que ha tenido un crecimiento de más del 100% los últimos años.

Muchos ingredientes útiles en cosmetología se obtienen con facilidad de los aceites de palma y palmiste. Los ácidos grasos por ejemplo, desempeñan una función importante en muchos cosméticos, como emulsionantes tradicionales. Sin embargo existen derivados más complejos, como los que se pueden obtener a partir de la parte oleica de los ácidos grasos, ya que el doble enlace da lugar a la preparación de muchas categorías de sustancias mediante reacciones de adición simple.

Una de las sustancias obtenidas a partir del ácido oléico más interesantes y destacadas debido a sus propiedades cosméticas, es el ácido dihidroxiesteárico o DHSA por sus siglas en inglés. Este ácido puede ser utilizado como tal o a modo de recubrimiento de pigmentos en formulaciones cosméticas de lápices labiales, pestañinas, brillos, sombras para ojos y polvos compactos. El DHSA optimiza las características de estos productos cosméticos, les proporciona un mayor valor agregado y los posiciona en un nivel competitivo con respecto al mercado extranjero.

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio técnico-económico preliminar para determinar la conveniencia de montar una planta piloto que se encargue de la producción de ácido dihidroxiesteárico (DHSA) purificado.

La concepción de este proyecto la tuvo el Ingeniero Tito Salcedo, Gerente General de la empresa "Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A", con el objetivo de encontrar nuevas alternativas de mercado para la industria palmera, por consiguiente este documento se considera confidencial.



incorpora a muchos productos de cuidado personal como: cremas de afeitar, cremas para manos y cuerpo, desmaquilladores, bases para la cara, sombras, labiales, tinturas para el cabello y champú, entre otros.<sup>[1]</sup>

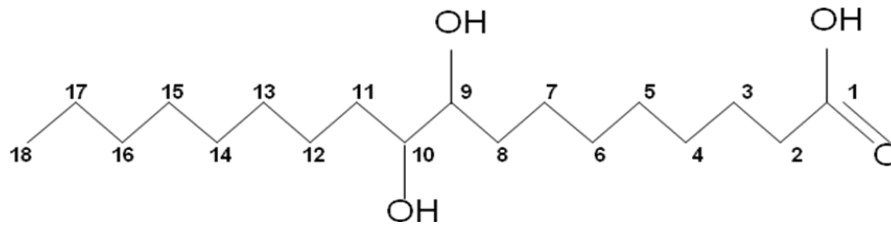
La fuente convencional del ácido oléico (aceite rojo) es el sebo animal, pero en países como Colombia que tiene abundancia de aceites vegetales, las fuentes del ácido oléico podrían ser los aceites de palma y palmiste. El bajo contenido de ácido linoleico y alto contenido de ácido oléico (hasta 50%) en el aceite de palma hace de este una fuente ideal para obtener un mejor ácido oléico económicamente hablando.

La otra posibilidad es el aceite de palmiste, ya que debido a la alta demanda y producción de sus fracciones de mayor valor, es decir los ácidos grasos  $C_{12} - C_{14}$ , existe también una creciente cantidad de subproductos de bajo valor como el ácido oléico.<sup>[1] - [2] - [3]</sup> En el Anexo A se discuten en detalle varios aspectos acerca de la obtención del ácido oléico.

### **1.3 ÁCIDO DIHIDROXISTEÁRICO (DHSA, Dihydroxystearic Acid)**

El DHSA es un sólido con un alto punto de fusión (132-136°C) pero de menos de 95°C en condiciones húmedas; su fórmula química es  $C_{18}H_{36}O_4$  y el peso molecular es de 316; no es soluble en agua y se disuelve en etanol caliente, isopropanol, acetona y lípidos. La estructura del DHSA es única (Figura 2), puesto que contiene dos grupos de alcoholes y un grupo carboxílico en una cadena larga de hidrocarbóno. En el Anexo B se encuentra la ficha técnica del DHSA crudo.<sup>[4]</sup>

Figura 2. Estructura química del 9,10-DHSA. (Fuente elaboración propia)



**1.3.1 Posibles usos del DHSA.** El DHSA tiene muchos usos posibles. La presencia de dos grupos hidroxilo implica la posibilidad de ser utilizado como poliol para la producción de poliuretano, ser etoxilado y hacerlo reaccionar con un ácido para formar ésteres. El jabón de sodio tiene la posibilidad de ser utilizado como agente anticorrosivo. <sup>[5]</sup>

El grupo carboxílico puede reaccionar con alcohol<sup>[6]</sup> para formar ésteres y la molécula puede auto condensarse para formar un éster polimerizado también conocido como estolide<sup>[7]</sup>, que pueden encontrar usos en la industria alimenticia y en productos cosméticos y de cuidado personal. Muchos trabajos de exploración en los laboratorios de la MPOB (Malaysian Palm Oil Board) indican también la posibilidad de que el DHSA sea utilizado como ingrediente en formulaciones cosméticas. <sup>[8]</sup>

**1.3.2 DHSA como ingrediente cosmético.** El DHSA producido a partir del ácido oleico crudo no es adecuado para cosméticos debido a la presencia de ácidos C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> que irritan la piel (ver Anexo C). Se recomienda la cristalización con isopropanol para mejorar la pureza del DHSA. Después de este proceso el producto es de color blancuzco, insaboro y con un ligero olor ácido, pero no irrita la piel y puede ser usado como ingrediente en formulaciones cosméticas. Mediante evaluaciones de seguridad *in vitro* e *in vivo* se ha demostrado que el DHSA purificado no produce alguna irritación o sensibilización. <sup>[5] - [9] - [10]</sup>

-[11]

El DHSA, en su calidad de ácido orgánico graso, tiene un comportamiento bastante inusual con el agua. Es compatible con los ingredientes cosméticos y su hidrofobicidad junto con una buena polaridad permite su uso como ingrediente, en formulaciones de maquillaje y para recubrimiento de pigmentos. <sup>[5] - [12]</sup>

Puede enlazar muy fuertemente una molécula de agua por cada molécula de ácido graso en un ambiente húmedo, que únicamente puede liberarse en un medio ambiente seco. Sus derivados <sup>[13] - [14]</sup> conservan esa propiedad, como es el caso de ésteres y sales metálicas, y es muy interesante para los productos de cosmetología usados en tratamientos de piel seca. <sup>[15] - [16]</sup>

El ácido también se ha utilizado para el recubrimiento de pigmentos minerales; ese tratamiento vuelve más lipofílico el pigmento y reduce las diferencias de conducta física entre diferentes tipos de óxidos metálicos (por ejemplo, óxido de hierro y dióxido de titanio). Los pigmentos recubiertos con DHSA se han usado en formulaciones de lápices labiales, brillos, pestañinas y rubores; como agente espesante para aceites y grasas; compactante y afirmante para polvos; agente esparcidor y para mejorar el brillo de los lápices labiales. Los pigmentos recubiertos con DHSA también influyen positivamente en la humectación de la piel. <sup>[12] - [15]</sup>

El DHSA puede utilizarse en cosméticos como ingrediente estructural en productos fundidos como son, por ejemplo, los labiales <sup>[17]</sup> en proporción de 8-10% en peso, en los que mejora el brillo y aplicación, a la vez que provee una sensación sedosa. Cuando el DHSA se usa en la fase de cera los hace más fuertes (el labial no se parte con facilidad) y más fáciles de aplicar.

El uso de pigmentos con revestimiento de DHSA (10% en peso) en labiales, mejora las características de brillo y de permanencia en la piel por más tiempo. La sal de zinc, usada como recubrimiento de pigmentos, elimina el efecto “lancha” (donde los bordes del trazado de color no son suaves) ya que da mejor coordinación de los aceites en la fase de cera. <sup>[15]</sup> En los brillos, los pigmentos recubiertos con la sal de zinc mejoran notablemente la homogeneidad. <sup>[5] - [12]</sup>

En la formulación de pestañinas los pigmentos recubiertos con DHSA mejoran notablemente el efecto de rizado y al mismo tiempo reducen el tiempo de secado. Los pigmentos recubiertos con la sal de zinc mejoran el recubrimiento de las pestañas y dan una sensación de aumento del volumen de las mismas. <sup>[5] - [15]</sup> El DHSA usado como único recubrimiento de pigmentos en polvos compactos aumenta la hidrofobicidad dando una sensación aterciopelada en la piel, aumenta la adhesión a la piel y la durabilidad. En el caso de recubrimientos con la sal de zinc, mejora la distribución y claridad de la piel. <sup>[5]</sup>

### **1.3.3 Derivados del ácido dihidroxiesteárico (DHSA).**

- **Sales metálicas.** <sup>[18]</sup> Mientras que la sal de sodio de DHSA es un buen aglutinante para barras de desodorantes y antitranspirantes, su jabón metálico bivalente y trivalente posee propiedades especiales que son muy diferentes a los jabones metálicos tradicionales. En realidad, las propiedades de enlace con el agua de esos ingredientes son muy altas, gracias a los dos grupos hidroxilos adyacentes. Debido a su cadena de alquilo bastante polar, las sales de DHSA presentan una baja compatibilidad con hidrocarburos, si se les compara con el estereato de magnesio, a la vez que demuestran una creciente absorción de más aceites polares. <sup>[5] - [15]</sup>

- **Ésteres del DHSA.** <sup>[19]</sup> - <sup>[20]</sup> Desde el punto de vista de la cosmetología, uno de los ésteres del DHSA más interesantes es el n-octilo, un polvo con un bajo punto de fusión. Se considera que en estado seco tiene una sensación excepcional en la piel y presenta propiedades de enlace en polvos compactos. Es tres veces más eficiente que el estearato de magnesio. <sup>[5]</sup> - <sup>[15]</sup> - <sup>[21]</sup>

**1.3.4 Formulaciones cosméticas en las que se incluye el DHSA como tal o como recubrimiento para pigmentos.** Zarariah <sup>[12]</sup> y otros, investigaron el uso del DHSA y sus sales metálicas en recubrimiento de pigmentos que pueden ser incluidos en formulaciones cosméticas. Dicho estudio demostró la superioridad de estos tomando como referencia formulaciones con ingredientes tradicionales, los resultados fueron descritos en la sección 1.3.2. A continuación se presentan las tres formulaciones que fueron objeto de esa publicación:

- **Base.** Para propósitos de comparación, los pigmentos hierro rojo, óxido de hierro amarillo y dióxido de titanio recubiertos con la sal de calcio fueron reemplazados por pigmentos sin recubrimiento. (Tabla 1)

- **Pestañina.** Para propósitos de comparación, el DHSA y el pigmento negro tratado con la sal de zinc fueron reemplazados por ácido esteárico y un pigmento negro sin recubrimiento respectivamente. (Tabla 2)

- **Lápiz labial.** Para propósitos de comparación, los pigmentos óxido de hierro rojo, óxido de hierro amarillo y óxido de hierro negro recubiertos con la sal de magnesio fueron reemplazados por pigmentos sin recubrimiento. (Tabla 3)

**Tabla 1. Formulación de una base.** <sup>[12]</sup>

<b>Fase</b>	<b>Componente</b>	<b>% en peso</b>	
A	Agua	36,40	
	EDTA disódico	0,05	
	Betaina	2,00	
	Propilenglicol	2,00	
	Glicerina	6,00	
A1	Alumino silicato de magnesio	0,70	
A2	Celulosa microcristalina	0,50	
B	Polideceno hidrogenado	6,00	
	Butilenglicol	7,50	
	Triglicérido Dicapilate/dicaprato	6,00	
	Palmitato isopropílico	4,00	
	Cera de abejas	4,00	
	Estearato de glicerilo	2,00	
	Ácido polihidroxiesteárico	0,50	
	Ceteth-20	2,00	
	Propilparabeno	0,15	
	Metilparabeno	0,30	
	BHT	0,05	
	B1	C.1 77492*	0,70
		C.1 77491*	11,50
		C.1 77891*	3,00
C	Almidón de aluminio	3,00	
	Succinato de oenilo	0,20	
D	Agua	0,15	
	Quaternium-15	0,02	
E	Perfume	0,15	
<b>*Pigmentos recubiertos con DHSA 10%</b>			

**Tabla 2. Formulación de una pestañina.** <sup>[12]</sup>

<b>Fase</b>	<b>Componente</b>	<b>% en peso</b>
A	Polideceno hidrogenado	1,0
	Triglicéridos de cadena media	1,0
	Phenonip	1,2
	Acetato de tocoferol	0,3
	DHSA	3,0
	Cera de abejas	4,0
	Cera de candelilla	4,0
	Cera de carnauba	4,0
	Brij 721	3,0
	A1	Pigmento negro Zn-DHSA
B	Agua	15,0
	Trietanolamina	2,2
C	Agua	51,3
	EDTA disódico	0,1
C1	Alumino silicato de magnesio	1,7
C2	Natrosol 250	1,2

**Tabla 3. Formulación de un lápiz labial.** <sup>[12]</sup>

<b>Fase</b>	<b>Componente</b>	<b>% en peso</b>
A	Polideceno hidrogenado	34,50
	C.1 77492*	0,95
	C.1 77491*	0,70
	CL1 77499*	0,65
	C.1 77891	3,95
B	Ozokerite	5,5
	Cera de candelilla	5,0
	Cera de abejas	8,0
	Cera de carnauba	1,5
	Oleína de palmiste hidrogenada	6,5
	Lanolina anhidra	7,0
	Polideceno hidrogenado	6,0
	Miristato isopropílico	7,5
	Palmitato isopropílico	5,0
	Alcohol cetílico	0,5
	Trimeticon fenil	3,0
	B1	Acetato de tocoferol
Plástico en polvo		3,0

**\*Pigmentos recubiertos con DHSA 10%**

## 2. ESTUDIO TÉCNICO

### 2.1 SELECCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO (DHSA) CRUDO.

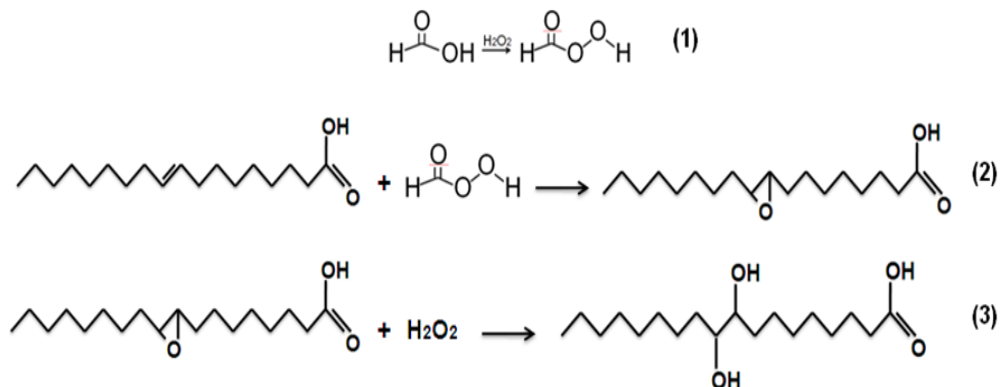
La MPOB ha estudiado dos rutas para la obtención del DHSA crudo a escala piloto, la ruta del ácido peracético RPC y la ruta del ácido per fórmico RPF. Siwayanan <sup>[22]</sup> y otros, demostraron que la ruta RPF es mejor, debido a que mejora el rendimiento del proceso del 72,5% al 96%, reduce los costos de producción en un 30% y también reduce el tiempo del proceso por cochada de 12 a 10 horas. Además, la producción de DHSA crudo puede llevarse a cabo en un solo reactor en vez de dos reactores como es necesario en la ruta RPC. A continuación se describen la ruta RPF a escala de laboratorio y las rutas RPC y RPF a escala piloto.

**2.1.1 Producción del DHSA crudo a través de la ruta del ácido per fórmico (RPF), a escala de laboratorio.** Ahmad <sup>[23]</sup> y otros, desarrollaron a escala de laboratorio algunas prácticas del proceso de obtención del DHSA crudo a través de la ruta RPF; a continuación se describe la prueba con la que se obtuvo un grado más alto de pureza y conversión:

Los reactivos utilizados fueron: 250 g (0.94 moles) de ácido oléico (70%), 43.2 g (0.94 moles) de ácido fórmico (94%), 73.6 g (2.16 moles) de peróxido de hidrógeno (50%) y 0.5 g ( $5.09 \cdot 10^{-3}$  moles) de ácido sulfúrico (98%).

El proceso comienza adicionando al reactor las cantidades totales de ácido oléico ( $C_{18}H_{34}O_2$ ), ácido fórmico ( $CH_2O_2$ ), ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y el 15% de la cantidad total del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Es aconsejable seguir esta secuencia de adición de reactivos ya que puede afectar el producto final. La mezcla debe homogeneizarse por medio de agitación continua. En el reactor tienen lugar dos reacciones exotérmicas, la primera entre el  $CH_2O_2$  y el  $H_2O_2$  en presencia de  $H_2SO_4$  (catalizador) para producir ácido perfórmico ( $CH_2O_3$ ) “*in situ*” y la segunda entre el  $CH_2O_3H$  formado y el doble enlace ( $C=C$ ) del ácido oléico (Figura 3, reacciones 1 y 2). Debido a estas dos reacciones y a la agitación constante, se observa un incremento en la temperatura de la mezcla, de  $25^\circ C$  a  $60^\circ C$ .

**Figura 3. Reacciones ruta RPF, a escala laboratorio. (1) Reacción de formación del ácido perfórmico; (2) Reacción de formación del epóxido (ácido epoxioctadecanoico); y (3) Reacción de hidroxilación con  $H_2O_2$ . (Fuente: Elaboración propia)**



Cuando se observa un ligero descenso en la temperatura de la reacción ( $55^\circ C$ ) se adiciona la cantidad restante de  $H_2O_2$  (62.56 g) lentamente sin dejar de agitar para que se lleve a cabo la hidroxilación. La temperatura de reacción debe mantenerse entre  $80^\circ C$  y  $90^\circ C$ , mediante la aplicación de calor si es necesario, puesto que Ahmad <sup>[23]</sup> y otros,

demonstraron por medio de su investigación que dicho rango de temperatura es el óptimo para la reacción de hidroxilación.

El tiempo durante el cual se lleva a cabo la reacción de hidroxilación (5 horas), depende del contenido de oxígeno oxirano (COO) que es analizado hasta que su valor es inferior a 0,05. Lo que indica que el epóxido (ácido epoxioctadecanoico,  $C_{18}H_{34}O_3$ ) se ha convertido en DHSA (Figura 3, reacción 3).

El producto de la reacción se pasa a un embudo separador y se deja allí hasta que se pueda observar la formación de dos capas. La capa de arriba es el producto deseado y la capa de abajo es el ácido que no reaccionó. Por tanto el ácido que no reaccionó constituido por  $H_2O_2$ ,  $CH_2O_2$ ,  $CH_2O_3$  y otras impurezas, se drena, mientras el producto deseado se deja solidificar. Más tarde el producto solidificado se lava con una cantidad adecuada de agua fría (5-10°C), hasta que el pH del agua de lavado y del producto tenga un valor de 2,5 a 3.

Después del proceso de lavado, el producto es secado al vacío a una presión de 0,1 bar y a una temperatura de 70°C. El nivel de humedad en el producto debe mantenerse por debajo del 3% para facilitar la purificación del producto. En el Anexo D se detallan los pasos de este proceso.

**2.1.2 Producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido peracético (RPC), a escala piloto desarrollada por MPOB.** En este proceso, el ácido peracético se forma "*in situ*" por reacción de ácido acético glacial (>99%) y peróxido de hidrógeno (50%) en presencia de ácido sulfúrico, esto ocurre en el reactor R1. El ácido peracético, que actúa como agente oxidante, convierte espontáneamente la

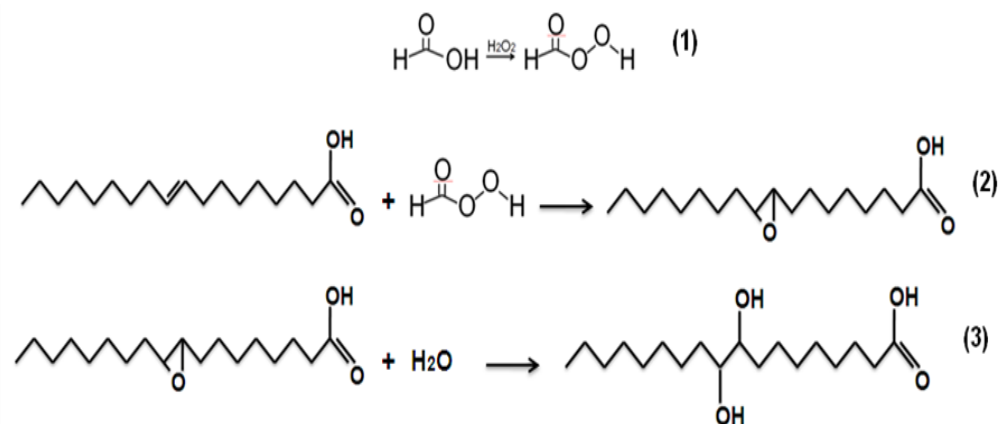
insaturación presente en el ácido oléico crudo para formar los epóxidos. Esos epóxidos son luego hidrolizados para formar el DHSA.

La epoxidación y la hidrólisis se llevan a cabo en el reactor R2. El ácido que no reaccionó se remueve en R2 mientras el DHSA crudo se lava en S1 durante 5 o 6 minutos con agua caliente para eliminar el ácido sin reaccionar aún presente. El DHSA crudo lavado tiene una pureza del 55 - 58%. Sin embargo, el proceso para convertir ácido oléico crudo en DHSA fue reinvestigado con una nueva ruta usando ácido perfórmico (ruta RPF). En el Anexo E se encuentra el diagrama de flujo de la ruta RPC.

**2.1.3 Producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido perfórmico (RPF), a escala piloto desarrollada por MPOB.** <sup>[22]</sup> La diferencia con el proceso a escala de laboratorio, radica principalmente en la sustancia usada para la reacción de hidroxilación (apertura del epóxido), ya que en la planta piloto se utiliza  $H_2O$  en vez de  $H_2O_2$ , reactivo que se requiere únicamente en la formación del  $CH_2O_3$ . Por lo tanto, el proceso es el siguiente:

Se comienza adicionando en secuencia las cantidades totales de  $C_{18}H_{34}O_2$ ,  $CH_2O_2$ ,  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$ , al reactor. Posteriormente se procede de igual forma que en la sección 2.1.1 hasta que ocurre la epoxidación. Luego, ya formado el epóxido, se procede a realizar el proceso de hidroxilación con agua caliente.<sup>[24]</sup> El ácido que no reaccionó se remueve en R2 mientras el DHSA crudo se lava en S1 durante 5 o 6 minutos con agua caliente para eliminar el ácido sin reaccionar aún presente. Las reacciones que tienen lugar en el reactor se resumen en la Figura 4 y el diagrama de flujo del proceso a escala piloto se puede observar en el Anexo F.

Figura 4. Reacciones ruta RPF, a escala piloto. (1) Reacción de formación del ácido per fórmico; (2) Reacción de formación del epóxido (ácido epoxioctadecanoico); y (3) Reacción de hidroxilación con H<sub>2</sub>O. (Fuente: Elaboración propia)



## 2.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO DIHIDROXIESTEÁRICO (DHSA) PURIFICADO.

Debido a la pureza del ácido oléico crudo obtenido del aceite de palma de grado comercial, el DHSA crudo producido tiene un rango de pureza de solamente 55 a 70% y una cantidad considerable de ácidos octanoico (caprílico) y decanoico (cáprico) además de pequeñas cantidades de ácidos grasos insaturados y saturados de cadena larga (Anexo G). Los ácidos octanoico y decanoico provenientes del ácido oléico crudo son irritantes para la piel pero son removidos durante el proceso de purificación.

**2.2.1 Producción de DHSA purificado, según planta piloto desarrollada por MPOB.** Este proceso consta de tres etapas: (i) cristalización con solvente, (ii) remoción del solvente y (iii) proceso de secado. Siwayanan<sup>[22]</sup> y otros, consideraron por aspectos de costos y

seguridad, que el solvente apropiado es una mezcla de isopropanol/agua (80:20).<sup>[24]</sup>

El proceso comienza con el DHSA crudo a una temperatura de 60°C, estando en forma líquida y es mezclado con una solución de isopropanol/agua (80:20) en una proporción 1:1 peso/volumen. La mezcla de DHSA crudo e isopropanol/agua se deja enfriar gradualmente hasta la temperatura ambiente y luego es enfriada hasta 5°C a fin de que la cristalización se produzca y asegurar el máximo rendimiento. Los cristales de DHSA en forma de torta húmeda son separados del isopropanol usando un tamiz mecánico vibratorio. La pureza del DHSA después del primer proceso de cristalización es de aproximadamente 70%.

Es necesario llevar a cabo la segunda cristalización del DHSA crudo con el fin de lograr la pureza hasta el 80%. Después de remover el isopropanol por medio del tamiz vibratorio, el DHSA purificado es lavado con agua y luego secado. En el Anexo H se muestran las especificaciones del DHSA crudo y purificado.<sup>[22]</sup>

Estudios de cromatografía revelan que cuando se incrementa la concentración de isopropanol en el solvente<sup>[24]</sup> (mezcla isopropanol/agua) durante la cristalización, la efectividad en la remoción de impurezas es mayor, por lo tanto se obtienen cristales más puros.

Una posible explicación para este fenómeno es que el solvente reduce la viscosidad de la mezcla de DHSA, dando como resultando una mayor difusividad que lleva a una mejor selectividad y separación de fases. Esto demuestra que el isopropanol es el agente apropiado para eliminar las impurezas orgánicas presentes en el DHSA crudo.

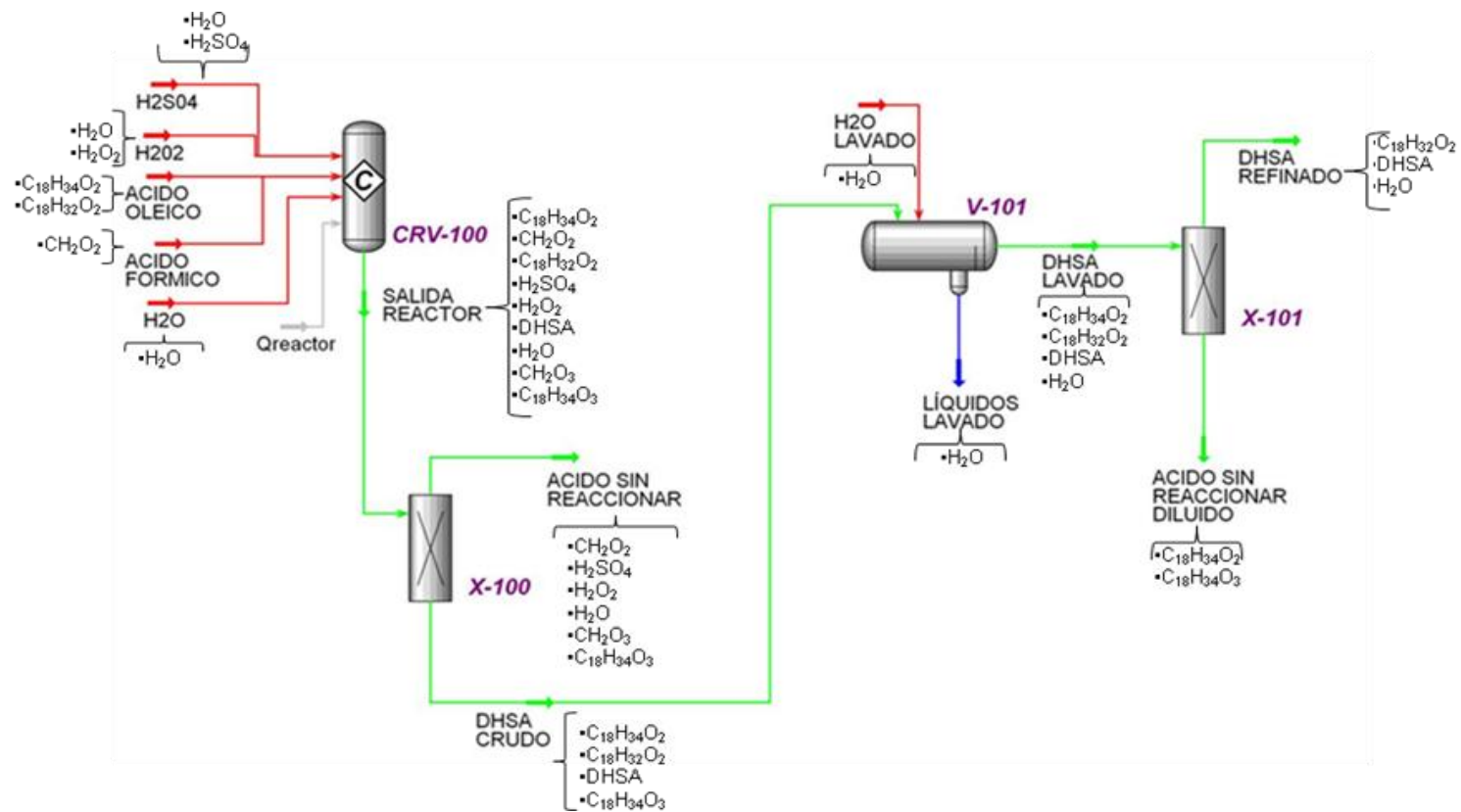
Teóricamente, la cristalización debería producir cristales puros. Sin embargo la eliminación de impurezas no es 100% eficiente (ver Anexo I). Esto puede deberse a que cuando los cristales son removidos de la torta final, algo del licor madre queda adherido a la superficie de los cristales, dando como resultado impurezas en el producto final.

### **2.3 PROPUESTA PRELIMINAR PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO QUE SE ENCARGUE DE LA PRODUCCIÓN DE DHSA PURIFICADO**

Para el desarrollo de este estudio preliminar se planteó un diagrama de flujo de proceso para la producción de DHSA purificado (ver Anexo J), se realizó la simulación del proceso de producción de DHSA crudo a través de la ruta RPF en HYSYS y se planteó un sistema de purificación del DHSA crudo utilizando como solvente isopropanol para obtener la mínima cantidad de perdidas.

**2.3.1 Simulación del proceso de producción de DHSA crudo a escala piloto.** Para efectos de la simulación se trabajó con ácido fórmico puro y se supuso que el ácido oléico comercial está compuesto por 70% ácido oléico y 30% ácido linoleico. Además se utilizaron datos de conversión publicados por Ahmad<sup>[23]</sup> y otros; esto significa que para la reacción de formación del ácido perfórmico *in situ* la conversión es del 98%, para la reacción de epoxidación del 90% y para la reacción de obtención de DHSA crudo del 79%. En la Figura 5 se muestra el diagrama utilizado en la simulación en HYSYS para la producción de DHSA crudo. (Ver Anexo K)

Figura 5. Diagrama utilizado en la simulación en HYSYS para la producción de DHSA crudo. (Fuente: HYSYS)



A continuación se presentan las características de las corrientes principales del proceso:

En la Tabla 4 se muestran las corrientes de alimentación al reactor **CRV-100** y su composición. En el reactor **CVR-100**, ocurren tres reacciones: (1) el ácido fórmico reacciona con el peróxido de hidrógeno para formar ácido per fórmico *in situ*, (2) el ácido per fórmico producido *in situ* reacciona con el ácido oleico para producir el epóxido y (3) la hidrólisis del epóxido para obtener el DHSA crudo. La conversión en estas reacciones es de 98, 90 y 79% respectivamente.

**Tabla 4. Condiciones y composiciones de las corrientes de alimentación al reactor CVR-100. (Fuente: HYSYS)**

Corriente	ACIDO FÓRMICO	ACIDO OLÉICO	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
Temperatura (°C)	25	25	25	25	90
Presión (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3
Flujo Molar (kmol/h)	1	2,750	4	0,004	3,5
Flujo másico (kg/h)	46,03	775,1	104,1	0,3859	63,05
Composición de la corriente.	1,0 (CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,7 (C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> ) 0,3 (C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> )	0,5 (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) 0,5 (H <sub>2</sub> O)	0,98 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 0,02 (H <sub>2</sub> O)	1,0 (H <sub>2</sub> O)

La corriente de salida del reactor **CVR-100** denominada **SALIDA REACTOR**, es alimentada al divisor **X-100** que simula el comportamiento de un juego de válvulas, aquí se obtienen dos corrientes de salida, llamadas **DHSA CRUDO** y **ACIDO SIN REACCIONAR**. En la Tabla 5 se presentan las condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor.

**Tabla 5. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor X-100. (Fuente: HYSYS)**

CORRIENTE	SALIDA REACTOR	DHSA CRUDO	ACIDO SIN REACCIONAR
Temperatura (°C)	90	86,5	86,5
Presión (kPa)	101,3	101,3	101,3
Flujo Molar (kmol/h)	7,069	3,018	4,051
Flujo másico (kg/h)	988,6	911,1	77,55
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,0272	0,0638	0,0000
Comp. Molar CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,0028	0,0000	0,0490
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,1167	0,2734	0,0000
Comp. Molar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0006	0,0000	0,0010
Comp. Molar H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,0057	0,0000	0,0099
Comp. Molar DHSA	0,2235	0,5235	0,0000
Comp. Molar H <sub>2</sub> O	0,5542	0,0000	0,9671
Comp. Molar CH <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0098	0,0000	0,0171
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	0,0595	0,1394	0,1394

La corriente denominada **DHSA CRUDO** es alimentada al separador de fases **V-100** que simula el comportamiento de un equipo de lavado, allí se le realiza un lavado con agua caliente para eliminar el ácido que no reaccionó. Se utilizan 51 kmoles de agua a una temperatura de 80°C. En la Tabla 6 se muestran las condiciones y composiciones de las corrientes de entrada (DHSA CRUDO y H<sub>2</sub>O LAVADO) y salida (LIQUIDOS LAVADO y DHSA LAVADO) del separador **V-101**.

**Tabla 6. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del separador de fases V-101. (Fuente: HYSYS)**

CORRIENTE	DHSA CRUDO	H2O LAVADO	LIQUIDOS LAVADO	DHSA LAVADO
Temperatura (°C)	86,5	80	81,9	81,9
Presión (kPa)	101,3	101,3	101,3	101,3
Flujo Molar (kmol/h)	3,018	51	50,97	3,051
Flujo másico (kg/h)	911,1	918,8	918,2	911,7
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,0638	0,0000	0,0000	0,0631
Comp. Molar CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,2734	0,0000	0,0000	0,2704
Comp. Molar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar DHSA	0,5235	0,0000	0,0000	0,5179
Comp. Molar H <sub>2</sub> O	0,0000	1,0000	1,0000	0,0108
Comp. Molar CH <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	0,1394	0,0000	0,0000	0,0000

La corriente **DHSA LAVADO** es alimentada al divisor **X-101** que simula el comportamiento de un juego de válvulas con el que la separa en dos corrientes de salida denominadas **DHSA REFINADO** y **ACIDO SIN REACCIONAR DILUIDO**. En la Tabla 7 se muestran las condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor **X-101**.

**Tabla 7. Condiciones y composiciones de las corrientes de entrada y salida del divisor X-101. (Fuente: HYSYS)**

CORRIENTE	DHSA LAVADO	DHSA REFINADO	ACIDO SIN REAC. DILUIDO
Temperatura (°C)	81,9	82	82
Presión (kPa)	101,3	101,3	101,3
Flujo Molar (kmol/h)	3,051	2,438	0,6131
Flujo másico (kg/h)	911,7	732	179,7
Comp. Molar $C_{18}H_{34}O_2$	0,0631	0,0000	0,3140
Comp. Molar $CH_2O_2$	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar $C_{18}H_{32}O_2$	0,2704	0,3384	0,0000
Comp. Molar $H_2SO_4$	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar $H_2O_2$	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar DHSA	0,5179	0,6481	0,0000
Comp. Molar $H_2O$	0,0108	0,0135	0,0000
Comp. Molar $CH_2O_3$	0,0000	0,0000	0,0000
Comp. Molar $C_{18}H_{34}O_3$	0,0000	0,0000	0,6860

Según los datos arrojados por la simulación, por cada 775,1 kg de ácido oléico comercial al 70% de pureza, se obtienen 500,01 kg de DHSA crudo de una pureza del 64,80%. Sin embargo el DHSA crudo obtenido por la ruta del RPF es irritante para la piel, por lo tanto debe ser sometido a un proceso de purificación.

**2.3.2 Propuesta para el proceso de purificación del DHSA crudo, a escala piloto.** El proceso de purificación consistirá en varias etapas de cristalización, de tal forma que las pérdidas sean solamente del 2%. Esto significa que de los 500,01 kg de DHSA crudo del 64,80% de pureza, se obtendrán 490 kg de DHSA del 80% de pureza.

El proceso de cristalización esta descrito en la sección 2.2.1, sin embargo el solvente a utilizar será isopropanol y no la solución de isopropanol/agua (80:20), con el fin de aumentar la efectividad en la remoción de impurezas y de esta manera disminuir el número de cristalizaciones a realizar.

En la Tabla 8 se caracterizan el DHSA crudo y purificado, información que se ajusta a la pureza obtenida con la simulación y en la Tabla 9 están las diversas características halladas por medio del programa HYSYS para el DHSA crudo.

**Tabla 8. Especificaciones del DHSA crudo y purificado que se ajustan a los resultados de la simulación. (Fuente: Aplicación para Patente US20050240041A1)**

<b>Propiedades</b>	<b>DHSA Crudo</b>	<b>DHSA Purificado</b>
Pureza DHSA por GC (%)	60 - 70	75 – 80
Valor hidroxil (mg KOH/ g)	180 - 230	270 – 310
Valor de yodo (g I <sub>2</sub> /100 g muestra)	< 15	< 3
Punto de fusión (°C)	75 – 79	85 – 92
Irritación	Irritante	No irritante

**Tabla 9. Propiedades del DHSA crudo estimadas con la opción componentes hipotéticos del programa HYSYS. (Fuente: HYSYS)**

<b>PROPIEDADES BÁSICAS</b>	
<b>Pto. Normal de ebullición (°C)</b>	390,91
<b>Densidad ideal Líquido (kg/m<sup>3</sup>)</b>	978
<b>PROPIEDADES CRÍTICAS</b>	
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	588,77
<b>Presión crítica (kPa)</b>	1581,17
<b>Volumen crítico (m<sup>3</sup>/kgmol)</b>	1,04754

### **3. ESTUDIO DE MERCADO**

Para efectos del presente estudio se asume la disponibilidad total de la materia prima (ácido oléico) e insumos (ácido fórmico, peróxido de hidrogeno, ácido sulfúrico e isopropanol), debido a que la planta piloto es solamente para la producción de 500 kg de DHSA crudo/lote, es decir 490 kg DHSA purificado/lote y, a que es un estudio preliminar. Con respecto a la compra de ácido sulfúrico deben tenerse ciertos permisos ya que también es utilizado para la producción de estupefacientes, sin embargo este ácido es de fácil obtención.

#### **3.1 MERCADO MUNDIAL DE COSMÉTICOS.** <sup>[25]</sup> - <sup>[26]</sup>

Las investigaciones más recientes de Euromonitor Internacional demuestran que en 2006, la industria de cosméticos y artículos de tocador mantuvo una tasa de crecimiento de más del 5% respecto al 2005, su total más alto desde el 2001.

La industria sigue beneficiándose de una combinación de fuertes tendencias macroeconómicas (incluyendo un aumento en el poder adquisitivo del consumidor en todo el mundo); principales factores demográficos como el envejecimiento de la población y una mayor esperanza de vida, un mayor interés en la apariencia y el cuidado personal como un medio de salud preventiva; y los cambios climáticos y en el estilo de vida que están creando oportunidades para nuevos nichos de productos.

Las restricciones legislativas, también están teniendo un impacto positivo porque aumenta la confianza de los consumidores y facilita el comercio internacional, en cuanto a los avances tecnológicos están

mejorando la eficacia del producto y proporcionando a los fabricantes nuevas herramientas de mercadeo y oportunidades de publicidad.

Europa Occidental tiene la mayor cuota global en la venta de productos cosméticos y de tocador, a pesar de que su importancia ha disminuido a través de los años. Actualmente cuenta con un poco menos del 30% del mercado mundial y con un 3% más de ventas con respecto al año anterior. El mercado en América del Norte está estrechamente ligado al de Estados Unidos, donde las ventas del 2006 fueron de más de US \$50 millones.

El crecimiento para el mercado global de cosméticos de color sigue siendo ideal, impulsado por los cambios en las tendencias de color y la innovación. Con ventas estimadas de US \$24 billones en el año 2005, se espera que las ventas globales lleguen a los US \$30 billones en el 2010, según Kline & Company.<sup>[25]</sup> Estos productos representan el 15% del mercado global de cosméticos y productos de cuidado personal. El maquillaje para la cara sigue siendo la categoría más grande con un 40%, seguido por el maquillaje para ojos (27%), maquillaje para labios (25%), y esmaltes de uñas (25%).<sup>[25]</sup>

El maquillaje para ojos registró el mayor crecimiento en más del 6%, impulsado por la avanzada tecnología en pestañinas, una gran demanda en países en desarrollo como China y Brasil; y las nuevas formas y colores de sombras de ojos.

En los Estados Unidos, las ventas en dólares para los cosméticos de color subieron un 3,6% a US \$2,4 billones en el año 2005. Las ventas en dólares de cosméticos para ojos subieron en un 10% y los cosméticos para la cara en un 4%. “L’Oreal continuó dirigiendo la categoría de cosméticos de color con una cuota del 34%”.

“Revlon se movió hacia arriba con una cuota de 20,7% seguido por Procter & Gamble con 20,5%”.<sup>[25]</sup>

La industria está creciendo y por tanto la competencia, es por eso que la innovación es y seguirá siendo un factor determinante para posicionarse en el mercado. Por lo tanto los fabricantes de ingredientes han respondido a la demanda con nuevos productos y tecnologías.

### **3.2 MERCADO NACIONAL DE COSMÉTICOS.**<sup>[27]</sup>

En Colombia, cerca del 80% de la producción de cosméticos y productos de aseo proviene de pequeñas y medianas empresas. Actualmente el sector recibe por ventas 2,3 billones de pesos, sin contar los productos de aseo. Así mismo, el subsector de cosméticos ha tenido un incremento del 100% en los últimos 10 años. El sector también ha venido trabajando desde los laboratorios en el desarrollo de nuevas tecnologías cosméticas, específicamente en productos naturales, con el fin de competir con los importados tradicionales.

Las importaciones totales del sector a Noviembre de 2007 equivalen a **189'943.117 dólares**, estas provienen principalmente de México, Francia y Estados Unidos. En el tema de exportaciones el total equivale a **295'369.665 dólares**. El principal destino es Venezuela, país al que se dirige 36,53% de la producción de cosméticos y elementos de aseo, cifra que equivale a 107'897.130 dólares. Por su parte Ecuador se ha convertido en un destino comercial importante para las empresas que se dedican a este negocio, exportando 20,75% que equivale a 61'278.851 dólares (ver Anexos L y M).

## **4. ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN**

La planta se localizará en la ciudad de Bucaramanga debido a la cercanía a proveedores y clientes, facilidades de transporte, acceso a servicios públicos, excelente servicio de telecomunicaciones y a que es una ciudad netamente comercial.

### **4.1 Microlocalización.**

El lugar específico indicado para su localización es la Zona Industrial de Chimitá ubicada al occidente de la ciudad cerca al municipio de Girón, allí se encuentran un sinnúmero de empresas de diferentes especialidades, motivo por el cual hay facilidades de transporte, accesibilidad a los servicios públicos e industriales, cercanía a los principales proveedores de materias primas, además esta distanciado de las zonas residenciales.

### **4.2 Localización de materias primas y demás insumos.**

Existen varios proveedores, pero la empresa en la que se realizaron las cotizaciones fue MULTIQUIMICOS, localizada en la calle 45 No. 25 – 03.

### **4.3 Infraestructura de servicios públicos disponibles.**

Bucaramanga cuenta con todos los servicios públicos (agua, luz, teléfono, gas) necesarios para el desarrollo de este proyecto, ya que la prestación de servicios es eficiente y oportuna.

## **5. ESTUDIO FINANCIERO**

La planta tendrá una capacidad de producción de 490 kg de DHSA purificado/lote, se programaran 2 lotes/día y se trabajaran 300 días/año, los 65 días restantes serán para el mantenimiento de la planta. Es decir, se producirán 294.000 kg de DHSA purificado/año.

### **5.1 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN**

**5.1.1 Inversión fija.** Capital necesario para proveer de equipos e instalaciones la planta, que garanticen la operación del proyecto. Está constituida por la inversión directa o física y la inversión indirecta, estimadas de acuerdo al método propuesto en el libro Peters and Timmerhaus, partiendo del costo total de equipos que asciende a US\$ 1'000.000. La inversión fija de esta planta corresponde a US\$ 4'770.000.

**5.1.2 Inversión de trabajo.** Capital necesario para la operación de la planta. Se clasifica en: efectivo y bancos; inventario de materia prima y materiales; productos en proceso; inventario de productos terminados y cuentas por cobrar. El valor de la inversión de trabajo se asumió como el 15% de la Inversión Fija, es decir US\$ 715.500.

Por lo tanto, el valor de la inversión total que debe realizarse para el montaje de la planta es de US\$5'485.550 (Ver Anexo N).

### **5.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS**

**5.2.1 Costos de Producción.** Costos ligados a la elaboración del producto (fabricación y gastos de administración). Los costos incluyen el costo de la materia prima y demás insumos, el costo de la mano de

obra directa e indirecta, servicios, mantenimiento (ver Anexo O). Para el primer año de producción (Año 2010) los costos totales son de US\$  $8,67 \cdot 10^7$ .

### **5.3 INGRESOS**

**5.3.1 Determinación del precio del DHSA purificado.** Debido a la falta de información acerca de su precio, se tomó el valor del DHSA crudo suministrado en la página web: <http://www.pfaltzandbauer.com>, es decir US\$ 750/kg.

**5.3.2 Cálculo de ingresos.** Los ingresos están representados por el dinero recibido por concepto de ventas del producto. El cálculo de ingresos y el flujo de caja anuales se presentan en el Anexo P.

### **5.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA.**

Para evaluar si el proyecto es rentable, se utilizaron una serie de indicadores que tienen en cuenta elementos de inversión, costos e ingresos distribuidos en el tiempo que sirven de soporte para tomar una decisión. La evaluación financiera se desarrollo para una vida útil del proyecto de veinte años, de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Precio DHSA purificado US\$ 750/kg. <sup>[29]</sup>
- Impuestos al patrimonio tres por mil sobre valor en libros del patrimonio.
- Impuesto a las utilidades de 35% y TAM de 30%.
- Depreciación lineal de 10% sobre inversión en maquinaria y equipo y de 3% sobre costo inicial de edificaciones hasta valor de salvamento. El resto de la inversión no se deprecia.

- La inversión de trabajo, el precio del producto, los costos de materia prima, servicios, mantenimiento y mano de obra, se valorizan con el índice de inflación establecido como 8%.
- El valor de salvamento se tomó como 50% de la Inversión Física.

La tasa interna de retorno TIR es de 2030% una rentabilidad muy alta, esto se debe principalmente a que el precio del DHSA purificado es de US\$ 750/kg. Las utilidades durante el primer año de funcionamiento son tan altas que se recupera el valor total de la inversión y aún queda dinero. El valor presente neto el primer año de funcionamiento de la planta es de US\$  $8,40 * 10^7$ . (Ver Anexo P)

## CONCLUSIONES

- Se constató que el DHSA purificado es compatible con otros ingredientes cosméticos y confiere distintas propiedades a varias formulaciones como por ejemplo, lápices labiales, pestañinas, polvos, bases, rubores y brillos. Además en todos los casos mejora sus características, proporcionándoles un mayor valor agregado, encaminándolos hacia la nueva tendencia de los consumidores por los productos naturales. Es por esto que la industria cosmética colombiana que ha crecido más del 100% en los últimos diez años, está trabajando desde los laboratorios en el desarrollo de nuevas tecnologías cosméticas.
- Mediante la simulación de la producción de DHSA crudo por la ruta RPF en HYSYS, se encontró que para producir 500,01 kg de DHSA del 64,80% de pureza por lote, se necesitan 775,1 kg de ácido oléico comercial (70%), 46,03 kg de ácido fórmico (100%), 0,3859 kg de ácido sulfúrico (98%), 104,1 kg de peróxido de hidrógeno (50%) y 63,05 kg de agua.
- A partir del análisis financiero y de los resultados obtenidos con la simulación, se encontró que para el montaje de la planta productora de DHSA purificado se necesita una inversión de US\$5'485.500, la cual será recuperada durante el primer año de funcionamiento ya que el proyecto demostró ser muy rentable.

## RECOMENDACIONES

- Desarrollar una etapa experimental previa al montaje de la planta piloto, para tener un punto de referencia real del comportamiento de la ruta del ácido per fórmico (RPF). De esta forma se podrán determinar las cantidades reales de cada reactivo con las que el proceso es más eficiente, además de conocer las conversiones de todas y cada una de las tres reacciones que se llevan a cabo.
- Definir con experiencia en la planta piloto el número de etapas de cristalización necesarias para lograr que las pérdidas sean del 2%, o buscar otras alternativas de purificación del DHSA crudo.
- Es importante ampliar el análisis de mercado si es posible con la colaboración de las industrias Palmera y Cosmética, para tener datos completos y actualizados, y por consiguiente un panorama más claro y real.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Jaimes, Diana., Romero, Carlos y Narváez, Paulo. *Principales Tecnologías para la elaboración de oleoquímicos a partir de los aceites de palma y de palmiste. Primera parte: Tecnología para la producción de oleoquímicos básicos*. PALMAS, 2003. 24.(4.): p. 55 - 70.
2. Bhat, S.G., *Oleic acid - A Value Added Product from Palm Oil*. MPOB., (14763.): p. 2.
3. Jaimes, Diana., Romero, Carlos y Narváez, Paulo. *Principales tecnologías para la elaboración de oleoquímicos a partir de los aceites de palma y de palmiste. Segunda parte: Tecnología para la producción de oleoquímicos derivados*. PALMAS, 2004. 25.(1.): p. 47 - 66.
4. PFALTZ & BAUER, I. *DIHYDROXYSTEARIC ACID MATERIAL SAFETY DATA SHEET*. 2008  
[http://www.pfaltzandbauer.com/data/uploaded\\_files/D30940-MSDS-030607.pdf](http://www.pfaltzandbauer.com/data/uploaded_files/D30940-MSDS-030607.pdf).
5. Ahmad, Salmiah and Rigano, Luigi. *Un ingrediente para cosméticos derivado del aceite de palmiste*. PALMAS, 2004. 25(2): p. 182.
6. Awang, Roila and Ahmad, Salmiah., *Oleochemicals from Palm-based Dihydroxystearic acid*. 2003., PIPOC.

7. Awang Roila., et al. *Characterization of estolides from Dihydroxystearic acid*. Journal of Oil Palm Research., 2007. 19.: p. 6.
8. Ahmad, Salmiah., et al. *Palm dihydroxystearic acid as cosmetic ingredient*. In *Joint JOCS-MPOB Symposium*. 2005. Osaka University, Japan.: MPOB.
9. Aldrin, Zafarizal., et al. *Safety Evaluation for Dermal and Ocular Irritation of Palm Dihydroxystearic Acid as a Cosmetics Ingredient*. Journal of Oil Palm Research. 2005. 17.: p. 160-167.
10. Ahmad, Salmiah and Awang, Roila. *Dihydroxystearic acid derived from palm-based oleic acid*. In *2001 PIPOC International Palm Oil Congress : Cutting-Edge Technologies for Sustained Competitiveness*. 2001. Kuala Lumpur.: MPOB.
11. Awang, Roila., et al. *Characterization of Dihydroxystearic Acid from Palm Oleic Acid*. In *JAOCS.*, MPOB., Editor. 2001. p. 4.
12. Masri, Rubaah., et al. *Surface-Treated Pigment and Process for Producing the Same*. 2006.: Malaysia. p. 5.
13. Rosnah, Ismail., Ahmad, Salmiah., Awang, Roila and Rigano, Luigi. *Di-hydroxystearic Acid, a New Palm Oil Derivative and its Esters: Properties and Application in Decorative Cosmetics*. 2004., MPOB.: Malaysia. p. 6.
14. Basri, Mahiran., et al. *Alkanolamides from 9,10-Dihydroxystearic acid*. Journal of Oil Palm Research., 2006. 18.: p. 8.

15. Rigano, Luigi., *Oportunidades de los aceites de palma y de palmiste en el sector de cosméticos*, In *XV Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite*. 2006: Cartagena.
16. Awang, Roila., et al. *Palm-based hydroxy fatty acids-precursor to surfactants, cosmetics and lubricants.*, In *PORIM Information Series*. 1999: Malasia. p. 2.
17. Rigano, Luigi. *Use and advantages of palm oil derivatives in decorative cosmetics*. In *International Palm Oil Congress, PIPOC 2003. Palm Oil: the Power - house for the Global Oils Fast Economy*. 2003., MPOB.: Putrajaya, Malasia. p. 7 - 14.
18. Awang, Roila., Ahmad, Salmiah and Ghazali, Razmah. *Properties of Sodium Soap derived from palm-based Dihydroxystearic acid*. *Journal of Oil Palm Research.*, 2001. 13.(2.): p. 6.
19. Awang, Roila., et al. *Enzymatic Esterification of Dihydroxystearic Acid.*, MPOB., Editor. 2000. p. 4.
20. Awang, Roila and Ahmad, Salmiah. *Synthesis and characterization of Ester from Dihydroxystearic acid*. *Journal of Oil Palm Research.*, 2000. 12.(1.): p. 5.
21. Awang, Roila., et al. *Large scale production of Octyl-9,10-Dihydroxystearate by immobilized lipase*. *Journal of Oil Palm Research.*, 2007. 19.: p. 5.
22. Siwayanan, Parthiban., et al. *Improve technology for the production of palm-based dihydroxystearic acid (DHSA)*. *PORIM Information Series.*, 2005.(280): p. 4.

23. Sattar, Mohd Norhisham., et al. *Palm-Based Hydroxy Fatty Acid.*, in *PI20041450 or US20050240041*. 2005.: Malaysia. p. 6.
24. Siwayanan, Parthiban., et al. *Cristallization of dihydroxystearic acid (DHSA) produced from comercial grade palm oil based crude oleic acid employing isopropyl alcohol as solvent.* International Journal of Engineering and Technology., 2006. 3.(1.): p. 115-124.
25. Guzman, Doris. *Color cosmetics glow.* 2006.  
[www.specialchem4cosmetics.com](http://www.specialchem4cosmetics.com).
26. Global Cosmetic Industry. *State of the Industry: Eco-values Escalate.* 2007. [www.gcimagazine.com](http://www.gcimagazine.com).
27. Valero, Saul. *Industria cosmética fortalecida por producción innovadora.* 2008. [www.colombiacosmetica.com](http://www.colombiacosmetica.com).
28. PFALTZ & BAUER, I. *9 10-Dihydroxystearic Acid.* 2008.  
<http://www.pfaltzandbauer.com/cgi-bin/details.pl?type=cas&order=chemname&chem=120-87-6&page=1&item=D30210>.
29. ANDI. 2008. <http://www.andi.com.co>.
30. EQUIP COST. 2007. <http://www.matche.com/EquipCost/>.
31. Peters and Timmerhaus. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.*, I. McGraw - Hill, Editor. 1991.

# **ANEXOS**

## **Anexo A. Procesos de obtención del ácido oléico.**

S. G. Bath<sup>[2]</sup> discutió en detalle varios aspectos acerca de la obtención del ácido oléico, pero se enfocó principalmente en los métodos descritos a continuación:

- **Método convencional por prensado en frío.** La estearina de palma, el aceite de palma ácido o el aceite de palma de grado no comestible pueden ser fraccionados por hidrólisis a alta presión. La mezcla de ácidos grasos obtenida es enfriada y prensada para obtener ácidos grasos líquidos y sólidos. Mediante la repetición del enfriamiento y prensado se puede obtener ácido palmítico de grado comercial simple, doble o triple prensado, mientras la fracción líquida contendrá ácido oléico como componente principal. Esta fracción líquida puede ser fraccionada mediante el método de adición de urea para obtener ácido oléico de alta pureza.

- **Método de cristalización con solvente.** La mezcla de ácidos grasos obtenida mediante el fraccionamiento del aceite de palma, puede ser disuelta en solventes, como acetona, hexano, metanol, etc. Después puede ser enfriada para obtener una fracción sólida rica en ácido palmítico y una fracción líquida rica en ácido oléico. Además mediante cristalización de ambas fracciones sólida y líquida, se puede obtener ácido palmítico y ácido oléico de alta pureza respectivamente. El fraccionamiento por el método de adición de urea también puede ser utilizado para obtener ácido oléico de alta pureza a partir de la fracción líquida.

- **Método de fraccionamiento de ésteres metílicos.** La estearina de palma es convertida en ésteres metílicos mientras se lleva a cabo la separación de la glicerina concentrada. Los ésteres metílicos pueden ser enfriados y separados en dos fracciones, la fracción sólida rica en ácido palmítico y la fracción líquida rica en ácido oléico.

- **Método de fraccionamiento del éster isopropílico.** La ruta de fraccionamiento del éster isopropílico es similar a la ruta de fraccionamiento de ésteres metílicos. Pero la única ventaja es que la fracción sólida del éster isopropílico que es rica en ácido palmítico puede ser usada como un sustituto del miristato de isopropilo en cosméticos y artículos de tocador.

- **Método de destilación y destilación fraccionada.** La mezcla de ácidos grasos de estearina de palma/aceite de palma es destilada preliminarmente para obtener los ácidos oléico/linoleico separados del ácido palmítico. El ácido oléico destilado tiene un buen color pero no es de alta calidad comparado con el obtenido por enfriamiento y prensado. Sin embargo el contenido de ácido oléico puede ser mejorado mediante la técnica de adición de urea.

El ácido linoleico presente en estearina de palma/aceite de palma, afectará la pureza de la fracción de ácido oléico en todos los métodos anteriores. Sin embargo esto puede eliminarse por hidrogenación de estearina de palma/aceite de palma usando catálisis selectiva, que hidrogenara solamente el ácido linoleico. Así se puede obtener ácido oléico y ácido palmítico libres de ácido linoleico.

**Anexo B. Hoja de datos de seguridad DHSA crudo.**

<b>Nombre químico</b>	<b>9,10-Ácido dihidroxiesteárico</b>	
<b>Número de catálogo</b>	<b>D30940</b>	
<b>Número CAS</b>	<b>120-87-6</b>	
<b>Número MDL</b>	<b>No disponible</b>	
<b>Fórmula molecular</b>	<b>C18H36O4</b>	
<b>Peso molecular</b>	<b>316,48 g/mol</b>	
<b>Apariencia</b>	<b>Trozos cerosos blanco-amarillos</b>	
<b>Olor</b>	<b>Sin olor</b>	
<b>Temperatura de inflamación</b>	<b>No disponible</b>	
<b>Temperatura de fusión</b>	<b>132-136 °C</b>	
<b>Temperatura de ebullición</b>	<b>No disponible</b>	
<b>Densidad</b>	<b>No disponible</b>	
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	<b>15-30°C</b>	
<b>Clasificaciones de riesgo</b>	<b>Estado TSCA</b>	<b>No figura</b>
	<b>Número EINECS</b>	<b>204-432-2</b>
	<b>Número de registro BEILSTEIN</b>	<b>No disponible</b>
	<b>Número RTECS</b>	<b>No disponible</b>
	<b>Grave peligro para la salud</b>	<b>Puede causar irritación en ojos, piel, membranas mucosas y sistema respiratorio. Puede ser nociva por ingestión, inhalación o absorción en la piel. Puede causar una reacción alérgica en la piel.</b>
	<b>Peligro crónico para la salud</b>	<b>No disponible.</b>
<b>Incompatibilidad</b>	<b>Fuertes agentes oxidantes</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Marzo 6, 2007</b>	

Fuente: PFALTZ & BAUER, INC. <sup>[28]</sup>

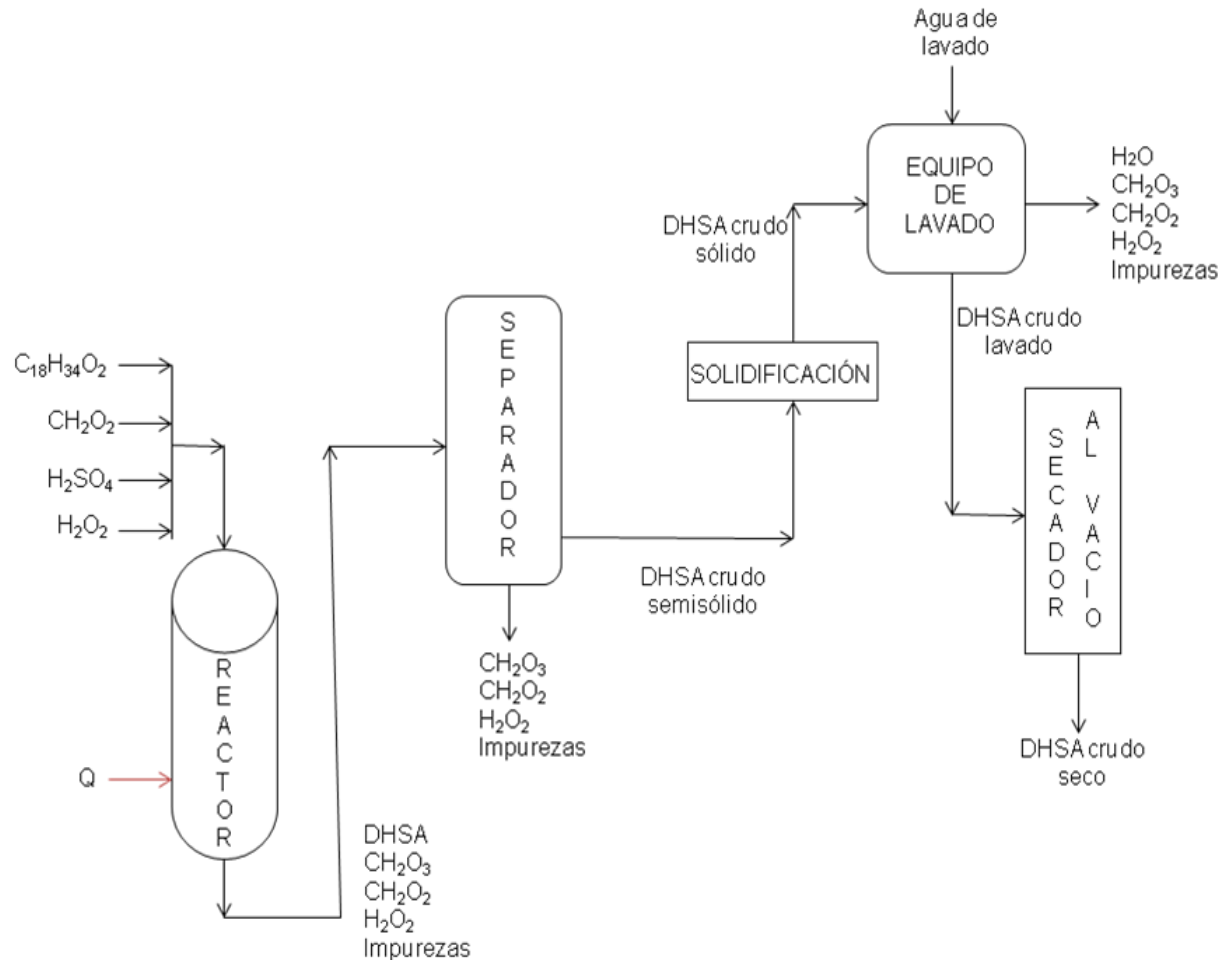
**Anexo C. Prueba de irritación del DHSA crudo y purificado.<sup>a</sup>**

Muestra	Dosis (mg)	Resultado de Irritación.	Clasificación Irritación
DHSA Crudo	25	0,62	No irritante
	50	3,08	Irritante
	75	3,81	Irritante
	100	>4,00	Irritante
	125	>4,00	Irritante
DHSA Purificado	25	0,25	No irritante
	50	0,40	No irritante
	75	0,30	No irritante
	100	0,21	No irritante
	125	0,29	No irritante

*a Los datos fueron obtenidos mediante el sistema de ensayo de Irritación (In Vitro International, Irvine, CA).*

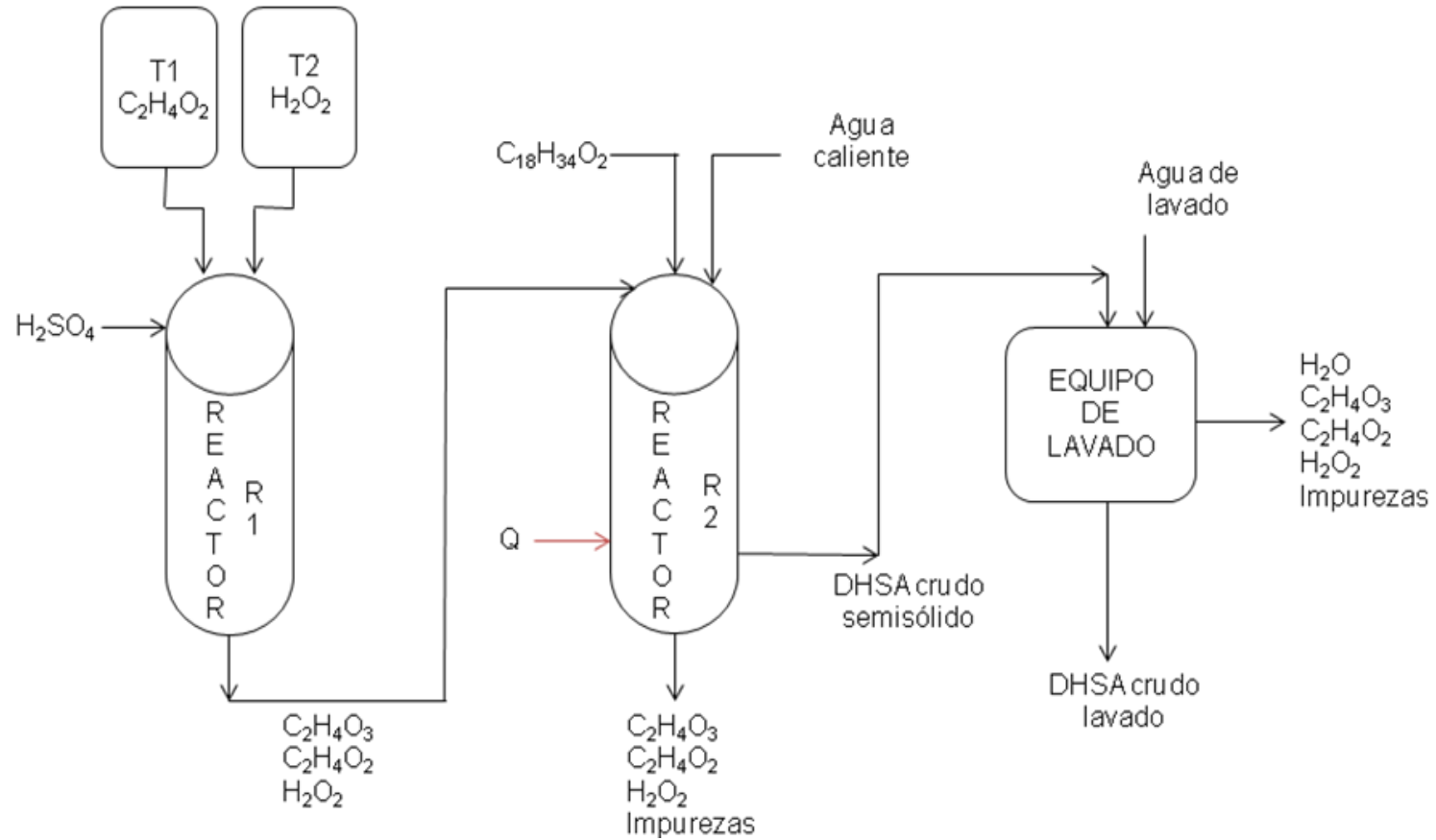
**Fuente: JAOCS, Vol. 78, no. 12 (2001), pág. 1252. <sup>[11]</sup>**

**Anexo D. Diagrama de flujo del proceso de obtención de DHSa crudo mediante la ruta del ácido per fórmico (RPF), a escala de laboratorio utilizando  $H_2O_2$  en la reacción de hidroxilación.**



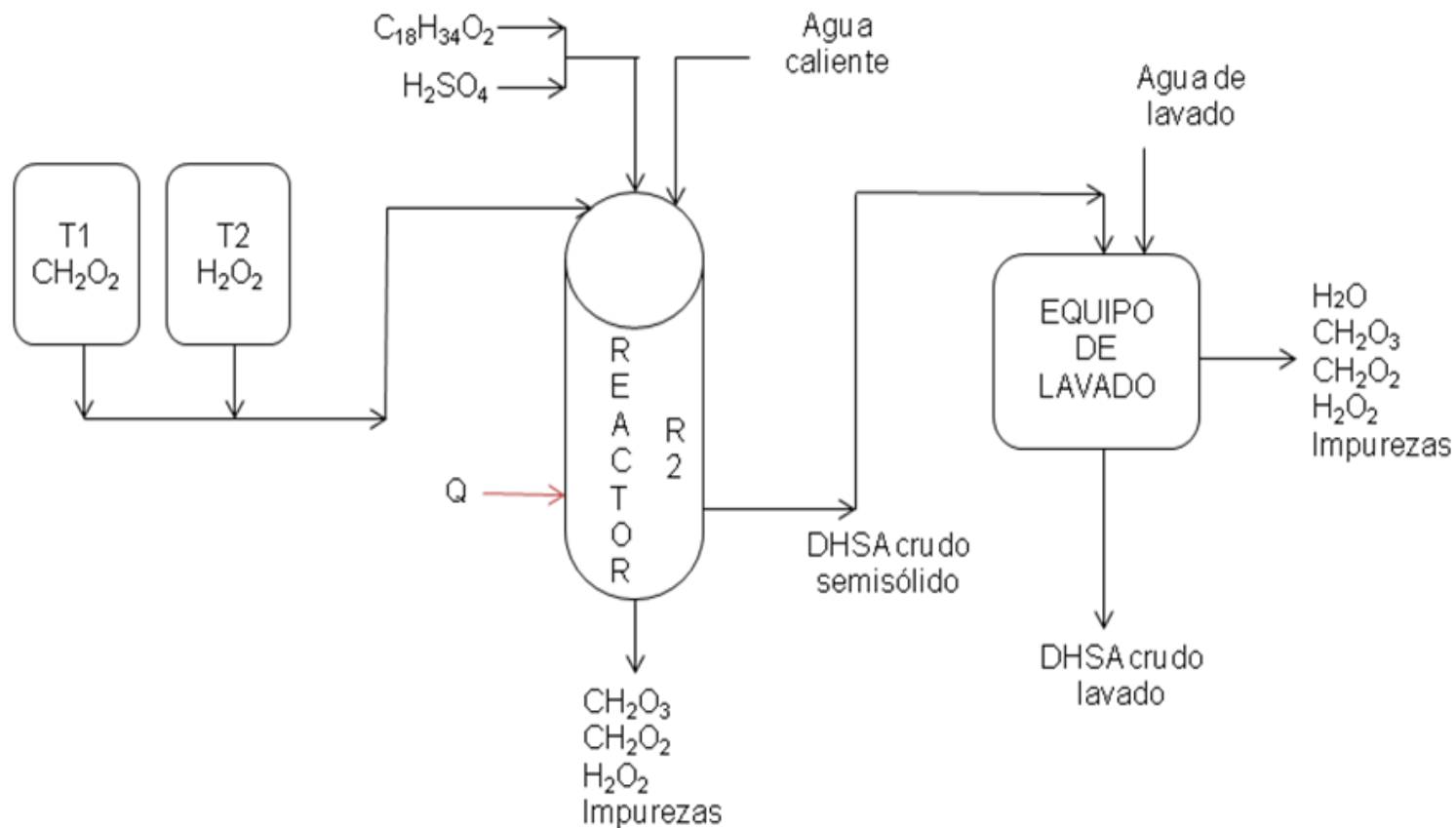
Fuente: Elaboración propia

**Anexo E. Diagrama de flujo del proceso de producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido peracético (RPC), a escala piloto desarrollada por MPOB.**



Fuente: MPOB INFORMATION SERIES. ISSN 1511-7871. JUNE 2005. <sup>[22]</sup>

**Anexo F. Diagrama de flujo del proceso de producción de DHSA crudo a través de la ruta del ácido per fórmico (RPF), a escala piloto desarrollada por MPOB.**



Fuente: MPOB INFORMATION SERIES. ISSN 1511-7871. JUNE 2005. <sup>[22]</sup>

**Anexo G. Composición de ácidos grasos del ácido oléico comercial.**

<b>Ácidos grasos</b>	<b>Rango (%)</b>
C8:0	0,1 – 0,8
C10:0	Trazas– 1,2
C12:0	0,9 – 2,4
C14:0	0,3 – 1,5
C16:0	3,1 – 5,5
C16:1	0,1 - 0,3
C18:0	1,2 – 7,6
C18:1	71,4 – 78,0
C18:2	11,8 – 17,3
C18:3	Trazas – 0,6
C20:0	0,1 – 0,5
C otros	Para 100
Valor de yodo, g I <sub>2</sub> /100 g muestra	87 – 95
Valor ácido, mg KOH/ g muestra	180 – 204

Fuente: MPOB INFORMATION SERIES. ISSN 1511-7871. JUNE 2005. <sup>[22]</sup>

### Anexo H. Especificaciones del DHSa crudo y purificado.

<b>Propiedades</b>	<b>DHSA Crudo</b>	<b>DHSA Purificado</b>
Pureza DHSa (%)	56,6 – 58,0	70,9 – 79,9
Contenido de agua (%)	5,2	1,1 – 1,3
Valor hidroxil (mg KOH/g )	220,7	291,5 – 357,6
Valor de yodo (g I <sub>2</sub> /100g muestra)	7,3 – 9,1	2,9 – 4,0
Valor ácido (mg KOH/g)	160,4	172,7
Punto de fusión (°C)	79,4 – 79,8	89,8 – 90,3
Grado de Irritación	Irritante	No irritante
Estado	Semisólido	Sólido

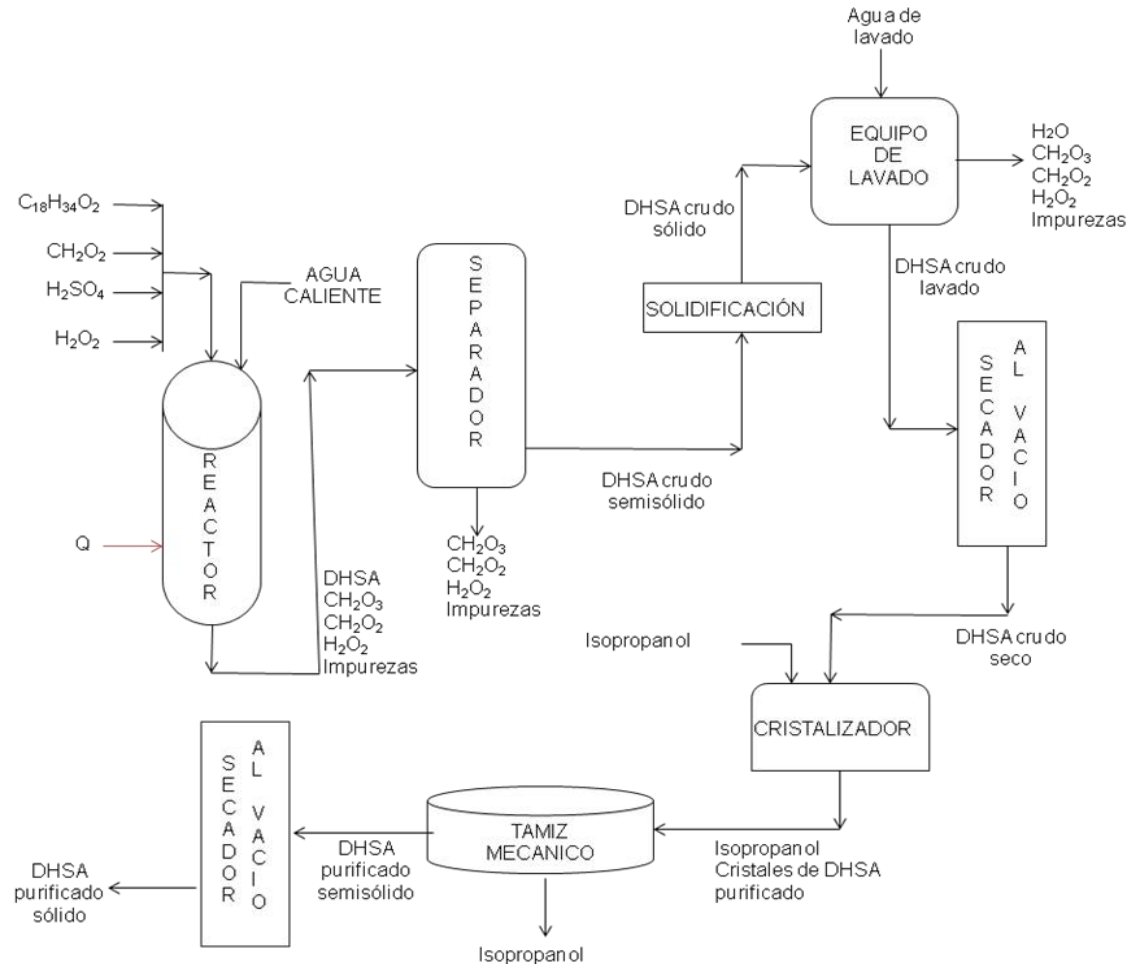
Fuente: MPOB INFORMATION SERIES. ISSN 1511-7871. JUNE 2005. <sup>[22]</sup>

**Anexo I. Algunos de los principales ácidos grasos en la composición del DHSA crudo y purificado.**

<b>Componentes</b>	<b>% en el DHSA crudo</b>	<b>% en el DHSA purificado</b>	<b>% Eliminación</b>
Ácido Cáprico	0,81	0,39	51,9
Ácido Láurico	3,15	1,44	54,3
Ácido Palmítico	4,64	2,36	49,1
Ácido Esteárico	2,33	1,71	26,6

**Fuente: International Journal of Engineering and Technology, Vol. 3, No.1, 2006, p. 115-124. <sup>[24]</sup>**

**Anexo J. Diagrama de flujo propuesto para la producción de DHSA purificado a escala piloto.**



Fuente: Elaboración propia

**Anexo K. Características principales de las sustancias involucradas en los procesos de producción del DHSa crudo y purificado.**

<b>Sustancia / Propiedades</b>	<b>Ácido oléico</b>	<b>Ácido fórmico</b>	<b>Ácido sulfúrico</b>	<b>Peróxido de hidrógeno</b>	<b>Isopropanol</b>
<b>Formula Química</b>	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_2O_2$	$H_2SO_4$	$H_2O_2$	$C_3H_8O$
<b>Pureza (%)</b>	70	100	98	50	100
<b>Composición</b>	0,7 ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) 0,3 (otros ácidos grasos)	1,0 ( $CH_2O_2$ )	0,98 ( $H_2SO_4$ ) 0,02 ( $H_2O$ )	0,5 ( $H_2O_2$ ) 0,5 ( $H_2O$ )	1,0 ( $C_3H_8O$ )
<b>Peso molecular(g/mol)</b>	281,9	46,03	96,48	26,02	60,1
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	888,8	1205	1848	1226	785,05
<b>Viscosidad (cP)</b>	34,75	1,455	22,21	1,257	-
<b>Pto. Ebullición (°C)</b>	> 260	101	276,7	114	82,5
<b>Pto. Fusión (°C)</b>	-	8	10,5	-	-88,5

Fuente: HYSYS.

**Anexo L. Principales países de destino exportaciones  
colombianas de cosméticos Nov 2007.**

<b>PAIS</b>	<b>US\$</b>	<b>%</b>
<b>VENEZUELA</b>	107'897.130	36,53
<b>ECUADOR</b>	61'278.851	20,75
<b>PERU</b>	44'747.339	15,15
<b>MEXICO</b>	22'180.192	7,51
<b>GUATEMALA</b>	10'401.908	3,52
<b>ZONA FRANCA</b>	9'907.662	3,35
<b>COSTA RICA</b>	6'344.463	2,15
<b>PANAMA</b>	5'652.244	1,91
<b>REP. DOMINICANA</b>	5'003.433	1,69
<b>CHILE</b>	4'785.584	1,62
<b>BOLIVIA</b>	3'395.637	1,15
<b>ESTADOS UNIDOS</b>	2'440.471	0,83
<b>OTROS</b>	11'334.750	3,84
<b>TOTAL</b>	<b>295'369.665</b>	

Fuente: ANDI. <sup>[29]</sup>

**Anexo M. Principales países de origen importaciones colombianas de cosméticos Nov 2007.**

<b>PAIS</b>	<b>US\$</b>	<b>%</b>
<b>MEXICO</b>	69'975.391	36,53
<b>FRANCIA</b>	22'114.845	20,75
<b>ESTADOS UNIDOS</b>	21'696.401	15,15
<b>BRASIL</b>	12'425.975	7,51
<b>AUSTRALIA</b>	12'011.693	3,52
<b>PERU</b>	11'028.696	3,35
<b>PANAMA</b>	7'186.776	2,15
<b>ZONA FRANCA</b>	7'067.403	1,91
<b>ESPAÑA</b>	5'553.495	1,69
<b>ALEMANIA</b>	3'186.498	1,62
<b>CHILE</b>	3'076.359	1,15
<b>ITALIA</b>	2'927.302	0,83
<b>OTROS</b>	15'660.284	3,84
<b>TOTAL</b>	<b>189'943.117</b>	

Fuente: ANDI. <sup>[29]</sup>

## Anexo N. Estimación de la inversión total.

- Estimación del costo de equipos.

Equipo	Cantidad	Precio US\$ (2007)	Precio US\$ (2008)
Tanque de almacenamiento CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (14 galones)	1	1.300	1.308,7
Tanque de almacenamiento H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (30 galones)	1	2.100	2.114,1
Reactor con agitador y chaqueta (400 galones)	1	49.900	50.235,2
Equipo de lavado con chaqueta (640 galones)	1	64.100	64.530,6
Cristalizador (60.000 galones)	1	611.300	615.406,8
Tamiz Mecánico	1	98.900	99.564,4
Equipo de secado	1	63.200	63.624,6
Válvulas	8	--	103.215,6
Bombas	2		
<b>Costo total de equipos</b>			<b>1'000.000</b>

Fuente: <http://www.matche.com/EquipCost/> <sup>[30]</sup>

- Estimación de la inversión directa.

I. INVERSIÓN DIRECTA O FÍSICA		
	% del costo total de equipos	Costos US\$
<b>1.Equipo adquirido</b>		<b>1'000.000</b>
2.Instalación aislamiento y pintura	47	470.000
3.Instrumentación y controles	18	180.000
4. Tuberías y accesorios.	66	660.000
5.Instalación equipo eléctrico	14	140.000
6.Obras civiles, edificios	40	400.000
7.Instalación servicios y mejoras de terrenos	70	700.000
8.Terreno	6	60.000
<b>TOTAL</b>		<b>3'610.000</b>

Fuente: Peters & Timmerhaus. <sup>[31]</sup>

- **Estimación de la inversión indirecta.**

<b>II. INVERSIÓN INDIRECTA</b>		
	<b>% del costo total de equipos</b>	<b>Costos US\$</b>
1.Ingeniería y supervisión	33	330.000
2.Gastos de construcción y honorarios del contratista	41	410.000
3.Eventuales	42	420.000
<b>TOTAL</b>		<b>1'160.000</b>

Fuente: Peters & Timmerhaus.<sup>[31]</sup>

**Inversión fija = US\$ 4'770.000**

- **Estimación de la inversión de trabajo.**

El valor de la Inversión de Trabajo se asumió como el 15% de la Inversión Fija, es decir US\$ 715.500.

**INVERSIÓN TOTAL= US\$ 5'485.500**

## Anexo O. Estimación de costos totales.

### 1. Costos fijos

Estos costos aumentan anualmente con la inflación tomada como 8%.

- **Costos de mano de obra.**

Descripción	Cant.	Sueldo US\$/mes	Total US\$/año
Gerente general	1	2000	24.000
Secretaria de gerencia	1	300	3.600
Jefe de Contabilidad	1	500	6.000
Mensajero	1	235	2.820
Director de compras	1	500	6.000
Ingeniero de procesos	1	1500	18.000
Operadores de planta	2	800	9.600
<b>TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA</b>			<b>70.020</b>
Jefe de mantenimiento	1	500	6.000
Operarios de almacenamiento	1	400	4.800
Operarios de control de calidad	2	800	9.600
Jefe de seguridad industrial	1	500	6.000
<b>TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA</b>			<b>26.400</b>
<b>TOTAL (Año 2008)</b>			<b>96.420</b>
<b>TOTAL (Año 2010)</b>			<b>112.464,288</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Costos de mantenimiento.**

El costo de mantenimiento y reparaciones para la planta se trabajo como el 11% de la inversión fija. Es decir el costo de mantenimiento en el 2008 es de US\$ 524.700 y en el año 2010 es de US\$ 612.010,08.

**Total costos fijos (2010)= US\$ 7,24\*10<sup>5</sup>**

## 2. Costos variables.

- Costos de materia prima e insumos.

<b>Materia prima e insumos</b>	<b>Unid</b>	<b>Costo US\$/Unidad</b>	<b>Unidades/año</b>	<b>Total US\$/año</b>
Ácido oléico 70%	kg	135,9128	465.060	63'207.619
Ácido fórmico 100%	kg	93,9792	27.618	2'595.519,01 2
Peróxido de hidrógeno 50%	kg	59,5200	62.460	3'717.620,21 8
Ácido sulfúrico 98%	kg	9,4940	231,54	2.198,2517
Isopropanol 100%	kg	18,6663	177.000	3'303.937,62 2
<b>TOTAL (Año 2008)</b>				<b>72'826.894,1</b>
<b>TOTAL (Año 2010)</b>				<b>84'945.289,2</b>

Fuente: MULTIQUIMICOS

- **Costos de servicios.**

<b>Servicios</b>	<b>% de la inversión fija</b>	<b>Costos US\$</b>
Generación de vapor	3,0	143.100
Distribución de vapor	1,0	47700
Abastecimiento de agua, refrigeración y bombeo	1,8	85860
Tratamiento de agua	1,3	62.010
Distribución de agua	0,8	38.160
Subestación eléctrica	1,3	62.010
Distribución eléctrica	1,0	47.700
Suministro y distribución de gas	0,3	14.310
Compresión de aire y distribución	1,0	47.700
Refrigeración incluyendo distribución	2,0	95.400
Eliminación de residuos	1,5	71.550
Eliminación de residuos sanitarios	0,4	19.080
Comunicaciones	0,2	9.540
Almacenamiento de materia prima	0,5	23.850
Almacenamiento de producto final	1,5	71.550
Sistema de protección contra fuego	0,5	23.850
Instalaciones de seguridad	0,4	19.080
<b>TOTAL (Año 2008)</b>		<b>882.450</b>
<b>TOTAL (Año 2010)</b>		<b>1'029.289,68</b>

Fuente: Peters & Timmerhaus.<sup>[31]</sup>

**Total costos variables (Año 2010)= US\$ 8,60\*10<sup>7</sup>**

**COSTOS TOTALES (Año 2010) = US\$ 8,67\*10<sup>7</sup>**

**Anexo P. Flujo neto de caja en dólares.**

<b>Concepto/Año</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
Ingresos por ventas	257'191.200	277'766.496	299'987.816	323'986.841
Costo unitario de materias primas	292,43	315,82	341,09	368,37
Costo total de producción	8,67E+07	9,36E+07	1,01E+08	1,09E+08
Utilidad antes de impuestos	170'492.147	184'131.518	198'862.040	214'771.003
Impuestos	59'633.051,3	64'406.831,4	69'562.514	75'130.651,1
Depreciación	112.000	112.000	112.000	112.000
Utilidad real después de impuestos	110'842.618	119'708.345	129'283.304	139'624.232
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>84'003.097,6</b>	<b>153'834.661</b>	<b>211'918.053</b>	<b>260'224.442</b>

<b>Concepto/Año</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>
Ingresos por ventas	349'905.788,2	377'898.251,3	408'130.111,4	440'780.520,3
Costo unitario de materias primas	397,84	429,67	464,05	501,17
Costo total de producción	1,18E+08	1,27E+08	1,38E+08	1,49E+08
Utilidad antes de impuestos	231'952.683,3	250'508.898	270'549.609,8	292'193.578,6
Impuestos	81'144.239,16	87'638.914,29	94'653.163,44	102'228.552,5
Depreciación	112.000	112.000	112.000	112.000
Utilidad real después de impuestos	150'792.407,9	162'854.011	175'880.515,4	189'949.113,2
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>300'395.552,3</b>	<b>333'798.411,5</b>	<b>361'571.074,6</b>	<b>384'660.796,9</b>

<b>Concepto/Año</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>	<b>Año 11</b>	<b>Año 12</b>
Ingresos por ventas	476'042.961,9	514'126.398,9	555'256.510,8	599'677.031,6
Costo unitario de materias primas	541,26	584,57	631,33	681,84
Costo total de producción	1,60E+08	1,73E+08	1,87E+08	2,02E+08
Utilidad antes de impuestos	315'569.064,9	340'814.590,1	368'079.757,3	397'526.137,9
Impuestos	110'409.972,7	119'245.906,5	128'788.715,1	139'094.948,3
Depreciación	112.000	112.000	112.000	112.000
Utilidad real después de impuestos	205'143.172	221'552.728,7	239'275.023	258'415.073,9
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>403'855.885,8</b>	<b>419'812.269</b>	<b>433'075.646,6</b>	<b>444'099.955,6</b>

<b>Concepto/Año</b>	<b>Año 13</b>	<b>Año 14</b>	<b>Año 15</b>	<b>Año 16</b>
Ingresos por ventas	647'651.194,1	699'463.289,7	755'420.352,9	815'853.981,1
Costo unitario de materias primas	736,38	795,30	858,92	927,63
Costo total de producción	2,18E+08	2,36E+08	2,55E+08	2,75E+08
Utilidad antes de impuestos	429'328.228,9	463'674.487,2	500'768.446,2	540'829.921,9
Impuestos	150'225.680,1	162'246.870,5	175'229.756,2	189'251.272,7
Depreciación	112.000	112.000	112.000	112.000
Utilidad real después de impuestos	279'086.302,1	301'411.201,6	325'522.066,2	351'561.773,1
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>453'262.755,7</b>	<b>460'878.046,4</b>	<b>467'206.941,2</b>	<b>472'466.555,9</b>

<b>Concepto/Año</b>	<b>Año 17</b>	<b>Año 18</b>	<b>Año 19</b>	<b>Año 20</b>
Ingresos por ventas	881'122.299,6	951'612.083,5	1027'741.050	1.109'960.334
Costo unitario de materias primas	1.001,85	1.081,99	1.168,55	1.262,04
Costo total de producción	2,97E+08	3,21E+08	3,46E+08	3,74E+08
Utilidad antes de impuestos	584'096.315,6	630'824.020,9	681'289.942,6	735'793.138
Impuestos	204'429.160,5	220'788.407,3	238'451.479,9	257'527.598,3
Depreciación	13.000	0	0	0
Utilidad real después de impuestos	379'649.682,7	410'017.454,9	442'819.562,9	478'245.839,6
<b>UTILIDAD NETA</b>	476'838.147,6	480'470.689,2	483'488.984,6	485'996.869,7

Fuente: Elaboración propia.