

Trabajo de Grado Especialización Gestión Integrada QHSE

**PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y
OCUPACIONAL EN LOS ANÁLISIS DE JABÓN COSMÉTICO REALIZADOS
POR LOS LABORATORIOS DE LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE
JABÓN**

AUTORES

CARLOS ALBERTO PINTO MORENO

LUIS HERNANDO CASTILLO MOSQUERA

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

RICARDO AUGUSTO VÁSQUEZ ARANGO

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN INTEGRADA QHSE

COHORTE 27

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA, ENERO DE 2014.

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota “Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería” en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2014 por la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”. Avenida 13 No 205-59 Bogotá. Colombia
TEL: +57 – 1 668 36 00, e-mail: espeqhse@escuelaing.edu.co

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Ricardo Augusto Vásquez Arango, director del presente trabajo de grado, por su apoyo permanente, su gran interés, colaboración y preocupación en todos los aspectos relacionados con el desarrollo del trabajo de grado. Ha sido un gran apoyo aportando sus conocimientos en el tema.

A la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, porque gracias a su respaldo fue posible realizar la investigación de la presente tesis.

A nuestras familias, que nos dieron el apoyo y las fuerzas necesarias para alcanzar esta meta. Durante todo momento nos respaldaron y nos depositaron toda su confianza incondicional en el proceso de nuestra formación profesional, además de ser nuestra motivación constante de superación moral y personal.

A nuestros compañeros de estudio y demás familiares y amigos en Colombia.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

SINOPSIS

La industria de manufactura de jabón y de múltiples productos fabricados a base de jabón es un sector del cual depende enormemente nuestra sociedad occidental actual. Desde tiempos pasados se han usado jabones para incrementar el poder limpiador del agua, ya que esto se ha asociado con la salud pública y con otro tipo de aplicaciones. Existen muchas clases de jabones según su uso, presentación, aroma, receta. Hay jabones para el aseo personal para lavar vajilla, pisos, ropa, vehículos, pero asimismo jabones industriales y jabones utilizados en concentraciones especiales para la manufactura de otros productos. El jabón es un compuesto utilizado para mejorar las propiedades limpiadoras del agua y otras aplicaciones. Desde el punto de vista químico se conoce como jabón a las sales de ácido carboxílico y la base que se producen tras una reacción de saponificación¹. Lo anterior es importante para la industria del jabón para determinar en sus procesos de control de calidad la concentración de jabón resultante del proceso de saponificación (i.e., el rendimiento de la reacción). Una de las normas internacionales para determinar la concentración de jabón obtenido en las reacciones de saponificación es la ASTM D-460 (Standard Test Methods for Sampling and Chemical Analysis of Soaps and Soap Products). Los métodos ASTM actuales para determinar la concentración de jabón en las diferentes industrias generan residuos peligrosos, consumen gran cantidad de reactivos químicos y los tiempos de análisis y respuesta para el control de calidad en los procesos de manufactura de jabón están entre treinta minutos y una hora. Las actuales industrias tienen que incurrir en costos en la disposición de los residuos peligrosos generados por estos análisis de laboratorio, incluyendo la generación de controles de prevención y protección para los riesgos involucrados en el manejo de reactivos químicos (alcohol etílico, naranja de metilo, fenolftaleína, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y etil éter), así como de los residuos peligrosos generados por el análisis de laboratorio en mención.

A partir de lo anterior, el proyecto tiene como objeto implementar un método de análisis para determinar la concentración de jabón por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168); generando los siguientes beneficios: (i) disminución del riesgo para proteger la integridad física en la manipulación de reactivos químicos en las áreas del laboratorio; (ii) reducción de costos de reactivos químicos, costos de disposición de residuos peligrosos así como tiempos de análisis; y (iii) impactos al medio ambiente.

¹ Saponificación es la formación de jabón por medio de una reacción química entre el agua alcalina de una grasa dividiendo los átomos de ambas molécula para producir jabón. Este proceso es conocido como hidrólisis del jabón (Quesada Mora, 2007).

RESUMEN EJECUTIVO

En la industria cosmética actual, la determinación del contenido de jabón se realiza por el método ASTM D-460 (Standard Test Methods for Sampling and Chemical Analysis of Soaps and Soap Products). Este método genera una gran cantidad de residuos peligrosos que requieren disposición adecuada para disminuir su impacto al medio ambiente. Además la exposición de los trabajadores al manejo de sustancias químicas puede ocasionar efectos perjudiciales a la salud si no se toman acciones correctivas o preventivas adecuadas. Este trabajo tiene como objeto plantear una propuesta para el cambio del método de análisis para determinar el contenido de jabón, que sea atractivo para la industria cosmética en cuando a reducción de costos, disminución de impactos ambientales, peligros y riesgos para la salud, y así mejorar la eficiencia de las áreas de control de calidad que realizan este tipo de análisis. Las metodologías utilizadas para desarrollar de este proyecto fueron: Norma GTC 45 versión 2010 para peligros y riesgos laborales, Criterios cualitativos y cuantitativos de Vicente Conesa-Fernández (2010) con modificaciones de Miguel Ángel Gamboa Castellanos para determinar aspectos e impactos ambientales, análisis de costos, uso del software MINITAB 15 para realizar el análisis estadístico y gráficos y tablas comparativas de costos, impactos ambientales y riesgos laborales.

Dentro del proyecto desarrollado se encontró que al cambiar de método de análisis de ASTM D-460 a ASTM E-168 se reducen los peligros en un 83% , se evita el uso de material de vidrio, ácidos, bases, líquidos calientes y equipos con superficies calientes que pueden generar cortadas, quemaduras, inhalaciones de gases, irritaciones en la piel o vías respiratorias; se previenen posibles efectos a la salud significativos como afectación del sistema nerviosos, quemaduras, efectos cancerígenos y mutagénicos, intoxicaciones, etc.; se reduce del tiempo de análisis por el método ASTM D-460 de 50 min a 5 min por el método ASTM E-168 implicando una mejora significativa en la eficiencia de los recursos de las áreas de control de calidad.

En el análisis ambiental el componente en donde se observó una influencia en común en la generación de impactos ambientales negativos fue el atmosférico. El uso de los reactivos en laboratorio para llevar a cabo los métodos provoca emisiones atmosféricas que pueden ser irreversibles en algunos casos debido a su grado de toxicidad, provocando una disminución en la calidad del aire. Sin embargo ASTM E-168, reduce en 6,46 veces la valoración del componente atmosférico con respecto a ASTM D-460, siendo el primer método en mención más favorable en la reducción de impactos ambientales negativos relacionados con el recurso aire. El método ASTM D-460 presenta afectaciones significativas sobre las componentes ambientales y tiene incidencia sobre la sumatoria de todos los componentes ambientales negativos, siendo 14,65 veces mayor con relación al método ASTM E-168. El método ASTM E 168 presenta mayores ventajas, debido a que requiere de menos inversión en reactivos químicos, no necesita de consumos de agua y requiere de menos inversión en tiempo para la realización de la prueba, lo que reduce el

costo unitario de la mano de obra y aumenta el número de pruebas en un mes laboral (9 veces más). Adicionalmente, el precio de venta es 20,32 veces menor en el uso de espectroscopia infrarroja en comparación al método convencional tomado en este caso de estudio para la comparación (i.e., ASTM D-460).

Desde la perspectiva integrada QHSE, el método ASTM E-168 es una propuesta más factible que el método ASTM D-460, debido a que genera menos impactos al ambiente, reduce la cantidad de peligros que se presentan en pruebas de laboratorio (i.e., para este caso pruebas de determinación de jabón), es más rápido de ejecutar y genera operacionalmente menos costos y más utilidades a cualquier tipo de organización que opte por llevar a cabo este tipo de actividad económica.

Finalmente, es importante profundizar constantemente los estudios relacionados con los impactos ambientales asociados con la obtención, transformación e ingreso a la cadena productiva de los materiales e insumos utilizados en las dos metodologías expuestas, así como la recolección y disposición final de residuos peligrosos generados por los métodos estudiados en este trabajo de grado, con el objeto de tener un mayor alcance y lograr evaluar de manera más profunda las implicaciones que tienen este tipo de métodos sobre el agua, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el paisaje y el ser humano.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
SINOPSIS	V
RESUMEN EJECUTIVO	VI
TABLA DE CONTENIDO	I
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE CUADROS.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA-JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1.1. <i>Proceso de producción de jabones.....</i>	<i>4</i>
1.1.2. <i>Materias primas e insumos.....</i>	<i>13</i>
1.1.3. <i>Tratamiento de grasas y aceites.....</i>	<i>16</i>
1.1.4. <i>Acabado del jabón.....</i>	<i>17</i>
1.1.5. <i>Aplicaciones del jabón.....</i>	<i>22</i>
1.1.6. <i>Diagnóstico del mercado cosmético y de productos de aseo en Colombia.....</i>	<i>27</i>
1.2. OBJETIVOS.....	38
1.2.1. <i>Objetivo general.....</i>	<i>38</i>
1.2.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>38</i>
1.3. ALCANCE Y LIMITACIONES	39
1.4. METODOLOGÍA	40
1.5. MARCO TEÓRICO DE VALORACIÓN RIESGOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA LAS METODOLOGÍAS PROPUESTAS	41
1.5.1. <i>Ley de Lambert Beer para la determinación del método de espectroscopia infrarroja.....</i>	<i>41</i>
1.5.2. <i>Guía técnica colombiana GTC-45-2012.....</i>	<i>42</i>
1.5.3. <i>Criterios cuantitativos y cualitativos para la evaluación de impactos ambientales.....</i>	<i>46</i>
2 PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS.....	51
2.1. ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES.....	51
2.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES	53
2.3. ANÁLISIS DE COSTOS	58
2.4. DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA.....	62

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN (ESPECTROSCOPIA INFRARROJA)	73
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
3.1. Conclusiones.....	77
3.2. Recomendaciones	79
4. BIBLIOGRAFÍA	80
5. ANEXOS.....	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estearato de sodio en medio acuoso (Santa, 2011).....	2
Figura 2. Micela formada por las moléculas de jabón (ídem, 2011).....	2
Figura 3. Estructuras formadas por moléculas de jabón suspendidas en solución acuosa (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).....	3
Figura 4. Métodos básicos de fabricación de jabones (Autores, 2013).....	5
Figura 5. Reactor de método de lejías (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).....	8
Figura 6. Autoclave (Bohorquez Ariza, 2011).....	12
Figura 7. Planta de terminado (i.e., acabado) de jabones (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).....	19
Figura 8. Cadena de cosméticos y productos de aseo (DNP, 2013).....	27
Figura 9. Participación de principales productos del sector cosmético y de aseo y vocación exportadora (ídem, 2013).....	28
Figura 10. Jabones y productos de aseo e importaciones en US\$ millones de Colombia a Estados Unidos y el resto del mundo, períodos 2006-2011 (DNP, 2012)	29
Figura 11. Cosméticos y productos de tocador; exportaciones e importaciones en US\$ millones de Colombia a Estados Unidos y el resto del mundo (ídem, 2012)	29
<i>Figura 12.</i> Crecimiento promedio de las exportaciones e Importaciones de Colombia del sector de cosméticos y productos de tocador, EEUU y el Mundo años 2007-2011 (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013).....	32
<i>Figura 13.</i> Importaciones en US\$ miles de Colombia de la cadena de cosméticos y productos de aseo, por origen en 2011 (ídem, 2013)	34
Figura 14. Nivel de riesgo para los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.....	52
Figura 15. Número de peligros para los métodos de análisis ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013).....	52
Figura 16. Valoración cuantitativa de impactos ambientales por componente.....	53
<i>Figura 17.</i> Valoración cuantitativa de impactos ambientales por subcomponente (Autores, 2013).....	54
Figura 18. Cantidad de muestras mensuales realizadas por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)	58
Figura 19. Costos unitarios para la determinación del jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)	59

Figura 20. Precio de ventas de los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 por prueba de determinación de jabón (Autores, 2013)	60
Figura 21. Comparativo estado de resultados a nivel mensual ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)	61
Figura 22. Espectros infrarrojos superpuestos en absorbancia de las diferentes muestras con variables de concentraciones de jabón de sodio (Autores, 2013)	67
Figura 23. Espectros infrarrojos superpuestos en absorbancia de las diferentes muestras con variables concentraciones de jabón de sodio a 1560 cm^{-1} (ídem, 2013)	68
Figura 24. Pantalla del software TQ Analyst con la descripción del tipo de región, localización de la banda de cuantificación, el tipo de línea base y los puntos seleccionados para la línea base (ídem, 2013)	68
Figura 25. Espectro infrarrojo en absorbancia de jabón de sodio a 1560 cm^{-1} con la línea base definida con dos puntos (1515 cm^{-1} , 1600 cm^{-1}) (ídem, 2013)	70
Figura 26. Curva de calibración para jabones de sodio con la ecuación de la recta y el coeficiente de correlación (ídem, 2013)	71
Figura 27. Grafico concentración de jabón de sodio determinado bajo la norma ASTM D- 460 versus el porcentaje de diferencia entre la concentración de jabón determinado bajo la norma ASTM D-460 y la concentración calculada con la curva de calibración para jabón (ídem, 2013)	72
Figura 28. Gráfica de línea ajustada para el porcentaje de jabón calculado por el método ASTM E-168 versus el porcentaje de jabón determinado por el método ASTM D-460 (Autores, 2013)	73
Figura 29. Gráfica de probabilidad normal (ídem, 2013)	74
Figura 30. Gráfica de valor ajustado versus residuo estandarizado (ídem, 2013)	75
Figura 31. Histograma residuo estandarizado versus frecuencia (ídem, 2013)	75
Figura 32. Observaciones versus residuo estandarizado (ídem, 2013)	76

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Aplicaciones del jabón (ídem, 2005).....	23
Cuadro 2. Sustancias químicas utilizadas en el método ASTM D-460 para la determinación del contenido de jabón con sus posibles efectos ambientales y de salud	25
Cuadro3. Necesidades sectoriales: Identificación de retos urgentes para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos para las industrias de cosméticos y productos de aseo (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013)	36
Cuadro 4. Objetivos específicos y metodologías para alcanzar los objetivos propuestos.	40
Cuadro 5. Determinación del nivel de deficiencia de peligros (ICONTEC, 2012)	43
Cuadro 6. Determinación del nivel de exposición al peligro (ídem, 2012)	44
Cuadro 7. Nivel de probabilidad (ídem, 2012).....	44
Cuadro 8. Significado de los diferentes niveles de probabilidad (ídem, 2012)	44
Cuadro 9. Determinación del nivel de consecuencias (ídem, 2012).....	45
Cuadro 10. Determinación del nivel de riesgo (ídem, 2012)	45
Cuadro 11. Significado del nivel de riesgo (ídem, 2012).....	46
Cuadro 12. Aceptabilidad del riesgo (ídem, 2012)	46
Cuadro 13. Valoración de la importancia o significancia del impacto ambiental (Conesa & Vitora, 2010), (Gamboa Castellanos, 2013)	48
Cuadro 14. Impactos ambientales negativos más relevantes para la determinación de jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)	55
Cuadro 15. Procedimiento para determinar jabón (ASTM D-460) (Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2006).....	62
Cuadro 16. Procedimiento para crear un método cualitativo de análisis infrarrojo y generar los espectros infrarrojos utilizados para crear la curva de calibración de jabón (ASTM E-168) (Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2006)	64
Cuadro 17. Procedimiento para determinar la curva de calibración de jabón por análisis cuantitativo infrarrojo ASTM-E 168 (ídem, 2006).....	65
Cuadro 18. Procedimiento para determinar jabón por análisis cuantitativo infrarrojo ASTM E-168 (ídem, 2006)	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Porcentajes de jabón en las muestra patrón de jabón cosmético (Autores, 2013).....	63
Tabla 2. Estándares secundarios con diferentes concentraciones de jabón de sodio utilizados en la determinación de la curva de calibración de jabones de sodio (ídem, 2013).....	69
Tabla 3. Resultados de la curva de calibración para jabones de sodio con la concentración de jabón determinado bajo la norma ASTM D-460 versus ASTM E-168 (ídem, 2013)	70

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática-justificación

La obtención de jabón es una de las síntesis químicas más antiguas. Fenicios, griegos y romanos ya usaban un tipo de jabón que obtenía hirviendo sebo de cabra con una pasta formada por cenizas de fuego de leña y agua (i.e., potasa). Un jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos de cadenas largas (Carmona Serna, 2009).

En esencia, el proceso de fabricación del jabón llamado saponificación, consiste en hervir las grasas en una disolución alcalina. Una receta tradicional parte de grasas animales saturadas que contienen de 12 a 18 átomos de carbono (p.ej., manteca de cerdo). La longitud de la cadena y el número de dobles enlaces determinan las propiedades del jabón. Por otro lado, la disolución alcalina se obtenía originalmente a partir de ceniza o mediante la evaporación de aguas alcalinas naturales, pero hoy en día se usa hidróxido de sodio (NaOH). Para separar el jabón, se añade sal común y el jabón precipita. Se lava para limpiarlo de restos de NaOH y se funde, dándole la forma que convenga (Quesada Mora, 2007).

Existen muchos tipos de jabones que son fruto de diferentes condiciones de reacción. Así, los jabones blandos como las cremas de afeitar sustituyen el NaOH por hidróxido de potasio (KOH). Los jabones de tocador retienen un elevado porcentaje de glicerol formado en la hidrólisis para aumentar la suavidad y añaden diversos perfumes. Si se hace con aceite de oliva, se le puede agregar alcohol para hacerlo transparente; se le pueden añadir perfumes, colorantes, etc.; sin embargo, químicamente, es siempre lo mismo y cumple su función en todos los casos. A lo largo de los siglos se ha fabricado de forma artesanal, tratando las grasas, en caliente, con disoluciones de hidróxido de sodio o de potasio. Aún, hoy en día, se hace en casa a partir del aceite que sobra cuando se fríen los alimentos (Santa, 2011). La reacción en frío es bastante lenta y difícil de forzar hasta la reacción completa de la grasa, que sin embargo hay que tratar de conseguir para que el jabón tenga cierta calidad. Así resulta que reviste gran importancia la agitación constante y rigurosa de la mezcla, para facilitar el contacto entre los reactivos, pues el jabón que se va formando puede aislar partículas de aceite, impidiendo que sean atacadas por la soda (ídem, 2011).

El jabón no es más que la sal sódica (o potásica) de un ácido graso como, por ejemplo, el *estereato sódico* $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}^- \text{Na}^+$ (Figura 1). Las moléculas de jabón poseen un catión² sodio y una larga cadena de hidrocarburo con un grupo negativo carboxilato. En disolución acuosa, el jabón está perfectamente disociado (ídem, 2011):

² Un catión es un ión que posee carga eléctrica positiva porque el átomo del cual procede perdió uno o varios electrones (Angiolani, 1960).

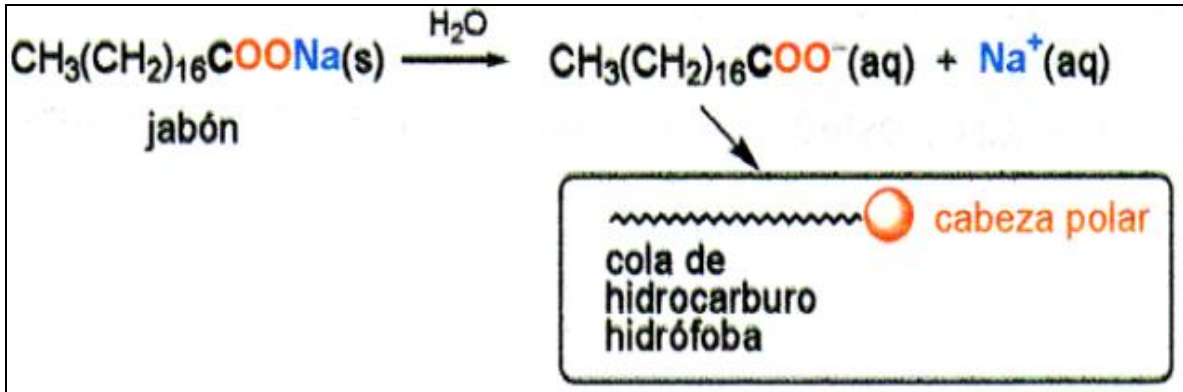


Figura 1. Estearato de sodio en medio acuoso (Santa, 2011).

La capacidad limpiadora de un jabón es una consecuencia de la estructura de sus iones negativos en disolución acuosa, como se observa en la Figura 2. Su larga cola no polar (i.e., hidrófoba), disuelve perfectamente otras sustancias no polares como las mismas grasas. Precisamente, cuando la ropa u otra superficie están sucias, las partículas de suciedad se hallan envueltas en una capa de grasa no polar que las moléculas polares de agua son incapaces de disolver. Así, las cadenas no polares de un número suficiente de moléculas de jabón disuelven la suciedad y la despegan de la superficie. Se forman entonces las micelas, estructuras cuasi-esféricas en las que las cabezas polares (grupos COO^-) de las moléculas de jabón interaccionan favorablemente con las moléculas de agua mientras en su interior se encuentran las colas no polares.

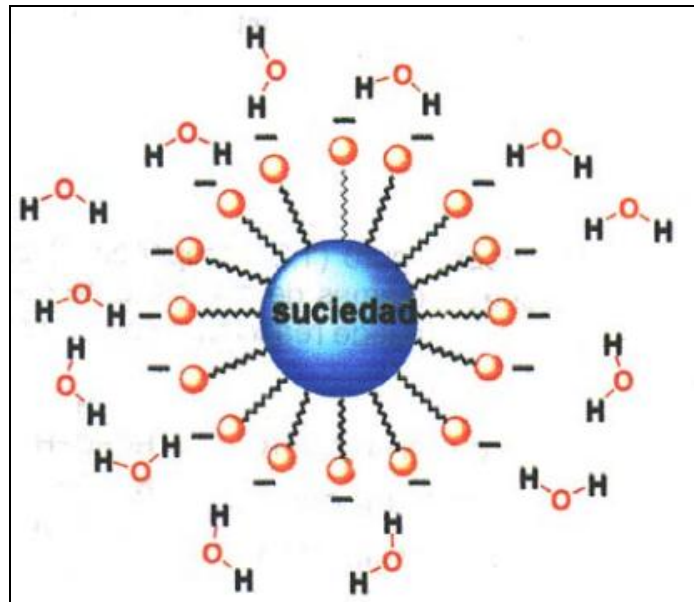


Figura 2. Micela formada por las moléculas de jabón (ídem, 2011)

El jabón actúa como un surfactante disminuyendo la tensión superficial del agua, su acción se debe a que las cadenas de hidrocarburo de las moléculas del jabón se disuelven en sustancias poco polares, tales como gotitas de aceite o grasa y la parte iónica de la molécula es atraída por el agua según la Figura 3. Se podrá observar que se produce entonces una repulsión entre estos agregados moleculares, debido a la presencia de cargas iguales y es por esto que las partículas de jabón no colapsan y se encuentran suspendidas en la disolución (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).

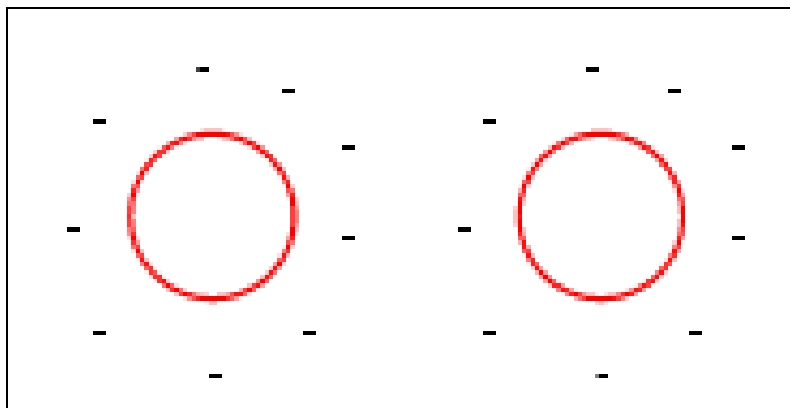


Figura 3. Estructuras formadas por moléculas de jabón suspendidas en solución acuosa (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005)

El jabón es un producto que sirve para la higiene personal y para lavar determinados objetos. En nuestros tiempos también es empleado para decorar el cuarto de baño. Se encuentra en pastilla, en polvo o en crema. En sentido estricto, existe una gran diferencia entre lo que es un jabón, un detergente y un champú. Este artículo familiar principalmente usado para lavar y emulsionar se compone de las sales de sodio o de potasio y de ácidos grasos de 12 a 18 átomos de carbono. Se obtienen saponificando grasas o aceites, o neutralizando ácidos grasos, con hidróxidos o carbonato de sodio o de potasio. Las sales de sodio fabricadas en grandes cantidades son los jabones duros, y los de potasio se denominan jabones blandos. La mejor clasificación de los jabones se basa en su uso como por ejemplo (Textoscientíficos.com, 2005):

- Jabones de tocador, que contienen muy poco álcali³ y se utilizan grasas y aceites de color mucho más claro.
- Jabones de servicio ligero que se usan para lavar la vajilla, tejidos de lana, etc., con diversas presentaciones como pastillas, polvos, gránulos y escamas. Para la manufactura

³ Los álcalis son carbonatos de metales alcalinos, óxidos e hidróxidos, que tienen la característica de ser solubles en el agua. Son corrosivos y por lo general de textura jabonosa (Fieser, 1986).

de estos jabones se utilizan grasas ligeramente oscuras (i.e., grasas derivadas de órganos como pulmones, corazón y vísceras).

- Jabones industriales como por ejemplo los jabones utilizados en la manufactura de grasas lubricantes.

1.1.1. Proceso de producción de jabones

El proceso de fabricación de jabón contiene la interacción de diversos reactivos, y diversos procesos según su tipo (p.ej., jabones blandos, duros, líquidos, etc.). Así mismo, El jabón es el producto de la saponificación o reacción de hidrólisis alcalina entre una sustancia cáustica y una grasa. La reacción efectuada es la siguiente (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005) (*Grasa y/o aceite + NaOH Jabón base + Glicerina (Ecuación 1)*):



Las grasas se encuentran como ésteres glicéricos de ácidos grasos, que se hidrolizan para desdoblarla en sus componentes básicos: (i) ácido graso y glicerina; o (ii) se reducen a alcoholes por deshidrogenación catalítica⁴ para detergentes. Una vez obtenido el jabón base, es conducido a la planta de terminación en donde se ajusta las características propias de una barra de jabón, tal como la humedad, compactamiento, corte y troquelado. La glicerina se obtiene como un subproducto, mediante tratamiento del efluente líquido proveniente de la etapa de saponificación.

Generalmente, estas industrias producen una gran variedad de jabones, dependiendo de su destino final. Dentro de los jabones de mayor consumo se encuentran (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005): (i) jabones de tocador; (ii) jabones para lavar; y (iii) jabones medicinales. De acuerdo al uso final se determinan las materias primas a utilizar. A manera de ejemplo, los jabones para lavar se clasifican en tres categorías como jabón fino, jabón intermedio y jabón de relleno. Finalmente el producto elaborado se compone de jabón anhidro, agua en un 29% aproximadamente, además de soda cáustica, materia no saponificada y glicerina en pequeñas cantidades. Del tratamiento de la lejía de saponificación se obtiene glicerina al 99,9% de pureza como subproducto. La glicerina se utiliza como líquido para baños calientes y como anticongelante.

A continuación se describen algunos métodos utilizados para la fabricación de jabones, así como las materias primas e insumos necesarios para su obtención (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).

⁴ La catálisis es el proceso mediante el cual se acelera la velocidad de una reacción química con participación de un elemento catalizador que no es un reactivo químico (Voet & Voet, 2006).

1.1.1.1. Método básico de fabricación

La mayor parte de los jabones se fabrican por uno de los dos métodos básicos siguientes: (i) saponificación de grasas y aceites; o (ii) Neutralización de ácidos grasos. El más utilizado es el primero (i) porque el equipo requerido para obtener productos de buena calidad es relativamente sencillo y poco costoso. La producción y manipulación de ácidos grasos requiere metales resistentes a los ácidos, caros y difíciles de conseguir. Por ello, resulta más fácil fabricar jabones de alta calidad con grasas y aceites neutros que instalar equipos especiales para hacer jabón con equipos especiales. La Figura 4 ilustra los dos métodos básicos de fabricación en mención.

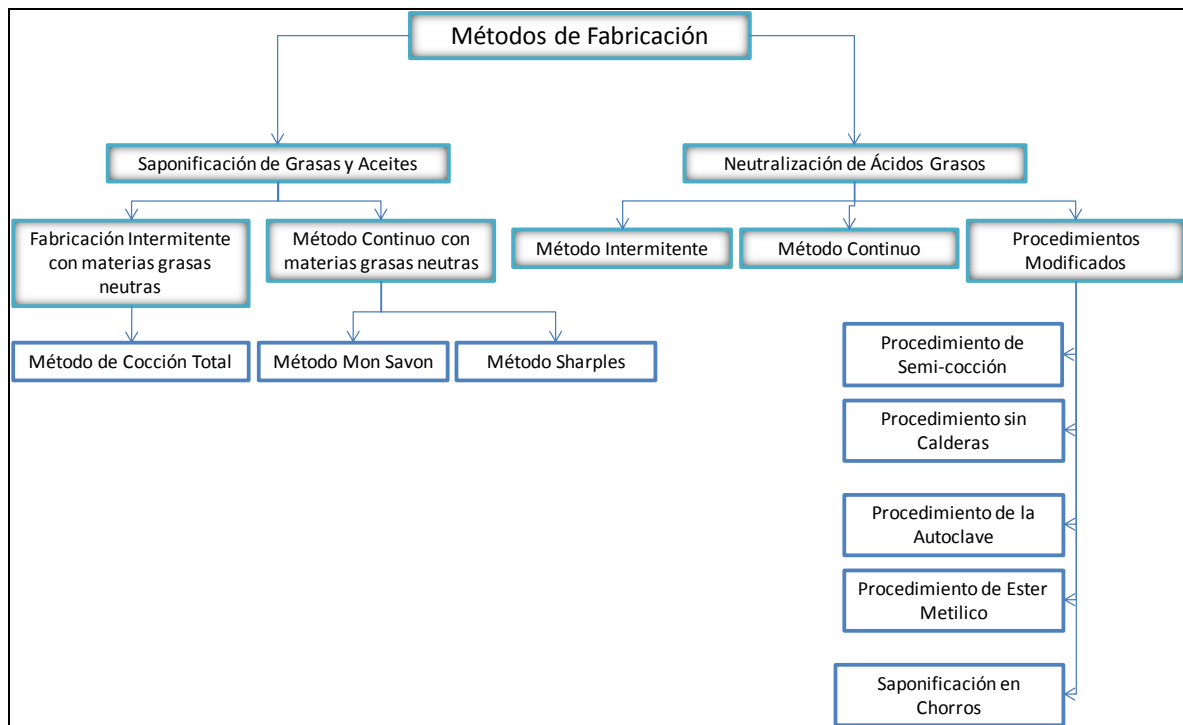


Figura 4. Métodos básicos de fabricación de jabones (Autores, 2013)

1.1.1.2. Fabricación de jabones con grasas y aceites

La fabricación de jabones puede hacerse por método de tareas (i.e., intermitente) o por método continuo. La elección del procedimiento y de las materias primas depende de la calidad que se quiera obtener, de la instalación para el manejo y tratamiento de las materias primas y de los medios para producir el jabón y recuperar la glicerina. La mayor parte de las fábricas de jabón operan por el método de calderas de plena cocción con materias

grasas neutras. Con este procedimiento se producen jabones de alta calidad y productos industriales de calidad inferior y se aprovecha la glicerina. Las principales objeciones que se oponen a los métodos continuos de fabricación de jabones son las siguientes:

- No se proporciona la flexibilidad de la operación que es posible obtener con la caldera de cocción.
- Están muy mecanizados y requieren operarios especializados.
- No permiten cambiar de una fórmula a otra sin rehacer cantidades sustanciales de jabón.
- Consumen mucho tiempo en poner en movimiento y en parar las unidades.

Este método es ventajoso cuando se desea acrecentar la capacidad productiva de una fábrica sin aumentar las dimensiones de sus edificios, especialmente si puede funcionar largo tiempo sin parar. Las lejías de glicerina se tratan con sales solubles de hierro o de aluminio y se filtran para eliminar las impurezas precipitadas y luego se evaporan para formar una glicerina cruda, que contiene 82% de glicerol. La venta de glicerina es importante fuente de ingresos.

Por neutralización de los ácidos grasos se produce importante tonelaje de jabón, ya sea por proceso continuo o por tareas. Normalmente se utiliza la soda cáustica para la neutralización, pero también se usa el carbonato de sodio. En este método se produce glicerina y nada se pierde en el producto, al contrario de lo que ocurre en el proceso de cocción total.

1.1.1.3. Fabricación intermitente con materias grasas neutras

Como se mencionó en el numeral anterior, la fabricación intermitente se realiza generalmente por el método de la cocción total. El método de la caldera o de cocción total consta de varios tiempos u operaciones, mediante los cuales se efectúa la saponificación de las materias grasas, la precipitación del jabón en la lejía de jabón concentrada o cola de jabón, la separación de la glicerina y las materias coloreadas de la masa jabonosa por el lavado, y la cocción de acabado para dar el punto a la masa de modo que por el reposo forme un jabón limpio. El proceso de cocción total puede ser aplicado por lavados directos o por el sistema de lejía a contracorriente. En el procedimiento de lavados directos, es necesario un número menor de calderas y de tanques de lejía, porque cada cambio requiere el empleo de lejía fresca durante el proceso de la cocción. En el sistema de contracorriente, la lejía procedente de un cambio en una caldera se emplea en un cambio distinto en otra caldera. Sólo los grandes fabricantes de jabón utilizan el método de la contracorriente por razón de los muchos tanques que son precisos para su aplicación.

Las calderas utilizadas en el proceso de cocción total varían en tamaño considerable, según las exigencias de la producción. Las calderas pueden ser de sección transversal, circular o cuadrada, pero generalmente se emplean tanques cilíndricos con fondo cónico. A veces, las calderas tienen tapa metálica que permite la ebullición con vapor de agua, al que se da salida por la techumbre del departamento de calderas. Esta ventilación evita la condensación del vapor y la formación de bruma en tiempo frío. El calor necesario para la cocción es suministrado por serpentinas de vapor instalados en la parte cónica del fondo, los cuales son abiertos o cerrados. Cada caldera tiene un tubo oscilante que permite extraer el jabón acabado situado encima de la capa de jabón sucio. Este y la lejía se descargan por la llave del fondo.

La saponificación de la materia grasa debe hacerse con alguna rapidez, aunque regulada. La reacción es exotérmica y se verifica entre la grasa y la solución de soda cáustica en la interfase o superficie de separación entre el aceite y el agua. Al mezclarse el aceite con el álcali cáustico, se produce el primer jabón, el cual emulsiona el aceite sin saponificar y expone así grandes superficies de este a la acción de la soda cáustica. La saponificación avanza rápidamente cuando se ha formado cantidad de jabón suficiente para emulsionar todo el aceite. Los ácidos grasos libres contenidos en el aceite, inician la reacción antes que los glicéridos, porque obran por simple neutralización. El jabón así formado es el agente emulsionante necesario para principiar la saponificación del aceite neutro. En este proceso suele agregarse, la materia grasa al jabón sucio, procedente de un proceso anterior. El contenido del jabón sucio basta para promover la rápida emulsión y saponificación de la nueva carga. Si los aceites o grasas muy refinados que contienen poca cantidad de ácidos grasos libres o carecen de ellos se colocan en una caldera limpia, es a veces difícil iniciar la saponificación. A veces se agrega una pequeña cantidad de jabón para facilitar la saponificación. Durante la saponificación se añade sal a la caldera para producir grumos o gránulos. Como la sal es electrolito⁵, reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa o lejía, por lo que el jabón se separa de la solución. Esta precipitación del jabón se llama saladura o graneado del jabón. Manteniendo un grano blando en el jabón durante la saponificación se evita el espesamiento de la masa, con formación de nódulos duros que ocluyen grasas sin saponificar y que dificultan la producción de un jabón de buena calidad. En la caldera existen diversas formas físicas de jabón:

- Jabón granulado: es un jabón grumoso precipitado de la lejía acuosa por saladura o por la adición de soda cáustica. Los jabones con fórmulas de producción básicamente distintas requieren soluciones de electrolitos de distinta fuerza para originar el mismo tipo de grano.
- Jabón limpio: es el producto acabado de la caldera de jabón. Contiene 63% del total de ácidos grasos y cantidades pequeñas de Na_2O libre, NaCl y glicerina. El total de ácidos

⁵ Los electrolitos son sustancias cuyas soluciones acuosas conducen la electricidad (Gennaro, 2003).

grasos es también influido por el tipo de acabado y la duración de la sedimentación después del acabado.

- Jabón gomoso: es una solución viscosa de jabón que se forma si el contenido de electrolito de la fase acuosa o lejía cae por bajo de cierto nivel. Este jabón es difícil de manejar por su alta viscosidad.
- Jabón sucio: es una solución de color oscuro que contiene algo de jabón y que cae goteando de la masa de jabón después del acabado. Su color varía entre el gris y el negro según las impurezas que se sedimentan de la masa de jabón mientras ésta permanece en el estado de grano blando propio del acabado. Generalmente el jabón sucio se une a la carga de una cocción subsiguiente para obtener un jabón de calidad igual o inferior.

En la cocción de los jabones la relación de lejía es muy importante, porque está íntimamente unida a la recuperación de la glicerina. La relación de lejía se define como "las libras de lejía consumidas por libra de jabón limpio de 63% de total de ácidos grasos" (Quesada Mora, 2007). A veces se llama relación de lejía, a la relación entre la lejía gastada y la grasa saponificada. Generalmente se mantiene baja la relación para evitar el costo de evaporar gran cantidad de agua de las lejías glicéricas y el manejo de cantidades grandes de sal recuperada. La fabricación de jabón basada en un método de lejías en contracorriente entre diversas calderas, es más económica que el método de lejías de lavado directo (Figura 5). El primer método permite emplear menor volumen total de lejía y produce lejías más ricas en glicerina que las procedentes del lavado directo.

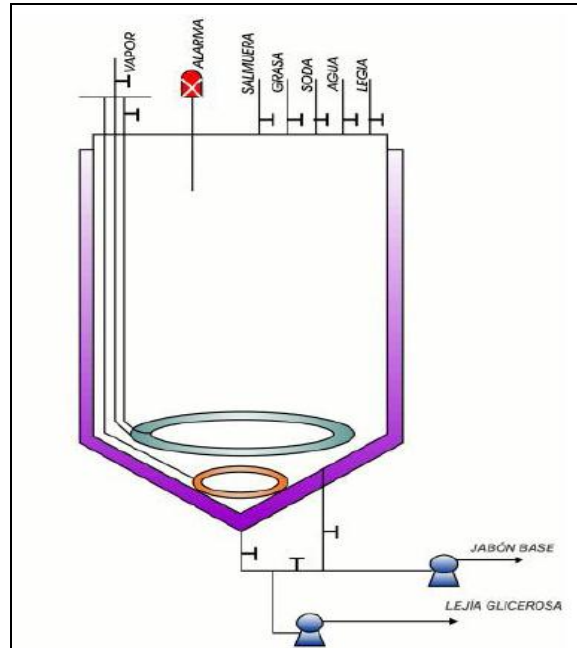
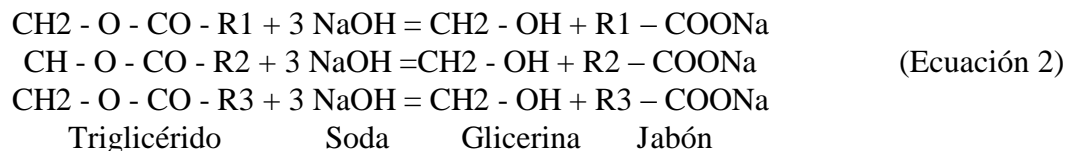


Figura 5. Reactor de método de lejías (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005)

La reacción llevada a cabo es la siguiente (Ecuación 2):



Durante la etapa se somete a calentamiento la solución alcalina junto con la grasa y/o aceite. Debido a la inmiscibilidad de la grasa y el hidróxido⁶, la reacción inicialmente es lenta, pero a medida que aumenta la cantidad de jabón formado se convierte en autocatalítica. Terminada la reacción de saponificación, el jabón base formado está parcialmente disuelto en la fase acuosa. Para hacer efectiva la separación del jabón formado y la lejía se adiciona la sal suficiente de modo tal que se crea el medio que permita la separación entre las dos fases. Durante el proceso se suministra vapor saturado a 170 °C y un flujo de 130 lb/h con el objeto de mantener la temperatura de reacción, además, de obtenerse un mayor desprendimiento de glicerol de la masa jabonosa.

La reacción entre la grasa y la soda cáustica es exotérmica, con un desprendimiento de 65 cal/Kg. Para una planta en particular donde la capacidad de la paila de saponificación es de 28 Ton las condiciones de operación son: (i) temperatura de operación: 90 °C; y (ii) tiempo de operación de 5 horas aproximadas.

El producto de la saponificación se decanta por un período de 4 horas, para hacer efectiva la separación de las fases. Cuando la saponificación termina se procede a lavar el jabón base, con las lejías provenientes de otras pailas de saponificación, con el fin de lograr una mayor recuperación de glicerina y obtener un jabón más puro. Las lavadas implican una hervida vigorosa con el fin de minimizar el efecto de oclusión⁷. De esta manera se logra una perfecta saponificación, mejor recuperación de glicerina y a la vez, una base de jabón más limpia, desodorizada y libre de glicerol. En la industria se hacen de 3 a 5 lavadas hasta obtener un 2% de glicerol en la masa de jabón base.

En la última lavada denominada liquidación, se adiciona agua a la masa jabonosa de modo tal que el porcentaje de electrolitos disminuya hasta un 0,45-0,5%. De ésta manera se ubica el producto saponificado dentro de un diagrama de fases en la zona donde se separa una mezcla de jabón puro y jaboncillo. El jaboncillo retorna al proceso de lavadas. El jabón base, con un contenido promedio de 66% jabón anhidro y 34% agua, se lleva a la planta de terminación de jabón, mientras la lejía glicerosa que contiene un 15% de glicerina, se lleva a tratamiento para concentrarla y obtener glicerina al 99% de pureza.

⁶ La inmiscibilidad de la grasa y el hidróxido de sodio hace referencia a la falta de propiedad que tienen estos compuestos para mezclarse en cualquier proporción para formar una solución (Jimenez & Soto, 2006)

⁷ El efecto de oclusión hace referencia a la obstrucción de sustancias que impiden una separación de fases (p.ej., jabones y lejías) (idem,2006)

Los recipientes de saponificación son tanques cilíndricos de base cónica (i.e., pailas) encaquetados, dotados de tres serpentines que pueden ser abiertos y/o cerrados, por donde circula el vapor para dar el calor necesario a la saponificación y a las sucesivas lavadas que se realizan. Las dimensiones de las pailas de saponificación alcanzan 6 metros de alto por 4 metros de diámetro. Las industrias nacionales más representativas del sector cuentan con un sistema de cuatro o cinco pailas para la saponificación y producción de un producto específico.

1.1.1.4. Método continuo con materias grasas neutras

En los últimos años, se han instalado en todo el mundo fábricas de jabón basadas en el proceso continuo. Las fases básicas de fabricación son análogas a las operaciones que se realizan en el método de caldera, a saber: (i) saponificación; (ii) lavado del jabón para recuperar la glicerina y; (iii) acabado. Se opera en contracorriente, y el número de lavados depende de la cantidad de glicerina que ha de ser recuperada del jabón.

A continuación se describen de manera concreta dos métodos continuos con materias grasas neutras (i.e., métodos de Sharples y de Mon Savon) (Bailey, 1961).

Método de Sharples: en este método se usan centrífugas de gran velocidad para separar la lejía del jabón. El método comprende: (i) saponificación; (ii) lavados y; acabado y lavado. Todos los ingredientes se distribuyen automáticamente en el sistema. La producción de jabón limpio de estas instalaciones es de unos 550 Kg/hora y por centrífuga en la etapa final o de acabado de jabones de tocador, y de unos 1100 Kg/hora y por centrífuga de acabado de jabones de lavandería.

Método de Mon Savon: Este método se aplica a la manufactura continua de jabón pulido con materias grasas neutras y comprende: (i) saponificación; (ii) lavado para la extracción de glicerina de los grumos de jabón y; (iii) acabado.

1.1.1.5. Fabricación de jabón con ácidos grasos

Los ácidos grasos se obtienen por hidrólisis de grasas y aceites naturales. Los productos de la hidrólisis son ácidos grasos y agua dulce que contiene la glicerina. Pueden utilizarse ácidos grasos destilados para la fabricación de jabones especiales. Los ácidos grasos sin destilar se emplean en jabones para la industria y lavandería. La neutralización de los ácidos grasos para transformarlos en jabón se hace por método intermitente o continuo. Los ácidos se neutralizan con carbonato de sodio o soda cáustica. A continuación se describen de manera concreta dos métodos de fabricación de jabón con ácidos grasos (métodos intermitente y continuo) (ídem, 1961).

Método intermitente: se utilizan las calderas ordinarias. El carbonato de sodio neutraliza el grueso de la carga de ácidos grasos y con la soda cáustica se hace el ajuste final, pero también puede hacerse la neutralización entera con soda cáustica. En la práctica, se calienta en la caldera hasta ebullición, la solución de carbonato de sodio anhidro, y se incorporan bombeándoles lentamente, los ácidos grasos fundidos. La neutralización se verifica inmediatamente con desprendimiento de gas carbónico. Terminada la reacción, se granea el jabón con soda cáustica o con sal y se deja sedimentar la lejía. Esta se extrae por el fondo de la caldera y se hace el acabado del jabón como en el método de la caldera con materias grasas neutras.

Método continuo: por la facilidad con que los ácidos grasos se combinan con la soda cáustica para formar jabones, se usa comúnmente el método continuo de saponificación. Cantidades de ácidos grasos calientes y de solución caliente de soda cáustica, exactamente proporcionadas, se juntan en un aparato mezclador de gran velocidad. La concentración de la solución de soda cáustica es tal, que el jabón tendrá el deseado contenido de humedad. La reacción se verifica rápidamente y el jabón producido se descarga en un tanque que es mantenido en agitación. Se aplica en el tanque sal o salmuera para producir jabón limpio con el deseado contenido de electrolito. Se hacen ensayos analíticos con el jabón de este tanque y se realizan los ajustes necesarios antes de bombear el jabón limpio a los tanques de elaboración.

1.1.1.6. Procedimientos modificados

Procedimiento de semi-cocción: la materia grasa se mezcla con una cantidad de soda cáustica suficiente para saponificarla por completo. La saponificación se verifica mediante agitación y calentamiento con vapor cerrado. En la masa de jabón se deja la glicerina.

Procedimiento sin caldera: en este proceso, el calor generado por la reacción exotérmica producida entre las grasas y el álcali se utiliza para llegar a su término la saponificación. La materia grasa se clienta hasta la temperatura conveniente y se mezcla con el álcali cáustico. Si se deja la mezcla en un recipiente aislado en el que la reacción de saponificación se produce lentamente. Este método no produce jabones de alta calidad, porque en las masas de jabón queda algo de materia grasa no saponificada.

Procedimiento de la autoclave. El álcali reacciona con la materia grasa a temperatura y presión elevadas en una máquina llamada autoclave (Figura 6). Se agita la mezcla bombeándola con serpentines calentados exotérmicamente. En estas condiciones la saponificación es muy rápida. La masa caliente se somete a expansión instantánea en una cámara de vacío, en la que caen las partículas de jabón, y gran parte de la glicerina y la humedad se eliminan en fase de vapor. La glicerina se condensa de la mezcla de vapores y

se recoge. Por razón de la gran temperatura aplicada, los jabones producidos por este método suelen ser más oscuros.

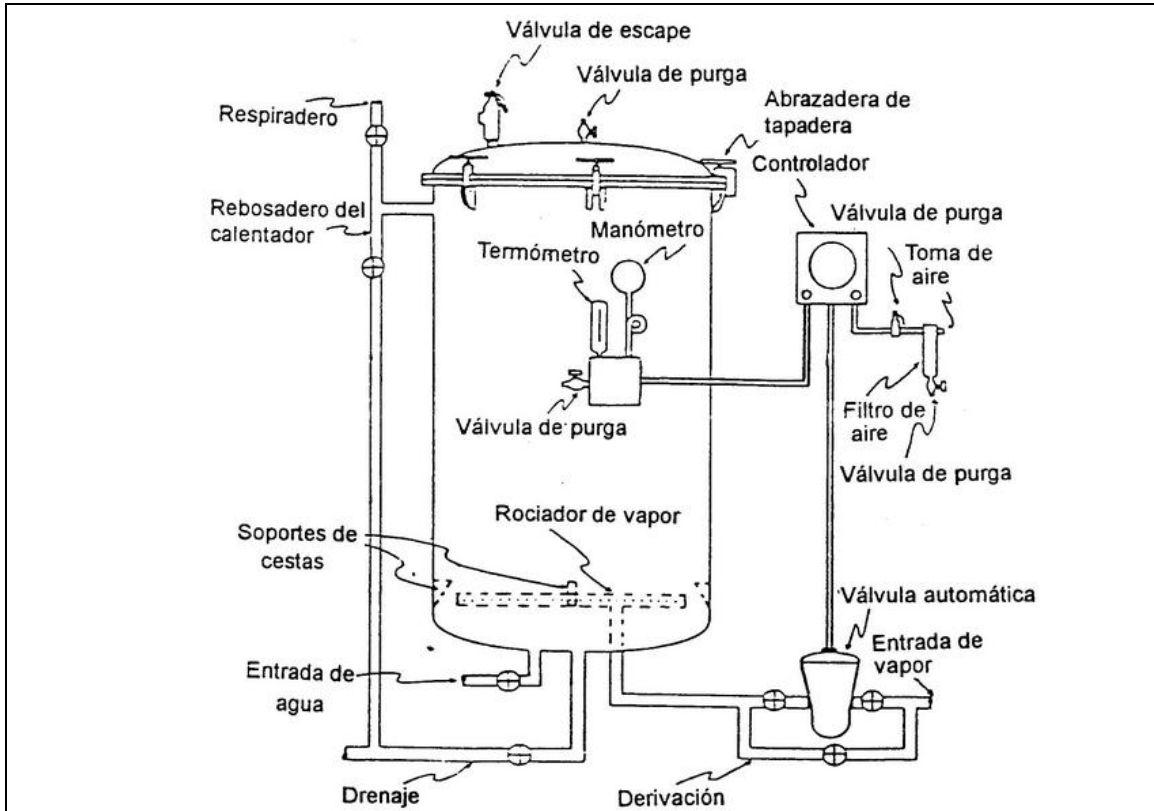


Figura 6. Autoclave (Bohorquez Ariza, 2011)

Procedimiento del éster metílico: en estos últimos años se ha trabajado en un procedimiento para hacer jabón transformando en ésteres metílicos los triglicéridos. Estos se tratan con alcohol metílico en presencia de un catalizador. Se separa la glicerina, se destilan los ésteres metílicos y se saponifican con soda cáustica.

Saponificación en chorros: la materia grasa caliente y la soda cáustica se ajustan de un modo continuo en aberturas anulares de una boquilla por cuya abertura central sale una corriente de vapor que emulsiona la mezcla y la deja caer en una caldera. En ésta se produce la saponificación completa con elevación de temperatura. Los lavados y el acabado se realizan en la forma ordinaria o por método continuo. La saponificación en chorro se emplea mucho en Inglaterra con métodos modificados de lavado y de sedimentación.

1.1.2. Materias primas e insumos

En la fabricación del jabón, los caracteres físicos y químicos del producto dependen directamente de las materias primas empleadas. De las grasas y aceites se emplean el sebo, la manteca, aceite de nueces, los residuos de la refinación y endurecimiento de aceites de semilla y algunos aceites marinos. A continuación se describen las materias primas e insumos utilizados en la fabricación del jabón (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).

1.1.2.1. Alcalis

En la mayor parte de los jabones se utiliza el NaOH al 15-20% de concentración como álcalis saponificador o neutralizante. En el procedimiento ordinario para hacer jabón se usa el cloruro de sodio en grandes cantidades para precipitar el jabón de su solución en la lejía. Los jabones potásicos, que se hacen empleando como álcali la potasa cáustica, son más solubles en agua que los de sodio, y son los denominados jabones blandos. No pueden precipitarse de la lejía por el cloruro de sodio, porque se formaría jabón de sodio. Las combinaciones de las dos clases de jabones tienen las deseables características de los jabones duros más la rápida solubilidad y la facilidad de formar gran cantidad de espuma, peculiar de los jabones blandos.

1.1.2.2. Grasas y aceites

Los ácidos grasos más convenientes en los jabones son el laúrico, el mirístico, el palmítico y el oleico, que contienen de 12 a 18 átomos de carbono. Es evidente que los caracteres de los jabones están directamente relacionados con los ácidos grasos de las materias primas utilizadas.

- Ácido laúrico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$
- Ácido mirístico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$
- Ácido palmítico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
- Ácido esteárico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$
- Ácido oléico: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$

Los ácidos mencionados anteriormente son saturados, excepto el oleico, forman la mayor parte de la materia del sebo y del aceite de coco. Este aceite y el sebo, en relaciones de 3:1 y 4:1, se utilizan en la mayoría de los jabones fabricados para lavanderías y para el tocador. Las fórmulas dependen de la calidad deseada sobre el producto terminado. En esta industria se pueden incluir grasas tales como los sebos de bovinos, porcinos, avícolas y aceites de varias semillas de plantas.

El tipo de la grasa utilizada influye grandemente en la calidad del producto obtenido; así p.ej., el sebo de bovino se utiliza para la producción de jabones de buena calidad, los de porcino para jabones de media y las grasas avícolas para jabones de baja calidad. Estas grasas contienen ácidos grasos en forma de esterios glicéridos. Las grasas animales se trocean y los fragmentos se funden para separar los compuestos proteicos y otras impurezas. La grasa así se conserva por tiempo indefinido. El consumo de grasa en la producción de jabones corresponde aproximadamente a 0,64 Ton de grasa/Ton de producto.

1.1.2.3. Sebo

El sebo se utiliza en la fabricación de jabones en mayor cantidad que cualquier otra grasa. Se obtiene fundiendo grasas de ganado vacuno, lanar, caballar, etc., y se clasifica en dos grados comerciales: (i) comestible; y (ii) no comestible. La mayor parte del sebo utilizado es no comestible. Los sebos se clasifican por el American Institute of Meat Packers según su color, su título, su porcentaje de ácidos grasos libres y su contenido de humedad, materia insoluble y materia insaponificable. El título del sebo crudo es un factor importante para determinar la calidad del sebo y la dureza del jabón que éste producirá. El título se define como el punto de solidificación de los ácidos grasos contenidos en el sebo, expresado en grados centígrados (°C). Una grasa cuyo título excede los 40°C, se clasifica como sebo, y hasta 40°C se considera como grasa o manteca. El contenido de humedad, materia insoluble y materia insaponificable es material que no produce jabón. El sebo de alto título produce jabones duros y el de título bajo, jabones blandos.

1.1.2.4. Grasa

La grasa o manteca ocupa el segundo lugar en importancia entre las materias grasas utilizadas para producir jabón. La grasa pocas veces se utiliza sola en las calderas de saponificación; generalmente se usa combinada con el sebo. Los jabones hechos con manteca son algo más blandos que los fabricados con sebo y no tienen el olor y la estabilidad peculiares de los hechos con sebo. La manteca contiene mayor porcentaje de ácidos grasos sin saturar que el sebo.

1.1.2.5. Aceite

Estos aceites, a saber: de coco, de palma, marinos, de oliva, de cacahuete, de maíz, o de sésamo, se utilizan combinados con las grasas ordinarias utilizadas en la fabricación de jabón. Se utilizan para jabones especiales con propiedades distintas a las de los jabones comunes. Estos no tienen mucha salida debido a que son muy caros por las materias primas utilizadas.

1.1.2.6. Materiales no grasos

Las principales no grasas son: la colofina, el aceite de pino y ácidos nafténicos. Estos materiales no grasos no son triglicéridos, y por consiguiente no se forma glicerina cuando se transforman en jabón. Estos jabones se mezclan en pequeñas cantidades con los jabones ordinarios para el uso en lavanderías y jabones industriales.

1.1.2.7. Sal

Se crea el medio salino para facilitar la separación de las corrientes que se generan en la etapa de saponificación. Estas etapas son:

- Una corriente de jabón base que es llevada posteriormente a la planta de terminación de jabones.
- La segunda corriente denominada lejía glicerosa o lejía de saponificación. Esta solución es tratada para la obtención de la glicerina como subproducto del proceso. Una vez separadas las dos corrientes, la sal disuelta en la lejía glicerosa, es recuperada y devuelta al proceso de saponificación.

1.1.2.8. Silicatos

Son materias primas auxiliares que mejoran las características físicas y la calidad del jabón, el consumo de silicatos corresponde aproximadamente a un 5% del peso de la masa de jabón base y se suministra en la etapa previa al secado.

1.1.2.9. Colorantes

Su función es mejorar el aspecto físico del jabón, al brindarle un cambio de color. Los colorantes contienen 55% color y 45% silicato. Entre los colores más empleados están: Azul ultramar, Verde colanyl; el dióxido de titanio, entre otros. El colorante se adiciona un 1% en peso de la masa total del producto.

1.1.2.10. Agua

Durante el proceso de elaboración del jabón se hace uso del agua en las siguientes etapas:

- Como materia prima en la reacción de saponificación en donde aproximadamente se requieren 1,59 Ton agua/Ton grasa, adicionada en forma "pura" o en solución con el NaOH. Del agua adicionada en la etapa inicial, Aproximadamente el 37% es evaporada, el 31% sale en la lejía de la respectiva saponificación y el restante 32% en la masa de jabón base.
- En la etapa de liquidación se adiciona agua con el fin de disminuir la alcalinidad de la masa jabonosa.
- En los servicios industriales, para la generación de vapor en calderas, aguas de enfriamiento, y el lavado de equipos.

1.1.3. Tratamiento de grasas y aceites

Las grasas y los aceites utilizados en la fabricación de jabones se transportan en barcos, camiones, tanques o tambores metálicos. Al ser recibidos en las fábricas o áreas de almacenamiento las grasas y aceites solidificados se funden por calentamiento con serpentines de vapor cerrados y se bombean a los tanques de almacenaje. Estos tanques tienen el fondo en forma cónica, para la sedimentación del exceso de humedad y de los materiales insolubles. El tratamiento de las materias primas después de la sedimentación depende del jabón que se intenta producir, y del tiempo que están almacenadas antes de la saponificación. Pueden ser refinadas y blanqueadas antes de bombearlas a la caldera del jabón. Es muy importante, al almacenar las grasas y aceites para hacer jabón, conservarlos tan secos como sea posible, para evitar su alteración por la hidrólisis. Como resultado de la formación de ácidos grasos libres durante la hidrólisis, se oscurece el aceite. Además, se forma glicerina; ésta se pierde en crudo, al derretirse más tarde la materia prima, pues se disuelve en el agua del fondo del tanque. Una vez almacenado el sebo blanco se refina de

nuevo y se blanquea antes de ser saponificado. El sebo de color se somete a cualquiera de los diversos tratamientos descolorantes. El aceite de coco se refina y blanquea si ha de ser usado para obtener productos de alta calidad. A continuación se describen de manera concreta las actividades fundamentales para el tratamiento de grasas y aceites (Nemerrow & Dasgupta, 1998).

1.1.3.1. Refinación

La mayor parte de la materia prima se refina por medio de un álcali cáustico para mejorar la calidad. Las heces, es decir, los residuos de la refinación cáustica que se asientan en el fondo del tanque de refinación, contienen concentraciones de aceite neutro. Si la masa de residuos ha de ser convertida en ácidos grasos, se saponifica el aceite neutro y luego se hidroliza la masa para liberar los ácidos grasos.

1.1.3.2. Blanqueo

Terminada la refinación, la materia grasa se blanquea con una tierra absorbente para producir un jabón de caldera o de color blanco. El blanqueo puede hacerse en vasija abierta bajo la presión atmosférica, o en tanque cerrado y con vacío. Es mejor el método al vacío porque quita el olor a la materia grasa a la vez que la blanquea. La materia grasa blanqueada se filtra en prensas-filtros de placas y se almacenan para el posterior suministro. Las materias de grado medio o bajo se decoloran por blanqueo químico.

1.1.3.3. Hidrogenación

Las grasas blandas y los aceites marinos, compuestos de glicéridos, con elevado contenido de ácidos grasos sin saturar, pueden ser mejorados por hidrogenación. La hidrogenación elimina olores inconvenientes y endurece la materia grasa.

1.1.4. Acabado del jabón

A continuación se describe las actividades realizadas en una planta de manufactura para la obtención del jabón y sus subproductos dentro de proceso de acabado (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005).

1.1.4.1. Planta de manufactura para la obtención del jabón y sus subproductos

La Figura 7 ilustra el diagrama tipo de una planta de terminado de jabones en donde el jabón limpio producido por tares de cochura o de modo continuo con materias grasas neutras, o con ácidos grasos es sometido a elaboración antes de ser transformado en barras, escamas, o polvo.

El jabón limpio contiene aproximadamente 30% de humedad y se seca por aire caliente o en tubos calentados por vapor. El jabón limpio procedente de una caldera o de un tanque de almacenaje se hecha en la parte superior de un cilindro helado por enfriamiento interior. Una tenue película de jabón solidificada en el rodillo grande se separa en forma de cintas mediante una cuchilla dentada. Las cintas caen sobre un delantal transportador, son llevadas a la abertura superior de la cámara secadora y caen en un transportador de tela metálica sin fin que recorre en un plano horizontal toda la longitud del secadero.

Sobre el transportador pasa una corriente de aire caliente, y las cintas de jabón parcialmente secas, al llegar al extremo del secadero, caen sobre otra tela metálica sin fin que se mueve en dirección opuesta en un nivel más bajo. Después de haber pasado dos veces más por la cámara de desecación, se enfrían las cintas con aire y se descargan sobre un transportador de husillo que las quiebra en forma de virutas y las lleva a los depósitos de almacenaje en que se guardan para ulterior tratamiento. En este punto la humedad es del 12% aproximadamente.

Las virutas de jabón de tocador se cargan en mezcladores de tarea, donde se agregan preservativos, pigmentos, colorantes y perfumes. Como preservativos del jabón, pueden usarse antioxidantes, pero con mayor frecuencia se emplean compuestos de quelación, que evitan el enranciamiento al combinarse con los vestigios de metales. Si no se hiciera eso, los metales actuarían como catalizadores en el desarrollo de la rancidez.

A continuación la masa mezclada de jabón se descarga en una tolva de molino. Los molinos de jabón son máquinas grandes que suelen tener de 3 a 5 pesados cilindros de acero o de granito que giran a velocidades distintas. El jabón es estrujado por los dos primeros cilindros y del cilindro de mayor velocidad pasa en forma de película a un tercer cilindro. Cada vez que el jabón es estrujado entre dos cilindros, se hace más uniforme. Del cilindro final se separa el jabón por medio de una cuchilla. El jabón molido es un producto uniforme, bien trabajado.

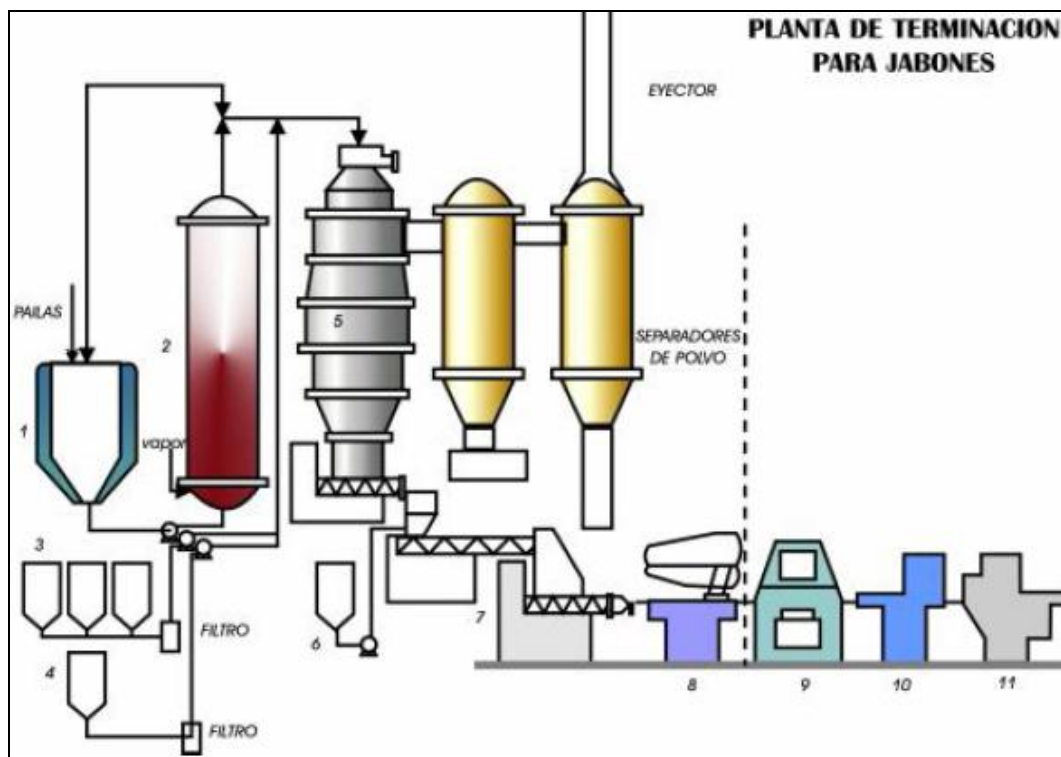


Figura 7. Planta de terminado (i.e., acabado) de jabones (Escuela de Ingeniería Agroindustrial, 2005)

Planta de terminación: una vez el jabón base llega a la planta de terminación, es depositado en la caja de servicios, en donde se suministra vapor a 130 lb de presión para mantener la temperatura en 80°C, permitiendo así la fluidez de la masa jabonosa hacia el precalentador. La capacidad promedio de estos tanques fluctúa entre 1500 y 4000 Kg.

Precalentamiento: el jabón base proveniente de los tanques de depósito en donde se mantiene a 80°C, es calentado hasta 110°C para permitir en la siguiente etapa una mezcla más homogénea del jabón con los insumos adicionados, tales como silicatos y colorantes. Para la preparación de estas soluciones se disponen de equipos auxiliares que consisten en recipientes cilíndricos.

Dosificador de colorante: la solución colorante contiene 55% color y 45% silicato. El colorante junto con el silicato y el 1% de la carga base (i.e., insolubles de la base) conforman los insolubles del producto final.

Dosificador de silicato: el silicato es un aditivo que mejora las propiedades de limpieza del jabón. El colorante y el silicato se mezclan a la salida de la bomba y antes de entrar en el atomizador se mezclan con la masa jabonosa.

Mezcla: consiste en la adición de materias primas auxiliares que mejoran las características físicas y la calidad del jabón. Generalmente se adiciona 1% de colorante y 5% de silicatos con base al peso de la masa total a tratar.

Atomización: luego de la adición de las materias primas auxiliares o insumos, la masa aún húmeda pasa al equipo atomizador, en donde el sistema de vacío permite disminuir la humedad desde un 33 o 34% hasta un 29%. Las partículas separadas se secan rápidamente gracias a la acción del vacío. El jabón cae a la cámara a una temperatura de 42°C y pasa a la siguiente etapa de compresión. Generado por el alto vacío, en ésta etapa se produce un polvillo fino. Por cuanto se hace necesario situar una batería de ciclones, para su recolección. En el equipo de atomización, la masa entra a presión chocando con las paredes; las partículas atomizadas y separadas se secan rápidamente gracias a la acción del vacío y quedan adheridas a las paredes. Dentro del atomizador dos cuchillas raspan el jabón, el cual cae hacia la compresora preliminar. Debido al alto vacío, se forma una cantidad de polvillo o fino que se hace necesario separar; para esto se utilizan separadores de polvo o ciclones, donde el jabón fino que es arrastrado por el vacío se recupera. El vacío que permite la operación en el atomizador está conformado por un eyector, un condensador barométrico, un condensador de gota, una columna barométrica y una bomba de vacío. El eyector y el condensador barométrico refuerzan el vacío producido por la bomba, logrando mayores vacíos que si ésta trabajara sola. Dicho vacío se aplica con el fin de disminuir la presión de vapor de agua, la cual al estar a una temperatura mayor se evapora rápidamente.

Compresión: las partículas de jabón pasan al sistema de compresión, en donde se homogeniza y compacta para formar un barra cuadrangular larga de jabón. La masa entra al equipo a 42°C, mientras la barra sale a 35°C. En esta sección se considera que el 1% de viruta de jabón queda adherido al equipo. El sistema de compresoras homogeniza la masa de jabón con el colorante y le proporciona el compactamiento necesario para formar la barra. Cada una de estas compresoras está formada por dos tornillos sinfín, y enfriada mediante un encamisado por el sistema de frigo. El sistema de frigo suministra el agua de enfriamiento para mantener las compresoras entre de 13-15°C. El sistema de frigo está compuesto por la bomba de vacío, un eyector, un condensador y se enfría por efecto del vacío para ser recogida en el tanque y luego ser utilizadas en las compresoras, El sistema suministra agua de enfriamiento y entra a las compresoras a 10°C y sale a 17°C.

Dosificador de aroma: el aroma se adiciona inmediatamente después de la compresora preliminar. La dosificación de aromas representa entre el 0,25 % -0,3 % en peso del producto final; el aroma se considera como una sustancia volátil.

Corte: la barra o tira larga de jabón, pasa a la máquina cortadora que permite darle el tamaño adecuado a la barra de jabón. Para tal fin, la barra pasa a través de una cortadora neumática, que proporciona un corte constante y uniforme. A partir de éste punto, la banda transportadora se divide en dos líneas, cada una de las cuales pasa a través de una troqueladora, y una envolvedora.

Troqueladora: es un equipo diseñado para el estampado de la marquilla en la superficie del jabón, proporcionando así la estética necesaria al producto. El equipo de troquelado es necesario mantenerlo a una temperatura adecuada de manera tal que permita que la barra de jabón se mantenga compacta. Para tal fin se instala un sistema de refrigeración que utiliza freón como refrigerante. El freón se somete a un ciclo completo de condensación, compresión, evaporación y expansión. En la evaporación el calor se retira de una solución circulante (i.e., etilenglicol) que se enfría. Esta solución es la encargada de enfriar los dados de los troqueles para que el jabón no se quede adherido a ellos. El rango de trabajo de la centralita es -15-20°C.

Envolvedoras: Son máquinas encargadas de envolver el jabón en un material termoencogible (i.e., polietileno). La máquina consta además de una cuchilla de sellado, ajustador de excentricidad, ajustador de presión, sensor de fotocelda y panel de control.

Sección de empaque: El jabón se empaca manualmente en cajas corrugadas y constituye el último paso de la terminación del jabón.

1.1.4.2. Productos y subproductos resultantes del acabado del jabón

A continuación se describen los productos y subproductos obtenidos del acabado del jabón (ídem, 2005).

Jabones de tocador: las virutas de jabón molido se convierten en barras de jabón de tocador por medio de una máquina de extrusión. Las virutas se echan en una tolva en cuyo fondo hay un gran husillo que las lleva continuamente a una cámara de compresión. Allí se verifica la desaereación y el jabón se aprieta y consolida formando una masa plástica compacta. En el extremo opuesto de la cámara existe un caño troncocónico con una matriz, por la cual sale a gran presión una barra continua de jabón plástico caliente que tiene la forma final de la deseada barra de tocador. Sobre la mesa de corte adjunta a la máquina se corta la barra de jabón en trozos, que se enfrían, estampan, envuelven y empaquetan para su despacho como pastillas de jabón. En estos últimos años algunos fabricantes han instalado refinadoras, para sustituir a los molinos, los cuales consisten en cámaras de compresión con alimentador de husillo y placas con finos orificios por los cuales pasa el jabón a presión.

Escamas de jabón: para la producción de escamas, el jabón molido pasa por molinos de acabado. Mediante la regulación de la temperatura y el cuidadoso ajuste del espacio entre los cilindros, se produce una película lustrosa. La película de jabón del último cilindro es marcada por cortadores giratorios que determinan la forma de la escama final. La película

se separa del cilindro con una cuchilla y se deja caer en un transportador, es enfriada y transportada a la tolva de la máquina envasadora.

Productos secados por aspersión: hay jabones en polvo ligeramente perfumados y hay polvos para lavanderías que contienen un elevado porcentaje de coadyuvantes. Para hacer los compuestos de lavandería, se echa el jabón limpio de los tanques de almacenamiento en la máquina mezcladora provista de camisa de vapor, donde se mezcla con relleno. Al funcionar la máquina el husillo eleva el material desde el fondo de la sección hemisférica y lo lleva hasta lo alto de la mezcladora. Dicho material es mezclado en el espacio anular por la barredera y gradualmente retorna hacia el fondo. Así se obtienen mezclas excelentes. Los rellenos coadyuvantes pueden ser de carbonato de sodio, silicato de sodio y pirofosfato tetrasódico. El jabón así elaborado es bombeado a tanques pequeños de almacenamiento, donde se mantiene agitado para llevarlo con bombas de alta presión a las toberas situadas cerca de la cima de una torre de aspersión. Esta torre es cilíndrica y puede estar diseñada para corriente en el mismo sentido del jabón y gases calientes, o para que estos obren en contracorriente del jabón. El polvo seco que sale por el fondo de la torre es enfriado por aire, cernido y transportado al equipo automático de pesada y envasado.

Jabones moldeados: en todo el mundo se fabrica jabón en barras para el lavado doméstico. Estas barras se cortan de los jabones moldeados. Se moldean los jabones del procedimiento sin caldeo, de semicocción y el jabón limpio. El jabón limpio de caldera se hecha en una máquina mezcladora, donde se mezcla con el relleno. La mezcla se vierte en los moldes y se deja en reposo varios días hasta que se enfríe. El molde para jabón consta de una fuerte plataforma de madera colocada sobre ruedas. Cuando se ha enfriado la masa de jabón, se quitan los costados y los testers de la caja y queda en la plataforma de madera un sólido bloque rectangular de jabón. Ese bloque es empujado hacia un aparato que corta horizontalmente por medio de una serie de alambres paralelos fuertemente atesados entre dos postes. Las planchas de jabón se secan a mano y se colocan en una mesa horizontal, en la que se cortan en barras por medio de alambres paralelos perpendiculares al plano de la mesa. Las barras se estampan en una prensa para jabón, se envuelven y se empaquetan para su embarque.

Tintes Fluorescentes: se agregan colorantes a los productos para lavandería y para servicio ligero. Estos tintes, en muy pequeñas cantidades, reflejan las radiaciones del espectro visible e imparten considerablemente blancura y brillantez a los tejidos lavados. Otro ingrediente, el CMC (i.e., Carboxil Metil Celulosa), se añade al jabón de lavandería para evitar que se vuelva a depositar en las telas la suciedad que flota en el agua del lavado.

1.1.5. Aplicaciones del jabón

Aunque el jabón es más conocido como agente de limpieza y la mayoría se produce para éste fin, tiene también otros usos importantes como emulsivo. Algunas de múltiples aplicaciones del jabón se especifican en el Cuadro 1 (Textoscientíficos.com, 2005).

Cuadro 1. Aplicaciones del jabón (ídem, 2005)

Aplicación	Descripción
<p>Limpeza y lavanderías</p> 	<p>Para el aseo y el lavado doméstico y para las empresas comerciales de lavandería se destina elevado porcentaje del jabón que se fabrica. En la mayoría de las empresas de lavado de ropa se emplea agua ablandada y el lavado se realiza a alta temperatura.</p>
<p>Textiles</p> 	<p>En la industria textil se emplean los jabones en las operaciones de lavado, remojo, enfurtido, impermeabilización, abrillantado y apresto.</p>
<p>Alimentos</p> 	<p>En la elaboración de alimentos son extraordinariamente importantes las elevadas normas de limpieza. Los jabones se emplean para tener a los operarios y sus ropas en buen estado de limpieza, para limpiar el equipo, los locales en que se almacenan los alimentos y en muchos casos, para limpiar la superficie exterior de los productos sometidos a elaboración. Los jabones se usan para lavar las frutas y legumbres a fin de eliminar los insecticidas, la suciedad y las materias extrañas de origen orgánico.</p>
<p>Jabones sanitarios</p> 	<p>Los jabones de potasa son utilizados en la limpieza de hoteles, fábricas, restaurantes, tiendas y edificios de oficinas. Se utilizan también jabones líquidos para las manos en los cuartos de aseo, fabricados con aceite de coco y potasa cáustica. Los jabones para el fregado de los suelos se fabrican con aceites de maíz o de soja y potasa cáustica.</p>
<p>Jabones medicinales</p> 	<p>Se fabrican muchos jabones que contienen ingredientes medicinales para destruir las bacterias y los hongos que no hayan sido eliminados por el lavado o para producir efectos especiales en la piel. Los ingredientes son fenoles, ácidos cresílicos, compuestos de mercurio, azufre, G 11 [bis (2 hidroxí 3, 5, 6 tri-cloro fenilo)] y clorofila. Algunos jabones medicinales acortan la limpieza requerida por los cirujanos como preparación para sus operaciones quirúrgicas.</p>
<p>Caucho sintético</p> 	<p>Se utiliza para emulsionar los ingredientes en agua. Se polimeriza la emulsión hasta formar un látex líquido artificial que se coagula y se somete a proceso para la transformación en caucho.</p>

Aplicación	Descripción
<p>Pinturas</p> 	<p>El jabón es importante ingrediente de las pinturas, del popular tipo de emulsión acuosa, que son resinas sintéticas emulsionadas en agua. Los jabones se emplean también con cierta extensión en la elaboración de pigmentos para las pinturas.</p>
<p>Plásticos</p> 	<p>Se ha tenido buen éxito en la polimerización de emulsiones gracias al empleo del jabón. El producto es una dispersión en agua.</p>
<p>Papel</p> 	<p>Se utiliza como detergentes, emulsivo y lubricante. Su función más importante es la emulsiva y se utiliza en la fabricación de aprestos, acabados y revestimientos. Es importante la cualidad lubricante para papeles resistentes a la humedad.</p>
<p>Producción de petróleo</p> 	<p>El jabón se usa en lodos de perforación para aumentar la producción de petróleo de los pozos por su propiedad característica de formar espuma, en la recuperación de petróleo residual de los pozos, para impedir la formación de ceras en las arenas petrolíferas y en las tuberías, y en la recuperación del petróleo del cieno.</p>
<p>Agricultura</p> 	<p>Se utiliza en la fabricación de insecticidas y para evitar las infecciones en el ganado.</p>
<p>Cosméticos</p> 	<p>En la manufactura de los cosméticos, el jabón es, por su poder emulsivo, ingrediente importante en casi todas las fórmulas. La mayor parte de los jabones empleados se forman in situ durante la mezcla de la fase acuosa y oleosa.</p>

En la industria cosmética actual la determinación del contenido de jabón formado en la reacción de saponificación entre una sustancia caustica y una grasa se realiza por el método ASTM D-460 (Standard Test Methods for Sampling and Chemical Analysis of

Soaps and Soap Products). Este método ASTM genera una gran cantidad de residuos peligrosos que requieren disposición adecuada para disminuir su impacto al medio ambiente (p.ej., incineración o relleno de seguridad), sin contar con la exposición de los trabajadores al manejo de sustancias químicas (p.ej., etil éter, ácido sulfúrico, anaranjado de metilo, fenolftaleína, alcohol etílico, hidróxido de sodio y alcohol etílico), y los efectos perjudiciales a la salud que pueden ocasionarse si no se toman las acciones correctivas o preventivas adecuadas (p.ej., quemaduras, cortadas, enfermedades de la piel, afectación del sistema respiratorio, etc.). Este estudio está concentrado en los riesgos a la salud de los trabajadores y los aspectos e impactos ambientales que se generan en el análisis para la determinación del contenido de jabón. En el Cuadro 2 se exponen los posibles efectos a la salud y ambientales que pueden tener las sustancias químicas que se utilizan en el método ASTM D-460 (i.e., sustancias como etil éter, ácido sulfúrico, anaranjado de metilo, fenolftaleína, alcohol etílico, hidróxido de sodio y Alcohol etílico).

Cuadro 2. Sustancias químicas utilizadas en el método ASTM D-460 para la determinación del contenido de jabón con sus posibles efectos ambientales y de salud

Sustancia	posibles efectos a la Salud	posibles efectos ambientales
Etil éter ¹	Moderadamente tóxico y causa síntomas de narcosis y anestesia y, solo en casos extremos, la muerte por parálisis respiratoria. No sufre cambios químicos dentro del cuerpo. Por inhalación causa náuseas, vómito, dolor de cabeza y pérdida de la conciencia, causando cierta irritación del tracto respiratorio. Son raros los casos de muerte de trabajadores por inhalación aguda. Una exposición crónica lleva a anorexia, dolor de cabeza, adormecimiento, fatiga, agitación y disturbios mentales. Por contacto con los ojos irrita levemente y en caso de irritación severa, los daños son, generalmente, reversibles. Por contacto con la piel produce resequedad y dermatitis. Debido a que se evapora rápidamente, su absorción a través de la piel es mínima. Por ingestión no es especialmente venenoso, sin embargo, produce los síntomas narcóticos ya mencionados e irritación al estómago. No existen evidencias de carcinogenicidad. No es mutagénico. Peligros reproductivos: se ha informado de un leve incremento en el promedio de abortos en mujeres expuestas a este producto.	Generación de lixiviación en las aguas subterráneas. Cuando es liberado en el suelo o el agua no se espera que se biodegrade.
Alcohol etílico ²	Por inhalación, altas concentraciones del vapor pueden causar somnolencia, tos, irritación de los ojos y el tracto respiratorio, dolor de cabeza y síntomas similares a la ingestión. Por ingestión, da sensación de quemadura. Actúa al principio como estimulante seguido de depresión, dolor de cabeza, visión borrosa, somnolencia e inconsciencia. Grandes cantidades afectan el aparato gastrointestinal. Si es desnaturalizado con metanol, puede causar ceguera. Por contacto con la piel se genera resequedad. Por contacto con los ojos: se genera	Es biodegradable. Nocivo para peces y plancton a concentraciones mayores de 9000 mg/l en 24 h. La toxicidad para peces es: LC 50 mayor de 10 g/l.

Sustancia	posibles efectos a la Salud	posibles efectos ambientales
	<p>irritación, enrojecimiento, dolor y sensación de quemadura. Efectos crónicos: A largo plazo produce efectos narcotizantes. Afecta el sistema nervioso central, irrita la piel (dermatitis) y el tracto respiratorio superior. La ingestión crónica causa cirrosis en el hígado.</p>	
Fenoltaleína ³	<p>Ingestión: Nocivo por ingestión. Sospechoso riesgo de cáncer. El riesgo de cáncer depende del nivel y duración de la exposición. Por inhalación el polvo puede causar tos y estornudos. Por contacto con los ojos se presenta leve irritación. Por contacto con la piel no clasifica como irritante, pero puede ser absorbida a través de las superficies húmedas o aceitosas. Los síntomas pueden parecerse a los de la exposición de la ingestión. Por ingestión es catártico. Muy activo, incluso en pequeñas cantidades (30-100 mg). Puede causar una purga, colapso, y la caída de la presión arterial o una erupción en la piel comezón que puede convertirse en ulcerosa. Otros efectos sistémicos no son muy conocidos. La exposición puede causar diarrea, trastornos de estómago y debilidad. Desequilibrio en el balance electrolítico.</p>	<p>Biodegradable. No deben esperarse interferencias en depuradoras si se usa adecuadamente. Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no cabe esperar problemas ecológicos.</p>
Ácido sulfúrico ⁴	<p>Por inhalación de vapores se generan irritaciones en vías respiratorias. Sustancia muy corrosiva. Por contacto con la piel provoca quemaduras. Por contacto con los ojos ocasiona quemaduras, ceguera (lesión irreversible del nervio óptico). Por ingestión ocasiona quemaduras en el aparato digestivo. Fuertes dolores, con riesgo de perforación. Puede provocar náuseas, vómitos, diarreas. Después de un periodo de latencia: estenosis del píloro.</p>	<p>Organismos acuáticos = 10 mg/l (96h); Clasificación: E.T. (i.e., extrema toxicidad). Peces = 1,2 mg/l ; Clasificación : Extremadamente tóxico. Bacterias (Para Sulfato sódico) = >2500 mg/l ; Clasificación : M.T. (i.e., muy tóxico). Riesgo alto para el medio acuático. Riesgo medio el medio terrestre. Es de E.T. para peces. La ecotoxicidad se debe a la desviación del pH y a la formación de sulfato sódico.</p>
Hidróxido de sodio ⁵	<p>Por inhalación es un irritante severo. Los efectos por la inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños del tracto respiratorio superior, dependiendo de la severidad de la exposición. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa. Por ingestión se pueden causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Puede ocasionar severas lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser: sangrado, vómito, diarrea, caída de presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición. Por contacto con la piel puede causar irritación o quemaduras severas y cicatrización por exposiciones mayores. Por contacto con los ojos produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo</p>	<p>Peligro para la vida acuática aún en bajas concentraciones. Mortal para peces a partir de 20 mg/L. No es biodegradable.</p>

Sustancia	posibles efectos a la Salud	posibles efectos ambientales
	constante. En casos severos quemaduras de la córnea e incluso ceguera. Efectos crónicos: contacto prolongado produce dermatitis, fisuras e inflamación de la piel. Puede causar cáncer al esófago.	
Anaranjado de metilo ⁶	Por contacto con los ojos ocasiona leves irritaciones. Con riesgo moderada a alta de: ceguera provocando la lesión irreversible del nervio óptico. Otras indicaciones: son potencialmente cancerogénicos. Se recomienda, por lo tanto, manejar el compuesto de acuerdo con las características propias de la amina.	No biodegradable. Su liberación genera contaminación en suelos y aguas.

Nota: fuentes: ¹(CTR Scientific, 2010); ²(Corquiven C.A., 2009); ³(Universidad Javeriana, 2008); ⁴(CTR Scientific, 2010); ⁵(CISPROQUM, 2005); ⁶(CTR Scientific, 2010)

1.1.6. Diagnóstico del mercado cosmético y de productos de aseo en Colombia

La cadena de cosméticos y productos de aseo cuenta con importantes oportunidades de aumentar la cantidad y el valor agregado de sus exportaciones, especialmente al mercado de Estados Unidos (Figura 8). De hecho, el sector ya cuenta con una experiencia valiosa de exportación: en 2011 exportó 633 millones de dólares, a 60 países, con una canasta de productos diversificada (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013).

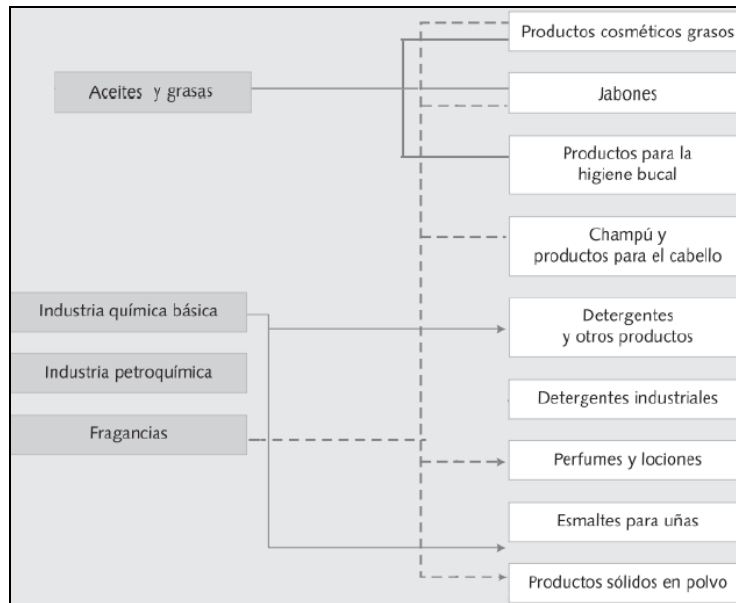


Figura 8. Cadena de cosméticos y productos de aseo (DNP, 2013)

Es además una cadena de alto valor agregado puesto que se caracteriza por la ausencia de eslabones intermedios al concentrarse fundamentalmente en la elaboración de productos de consumo final. La cadena se enfoca en la transformación de la materia prima, que incluye aceites y grasas básicas como el sebo y componentes más elaborados como la glicerina, productos químicos básicos como la soda cáustica y el bicarbonato de sodio; y productos derivados del petróleo como la vaselina y fragancias y esencias. El abanico de productos finales incluye jabones, detergentes, preparaciones de limpieza, lubricantes, ceras, pastas y sustancia odoríferas y por otro lado, la línea completa de productos para el cuidado personal que incluye elementos como perfumes, maquillaje, champú, pasta dental, cremas y humectantes entre otros. El primer paso para empezar a caracterizar esta cadena productiva en el país, es ver qué se produce y evaluar la orientación exportadora de la canasta en Colombia. La Figura 9 muestra la participación de cada subsector dentro del total de la cadena de cosméticos y productos de aseo así como su vocación exportadora (i.e., porcentaje de las ventas totales de cada subsector que se hacen en el exterior). La cadena concentra su producción y ventas al exterior perfumes, cremas, champú y productos de higiene. Aunque una parte importante de las ventas son en el exterior, existe aún espacio para el crecimiento exportador (Figura 9) (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013).

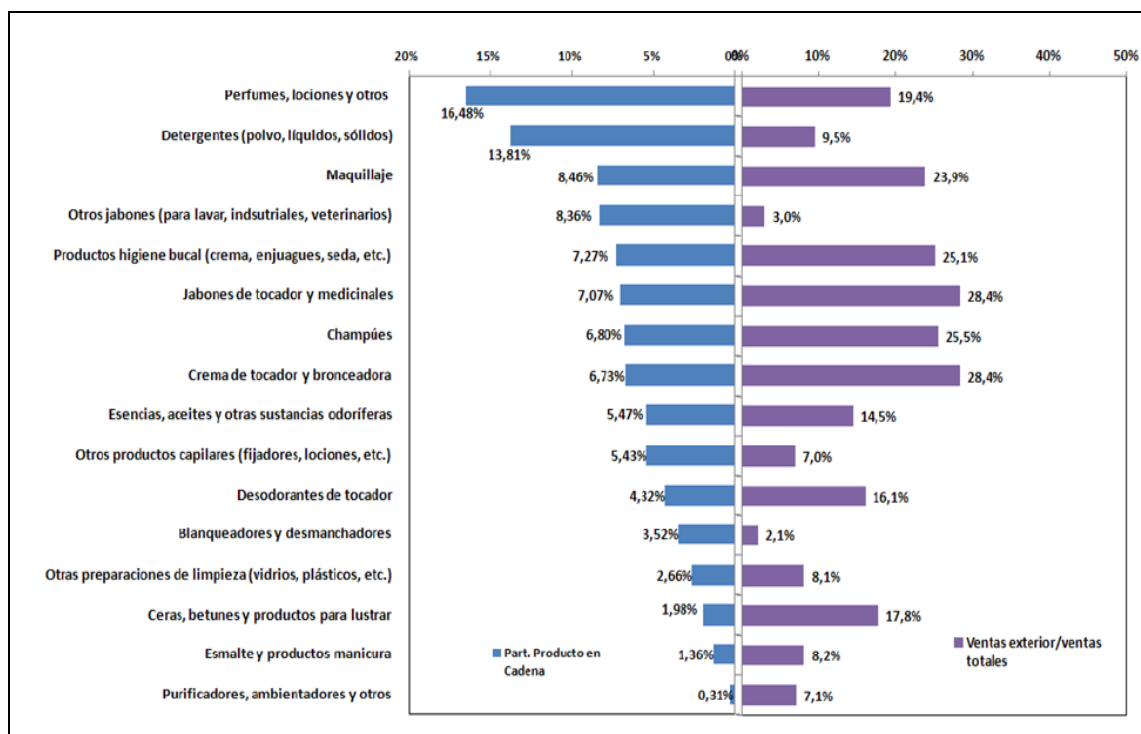


Figura 9. Participación de principales productos del sector cosmético y de aseo y vocación exportadora (ídem, 2013)

1.1.6.1. Balanza comercial agregada

Las Figura 10-11 ilustran las tendencias de exportaciones e importaciones de la cadena de cosméticos y productos de aseo. En 2011 se exportó un valor cercano a 663 millones de dólares. De este valor, 490 millones correspondieron a cosméticos y productos de tocador y 143 millones a jabones y productos de aseo. Por su parte, en este mismo año, Colombia importó 741 millones de dólares en productos de la cadena. La mayor parte de este valor - 73%- correspondió a productos cosméticos y de tocador, y el 27% restante a jabones y productos de aseo (DNP, 2012). Como se observa en las Figura 10-11, la cadena de cosméticos y aseo es una industria dinámica con grandes oportunidades de crecimiento comercial. Una de las oportunidades de crecimiento de las exportaciones de Colombia es el TLC con Estados Unido.

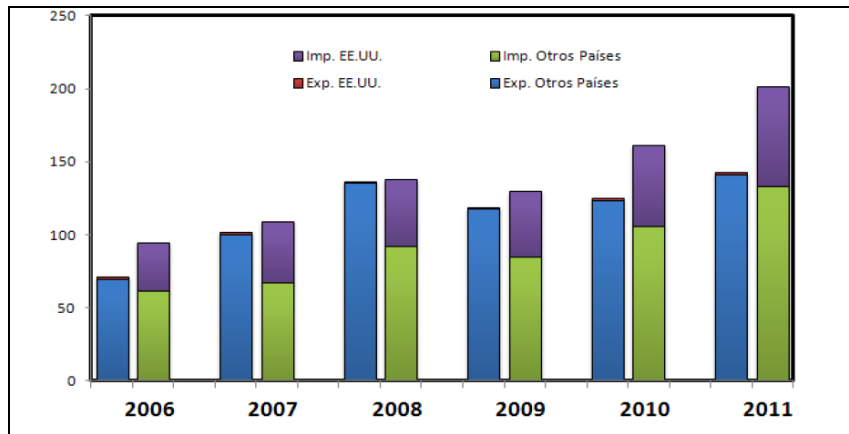


Figura 10. Jabones y productos de aseo e importaciones en US\$ millones de Colombia a Estados Unidos y el resto del mundo, períodos 2006-2011 (DNP, 2012)

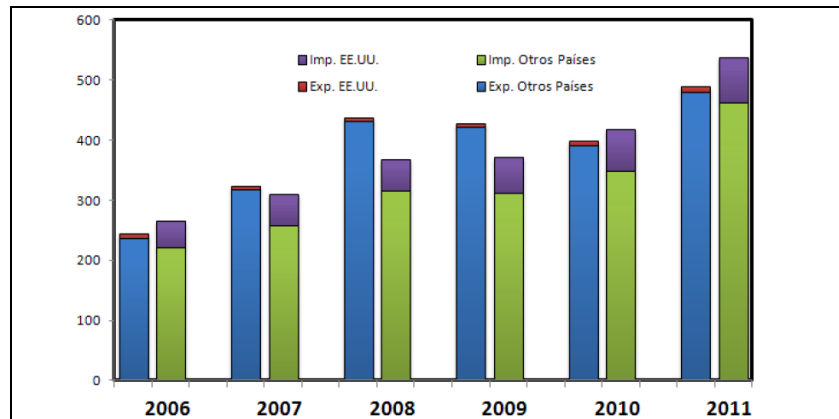


Figura 11. Cosméticos y productos de tocador; exportaciones e importaciones en US\$ millones de Colombia a Estados Unidos y el resto del mundo (ídem, 2012)

La participación de Estados Unidos en el comercio exterior de la cadena de cosméticos y productos de aseo, en comparación con otros sectores productivos del país, es significativamente baja, debido a la importante representación que tienen los países de la región andina como clientes de los productos colombianos y a la relativa diversidad de mercados de exportación de la cadena. En promedio, Estados Unidos representa el 39% de las exportaciones de Colombia frente al 8% en el caso de cosméticos y productos de aseo. Una mirada más detallada de las exportaciones de la cadena hacia Estados Unidos, muestra que el subsector de cosméticos y productos de tocador da cuenta del 89% del valor total, mientras que los productos de aseo representan solamente el 11% restante. En contraste, Estados Unidos es de fundamental relevancia como país de origen. De hecho, en el 2011, con un valor de 145 millones de dólares dio cuenta de cerca de la quinta parte de las importaciones colombianas totales de productos de la cadena, de las cuales el 53% fueron de cosméticos y productos de tocador y el 47% de jabones y productos de aseo. En agregado se observa que en el caso de Colombia, existe un déficit comercial hacia el mundo en toda la cadena de cosméticos y productos de aseo. Si bien el valor de las exportaciones es similar al de las importaciones al interior de cosméticos y productos de tocador, existe una marcada tendencia que tiende a ampliar el déficit comercial en el rubro de los productos de aseo.

1.1.6.2. Comportamiento del sector en los últimos años

Salvo por una pequeña desaceleración producto de la crisis internacional la dinámica exportadora de la cadena presenta una importante tendencia positiva. Entre los años 2002 y 2006, las exportaciones promediaron un valor cercano a 206 millones de dólares, entre 2007 y 2009, 516 millones de dólares, y entre 2010 y 2011, 578 millones de dólares. Este importante crecimiento ha sido jalonado principalmente por el subsector de cosméticos que presentó crecimientos importantes a lo largo de casi todos sus productos con particular énfasis en maquillaje, que como un todo creció a una tasa promedio anual del 23% en el periodo 2003-2011 (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013).

Aunque en volumen, las exportaciones hacia Estados Unidos no constituyen un rubro demasiado relevante, vale la pena resaltar que han tenido una dinámica muy importante durante los últimos años, creciendo a una tasa promedio anual del 27%, cifra muy superior al 19% anual que promediaron las exportaciones totales que representa en sí misma una velocidad de crecimiento que no exhiben los demás sectores industriales en Colombia. Esta realidad constituye un llamado para primero, conservar los nichos de mercado al interior de productos de aseo donde la balanza comercial positiva habla de la existencia de ventajas competitivas, como jabones en barra y cremas para calzado y madera; y segundo a orientar estratégicamente esfuerzos que permitan fortalecer la capacidad exportadora del país hacia el mercado americano, aprovechando su gran potencial y tamaño (i.e., EE.UU. importó

11.300 millones en productos de la cadena en 2011) y la nueva estabilidad en las condiciones arancelarias que brinda el TLC (ídem, 2013).

En cuanto a las importaciones, se observa un claro aumento de las ventas de productos de la cadena cosméticos y aseo originarios tanto de Estados Unidos como de otros países del mundo con participaciones importantes de México y Brasil. Este importante aumento se debe en parte al mayor poder adquisitivo en Colombia por cuenta de la revaluación del peso y de manera importante al cambio en los patrones de consumo de los últimos años, debido a que los productos de cuidado personal han pasado del segmento de productos suntuarios al de elementos consumidos regularmente; fenómeno que se refleja en la ampliación de los canales de distribución al interior del país y la gran disponibilidad de este tipo de productos en supermercados y grandes superficies y no exclusivamente en tiendas especializadas (ídem, 2013).

1.1.6.3. Análisis por tipos de producto

A continuación se hará mención de los productos exportan e importan en Colombia en el sector donde está involucrada la producción de jabón (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013).

Es clave para este sector exportar más volumen, pero también exportar productos cada vez más sofisticados y encontrar nichos de mercados estratégicos en los mercados internacionales. En este sentido, es de resaltar que los sectores de cosméticos, productos de tocador, jabones y productos de aseo, ofrecen ventajas favorables para Colombia debido a la gran biodiversidad del país y el uso sostenible que se le está dando a la misma en el sector, por ejemplo, con el uso de ingredientes activos naturales.

Por otra parte, la Figura 12 presenta el valor y crecimiento de las exportaciones e importaciones de los principales subsectores de la cadena con el mundo y Estados Unidos como destinos y lugares de origen. Como se puede evidenciar, los principales productos de exportación de Colombia son productos de maquillaje, perfumes y preparaciones capilares. Los tres rubros específicos más exportados por el país en 2011 fueron perfumes y aguas de tocador con alcohol, otros productos de maquillaje y para la belleza, incluyendo bloqueador, y jabones sólidos para el baño. Estos tres rubros sumaron más de 270 millones de dólares, y representaron, en este año, cerca del 43% de las exportaciones totales.

Un hecho que salta a la vista al analizar las cifras de comercio exterior de Colombia de este sector, es la baja participación del mercado norteamericano, especialmente en las exportaciones. Por ejemplo, en 2011, de 183 millones de dólares exportados en maquillaje, tan solo 4,7 se dirigieron a Estados Unidos, de 106 millones de dólares en perfumes, menos de 3 millones se exportaron a este país, y de 95 millones de dólares exportados en preparaciones capilares, solo 2 millones se enviaron al mercado norteamericano.

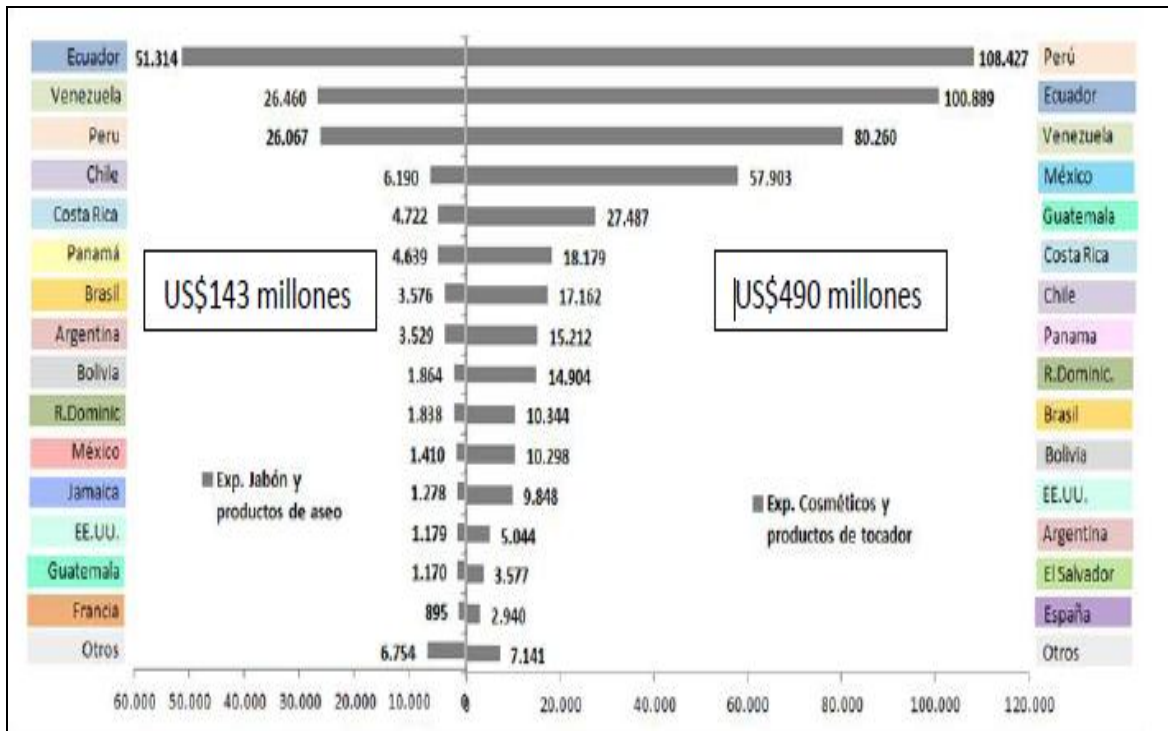


Figura 12. Crecimiento promedio de las exportaciones e Importaciones de Colombia del sector de cosméticos y productos de tocador, EEUU y el Mundo años 2007-2011 (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013)

Los cinco productos más exportados a Estados Unidos en 2011 fueron lacas, acondicionadores y otras preparaciones capilares, perfumes y aguas de tocador con alcohol, preparaciones para el cuidado de la piel, preparaciones de belleza para manicura, y preparaciones de belleza para el maquillaje de los ojos. Pero estos cinco productos tan solo sumaron poco más de 5 millones de dólares, en un mercado que, para estos cinco mismos productos, importa casi 4.500 millones de dólares. Escasamente el país representó el 1% de las importaciones de Estados Unidos en los cinco productos que más exporta. Existe, por tanto una clara oportunidad de incursionar más a fondo el mercado norteamericano con productos en los cuales las empresas en Colombia ya cuentan con una experiencia exportadora exitosa a otros países.

Por otro lado, los productos que el país más importa son mezclas odoríferas y agentes de superficie orgánicos, especialmente para la limpieza del hogar, maquillaje y preparaciones capilares. En importaciones, el país compró, del mundo, un valor cercano a 740 millones de dólares en productos del sector de cosméticos y productos de aseo.

Los productos más importados en este período fueron mezclas odoríferas, agentes de superficie orgánicos, especialmente para la limpieza del hogar, maquillaje y preparaciones capilares. Estados Unidos, en este caso, sí fue un socio importante para el país, siendo el país de origen de cerca del 20% de las importaciones totales del sector en este período. Sobresale, en este sentido, la participación de este país en las importaciones de aceites esenciales, preparaciones lubricantes, ceras y betunes, y agentes de superficie orgánicos para la limpieza del hogar.

Para estos sectores Colombia de productos del sector de cosméticos y artículos de aseo, se encuentra un crecimiento en todos los rubros, con valores que oscilan entre 10% y 25% para las distintas actividades que componen el sector. Para el caso particular de Estados Unidos, se observa un dinamismo importante en perfumes, betunes y cremas para calzado, maquillaje y preparaciones para la higiene bucal.

Este buen desempeño de las importaciones del sector es un indicio del mayor poder adquisitivo de las familias colombianas que empiezan a superar un umbral de ingresos que les permite adquirir productos para el cuidado y la belleza que antes no se encontraban dentro de sus posibilidades. Este mayor mercado interno es también una oportunidad que las empresas del país están aprovechando, y también promocionando a través de campañas publicitarias y estrategias de comunicación.

En contraste, el mercado de los productos cosméticos y de tocador colombianos es más diversificado (Figura 13). A manera de ejemplo, se encuentra que en el 2011, los productos fueron exportados a países distribuidos de manera relativamente equilibrada puesto que la participación de ningún destino excedió el 25%. Los principales destinos exportadores en orden de importancia son Perú (22%), Ecuador (21%), Venezuela (16%) y México (12%).

Por otro lado, resalta el enorme espacio para crecer vía penetración del mercado americano, puesto que hacia Estados Unidos se exporto una cantidad que corresponde al 9% de lo que vendemos en Perú en el caso de cosméticos y de tan sólo el 2% de lo que vendemos a Ecuador en materia de productos de aseo.

En cuanto a las importaciones, como se mencionó anteriormente, la mayoría se concentra en cosméticos y productos de tocador. Estos bienes provienen principalmente de México y se concentran en mezclas de sustancias odoríferas de uso industrial que representan el 36%, en champú que participa con el 22%, y pasta dental con el 18%. Paralelamente y dentro del rubro de jabones y productos de aseo se observa que los principales países de origen son Estados Unidos (34%), México (20%), y Alemania (11%). El grueso de las importaciones de la cadena son productos cosméticos y de tocador, donde resalta la importancia de México, mientras que el origen de las importaciones de productos de aseo es más diversificado.

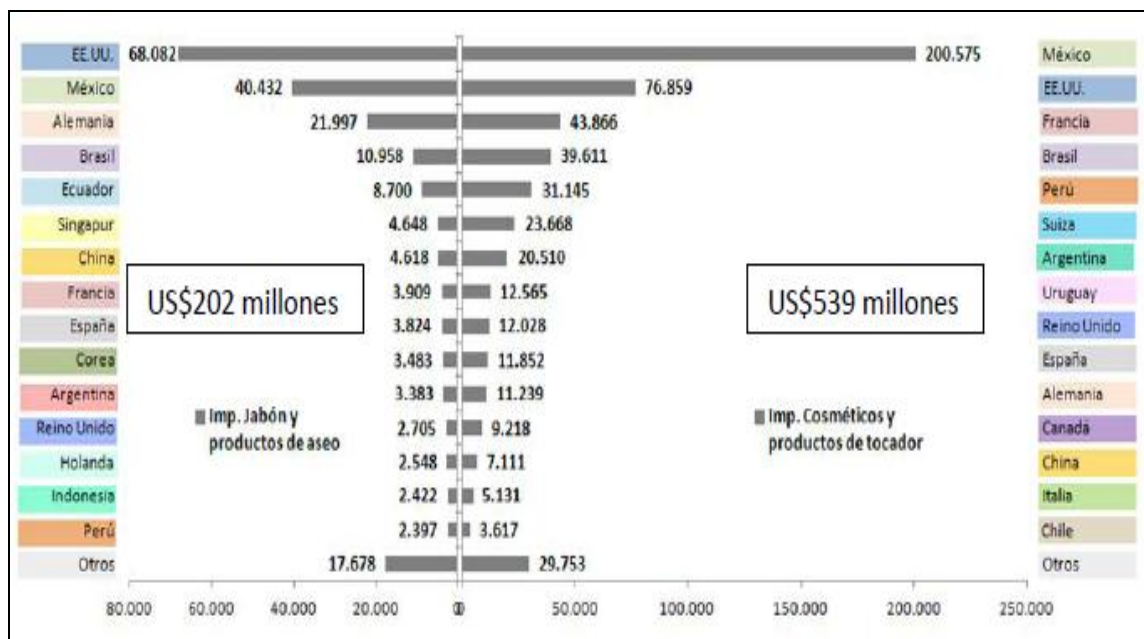


Figura 13. Importaciones en US\$ miles de Colombia de la cadena de cosméticos y productos de aseo, por origen en 2011 (ídem, 2013)

1.1.6.4. Necesidades

El sector de cosméticos y productos de aseo ha tenido un comportamiento positivo en los últimos años. Este desempeño se debe en parte al crecimiento de las exportaciones, especialmente de cosméticos y productos de tocador. Este dinamismo, se explica, en buena medida, por el exitoso proceso de reemplazo del mercado venezolano por destinos como Perú, Ecuador, México y Centroamérica.

Se ha registrado también una reactivación importante del consumo nacional, impulsada especialmente por las estrategias de publicidad, mercadeo y ventas desarrolladas por las empresas del sector –este es uno de los sectores que más invierte en publicidad-. Los altos índices de confianza y las grandes inversiones en el sector también han sido motores de crecimiento. Entre éstas últimas, sobresalen inversiones recientes como los centros de innovación de Kimberly-Clark y Belcorp, y los centros de distribución de Avon, Procter & Gamble y Unilever.

Ahora bien, el crecimiento del sector de cosméticos y productos de aseo no es solo resultado de más producción sino también de mejoras en la producción. Este es un sector que le está apostando a la innovación, no solo para diferenciar y agregar valor al producto final, sino también para mejorar las materias primas y los ingredientes activos. Una apuesta importante del sector está en aprovechar, de manera sostenible, la diversidad para desarrollar productos que se diferencien en los mercados internacionales.

Cabe resaltar además que el sector de cosméticos y productos de aseo hace parte del Programa de Transformación Productiva, cuyo objetivo es desarrollar sectores de talla mundial a través de la elaboración y ejecución de planes de negocio y la consolidación de alianzas público-privadas. En este programa se han logrado algunos avances en: (i) la modernización, automatización, y mejor estructuración del programa de inspección y vigilancia del Invima en lo relacionado con esta industria; (ii) la asignación de mayores recursos de Colciencias para innovación en el sector; y (iii) el desarrollo de nuevos convenios para realizar capacitaciones con universidades en Colombia y otros países. Quedan, sin embargo, grandes retos por delante, uno de los cuales, es lograr un mayor posicionamiento en el mercado norteamericano. Para esto, se han identificado las principales necesidades del sector, que se presentan en la tabla dos y se categorizan según las siguientes temáticas: regulatorias, institucionales, de capital humano y competitividad.

En materia de calidad, por ejemplo, el sector requiere de un desarrollo más comprensivo en conocimiento, y disponibilidad de certificaciones en biodiversidad así como una mayor infraestructura y mejores prácticas de laboratorios para los ensayos de productos, especialmente de ingredientes intermedios utilizados en los procesos productivos como mezclas y sustancias odoríferas o aceites esenciales. Para estos últimos, sobresale la falta de protocolos en laboratorios para aceites esenciales con base en productos como maracuyá, sábila, tagua, aguacate, entre otros. Simultáneamente, es necesario adelantar un programa de capacitación empresarial, especialmente interesante pues cuenta con el potencial de ser una victoria temprana, que minimice los problemas que enfrenta el exportador colombiano al no conocer y adherirse a la reglamentación de etiquetado. Adicionalmente, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, junto con Proexport tienen un rol importante en la identificación y acompañamiento en la búsqueda y el aprovechamiento de oportunidades. Como se menciona anteriormente, la identificación de subpartidas arancelarias estratégicas no es suficiente. Es crítico definir el nicho de mercado estratégico para el país en cada una e investigar las oportunidades de mercado existentes. Se especifica, por ejemplo, una necesidad de las empresas del sector de mayor información sobre tendencias de mercado, mecanismos de distribución, entre otros, en los diferentes mercados de Estados Unidos. También Bancóldex, a través de Innpulsa, juegan un rol importante en apoyar los procesos de innovación ya iniciados en el sector.

Por otro lado, se ha identificado que la falta de disponibilidad de envases y empaques de calidad con propuestas relevantes en términos de diseño y funcionalidad es una barrera importante para el aumento de la oferta exportadora del sector. En este sentido, es importante avanzar en el diseño de un programa de fortalecimiento para las empresas productoras, enfocado tanto en calidad y valor agregado como en el desarrollo de procesos industriales que garanticen capacidad de producir en las cantidades y con la consistencia requerida por el sector de cosméticos. El uso de la biodiversidad, como se ha mencionado anteriormente, es una apuesta importante de las empresas de cosméticos y productos de tocador y de aseo del país. Para esto, una regulación más clara sobre el acceso a recursos

genéticos, mayor disponibilidad de mano de obra con conocimiento especializado en esta materia, y un mayor avance en la oferta de certificaciones para productos basados en la biodiversidad, se identifican como temas críticos para el sector. Finalmente el Cuadro 3 expone las necesidades sectoriales y los retos urgentes del TLC con Estados Unidos. Es clave el establecimiento de una política que incentive la asociatividad entre empresas que típicamente son competidoras al interior del mercado nacional, como estrategia para generar escalas que permitan penetrar de manera eficiente el mercado americano. Existen oportunidades para disminuir costos y aumentar la competitividad por medio de establecimiento conjunto de bodegas de almacenaje, el envío coordinado de mercancías compartiendo costos de container, y la posibilidad de hacer negocios con grandes distribuidores en Estados Unidos juntando la capacidad productiva de varias empresas.

Cuadro 3. Necesidades sectoriales: Identificación de retos urgentes para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos para las industrias de cosméticos y productos de aseo (Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos, 2013)

Barreras para el aprovechamiento			
Regulatorio	capital humano	Infraestructura	institucionalidad
Reestructuración del Invima	Disponibilidad del personal con conocimiento especializado en temas de biodiversidad	Infraestructura de laboratorios y buenas prácticas para ensayos en insumos de la industria como mezclas y sustancias odoríferas o aceites esenciales no tradicionales (p.ej., maracuyá, sábila, tagua, aguacate y otros)	Diseño y apoyo a esquemas asociativos que permitan buscar compradores y producir a gran escala
Regulación de acceso a recursos genéticos	Necesidad de capacitación específica para evitar devoluciones de mercancía por problemas en etiquetado	Desarrollo de esquemas asociativos que permitan compartir costos de infraestructura	Diseño de una estrategia de fortalecimiento para la industria de empaques
Tratamiento especial y lecciones de buenas prácticas a empresas que ya iniciaron el uso de la biodiversidad		P.ej., alquiler conjunto de una bodega para almacenaje, compartir el costos de un container, etc.	Apoyo proexport en diagnóstico e información sobre tendencias del mercado y canales de distribución
Avanzar certificaciones en biodiversidad			Fortalecer los procesos de innovación con apoyos

1.1.6.5. Hallazgos del diagnóstico del mercado cosmético y de productos de aseo en Colombia

El Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos significa para las industrias de cosméticos, productos de tocador, jabones y productos de aseo, una buena oportunidad. El tamaño de mercado en Estados Unidos para estos productos es cercano a 11.000 millones de dólares. Y las exportaciones de Colombia del sector a este país son de tan solo 11 millones de dólares. Colombia cuenta ya con una experiencia exportadora valiosa hacia otros mercados, especialmente los países de la región andina. Resulta crítico replicar esta experiencia en Estados Unidos, especialmente ahora que se acaba de implementar el TLC con Estados Unidos. Estados Unidos constituye un gran mercado potencial para el sector, por su gran tamaño y por el dinamismo observado en las importaciones de productos del sector en los últimos años, que crecieron 1,5 puntos por encima del promedio total durante los últimos cinco años. En el ejercicio de análisis de oferta y demanda que se presenta en este documento, se encuentra una lista de 23 productos con potencial en el mercado norteamericano. Entre estos, se identificaron productos como: aceites esenciales, perfumería y productos de tocador, maquillaje para los ojos y para manicure y pedicura, preparaciones capilares diferentes de champú, ceras para calzado y otro tipo de preparaciones lubricantes. Estos productos tienen oportunidades favorables en el mercado de Estados Unidos y una buena posición de Colombia para aprovechar estas oportunidades. Ahora bien, es importante, para muchos de ellos, un ejercicio adicional de identificar nichos de mercado y sus oportunidades, especialmente para productos con ingredientes naturales no tradicionales. Para que el sector se consolide en los mercados internacionales, y se convierta en un gran ganador del TLC con Estados Unidos, existen algunas necesidades y retos específicos que se deben abordar y que fueron presentados en este documento. Estos incluyen, entre otros, (i) una más clara definición de la regulación sobre acceso a recursos genéticos; (ii) un mayor conocimiento y oferta sobre certificaciones en biodiversidad; (iii) mejor infraestructura y buenas prácticas para pruebas en aceites esenciales y mezclas y sustancias odoríferas; (iv) mayor disponibilidad de capital humano especializado con conocimientos sobre biodiversidad; (v) la reestructuración del Invima; y (vi) mayor apoyo con información e investigación sobre tendencias de mercado y uso de canales de distribución en Estados Unidos. Es claro que el mercado de Estados Unidos para este sector es un jugador clave que aún no se ha aprovechado plenamente. Estados Unidos importa grandes volúmenes de productos del sector, tanto en los primeros eslabones como en los productos finales de la cadena. Es, además, un mercado con 310 millones de consumidores con alto poder de compra. Es decir, 310 consumidores cuya canasta de consumo incluye productos como maquillaje, artículos de aseo, así como nichos más específicos de productos innovadores que Colombia ya está produciendo y puede empezar a vender en grandes cantidades a este mercado. Las oportunidades están ahí para aprovecharlas y el TLC con Estados Unidos es un primer escalón estratégico para avanzar en este sentido. Es clave ahora que las empresas del sector y sus agremiaciones sigan alineados como cadena exportadora, y el gobierno, de forma coordinada, continúe alineando esfuerzos para eliminar los cuellos de botella que frenan su desarrollo y que limitan el posicionamiento de sus productos en los mercados internacionales, especialmente en Estados Unidos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Realizar una propuesta para la gestión del riesgo ambiental y ocupacional en los análisis de jabón cosmético realizados por los laboratorios de la industria de manufactura de jabón, que permita mejorar los procesos del área del laboratorio, disminuir los aspectos ambientales, impactos ambientales y riesgos laborales, optimizando los tiempos y costos del área.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico inicial en cuanto a los costos, impactos ambientales y riesgos laborales generados por el análisis de jabón según la norma ASTM D-460.
- Determinar las curvas de calibración por espectroscopia infrarroja para la determinación de jabón en un jabón cosmético.
- Realizar análisis estadístico del método para determinación de jabón por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168).
- Realizar análisis de costos, impactos ambientales y riesgos laborales generados por el análisis de jabón por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168).
- Plantear un comparativo en cuanto a ventajas y desventajas del análisis de jabón según la norma ASTM D-460 y el método por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168).

1.3. Alcance y Limitaciones

El alcance del proyecto solo contempla el análisis de un solo tipo de jabón cosmético y no contempla jabones industriales para este estudio.

Por otra parte, los impactos ambientales, la identificación de peligros y valoración de riesgos, así como al análisis de costos, tienen en cuenta únicamente las actividades desarrolladas (i.e., los procedimientos operativos) por los dos métodos de laboratorio para la determinación de jabón expuestos (i.e., ASTM D-460 y ASTM E-168). Ver el apartado 1.4. (i.e., Metodología).

1.4. Metodología

En el siguiente cuadro se expone la metodología que se utilizó en el proyecto para la consecución de los objetivos específicos propuestos (Cuadro 4):

Cuadro 4. Objetivos específicos y metodologías para alcanzar los objetivos propuestos.

Objetivo Especifico	metodología
<ul style="list-style-type: none"> Realizar diagnóstico inicial en cuanto a los costos, impactos ambientales y riesgos laborales generados por el análisis de jabón según la norma ASTM D-460 	<p>La valoración del riesgo se realizó de acuerdo a la norma GTC 45 versión 2010. La metodología que se utilizó para calificar los impactos ambientales se basó en los criterios cualitativos y cuantitativos de Vicente Conesa-Fernández (2010) con modificaciones de Miguel Ángel Gamboa Castellanos (Apuntes de clase-Metodologías memorias 15 de abril de 2013-Especialización en Gestión Integrada QHSE). Para el análisis de costos, se realizó un análisis unitario de precios teniendo en cuenta mano de obra, aportes a seguridad social y cargas parafiscales, equipos y materiales, reactivos y muestras de jabón. Adicionalmente, se hizo un estado de resultados que incluye una estimación de precio de venta por prueba para la determinación de jabón, ingresos, utilidades de la operación y utilidades netas operacionales.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Determinar las curvas de calibración por espectroscopia infrarroja para la determinación de jabón en un jabón cosmético. 	<p>Se utilizó el software TQ Analyst (Espectrofotómetro Infrarrojo IS10 NICOLET) y la norma ASTM D-168-06 Standard Practices for General Techniques of Infrared Quantitative Analysis.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Realizar análisis estadístico del método para determinación de jabón por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168). 	<p>Se utilizó el software MINITAB 15 para realizar el análisis estadístico.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Realizar análisis de costos, impactos ambientales y riesgos laborales generados por el análisis de jabón por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168). 	<p>La valoración del riesgo se realizó de acuerdo a la norma GTC 45 versión 2012. La metodología que se utilizó para calificar los impactos ambientales se basó en los criterios cualitativos y cuantitativos de Vicente Conesa-Fernández (2012) con modificaciones de Miguel Ángel Gamboa Castellanos (Apuntes de clase-Metodologías memorias 15 de Abril de 2013 Especialización en Gestión Integrada QHSE).</p>
<ul style="list-style-type: none"> Plantear un comparativo en cuanto a ventajas y desventajas del análisis de jabón según la norma ASTM D-460 y el método por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168). 	<p>Se realizaron gráficos y tablas comparativas de costos, impactos ambientales y riegos laborales.</p>

1.5. Marco Teórico de valoración riesgos impactos ambientales para las metodologías propuestas

El análisis por espectroscopia infrarroja planteado en este proyecto se basó según artículos que dicen que la banda de absorción del jabón depende del peso atómico del catión; para jabones de litio la banda de absorción esta aproximadamente en 1575 cm^{-1} , 1563 cm^{-1} y para jabones de sodio el grupo carboxilato absorbe a 1560 cm^{-1} . Por medio de espectroscopia infrarroja se puede determinar el contenido de jabón, y la banda de absorción del grupo COOM a 1575 cm^{-1} y 1560 cm^{-1} puede ser tomado como criterio para realizar una curva de calibración con base a la densidad óptica que presenta la banda del espectro infrarrojo. A continuación se mencionará la metodología de cálculo de espectroscopia infrarroja para determinar la concentración de jabón (Fulks, Medvedeva, & Yu, 1972), (Mach, 2000).

1.5.1. Ley de Labert Beer para la determinación del método de espectroscopia infrarroja

La preparación de patrones para las curvas de calibración se realizó tomando una muestra de porcentaje de jabón conocido y diluyéndola con aceite mineral para obtener patrones con diferentes concentraciones de jabón. El método quimiométrico que se aplicó fue el método de la dilución interna.

En espectroscopia infrarroja la ley que definió la absorción de energía por parte de los sistemas atómicos y moleculares fue la ley de Labert-Beer que relacionó la absorción de energía, A, con la concentración, C. El método de la dilución interna consiste en tomar una muestra de concentración conocida de jabón (C_x) y leer en el espectrofotómetro la absorbancia (A_x), la ecuación que relacionó concentración y absorbancia fue $A_x = Cte * C_x$ (Ecuación 3):

$$A_x = Cte * C_x \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde Cte= área de la banda de absorción. Para una cantidad en peso de muestra de grasa de jabón conocido (W_x), se le añadieron cantidades conocidas de diluyente (W_y), en este caso aceite mineral, en estas circunstancias la ecuación que relacionó concentración y absorbancia fue $A_{x-y} = Cte * C_x * [(W_x / (W_x + W_y))]$ (Ecuación 4):

$$A_{x-y} = Cte * C_x * [(W_x / (W_x + W_y))] \text{ (Ecuación 4)}$$

La ecuación anterior representó una recta que pasa por el origen de los ejes coordenados, y este es el principio para la preparación de los patrones que se requieren para determinar la curva de calibración.

El espectrofotómetro que se utilizó para determinar la curva de calibración fue un espectrofotómetro infrarrojo IS 10 NICOLET. La preparación de patrones para la realización de las curvas de calibración se realizó tomando una muestra de porcentaje de jabón conocido y realizando diluciones con aceite mineral. El método quimiométrico que se aplicó fue el método de la dilución interna.

El análisis estadístico de datos para la determinación por espectroscopia infrarroja se realizó utilizando el software MINITAB 15 utilizando las gráficas de línea ajustada, probabilidad normal, residuo estandarizado e histogramas.

1.5.2. Guía técnica colombiana GTC-45-2012

La valoración del riesgo para los test de jabón se realizó de acuerdo a guía técnica colombiana GTC 45 versión 2012. A continuación se describe la metodología utilizada para la identificación de peligros y valoración de riesgos en seguridad y salud ocupacional para los métodos de análisis para la obtención de jabón mencionados en el apartado 1.4. (i.e., apartado denominado Metodología, donde se exponen los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168) (ICONTEC, 2012).

Para identificar los peligros, la guía se recomendó plantear una serie de preguntas como las siguientes:

- ¿Existe una situación que puede generar daño?
- ¿Quién (o qué) puede sufrir daño?
- ¿Cómo puede ocurrir el daño?
- ¿Cuándo puede ocurrir el daño?

Cuando se buscó establecer los efectos posibles de los peligros sobre la integridad o salud de los trabajadores, se tuvo en cuenta preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo pueden ser afectados el trabajador o la parte interesada expuesta?
- ¿Cuál es el daño que le(s) puede ocurrir?

Se tuvieron en cuenta consecuencias a corto plazo como los de seguridad (i.e., accidente de trabajo), y las de largo plazo como las enfermedades (p.ej., pérdida de audición). Igualmente se tuvo en cuenta el nivel de daño que genera en las personas los métodos para

la determinación de jabón mencionados en el numeral 1.4 (i.e., apartado denominado Metodología).

Los controles existentes para cada uno de los peligros fueron identificados y clasificados en las categorías de control en la fuente, control en el medio o control en el individuo. Se consideraron también los controles administrativos que las organizaciones han implementado para disminuir el riesgo, (p.ej., inspecciones, ajustes a procedimientos, horarios de trabajo, entre otros).

La valoración del riesgo incluyó: (i) la evaluación de los riesgos, teniendo en cuenta la suficiencia de los controles existentes; (ii) la definición de los criterios de aceptabilidad del riesgo; y (iii) la decisión de si son aceptables o no, con base en los criterios definidos.

La evaluación del riesgo corresponde al proceso de determinar la probabilidad de que ocurran eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias, mediante el uso sistemático de la información disponible. La evaluación del nivel del riesgo (i.e., NR), se determinó con las fórmulas y tablas descritas a continuación:

Los Cuadro 5-Cuadro 6 se definieron el nivel de deficiencia y de exposición para cada uno de los peligros.

Cuadro 5. Determinación del nivel de deficiencia de peligros (ICONTEC, 2012)

ND	valor de ND	significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina (n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	No se asigna valor	No se ha detectado consecuencia alguna, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV).

Nota: ND= Nivel de deficiencia.

Cuadro 6. Determinación del nivel de exposición al peligro (ídem, 2012)

NE	valor de NE	significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (OE)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Nota: NE= Nivel de exposición

Con la calificación del ND y NE se obtuvo el nivel cuantitativo de probabilidad (Cuadro 7). El significado del nivel cuantitativo de probabilidad se expone en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Nivel de probabilidad (ídem, 2012)

Nivel de Probabilidad (NP)		nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de Deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Cuadro 8. Significado de los diferentes niveles de probabilidad (ídem, 2012)

NP	valor de NP	significado
Muy Alto (MA)	Entre 40-24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20-10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8-6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continua o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4-2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

El nivel de consecuencia se definió en el Cuadro 9. Para evaluar el nivel de consecuencias, se tuvo en cuenta la consecuencia directa más grave que se pudo presentar en la actividad valorada.

Cuadro 9. Determinación del nivel de consecuencias (ídem, 2012)

Nivel de Consecuencias (NC)	valor	daños personales
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte (s).
Muy Grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT).
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

Las calificaciones del nivel de probabilidad y el nivel de consecuencia se multiplicaron obteniendo el nivel de riesgo

$NR = NP * NC$ (Ecuación 5). El valor resultante de la multiplicación se ubicó en el Cuadro 10 para obtener la clasificación del nivel de riesgo (i.e., I, II, III, IV).

$$NR = NP * NC \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde NP = nivel de probabilidad; y NC = nivel de consecuencia.

Cuadro 10. Determinación del nivel de riesgo (ídem, 2012)

Nivel de Riesgo	Nivel de Consecuencias (NC)	nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 200 III 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

El significado del nivel de riesgo se expone en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Significado del nivel de riesgo (ídem, 2012)

NR	valor de NR	significado
I	4000-600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual de 360.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

Nota: NR= Nivel de riesgo

Una vez determinado el nivel de riesgo, se decidió cuáles eran los riesgos aceptables y cuáles no con base al Cuadro 12.

Cuadro 12. Aceptabilidad del riesgo (ídem, 2012)

Nivel de Riesgo	significado
I	No Aceptable
II	Aceptable con control específico
III	Aceptable
IV	Aceptable

Al aceptar el riesgo específico, se tuvo en cuenta el número de expuestos, peor consecuencia, requisitos legales asociados y las exposiciones a otros peligros que pudieron aumentar o disminuir el nivel de riesgo en una situación particular. Los niveles de riesgo se tomaron para decidir si se requería mejorar los controles y el plazo de la acción. Igualmente mostró el tipo de control y la urgencia que se debería proporcionar al control del riesgo.

1.5.3. Criterios cuantitativos y cualitativos para la evaluación de impactos ambientales

La metodología que se utilizó para calificar los impactos ambientales se basó en los criterios cualitativos y cuantitativos de Vicente Conesa-Fernández (2010) con modificaciones de Miguel Ángel Gamboa Castellanos (Apuntes de clase-Metodologías

Memorias 15 de Abril-Especialización en Gestión Integral QHSE). A continuación se describe la metodología utilizada para la calificación de impactos ambientales para los métodos de análisis para la obtención de jabón mencionados en el apartado 1.4. (i.e., apartado denominado Metodología, donde se exponen los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168) (Conesa & Vitora, 2010), (Gamboa Castellanos, 2013).

La matriz de importancia para evaluar el impacto ambiental estableció las posibles o seguras interrelaciones entre las actividades del método de análisis para jabón (i.e., ASTM D-460 y ASTM E-168) y los componentes, subcomponentes e indicadores ambientales. La calificación de importancia del impacto-efecto ambiental, calificó los cambios y/o consecuencias de las actividades del método de análisis sobre la calidad física, biótica y social del medio.

La matriz ecológica se compuso de la siguiente manera:

- Columnas: componente de la matriz, donde se colocaron las actividades del proyecto obra o actividad.
- Filas: componente de la matriz, donde se colocaron los componentes, subcomponentes e indicadores ambientales (i.e., genéricos y específicos).

Luego de elaborada la matriz, se procedió a dar inicio a los pasos de la evaluación de los impactos-efectos ambientales. Los pasos fueron los siguientes:

Primer paso; identificación de los impactos-efectos ambientales: Para la identificación de los impactos-efectos ambientales se procedió de la siguiente manera:

- Establecer las seguras o posibles interacciones que pueden suceder entre cada actividad del proyecto con cada uno de los indicadores ambientales.
- Marcar en la matriz con una “X” cada interacción identificada.

Segundo paso; calificación de los impactos: para la calificación de los impactos-efectos ambientales identificados, se utilizó la siguiente ecuación $CI = -/+ (Po (In + Ex + Pc + Pt + Ac + Rc))$ (Ecuación 6):

$$CI = -/+ (Po (In + Ex + Pc + Pt + Ac + Rc)) \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde CI= calificación de importancia del impacto-efecto ambiental; -/+ = clase; Po= probabilidad que ocurra el impacto-efecto ambiental; In= intensidad; Ex= extensión; Pc= periodicidad; Pt = persistencia; Ac= acumulación; y Rc= Recuperabilidad. Los rangos para la calificación de la “importancia o significancia” del impacto-efecto ambiental, se exponen en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Valoración de la importancia o significancia del impacto ambiental (Conesa & Vitora, 2010), (Gamboa Castellanos, 2013)

Importancia o significancia del Impacto-Efecto	valoración
Alto	13-18
Medio	8-12,9
Bajo	1,8-7,9

Por la clase: define si el impacto-efecto es positivo o benéfico (+) y/o adverso o dañino (-) al ambiente.

- Positivo (+): los cambios son considerados como benéficos para el ambiente.
- Negativo (-): las alteraciones son consideradas como dañinas para el ambiente.

Por la probabilidad: califica la certeza o probabilidad de que el impacto-efecto ambiental pueda ocurrir. Se calificó con los siguientes rangos y valores:

- Cierto: existe certeza total de que el impacto-efecto ocurra (i.e., calificación 1.0).
- Probable: la probabilidad de presentarse el impacto-efecto puede estar entre el 50% al 99% (i.e., calificación 0,5 a 0,99).
- Poco probable: la probabilidad de presentarse el impacto-efecto puede estar entre el 10% al 49% (i.e., calificación 0,1 a 0,49).

Por la intensidad o magnitud: está determinado por el grado de daño o beneficio al ambiente.

- Alto: genera modificaciones muy significativas o de alta gravedad a los recursos naturales, al ambiente, y que puede producir repercusiones irreversibles (i.e., calificación 3).
- Medio: genera modificaciones significativas, con repercusiones poco reversibles (i.e., calificación 2).
- Bajo: genera modificaciones significativas, pero totalmente manejables (i.e., calificación 1).

Por la extensión: definida por el área de influencia o por la distribución espacial del impacto-efecto.

- Puntual: se presentan los cambios al ambiente únicamente en la fuente de generación. (i.e., calificación 1).

- Directo: se presentan los cambios al ambiente dentro del perímetro del proyecto (i.e., calificación 2).
- Indirecto: se presentan los cambios al ambiente por fuera del perímetro del proyecto (i.e., calificación 3).

Por la periodicidad: se definen por el plazo en que se manifiesta el impacto-efecto ambiental.

- Corto plazo o inmediato: se genera en el momento de realizar la actividad/acción o se presenta en un corto tiempo (p.ej., segundos, minutos, horas) (i.e., Calificación 3).
- Mediano plazo: se produce en tiempos cortos (p.ej., días, semanas) (i.e., calificación 2).
- Largo plazo: se genera en tiempos más largos (p.ej., meses, años) (i.e., calificación 1).

Por la persistencia: se define por el tiempo en que permanece o dura el impacto.

- Fugaz: si el impacto-efecto permanece muy poco tiempo (p.ej., segundos o minutos) (i.e., calificación 1).
- Temporal: si el impacto-efecto permanece por periodos de tiempo (p.ej., horas, días, meses) (i.e., calificación 2)
- Permanente: si el impacto-efecto permanece todo el tiempo que dura la actividad (i.e., calificación 3).

Por la acumulación: está determinado por la cantidad de recursos naturales o componentes ambientales que se pueden afectar.

- Simple: cuando el impacto y/o efecto ambiental, solo modifica un recurso natural o componente ambiental (i.e., calificación 1).
- Compuesto: cuando el impacto y/o efecto ambiental, afecta varios recursos naturales o componentes ambientales (i.e., calificación 3).

Por la recuperabilidad: se define por el grado de restablecimiento de los recursos naturales o el ambiente, por medio de medidas o programas de manejo ambiental.

- Recuperable: las modificaciones causadas al ambiente, son restablecidas totalmente con la implementación de medidas o programas de manejo ambiental (i.e., calificación 1).

- Recuperabilidad parcial: las modificaciones causadas al ambiente, son restablecidas parcialmente con la implementación de medidas o programas de manejo ambiental (i.e., calificación 2).
- Irrecuperable: las modificaciones causadas al ambiente, no pueden ser restablecidas con medidas y/o programas de manejo ambiental (i.e., calificación 3).

Tercer paso; priorización o jerarquización de actividades impactantes e impactos-efectos ambientales: la priorización de las actividades impactantes y de impactos o efectos ambientales se realizó de la siguiente manera: primero, se hizo la sumatoria de columnas. Por cada columna, se suman en forma separada tanto los impactos negativos como positivos. De los resultados se obtuvieron valores en orden de mayor a menor, lo cual significó que:

- El mayor valor negativo, indica que es la actividad más impactante, o que más daño genera al ambiente donde se desarrollará o desarrolla el proyecto, obra o actividad.
- El mayor valor positivo, indica que es la actividad que mayores impactos-efectos positivos genera.

Posteriormente, se realizó la sumatoria de filas. Por cada fila, se sumaron en forma separada tanto los impactos negativos como positivos. De los resultados se obtuvieron valores en orden de mayor a menor, lo cual significó que:

- El mayor valor negativo, corresponde al indicador ambiental o impacto más afectado negativamente, a causa del proyecto, obra o actividad.
- El mayor valor positivo, corresponde al indicador ambiental o impacto-efecto más positivo generado por el proyecto, obra o actividad.

Cuarto paso; Elaborar las fichas por actividad: una vez se elaboró la matriz de impacto ambiental se procedió a elaborar las fichas por actividad en donde se contempló la descripción de la actividad, indicador específico, el aspecto ambiental, impacto ambiental, efecto ambiental, calificación del impacto ambiental (i.e., criterio, clase, valor), justificación de la calificación del criterio y la calificación total del impacto ambiental (i.e. significancia).

2 PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS

2.1. Análisis de riesgos laborales

Para la realización de las matrices de identificación de peligros y valoración de riesgos se contemplaron la jerarquía de controles de la norma técnica colombiana OSHAS 18001:2007 (ICONTEC, 2007), numeral 4.3.1. (i.e., eliminación, sustitución, controles de ingeniería, señalización y/o controles administrativos y equipos de protección personal).

Como se observa en la matriz GTC-45 para el método de determinación de jabón por la norma ASTM D-460 la calificación del riesgo es de 480 (i.e., Calificación II); y se requiere corregir o adaptar medidas de control para eliminar o prevenir los diferentes riesgos laborales a los cuales están expuestos los trabajadores que realizan esta prueba ([Matriz GTC-45 \(ASTM D-460\)](#)) (Figura 14).

La matriz GTC-45 para el método de determinación de jabón por la norma ASTM E-168 la calificación del riesgo también es de 480 (i.e., Calificación II); y se requiere corregir o adaptar medidas de control para eliminar o prevenir los diferentes riesgos laborales a los cuales están expuestos los trabajadores que realizan esta prueba ([Matriz GTC-45 \(ASTM E-168\)](#)); sin embargo la matriz GTC-45 para la norma ASTM D-460 contempla 24 peligros mientras que la matriz GTC-45 para la norma ASTM E-168 solo contempla 4 peligros (Figura 15), esto refleja una reducción de peligros de un 83% la cambiar de un método de análisis de hidrólisis y titulación a un método de análisis por espectroscopia infrarroja.

Otros de los beneficios que se pueden resaltar al cambia a un método de análisis por espectroscopia infrarroja es el no uso de material de vidrio, ácidos, bases, líquidos calientes y equipos con superficies calientes que pueden generar cortadas, quemaduras, inhalación de gases, irritación en la piel o vías respiratorias.

Como se puede observar en el Cuadro 2 (i.e., sustancias químicas utilizadas en el método ASTM D-460 para la determinación del contenido de jabón y sus posibles efectos a la salud y ambientales) expuesto en el numeral 1.1.5. (i.e., apartado denominado aplicaciones del jabón); las sustancias utilizadas en el método de análisis ASTM D-460 pueden generar efectos a la salud significativos como afectación del sistema nerviosos, quemaduras, efectos cancerígenos y mutagénico, irritación, intoxicación, etc.; mientras que método de análisis ASTM E-168 solo utiliza hexano que es moderadamente toxico e irritante.

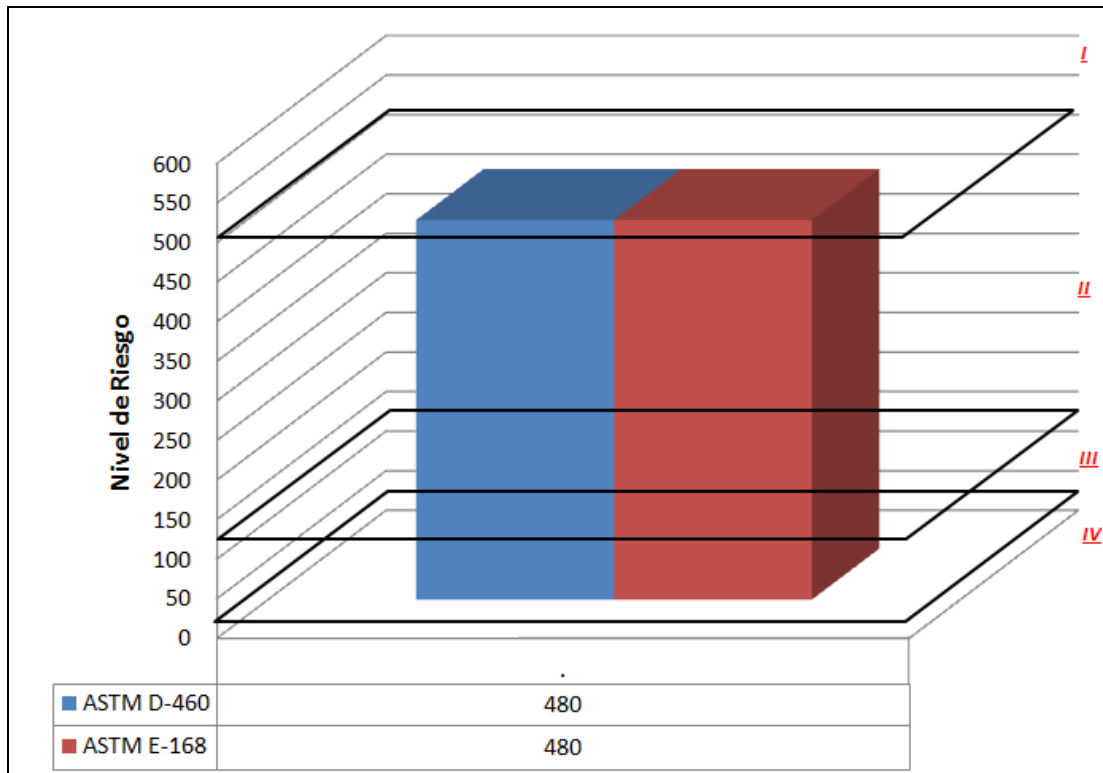


Figura 14. Nivel de riesgo para los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168

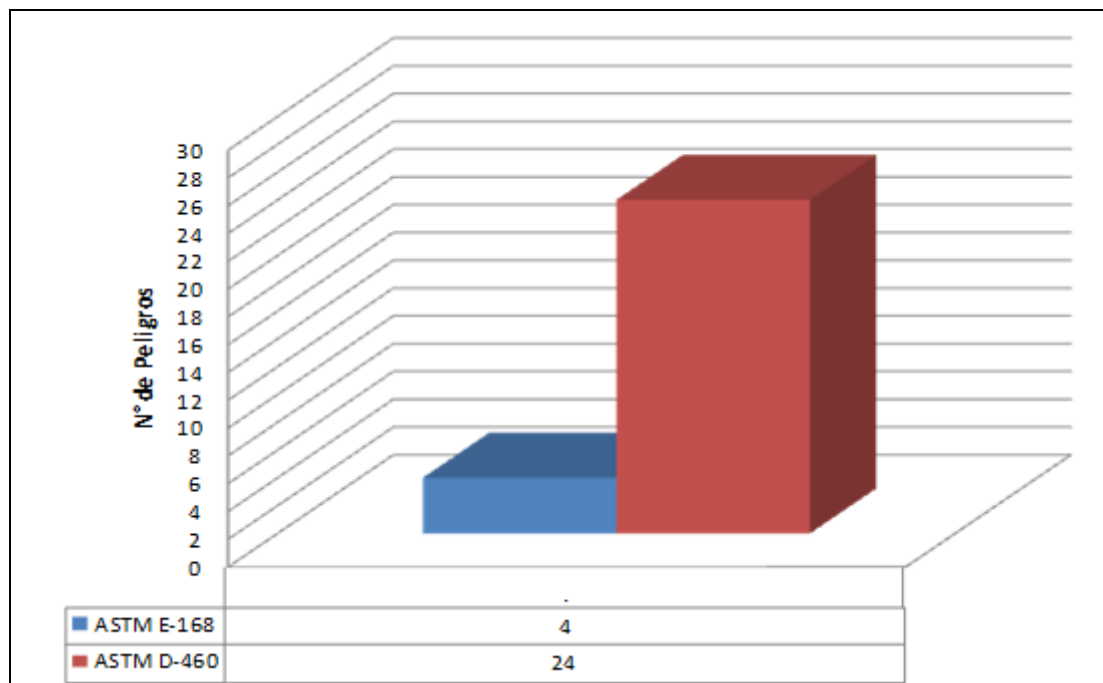


Figura 15. Número de peligros para los métodos de análisis ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)

2.2. Análisis de impactos ambientales

Para el análisis ambiental se tuvo en cuenta la metodología de impactos ambientales mencionada en el apartado de análisis ambiental del Marco teórico, se implementó el método de criterios de evaluación propuesto por V. Conesa Fernández-Vítora y V. Conesa Ripoll (CONESA & VITORA, 2010), con modificaciones de Miguel Ángel Gamboa Castellanos (2013). La Matriz de importancia para evaluar el impacto ambiental estableció las posibles o seguras interrelaciones entre las actividades del método de análisis para jabón (i.e., ASTM D-460 y ASTM E-168) y los componentes, subcomponentes e indicadores ambientales. Para el método ASTM D-460 se tuvieron en cuenta tres categorías de actividades (ver [Matriz ambiental ASTM D-460.xlsx](#)): i. Hidrólisis del jabón; ii. Decantación de la muestra de jabón; y iii. Determinación final del jabón. Para el método ASTM E-168A se tuvo en cuenta la limpieza de la bandeja de ZnSe y de la espátula (ver [Matriz ambiental ASTM E-168.xlsx](#)). A continuación se exponen los resultados finales del análisis ambiental comparativo entre los métodos ASTM D-460 / ASTM E-168. Los resultados en detalle se exponen en las matrices ambientales mencionadas anteriormente.

La Figura 16 ilustra los resultados obtenidos por componente ambiental, de la influencia de los impactos ambientales en el análisis de jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.

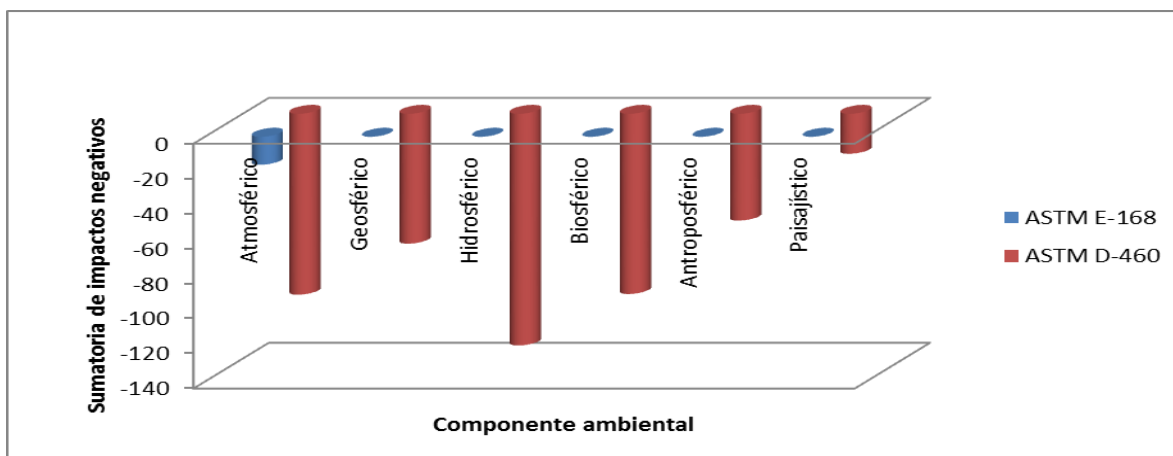


Figura 16. Valoración cuantitativa de impactos ambientales por componente

Como se observa en la Figura 16, todos los componentes ambientales (i.e., atmosférico, geosférico, hidrosférico, biosférico y antroposférico), tienen una influencia negativa en mayor proporción en el método ASTM D-460 en comparación con el método ASTM E-168. Lo anterior se debe a que el primer método en mención requiere del uso de reacciones de tipo exotérmico de compuestos entre el ácido sulfúrico, el etil éter, el hidróxido de

sodio, el alcohol etílico, el anaranjado de metilo y el agua las cuales ocasionan problemas como generación de gases tóxicos, contaminación a cuerpos hídricos, baja biodegradación de suelos, alteraciones a la calidad del paisaje, la flora y la fauna. Por otra parte, el método ASTM E-168, no requiere de gran cantidad de reactivos, lo que hace que los impactos generados tengan una menor influencia sobre los componentes ambientales.

Por otra parte, la Figura 17 ilustra los resultados obtenidos por subcomponente ambiental de la influencia de los impactos ambientales en el análisis de jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.

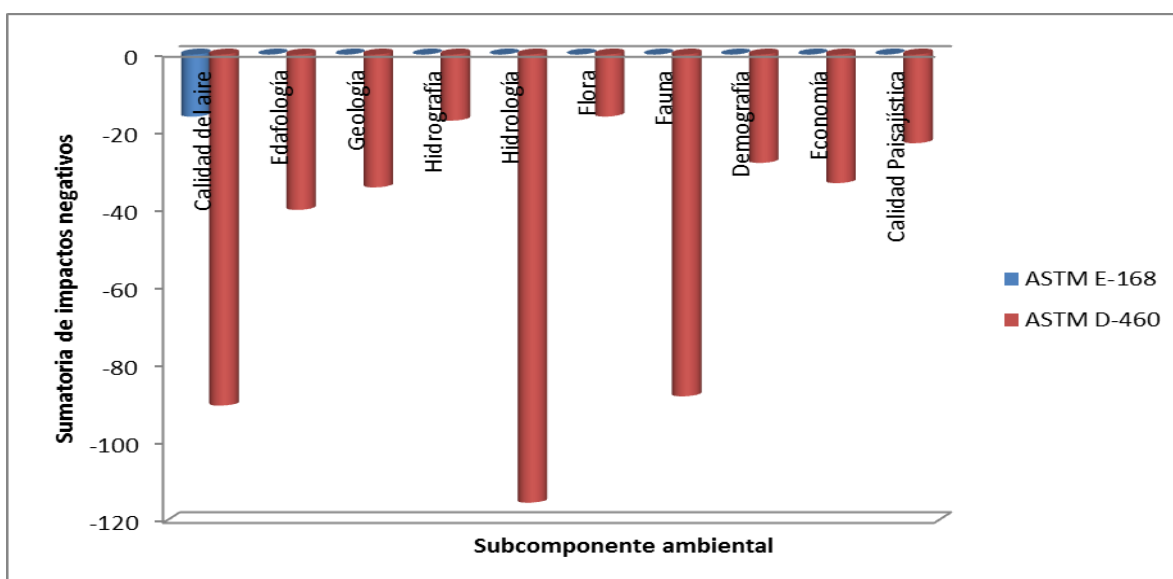


Figura 17. Valoración cuantitativa de impactos ambientales por subcomponente (Autores, 2013)

Como se observa en la Figura 17, en el método ASTM D-460 los subcomponentes hidrología (-115,4 equivalente al 23,81%), calidad del aire (-90,4 equivalente al 18,65%) y fauna (-88 equivalente al 18,15%) presentaron mayor influencia en la valoración cuantitativa de impactos negativos, producto de la hidrólisis, decantación y obtención final del jabón. Dichas actividades generan emisión de gases ácidos, CO₂, gases orgánicos, y residuos líquidos que afectan el agua y posteriormente la fauna presentes en áreas indirectas donde se desarrollan las actividades de laboratorio. En el método ASTM E-168 el subcomponente calidad del aire (-16 equivalente al 100%), obtuvo resultados negativos en la valoración debido a que la limpieza de la bandeja ZnSe y de la espátula requiere de hexano para repetir el proceso de determinación del jabón.

Comparando los dos métodos, el ASTM D-460 presenta una relación del 3029,81% (i.e., una sumatoria total -484,77 en todos los subcomponentes) con respecto al ASTM E-168

(i.e., una sumatoria total de -16 en todos los subcomponentes). Por otra parte, si se tiene en cuenta el subcomponente calidad del aire, la relación es de 565% más alto en el método ASTM D-460 con respecto al método ASTM E-168. Como se mencionó anteriormente en el análisis de los componentes ambientales, ASTM D-460 hace uso de reacciones exotérmicas entre el ácido sulfúrico, el etil éter, el hidróxido de sodio, el alcohol etílico, el anaranjado de metilo y el agua generando emisiones de gases tóxicos.

Finalmente, el

Cuadro 14 expone los resultados de los impactos más relevantes obtenidos en los dos métodos. Dentro de los resultados obtenidos del valor del impacto ambiental se encuentran implícitos los criterios de calificación mencionados en el apartado de criterios cualitativos y cuantitativos para evaluar el impacto ambiental (i.e., Interacción, naturaleza del impacto, probabilidad de que ocurra el impacto, intensidad, extensión, periodicidad, persistencia, acumulación, recuperabilidad y calificación del impacto o importancia del impacto), en el marco teórico de este documento. La justificación (i.e., los comentarios) de la calificación del impacto ambiental con respecto a cada uno de los criterios e indicador específico se exponen en los archivos [Matriz ambiental ASTM D-460.xlsx](#) y [Matriz ambiental ASTM E-168.xlsx](#) anexos a este documento.

Cuadro 14. Impactos ambientales negativos más relevantes para la determinación de jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)

Método	componente ambiental	indicador	impacto asociado	valor impacto	importancia
ASTM E-168	Atmosférico	Gases orgánicos	Reducción de la calidad del aire por contaminación con gases orgánicos a causa del uso de solventes derivados del petróleo en la limpieza de la bandeja de ZnSe y la espátula.	-16	Alta
ASTM D-460	Atmosférico	NO _x - SO _x	Alteración de la calidad del aire por SO _x a causa del calentamiento de ácido sulfúrico.	-15	Alta
ASTM D-460	Atmosférico	Óxidos de carbono (CO y CO ₂)	Alteración de la calidad del aire por óxidos de carbono (CO ₂ , CO) a causa del uso de etil éter y ácido sulfúrico en la decantación del jabón.	-15	Alta

Método	componente ambiental	indicador	impacto asociado	valor impacto	importancia
ASTM D-460	Atmosférico	Gases ácidos	Alteración de la calidad del aire por NOx a causa del calentamiento de ácido sulfúrico.	-14	Alta
ASTM D-460	Atmosférico	Gases alcalinos	Alteración a la calidad del aire por producción de hidróxido de sodio en la determinación de jabón.	-14	Alta
ASTM D-460	Atmosférico	Gases orgánicos	Alteración de la calidad del aire por generación de gases orgánicos a causa del uso de etil éter y ácido sulfúrico en la decantación del jabón.	-13	Alta
ASTM D-460	Geosférico	Profundidad efectiva	Contaminación del suelo por adición de etil éter en la decantación del jabón.	-15	Alta
ASTM D-460	Geosférico	Cantidad de minerales extraíbles	Alteración al geopotencial de suelo por adición de ácido sulfúrico producto de la hidrólisis del jabón.	-16	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	Área de drenaje	Alteración a la hidrografía por adición de alcohol etílico, anaranjado de metilo e hidróxido de sodio en la determinación de jabón.	-17	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Alteración a la calidad del agua por el uso de ácido sulfúrico para la hidrólisis del jabón.	-15	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Alteración a la calidad del agua por el uso de etil éter en la decantación del jabón.	-17	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Alteración a la calidad del agua por el uso de alcohol etílico, anaranjado de metilo e hidróxido de sodio en la determinación de jabón.	-18	Alta

Método	componente ambiental	indicador	impacto asociado	valor impacto	importancia
ASTM D-460	Hidrosférico	(DBO/DQO)	Contaminación del agua por el uso de ácido sulfúrico para la hidrólisis del jabón.	-16	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	(DBO/DQO)	Contaminación del agua por el uso de etil éter en la decantación del jabón.	-17	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	(DBO/DQO)	Contaminación del agua por el uso de alcohol etílico, anaranjado de metilo e hidróxido de sodio en la determinación de jabón.	-16,2	Alta
ASTM D-460	Hidrosférico	Caudal	Alteración a la cantidad del agua por el uso de etil éter en la decantación del jabón	-16,2	Alta

Como se observa en el Cuadro 14, la relación de impactos negativos es mayor en el método ASTM D-460 con respecto al ASTM E-168 (15:1). Teniendo en cuenta que los impactos expuestos en el Cuadro 14 son los que generan daños potenciales y poco reversibles al medio ambiente por su nivel de calificación de importancia (i.e., valores altos= entre 13 y 18), el daño o potencial daño es más elevado en ASTM D-460 (i.e., con un valor de total -234,4 en sus impactos de alta importancia) con respecto a ASTM E-168 (i.e., con un valor de -16 en sus impactos de alta importancia). La relación porcentual entre ambas metodologías es del 1465%. Finalmente, las actividades inherentes a los dos métodos estudiados, muestran mayor influencia de impactos en los componentes hidrosférico y atmosférico, presentando total coherencia con los resultados expuestos a lo largo de este apartado.

2.3. Análisis de costos

En este apartado se realizó un análisis unitario de costos directos e indirectos por los dos métodos (i.e., ASTM D-460 y ASTM E-168), para establecer el comparativo de la determinación de jabón entre la manera convencional y la espectroscopia infrarroja.

A partir de lo anterior se determinó la cantidad de pruebas realizadas, el costo unitario por prueba teniendo en cuenta muestras, reactivos, equipos, servicios, materiales de laboratorio, mano de obra, cargas parafiscales y prestacionales, así como aportes a seguridad social. Adicionalmente, se estimó el precio de ventas y las utilidades netas operacionales por prueba realizada para analizar las diferencias existentes entre ambos métodos. A continuación se ilustran los resultados finales obtenidos en el análisis de costos comparativo entre los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168. Los resultados en detalle se exponen en el archivo [Análisis de costos \(ASTM D-460 VS ASTM E-168\).xlsx](#)

Para obtener los datos de la cantidad de muestras mensuales se tuvo en cuenta el producto de los días promedio laborales trabajados en el mes (23 días), las horas trabajadas en el día (i.e., 8 horas continuas), así como el tiempo estimado que demora la prueba de determinación de jabón (i.e., 45 minutos y 5 minutos para ASTM D-460 y ASTM E-168, respectivamente). La Figura 18 ilustra los resultados obtenidos de la cantidad de pruebas mensuales realizadas por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.

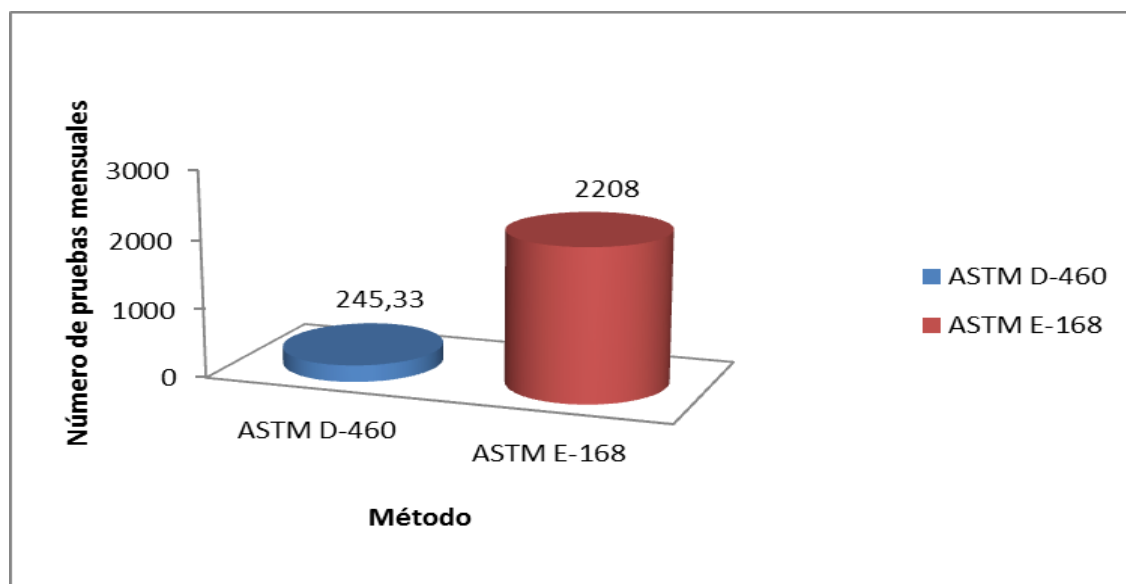


Figura 18. Cantidad de muestras mensuales realizadas por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)

Como se observa en la Figura 18, el método de espectroscopia infrarroja ASTM E-168, genera mayor cantidad de pruebas en comparación con el método convencional de laboratorio ASTM D-460. Lo anterior se debe a que la espectroscopia infrarroja requiere el uso de un software para determinar curvas de calibración reduciendo tiempos en la obtención de resultados de la muestra. En contraste, el método convencional de laboratorio requiere de 9 veces más de tiempo para la obtención de resultados a causa de tiempos muertos en reacciones endotérmicas y exotérmicas, el traspaso de muestras al Erlenmeyer, el decantador y/o sistema de reflujo, y el traspaso de muestras a la bureta; con el fin de lograr la hidrólisis, decantación y posterior determinación final del jabón.

Por otra parte, la Figura 19 ilustra los resultados obtenidos por costo unitario de muestras e insumos para la prueba de jabón, cargas (i.e., parafiscales, prestaciones y aportes a seguridad social), así como equipos y materiales por prueba en cada método (i.e., ASTM D-460 y ASTM E-168). Los costos en detalle se exponen en el archivo [Análisis de costos \(ASTM D-460 VS ASTM E-168\).xlsx](#)

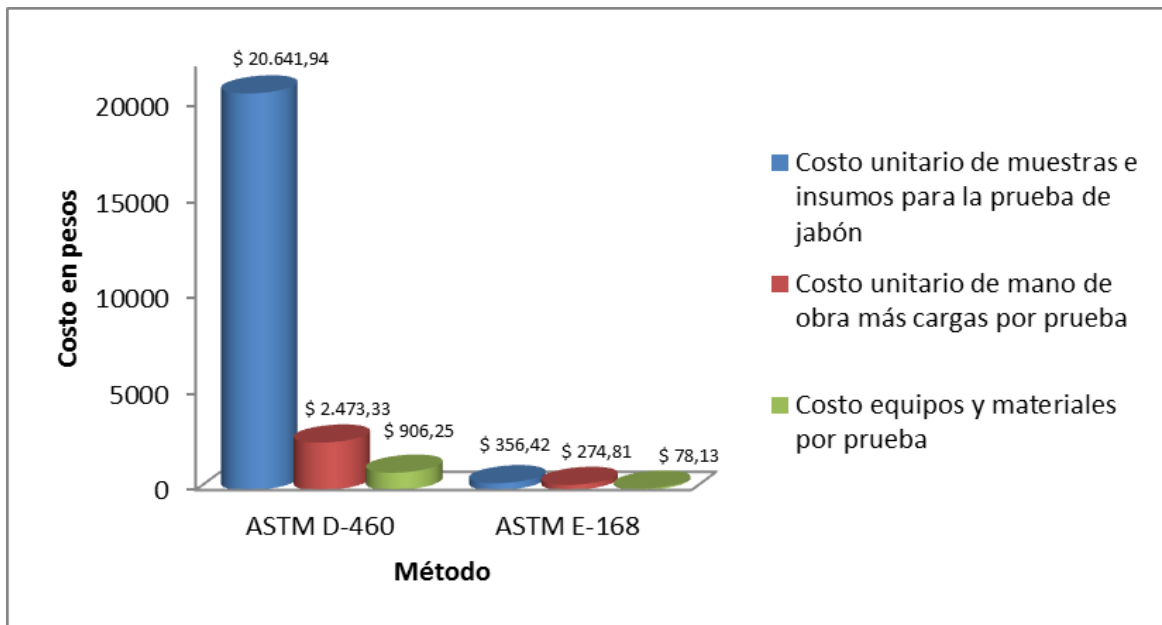


Figura 19. Costos unitarios para la determinación del jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)

Como se observa en la Figura 19, en el método ASTM D-460 los costos unitarios de muestras e insumos presentaron mayor influencia (\$20.461,94, equivalentes al 85,93% del costo total por prueba), debido a que la determinación de jabón en este método requiere de diversos reactivos como ácido sulfúrico, alcohol etílico, etil éter, anaranjado de metilo, fenolftaleína, hidróxido de sodio y grandes cantidades de agua. De igual manera, en el método ASTM E-168 los costos unitarios de muestra e insumos (\$356,42, equivalentes al

50,25% del costo total de la prueba), presentaron los mayores valores en el análisis unitario debido a que se requiere para las muestras hexano y papel absorbente para realizar la prueba. Sin embargo, dichos costos no tienen tanto peso en relación a los obtenidos por el método ASTM D-460.

En el costo unitario total por prueba, ASTM D-460 invierte \$24021,52 mientras que ASTM E-168 invierte \$709,36; es decir, 33,86 veces más en el primer método. ASTM D-460 invierte 57,91 veces más en muestras e insumos, 11,6 veces más en equipos y materiales a pesar que ASTM D-460 requiere de una inversión inicial de \$30'620.000 en equipos, mientras que ASTM E-168 requiere de \$78'000.000 (con una depreciación de 10 años para equipos y 5 años para el computador), y finalmente 9 veces más de tiempo de trabajo por prueba; tiempo que implica 9 veces más de costos en mano de obra, cargas parafiscales, aportes a seguridad social y cargas prestacionales.

Para el precio de ventas la Figura 20 ilustra los resultados obtenidos del precio de ventas comparativo entre los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.

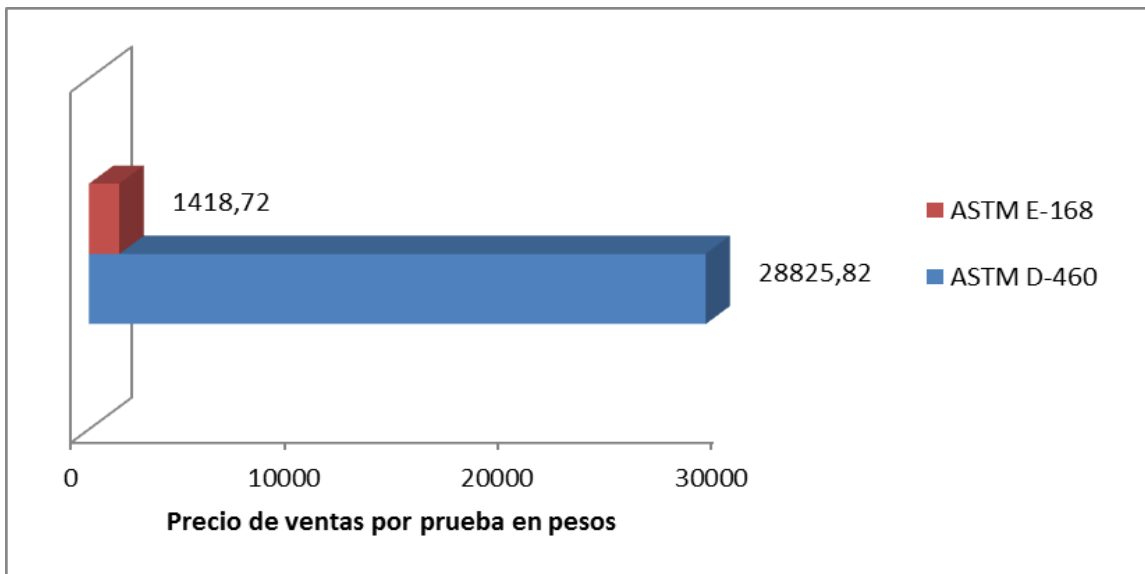


Figura 20. Precio de ventas de los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 por prueba de determinación de jabón (Autores, 2013)

Nota: El precio de ventas para el método ASTM D-460 y ASTM E-168 corresponde al 20 y 100% más del costo unitario total, respectivamente.

Como se observa en la Figura 20, el costo de ventas es de \$20285,51 más alto en el método ASTM D-460 con relación al costo de ventas del método ASTM E-168 (20,32 veces mayor). En términos de costos para un cliente que necesite realizar una prueba de

determinación de jabón, la rentabilidad será más significativa por el método de espectroscopia infrarroja (i.e., ASTM E-168).

Finalmente, la Figura 21 ilustra el estado de resultados de ingresos, costo de ventas, utilidad operacional y utilidad neta estimada mensual para la determinación de jabón por los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168.

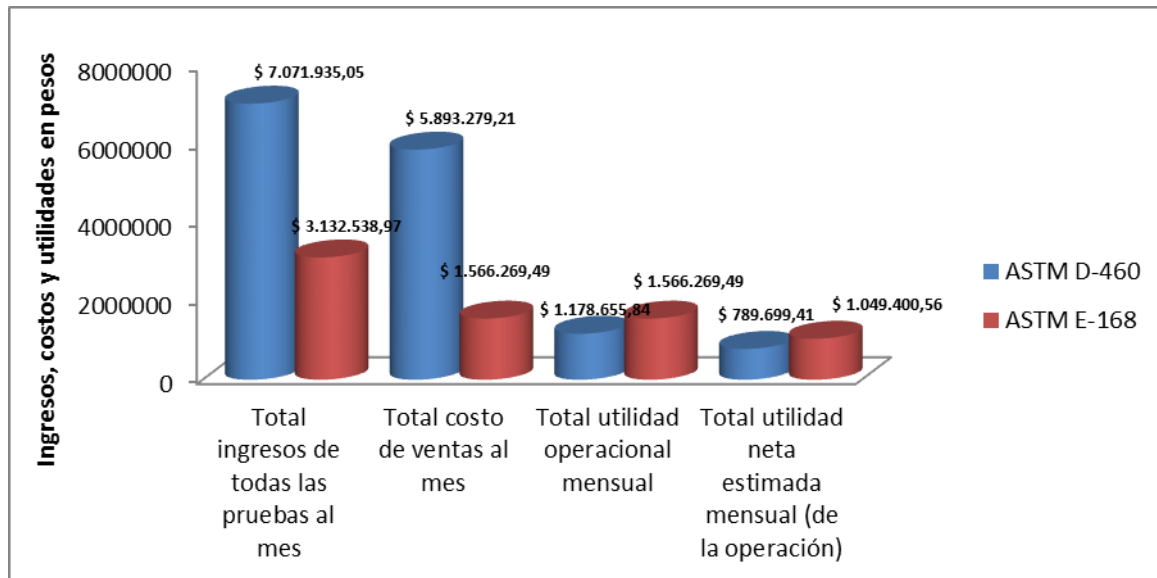


Figura 21. Comparativo estado de resultados a nivel mensual ASTM D-460 y ASTM E-168 (Autores, 2013)

Como se observa en la Figura 21, los ingresos mensuales en ASTM D-460 son mayores con respecto a ASTM E-168. Sin embargo los costos de ventas así como la utilidad operacional y la utilidad neta estimada mensual, muestran resultados más favorables para el método ASTM E-168. Si bien los ingresos en ventas son mayores en el primer método, las utilidades netas de la operación son 33% menos en comparación con el segundo método. De igual manera que el análisis de costos unitarios para la determinación de jabón, la causa es la mayor inversión en muestras y reactivos, mayores tiempos de ejecución de las pruebas, y mayor pago por mano de obra por prueba.

2.4. Determinación de la curva de calibración por espectroscopia infrarroja

Como se comentó anteriormente en la Sinopsis el método ASTM-460 para determinar la concentración de jabón en las industria cosmética generan residuos peligrosos, altos riesgos en seguridad y salud ocupacional, alto consumo de reactivos químicos y los tiempos de análisis y respuesta para el control de calidad en los procesos de manufactura de jabón están entre ½ hora y 1 hora; por esta razón se planteó un método alternativo para este análisis (i.e., ASTM E-168); creando una curva de calibración por espectroscopia infrarroja que disminuya el impacto ambiental, los riesgos en seguridad y salud ocupacional y mejore la efectividad del área de control de calidad.

A continuación se describe el procedimiento realizado para determinar el porcentaje de jabón por el método de la norma ASTM D-460. Para cada muestra patrón de jabón cosmético de diferentes concentraciones de jabón utilizadas para desarrollar la curva de calibración, se realizó el mismo procedimiento que se describe a continuación

Cuadro 15:

Cuadro 15. Procedimiento para determinar jabón (ASTM D-460) (Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2006)

Paso	descripción
1	Pesar 8 gr de muestra en un erlenmeyer de 250 mL. Adicionar dentro del erlenmeyer 100 mL de agua. Calentar la solución a 60°C en una plancha de calentamiento hasta obtener una solución completa de la muestra.
2	Adicionar al erlenmeyer 50 mL de solución acuosa de ácido sulfúrico (i.e., 25 mL de agua más 25 mL de ácido sulfúrico fumante); y calentar a 60°C en una plancha de calentamiento hasta obtener capas claras evidencia de la hidrólisis del jabón.
3	Parar el calentamiento de la muestra con agua y la solución de ácido sulfúrico de la plancha de calentamiento y dejar enfriar.
4	Transferir el contenido del erlenmeyer a un embudo de separación y lavar con tres porciones de 30 mL de etil éter el erlenmeyer transfiriendo el contenido al embudo de separación.
5	Lavar el contenido del embudo de separación con una porción de 200 mL de agua caliente. Abrir la válvula del embudo de separación y descartar la capa acuosa en un vaso de precipitado de 4 L.
6	Repetir diez veces el paso 5, descartando la capa acuosa en un vaso de precipitado de 4 L. Adicionar con un frasco lavador anaranjado de metilo a la capa acuosa descartada del embudo de separación hasta pasar de una coloración roja a anaranjado claro (i.e., aproximadamente 20 mL de anaranjado de metilo). Si es necesario continuar el lavado con porciones de 200 mL de agua caliente hasta obtener coloración anaranjado claro de la capa acuosa descartada en el vaso de precipitado de 4 L.

Paso	descripción
7	Transferir el contenido del embudo de separación a un erlenmeyer de 250 mL. Lavar el embudo con una porción de 30 mL de etil éter transfiriéndola al erlenmeyer.
8	Adicionar 100 mL de alcohol etílico neutralizado al erlenmeyer y 0,1 gr de fenolftaleína.
9	Llenar una bureta de 100 mL (Escala de 0,1 mL) con solución acuosa de NaOH 0,5 N.
10	Abrir la válvula de la bureta y adicionar la solución acuosa de NaOH 0,5 N al erlenmeyer hasta pasar de una coloración incolora a rosada.
11	<p>Calcular el porcentaje de jabón utilizando las siguientes formulas:</p> <p>$A = (39,99 * B * 0,5) / X$</p> <p>A= Número de neutralización de los ácidos grasos.</p> <p>B= mL de solución acuosa de NaOH 0,5 N.</p> <p>X= gramos de muestra.</p> <p>$Mf = 39,99 / A$</p> <p>Mf= Peso molecular de los ácidos grasos.</p> <p>$\% \text{ Jabón} = (Ms * C) / (Mf * E)$</p> <p>Ms= Peso molecular del Jabón.</p> <p>C= Porcentaje ácidos grasos en el jabón.</p> <p>E= Número de moles de ácidos grasos por mol de jabón.</p>

Los porcentajes de jabón encontrados desarrollando el anterior procedimiento fueron los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. Porcentajes de jabón en las muestra patrón de jabón cosmético (Autores, 2013)

% Jabón	N° Muestra	% Jabón	N° Muestra	% Jabón
9,85	17	20,81	33	20,77
19,10	18	20,28	34	17,46
21,60	19	20,5	35	19,27
22,28	20	16,05	36	21,38
22,89	21	19,25	37	23,13
20,52	22	21,18	38	28,12
20,76	23	23,49	39	18,12
31,01	24	20,45	40	21,42
19,74	25	21,67	41	22,85
19,89	26	19,98	42	24,35
20,29	27	23,54	43	17,50
23,28	28	26,05	44	27,48
23,67	29	19,76	45	0,00
20,30	30	20,00		
21,57	31	21,58		
20,78	32	21,62		

Antes de determinar la curva de calibración de jabón por espectroscopia infrarroja se creó un método cualitativo para generar los espectros infrarrojos y almacenarlos en una carpeta. Los espectros almacenados fueron de las muestras patrón de jabón cosmético de diferentes concentraciones Cuadro 16.

Cuadro 16. Procedimiento para crear un método cualitativo de análisis infrarrojo y generar los espectros infrarrojos utilizados para crear la curva de calibración de jabón (ASTM E-168) (Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2006)

Paso	descripción
1	Para la generación de la curvas de calibración se requirió de un equipo infrarrojo con un software de análisis cuantitativo (i.e., software para la cuantificación del área bajo la banda y la generación de curvas de calibración); y un accesorio de bandeja de ZnSe (i.e., accesorio de difracción).
2	<p>Cree un método para análisis cualitativo infrarrojo (Generación del espectro infrarrojo de la grasa); teniendo en cuenta los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Collect 100 Scans for the background (Yes). • Collect Background before every sample (Yes). • N° of Scans: 100. • Resolution: 4. • Final Format: Absorbance. • Corrección: None. • Windows: ZnSe. • Accesory: Smart ARK. • Detector: BTGS KBr. • Range: 400-6500 cm⁻¹ • Gain: 1.0. • Optical Velocity: 0.6329. • Aperture: Hight Resolution. • Zero Filling: 1 Level. • Apodization: Happ-Genzel. • Phase Corrección: Mertz. • Screen Wheel: Open.
3	Tomar una muestra de grasa de aproximadamente 50 gr. Homogenizar la muestra con una espátula para garantizar una concentración uniforme del jabón en la grasa.
4	Colocar la muestra de grasa sobre la bandeja de ZnSe y retirar con una espátula el exceso de grasa de la cavidad de la bandeja de ZnSe.
5	Generar el espectro infrarrojo de la grasa por el método cualitativo infrarrojo (i.e., espectro infrarrojo en absorbancia); y determinar el área bajo la banda del grupo carboxilato (Aproximadamente 1560 cm ⁻¹).
6	Repetir los pasos 3-4 con la misma muestra de grasa a diferentes horas del día, diferentes analistas y diferentes días para observar la repetibilidad, reproducibilidad y estabilidad de

Paso	descripción
	la señal del equipo infrarrojo. La diferencia entre los valores del área bajo la banda no debe ser superior a un 1%. La bandeja de ZnSe debe ser limpiada con hexano entre cada muestra.
7	Tomar 30 o más muestras de grasa de diferentes concentraciones de jabón (i.e., muestras de grasa de aproximadamente 50 gr).
8	Homogenizar con una espátula cada una de las muestras para garantizar una concentración uniforme del jabón en la grasa.
9	Determinar la concentración de jabón de cada una de las muestras por el método ASTM D128-98 Standard Test Methods for Analysis of Lubricating Grease.
10	Colocar una de las 30 muestras de grasa sobre la bandeja de ZnSe y retirar con una espátula el exceso de grasa de la cavidad de la bandeja de ZnSe.
11	Generar el espectro infrarrojo de la grasa por el método cualitativo infrarrojo (i.e. espectro infrarrojo en absorbancia); y determinar el área bajo la banda del grupo carboxilato (aproximadamente 1560 cm ⁻¹). Guardar el espectro infrarrojo en una carpeta para luego utilizarlo en la generación de la curva de calibración. La bandeja de ZnSe debe ser limpiada con hexano entre cada muestra.
12	Repetir pasos 5-7 para cada una de las 30 muestras de grasa de las cuales se determinó la concentración de jabón por el método ASTM D128-98 Standard Test Methods for Analysis of Lubricating Grease.

Una vez almacenados los espectros de las muestras patrón de jabón cosmético de diferentes concentraciones de jabón se procedió a desarrollar la curva de calibración con base al siguiente procedimiento (Cuadro 17):

Cuadro 17. Procedimiento para determinar la curva de calibración de jabón por análisis cuantitativo infrarrojo ASTM-E 168 (ídem, 2006)

Paso	descripción
1	<p>Crear un método para análisis cualitativo infrarrojo (software TQ Analyst); teniendo en cuenta los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simple Beer's law • Pathlength type: Undecided • Concentration Limits: Use Analysis Limit /Use acceptance Limit • Component Interaction: None • Spectral Subtraction: No Subtraction • Smoothing: No Smoothing • Multipoint Baseline Correction: No Correction • Region Type: Area

Paso	descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • Location: 1560 cm-1 • Baseline Type: Two points • Point 1: 1515 cm-1 • Point 2: 1600 cm-1
2	Crear la curva de calibración utilizando los espectros infrarrojos almacenados en la carpeta y los valores de concentración de jabón determinados por el método ASTM D128-98 Standard Test Methods for Analysis of Lubricating Grease. Descartar los valores de jabón lejanos a la línea recta de la curva de calibración que pueden generar desviaciones en la pendiente o la tendencia de la curva.
3	Colocar una de las 30 muestras de grasa sobre la bandeja de ZnSe y retirar con una espátula el exceso de grasa de la cavidad de la bandeja de ZnSe.
4	Generar el espectro infrarrojo de la grasa por el método cualitativo infrarrojo (i.e., espectro infrarrojo en absorbancia). Guardar el espectro infrarrojo en una carpeta. La bandeja de ZnSe debe ser limpiada con hexano entre cada muestra. Calcular la concentración de la muestra utilizando la curva de calibración generada anteriormente.
5	Verificar que las concentraciones de jabón de las 30 muestras de grasa determinadas por el método ASTM D128-98 Standard Test Methods for Analysis of Lubricating Grease, tiene valores muy cercanos a los calculados por la curva de calibración por el método de análisis cuantitativo infrarrojo (i.e., diferencias no mayores a $\pm 1\%$).

Una vez desarrollada la curva de calibración se procedió a verificar la respuesta de la curva de calibración pasando varias muestras patrones de jabón cosmético de diferentes concentraciones de jabón. El procedimiento para la verificación fue el siguiente (Cuadro 18):

Cuadro 18. Procedimiento para determinar jabón por análisis cuantitativo infrarrojo ASTM E-168 (ídem, 2006)

Paso	descripción
1	Abrir el software cualitativo del equipo infrarrojo. Colocar el software en modo de background y generar el background.
2	Una vez terminado el background de la celda de ZnSe y el software solicitar la colocación de la muestra; tomar la muestra con una espátula y aplicarla en la cavidad de la bandeja de ZnSe del equipo infrarrojo. Retirar el exceso de de grasa enrazando la cavidad de la bandeja de ZnSe con la espátula.
3	Una vez terminado la generación del espectro infrarrojo guardar el espectro en una carpeta conocida del equipo.
4	Abrir el software cualitativo del equipo infrarrojo y la aplicación guardada de la curva de calibración de jabón para el tipo de muestra que se desea analizar.
5	Seleccionar la opción cuantificar dentro del software y abrir el archivo del espectro infrarrojo

Paso	descripción
	que se desea cuantificar.
6	El software cuantitativo despliega en la pantalla el valor calculado de jabón en la muestra.
7	Limpiar la espátula y la bandeja de ZnSe con un papel absorbente impregnado de hexano.

El software utilizado para cuantificar jabón por espectroscopia infrarroja fue el TQ Analyst. A continuación se presenta la pantalla del método cuantitativo generado para cuantificar jabón de sodio. El tipo de análisis seleccionado se basó en la ley de Beer.

En la Figura 22 se muestran los diferentes espectros infrarrojos superpuestos con diferentes concentraciones de jabón de sodio.

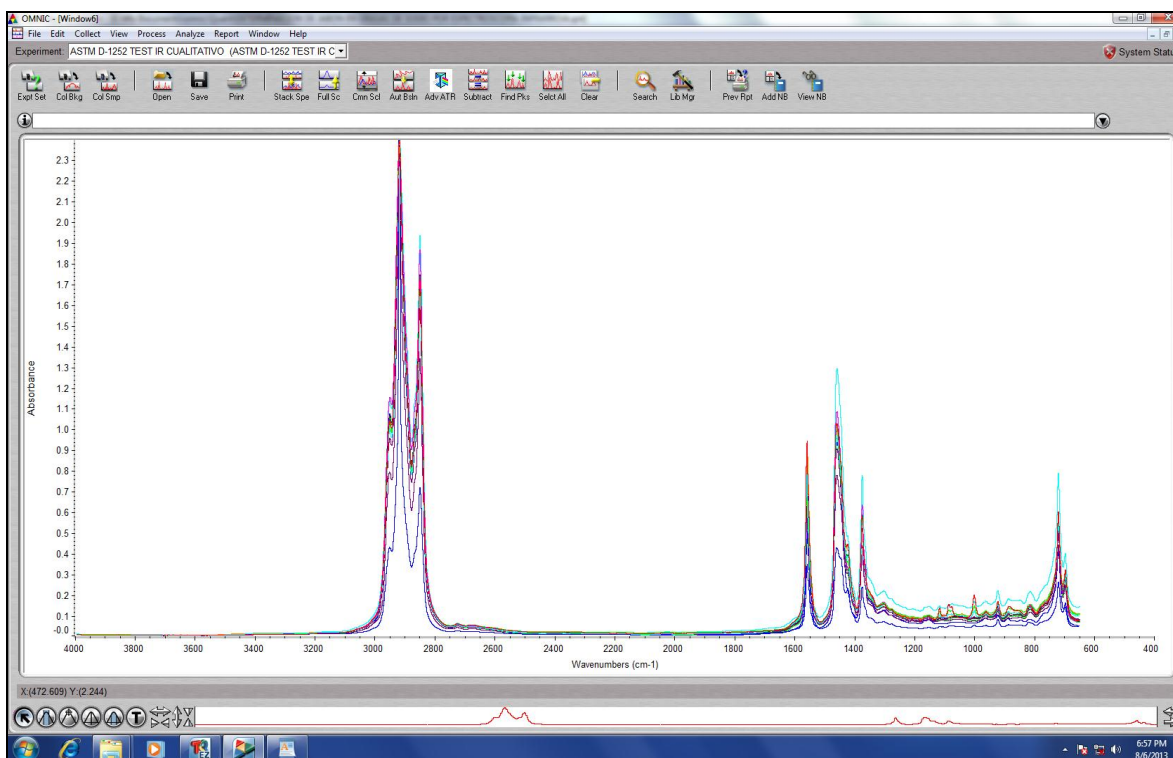


Figura 22. Espectros infrarrojos superpuestos en absorbancia de las diferentes muestras con variables de concentraciones de jabón de sodio (Autores, 2013)

La Figura 23 ilustra los diferentes espectros de sodio con diferentes concentraciones de jabón a una longitud de onda de 1560 cm^{-1} .

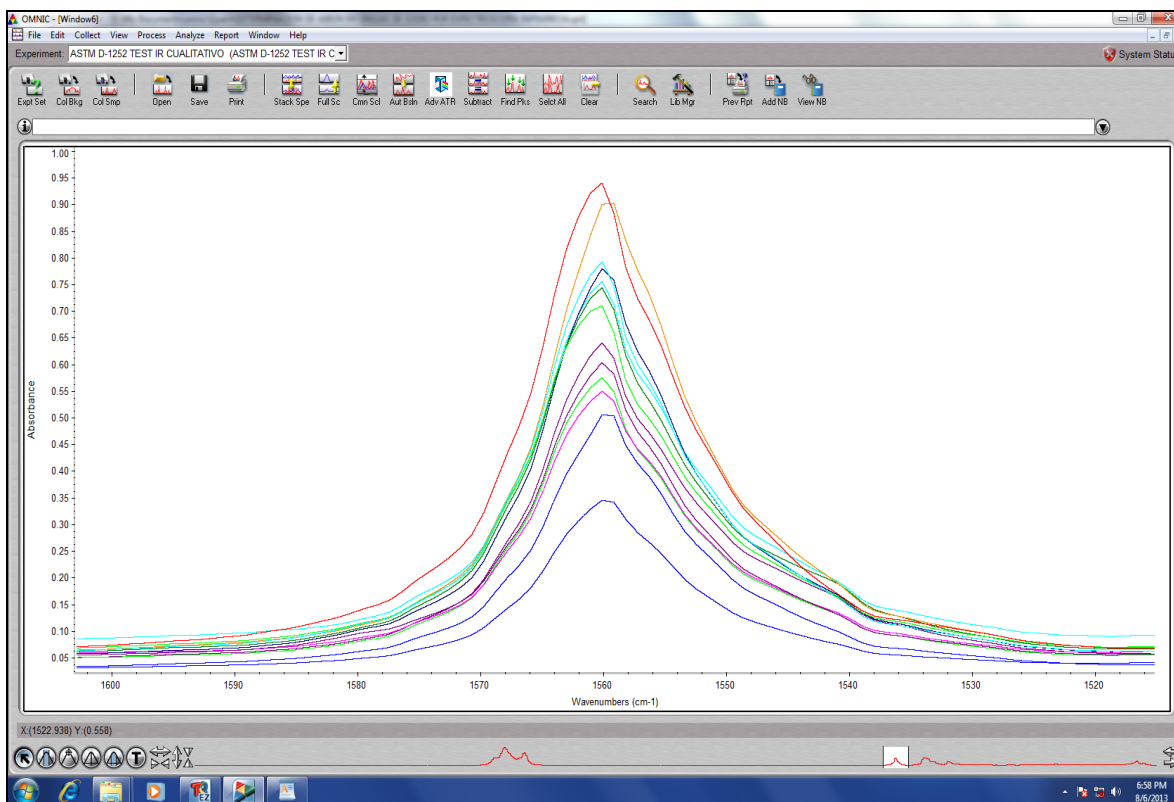


Figura 23. Espectros infrarrojos superpuestos en absorbancia de las diferentes muestras con variables concentraciones de jabón de sodio a 1560 cm^{-1} (ídem, 2013)

La Figura 24 muestra la pantalla del software TQ Analyst describiendo el tipo de región, localización de la banda de cuantificación, el tipo de línea base y los puntos seleccionados para la línea base.



Figura 24. Pantalla del software TQ Analyst con la descripción del tipo de región, localización de la banda de cuantificación, el tipo de línea base y los puntos seleccionados para la línea base (ídem, 2013)

La Tabla 2 describe los estadares de las muestras patrón de jabón cosmético de diferentes concentraciones de jabón utilizados para generar la curva de calibración con sus diferentes concentraciones de jabón.

Tabla 2. Estándares secundarios con diferentes concentraciones de jabón de sodio utilizados en la determinación de la curva de calibración de jabones de sodio (ídem, 2013)

Index	Select	File Name	Usage	%JABON	Index	Select	File Name	Usage	%JABON
1		std 9.85%.spa	Calibration	9.85	15		std 21.57%.spa	Calibration	21.57
2		std 19.10%.spa	Calibration	19.10	16		std 20.78%.spa	Calibration	20.78
3		std 21.60%.spa	Validation	21.60	17		std 20.81%.spa	Calibration	20.81
4		std 22.28%.spa	Calibration	22.28	18		std 20.28%.spa	Calibration	20.28
5		std 22.89%.spa	Calibration	22.89	19		std 20.50%.spa	Calibration	20.50
6		std 20.52%.spa	Calibration	20.52	20		std 16.05%.spa	Validation	16.05
7		std 20.76%.spa	Validation	20.76	21		std 19.25%.spa	Calibration	19.25
8		std 31.01%.spa	Calibration	31.01	22		std 21.18%.spa	Calibration	21.18
9		std 19.74%.spa	Calibration	19.74	23		std 23.49%.spa	Calibration	23.49
10		std 19.86%.spa	Calibration	19.89	24		std 20.45%.spa	Calibration	20.45
11		std 20.29%.spa	Calibration	20.29	25		std 21.67%.spa	Calibration	21.67
12		std 23.28%.spa	Validation	23.28	26		std 19.98%.spa	Calibration	19.98
13		std 23.67%.spa	Validation	23.67	27		std 23.54%.spa	Calibration	23.54
14		std 20.30%.spa	Calibration	20.30	28		std 26.05%.spa	Calibration	26.05
15		std 21.57%.spa	Calibration	21.57	29		std 19.76%.spa	Calibration	19.76
16		std 20.78%.spa	Calibration	20.78	30		std 20.00%.spa	Calibration	20.00
17		std 20.81%.spa	Calibration	20.81	31		std 21.58%.spa	Calibration	21.58
18		std 20.28%.spa	Calibration	20.28	32		std 21.62%.spa	Calibration	21.62
19		std 20.50%.spa	Calibration	20.50	33		std 20.77%.spa	Calibration	20.77
20		std 16.05%.spa	Validation	16.05	34		std 17.46%.spa	Calibration	17.46
21		std 19.25%.spa	Calibration	19.25	35		std 19.27%.spa	Validation	19.27
22		std 21.18%.spa	Calibration	21.18	36		std 21.38%.spa	Calibration	21.38
23		std 23.49%.spa	Calibration	23.49	37		std 23.13%.spa	Calibration	23.13
24		std 20.45%.spa	Calibration	20.45	38		std 28.12%.spa	Calibration	28.12
25		std 21.67%.spa	Calibration	21.67	39		std 18.12%.spa	Calibration	18.12
26		std 19.98%.spa	Calibration	19.98	40		std 21.42%.spa	Calibration	21.42
27		std 23.54%.spa	Calibration	23.54	41		std 22.85%.spa	Calibration	22.85
28		std 26.05%.spa	Calibration	26.05	42		std 24.35%.spa	Calibration	24.35
29		std 19.76%.spa	Calibration	19.76	43		std 17.50%.spa	Validation	17.50
30		std 20.00%.spa	Calibration	20.00	44		std 27.48%.spa	Validation	27.48
31		std 21.58%.spa	Calibration	21.58	45			Calibration	0.00
32		std 21.62%.spa	Calibration	21.62					

La Figura 25 ilustra un espectro infrarrojo definiendo la longitud de onda y los puntos de la línea base para la cuantificación del área bajo la curva de la banda.

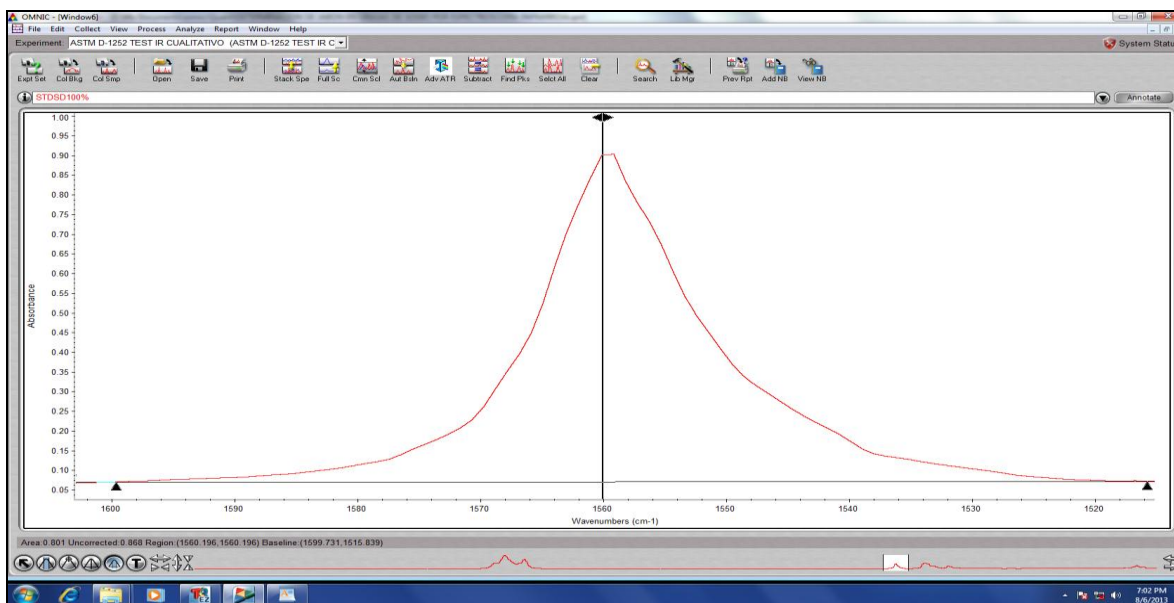


Figura 25. Espectro infrarrojo en absorbancia de jabón de sodio a 1560 cm-1 con la línea base definida con dos puntos (1515 cm-1, 1600 cm-1) (ídem, 2013)

A continuación, la Tabla 3 expone los resultados comparativos (diferencia entre los resultados); de los porcentajes de jabón realizados por el método de la norma ASTM D-460 versus el método cuantitativo infrarrojo ASTM E-168.

Tabla 3. Resultados de la curva de calibración para jabones de sodio con la concentración de jabón determinado bajo la norma ASTM D-460 versus ASTM E-168 (ídem, 2013)

Calibration Results Table							
Index	File Name	Usage	Actual	Calculated	Measurement	Diff. x Path	
1	std 9.85%.spa	Calibration	9.85	9.77	41.019	-0.08	
2	std 19.10%.spa	Calibration	19.10	19.24	80.771	0.14	
3	std 21.60%.spa	Validation	21.60	21.69	91.083	0.09	
4	std 22.28%.spa	Calibration	22.28	22.25	93.438	-0.03	
5	std 22.89%.spa	Calibration	22.89	22.85	95.946	-0.04	
6	std 20.52%.spa	Calibration	20.52	20.51	86.138	-0.01	
7	std 20.76%.spa	Validation	20.76	20.75	87.146	-0.01	
8	std 31.01%.spa	Calibration	31.01	30.93	129.859	-0.08	
9	std 19.74%.spa	Calibration	19.74	19.78	83.044	0.04	
10	std 19.86%.spa	Calibration	19.89	19.84	83.298	-0.05	
11	std 20.29%.spa	Calibration	20.29	20.27	85.110	-0.02	
12	std 23.28%.spa	Validation	23.28	23.29	97.801	0.01	
13	std 23.67%.spa	Validation	23.67	23.62	99.195	-0.05	
14	std 20.30%.spa	Calibration	20.30	19.99	83.918	-0.31	
15	std 21.57%.spa	Calibration	21.57	21.59	90.660	0.02	
16	std 20.78%.spa	Calibration	20.78	20.82	87.412	0.04	
17	std 20.81%.spa	Calibration	20.81	20.82	87.412	0.01	
18	std 20.28%.spa	Calibration	20.28	20.30	85.222	0.02	
19	std 20.50%.spa	Calibration	20.50	20.54	86.230	0.04	
20	std 16.05%.spa	Validation	16.05	15.99	67.119	-0.06	
21	std 19.25%.spa	Calibration	19.25	19.20	80.629	-0.05	
22	std 21.18%.spa	Calibration	21.18	21.16	88.850	-0.02	
23	std 23.49%.spa	Calibration	23.49	23.54	98.845	0.05	
24	std 20.45%.spa	Calibration	20.45	20.46	85.901	0.01	

Nota: adicionalmente, la tabla contiene las concentraciones calculadas con la curva de calibración para jabones de sodio, el área bajo la curva y el porcentaje de diferencia entre la concentración de jabón determinado bajo la norma ASTM D-460 y la concentración calculada con la curva de calibración para jabones de sodio.

La Figura 26 ilustra la curva de calibración por espectroscopia infrarroja para un jabón cosmético de sodio. Se observa un coeficiente de correlación cercano a 1,0 y la ecuación de la curva.

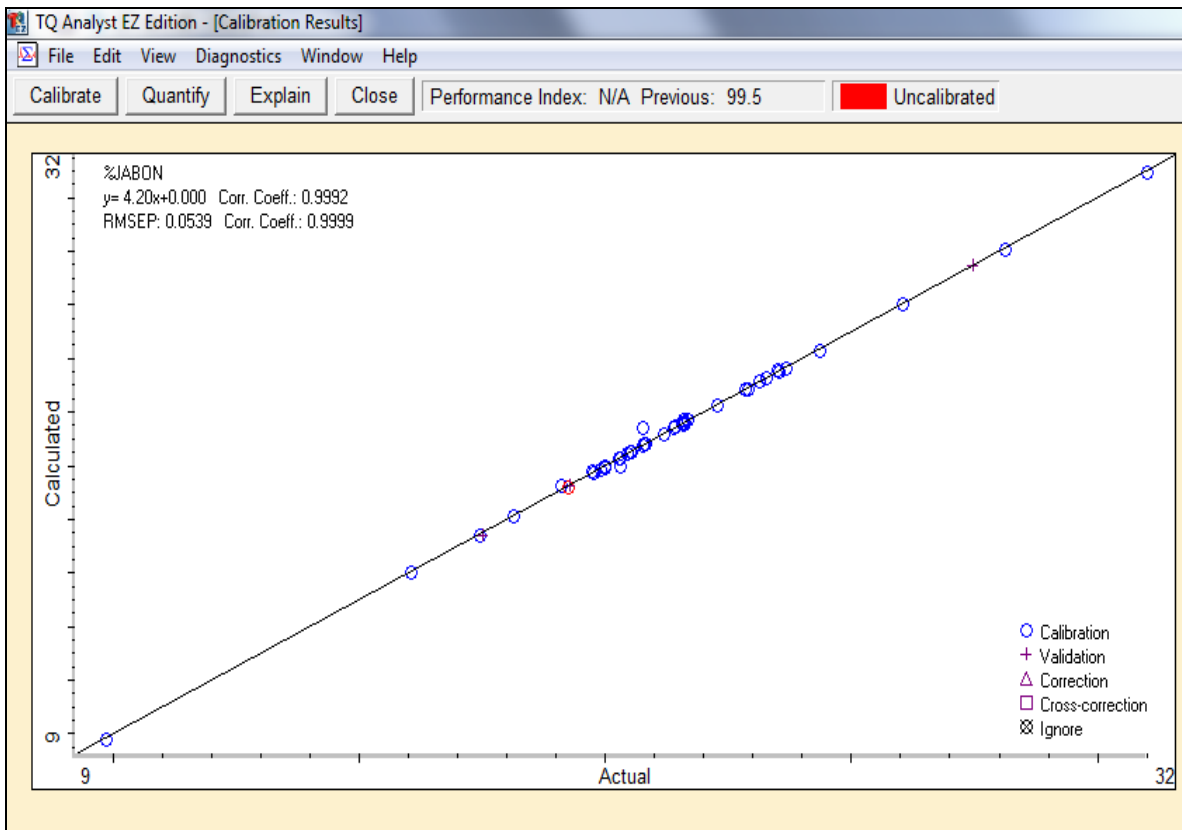


Figura 26. Curva de calibración para jabones de sodio con la ecuación de la recta y el coeficiente de correlación (ídem, 2013)

En la Figura N° 27 se observa los porcentajes de diferencia entre los porcentajes de jabón calculados por el método de la norma ASTM D-460 y el método cuantitativo por espectroscopia infrarroja ASTM E-168.

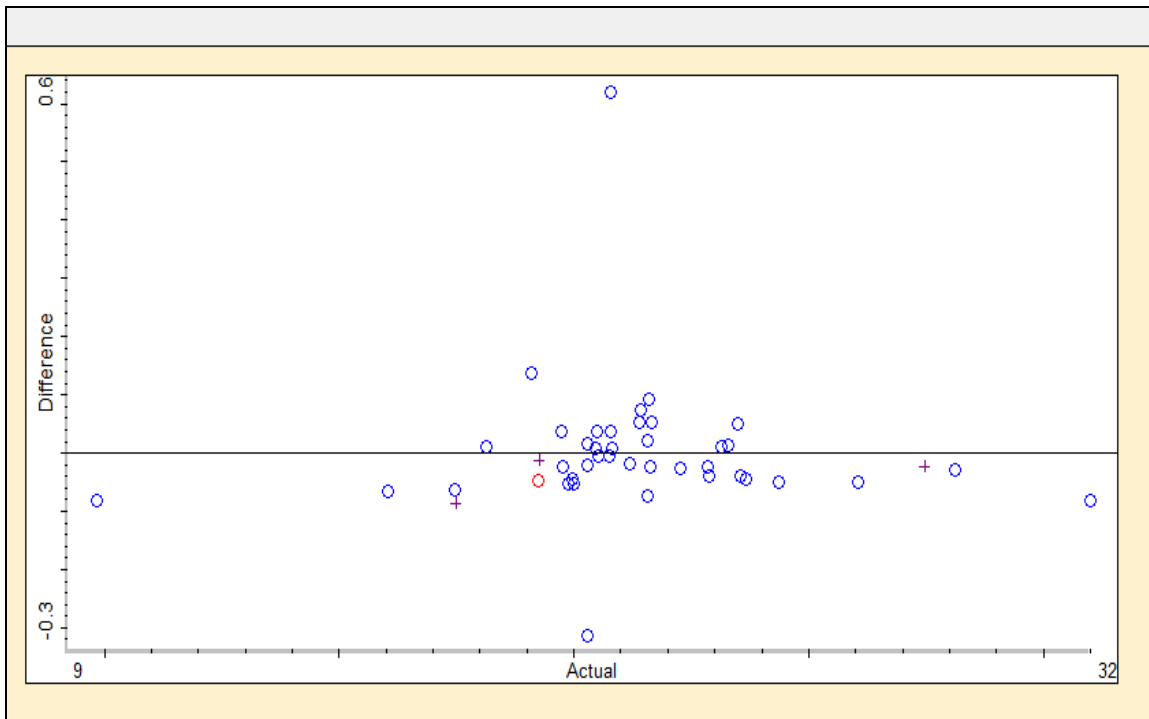


Figura 27. Grafico concentración de jabón de sodio determinado bajo la norma ASTM D-460 versus el porcentaje de diferencia entre la concentración de jabón determinado bajo la norma ASTM D-460 y la concentración calculada con la curva de calibración para jabón (ídem, 2013)

Como se observa en el procedimiento para la determinación de jabón (Cuadro 15), la utilización de material de vidrio de laboratorio, de reactivos químicos y el peligro de superficies calientes presenta riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores en comparación con el procedimiento para la determinación de jabón por espectroscopia infrarroja (Cuadro 17Cuadro 18), en donde el manejo la utilización de material de vidrio de laboratorio, las superficies calientes son eliminadas y solo se utiliza un reactivo químico (i.e., hexano).

2.5. Análisis Estadístico para la Curva de Calibración (Espectroscopia Infrarroja).

Para determinar la relación entre la variable de respuesta (% Jabón método ASTM E-168) y la variable predictora (% Jabón método ASTM D-460); se realizó una gráfica de línea ajustada con el fin de determinar si el modelo línea se ajusta a los datos. La línea ilustrada en la Figura 28 es una representación gráfica de la ecuación de regresión lineal. La gráfica fue obtenida utilizando el método de los cuadrados mínimos que minimiza la suma de las distancias elevadas al cuadrado entre los puntos y la línea ajustada (i.e., la suma de las distancias elevadas al cuadrado de cada punto hasta la línea debe ser tan pequeña como sea posible).

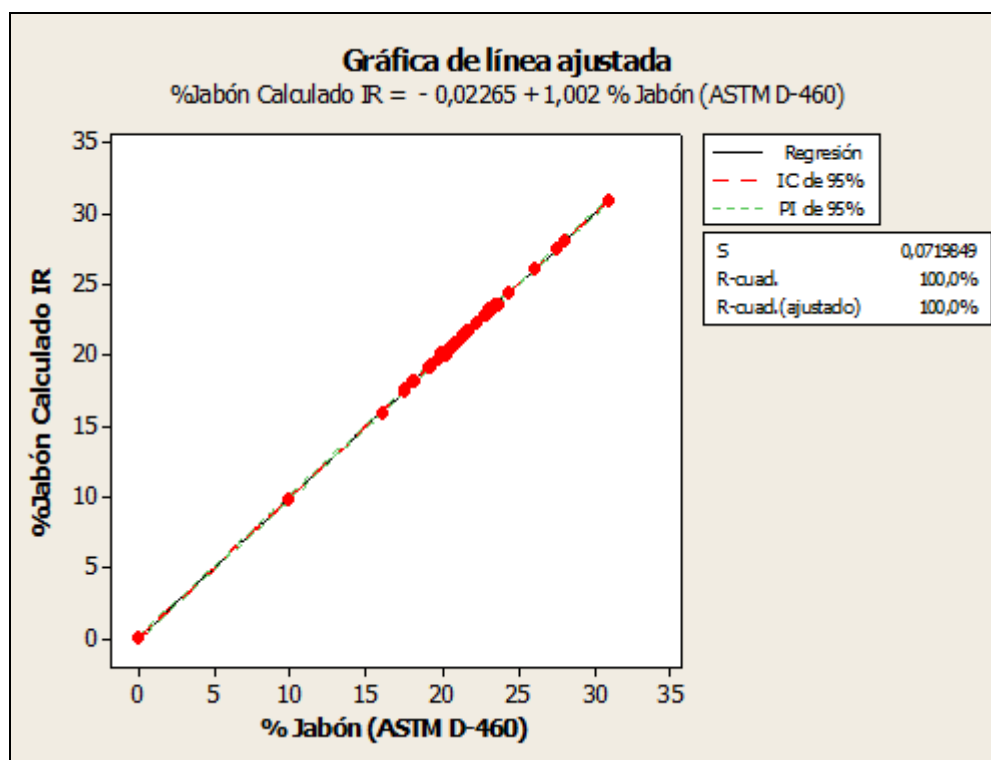


Figura 28. Gráfica de línea ajustada para el porcentaje de jabón calculado por el método ASTM E-168 versus el porcentaje de jabón determinado por el método ASTM D-460 (Autores, 2013)

Como se puede observar existió una relación línea clara en la ecuación que se describe arriba de la gráfica y se confirma con el valor R^2 alto (i.e., 100,0%) y el valor de desviación estándar de 0,0719849.

En la Figura 29 se observa el residuo estándar (i.e., obtenido de la prueba T-student internamente); con respecto al porcentaje de probabilidad. Este grafico es útil en la detección de valores atípicos. El residuo estandarizado es igual al valor de un residuo o la diferencia entre un valor observado (i.e., y) y su valor ajustado correspondiente (i.e., \hat{y}), dividido entre un estimado de su desviación estándar. Los residuos estandarizados mayores que 2 y menores que -2 usualmente son considerados grandes (i.e. valores atípicos). Las gráficas de residuos ayudan a determinar si los supuestos de los cuadrados mínimos ordinarios coinciden. Si estos supuestos cumplen con lo requerido, entonces la regresión de cuadrados mínimos ordinarios producirá estimaciones de coeficientes sin sesgo con la varianza mínima. Como los puntos de la gráfica formaron una línea recta se puede suponer un comportamiento normal para los datos sin sesgo con la varianza mínima. Como se puede observar solo existió un valor que tiene un residuo estandarizado de -4.5 considerado como un valor atípico.

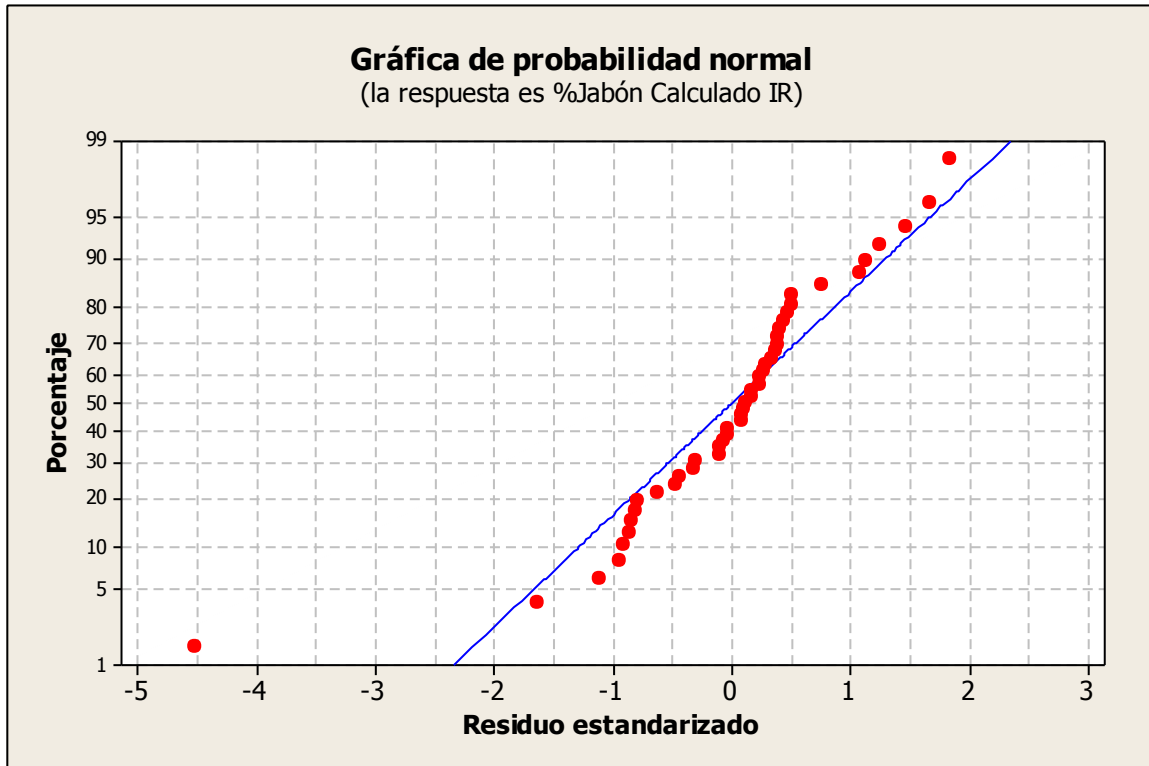


Figura 29. Gráfica de probabilidad normal (ídem, 2013)

La Figura 30 mostró un patrón aleatorio de residuos a ambos lados de 0 sin ningún patrón reconocible esto ratifica que existe una varianza constante. Como se puede observar existe un punto lejos de la tendencia (Rango entre 2 y -2); y se puede considerar como valor atípico.

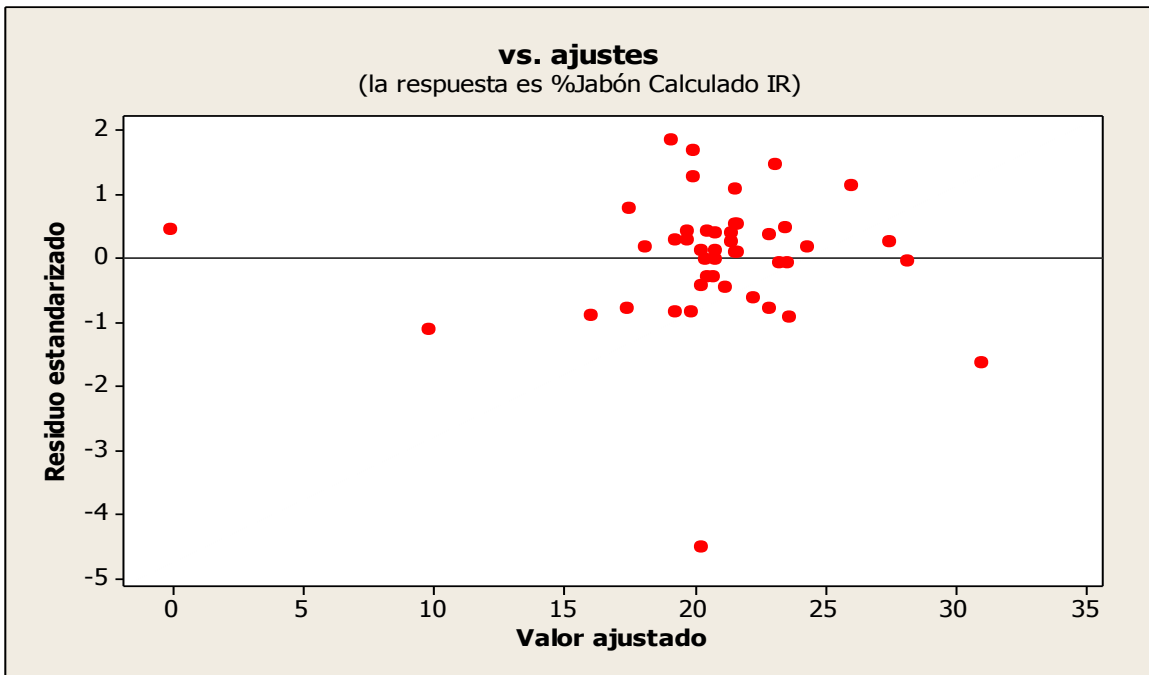


Figura 30. Gráfica de valor ajustado versus residuo estandarizado (ídem, 2013)

El histograma de la Figura 31 no muestra una distribución sesgada de los residuos pero hay una barra lejos de las demás barras lo que indica que existe un dato con valores atípicos referente a un residuo de -4.5.



Figura 31. Histograma residuo estandarizado versus frecuencia (ídem, 2013)

En la Figura 32 se observa la aleatoriedad de los residuos en el orden en que se colectaron los datos (i.e., los residuos no se correlacionan unos a otros); pero se detecta un valor de residuo en -4.5 que evidencia un valor atípico. No se observan errores no aleatorios con alguna tendencia marcada de la grafica.

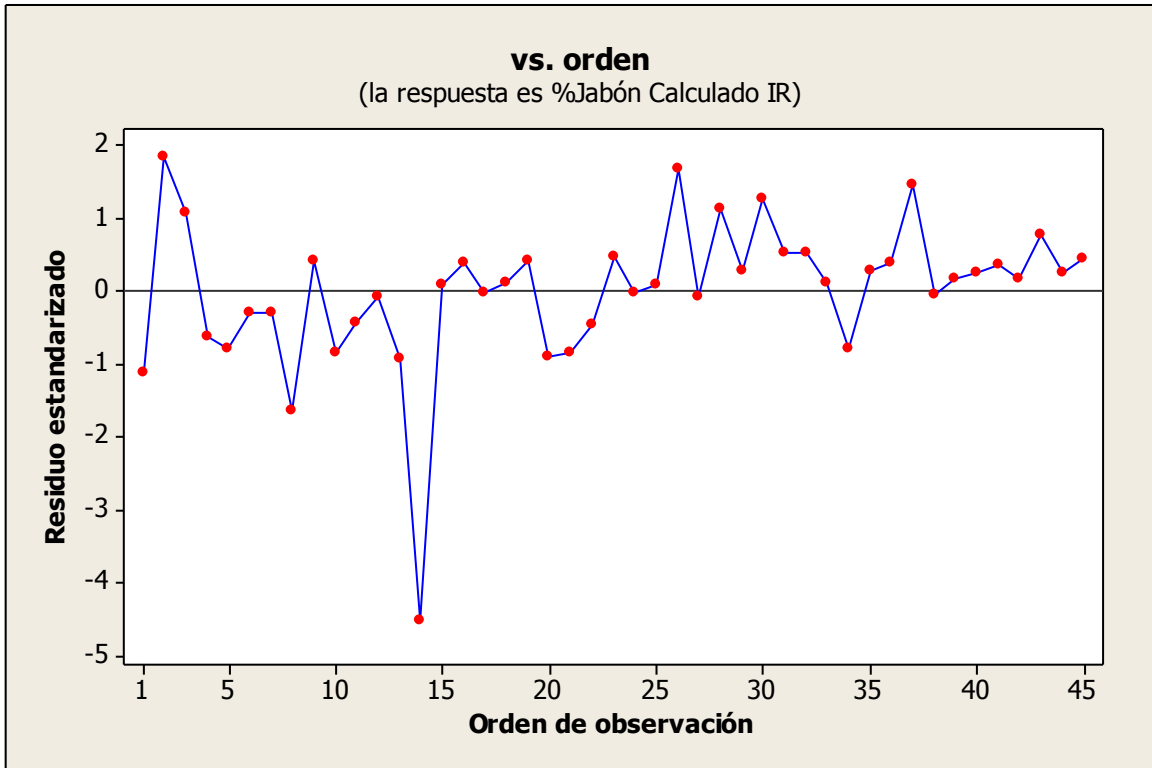


Figura 32. Observaciones versus residuo estandarizado (ídem, 2013)

Como se puede observar en las Figura 28Figura 32, los datos arrojan menores errores en el análisis de jabón para el método ASTM E-168, debido a que sus actividades son más tecnológicas en comparación con el método ASTM D-460. Por tal motivo se presentan más homogeneidad en los datos, hay menos obtención de residuos, la tendencia de distribución es más homogénea y hay menos dispersión en los datos, teniendo en cuenta que los errores son menos y la confiabilidad de la prueba con un nivel de confianza del 95% es más aceptable para el primer método (i.e., ASTM E-168).

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

La matriz de evaluación de riesgos en seguridad y salud ocupacional para la norma ASTM D-460 contempló 24 peligros mientras que la matriz para la norma ASTM E-168 solo contempló 4 peligros, esto refleja una reducción de peligros de un 83% al cambiar de un método de análisis de hidrólisis y titulación a un método de análisis por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168). Otros de los beneficios que se pueden resaltar al cambia a un método de análisis por espectroscopia infrarroja (ASTM E-168); es el no uso de material de vidrio, ácidos, bases, líquidos calientes y equipos con superficies calientes que pueden generar cortadas, quemaduras, inhalación de gases, irritación en la piel o vías respiratorias. Las sustancias utilizadas en el método de análisis ASTM D-460 pueden generar efectos a la salud significativos como afectación del sistema nerviosos, quemaduras, efectos cancerígenos y mutagénico, irritación, intoxicación, etc.; mientras que método de análisis ASTM E-168 solo utiliza un reactivo químico moderadamente toxico e irritante.

La reducción del tiempo de análisis por el método ASTM D-460 de 50 min a 5 min por el método ASTM E-168, implicaría una mejora significativa en el tiempo de respuesta del área de control de calidad y el número de análisis pasaría de 1 a 10 análisis en 1 hora; incrementado la eficiencia de los laboratorios de control de calidad de la industria cosmética.

En el análisis ambiental, los dos métodos tomados como caso de estudio para la determinación de jabón (i.e., ASTM D-460: método convencional; y ASTM E-168: método de espectroscopia infrarroja), el componente en donde hubo una influencia en común en la generación de impactos ambientales negativos fue el atmosférico. El uso de los reactivos en laboratorio para llevar a cabo los métodos en mención provoca emisiones atmosféricas que pueden ser irreversibles en algunos casos debido a su grado de toxicidad, provocando una disminución en la calidad del aire. Sin embargo ASTM E-168, reduce en 6,46 veces la valoración del componente atmosférico con respecto a ASTM D-460, siendo el primer método en mención más favorable en la reducción de impactos ambientales negativos relacionados con el recurso aire.

El componente en donde hubo una mayor influencia en la generación de impactos ambientales negativos fue el hidrosférico. Dichos impactos fueron ocasionados únicamente por el método ASTM D-460 debido a que se requieren cantidades considerables de agua para llevar a cabo reacciones con químicos como el etil éter, ácido sulfúrico, hidróxido de sodio y alcohol etílico generando residuos líquidos peligrosos. El agua al ser transportada hidráulicamente, aumenta el rango de alcance del impacto, llevando los residuos líquidos a

cuerpos de agua, afectando de esta manera la composición química y física de las cuencas hidrográficas.

A partir de las actividades impactantes mediante la matriz de impactos expuesta en el trabajo de grado, el método ASTM E-168 es más factible ambientalmente en comparación al método ASTM D-460. El primer método en mención no presenta afectaciones significativas sobre las componentes ambientales, teniendo en cuenta que su incidencia sobre la sumatoria de todos los componentes ambientales negativos (i.e., atmosférico, geosférico, hidrosférico, Biosférico, antroposférico y paisajístico) es 14,65 veces menor con relación al segundo método.

Como se mencionó en el apartado de análisis de costos, el costo unitario total de una prueba para la determinación de jabón obtenido mediante los métodos ASTM D-460 y ASTM E-168 fue de \$24021,52 y \$709,36; respectivamente (33,86 veces más en pesos en ASTM D 460). En términos monetarios, el método ASTM E 168 (i.e., método de espectroscopia infrarroja) presenta mayores ventajas, debido a que requiere de menos inversión en reactivos químicos, no necesita de consumos de agua y requiere de menos inversión en tiempo para la realización de la prueba, lo que reduce el costo unitario de la mano de obra y aumenta el número de pruebas en un mes laboral (9 veces más). Adicionalmente, el precio de venta es 20, 32 veces menor en el uso de espectroscopia infrarroja en comparación al método convencional tomado en este caso de estudio para la comparación (i.e., ASTM D-460).

Desde la perspectiva integrada QHSE, el método ASTM E-168 es una propuesta más factible que el método ASTM D-460, debido a que genera menos impactos al ambiente, reduce la cantidad de peligros que se presentan en pruebas de laboratorio (para este caso pruebas de determinación de jabón), es más rápido de ejecutar y genera operacionalmente menos costos y más utilidades a cualquier tipo de organización que opte por llevar a cabo este tipo de actividad económica.

3.2. Recomendaciones

Al realizar la evaluación ambiental, de costos y de riesgos en salud y seguridad ocupacional se encontró una gran aplicabilidad de las metodologías de evaluación en los laboratorios de control de calidad como una forma para justificar el cambio de métodos de análisis y la inversión en nuevos equipos o materiales ante la alta gerencia de la industria cosmética u otras industrias. Se recomienda utilizar este estudio como guía para la gestión del riesgo salud y seguridad ocupacional y la reducción del impacto ambiental en las áreas de control de calidad de las diferentes industrias.

Dentro del análisis ambiental se deben profundizar los estudios relacionados con los impactos ambientales asociados con la obtención, transformación e ingreso a la cadena productiva de los materiales e insumos utilizados en las dos metodologías expuestas (i.e., jabón, etil éter, ácido sulfúrico, alcohol etílico, fenolftaleína, anaranjado de metilo, hexano materiales y equipos), así como la recolección y disposición final de residuos peligrosos generados por los métodos estudiados en este trabajo de grado, con el objeto de tener un mayor alcance y lograr evaluar de manera más profunda las implicaciones que tienen este tipo de métodos sobre el agua, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el paisaje y el ser humano.

De igual manera que en el análisis ambiental, para el análisis de costos se deben profundizar estudios relacionados con costos asociados a la compra de maquinaria equipos materiales e insumos, así como costos no operativos, costos ocultos y otros que sean necesarios con el fin de lograr un mayor alcance en la valoración cuantitativa de costos y poder llevar a cabo balances generales y estados de pérdidas y ganancias dentro de la organización para determinar que influencia puede tener este tipo de métodos sobre la economía de la organización.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Agroindustrial, E. d. (2005). *Saponificación de las materias grasas*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Angiolani, A. (1960). *Introducción a la química industrial*. Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Bailey, A. E. (1961). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona: Reverté S.A.
- Conesa, F., & Vitoria, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Mundi-prensa.
- Fieser, L. (1986). *Química orgánica fundamental*. Barcelona: Reverté S.A.
- Fulks, I. G., Medvedeva, T. V., & Yu, L. I. (1972). Application of IR spectroscopy in studying grease composition and properties. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 152-156.
- Gamboa Castellanos, M. Á. (15 de Abril de 2013). Metodologías para la evaluación del impacto ambiental. Bogotá: Memorias de clase Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Especialización en Sistemas de Gestión Integrados QHSE.
- Gennaro, A. (2003). *Remington Farmacia*. Montevideo: Panamericana S.A.
- Jimenez, C., & Soto, J. (2006). *Química Física para ingenieros químicos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Mach, L. (2000). Test Method: Thickener Type in Grease by Infrared Analysis. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 152-156.
- Nemerrow, N. L., & Dasgupta, A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid: Díaz Santos S.A.
- Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos. (2013). *Aprovechamiento del TLC con Estados Unidos-Cosméticos y productos de aseo*. Bogotá: Oficina para el aprovechamiento del TLC con Estados Unidos.
- Quesada Mora, S. (2007). *Manual de experimento de laboratorio para bioquímica*. San José: Universidad Estatal.

- Santa, E. (2011). *Preparación de jabones*. Estado de Hidalgo: Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Voet, D., & Voet, J. (2006). *Interacciones bioquímicas*. Montevideo: Panamericana S.A.
- Chemistry and Technology of Fuels and Oils. (2006). *Norma ASTM D-460. Standard Tests Methods for Sampling and Chemical Analysis of Soaps and Soap Products*. United States: Chemistry and Technology of Fuels and Oils.
- Chemistry and Technology of Fuels and Oils. (2006). *Norma ASTM E-168-06. Standard practices for general techniques of infrared quantitative analysis*. United States: Chemistry and Technology of Fuels and Oils.
- ICONTEC. (2007). *Norma técnica colombia NTC OHSAS 18001. Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional-requisitos numeral 4.3.1*. Bogotá: ICONTEC.
- ICONTEC. (2012). *Guía técnica colombiana GTC 45*. Bogotá: ICONTEC.
- Agroindustrial, E. d. (4 de Noviembre de 2005). *Escuela de Ingeniería Agroindustrial*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de Universidad Cesar Vallejo: http://ucvvirtual.edu.pe/campus/HDVirtual/700426354/Teor%C3%ADa/7000001834/TecNoAl_08.pdf
- Bohorquez Ariza, H. E. (1 de Agosto de 2011). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccion_35_esterilizadores.html
- Carmona Serna, P. H. (12 de Diciembre de 2009). *Saponificación*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/patriciacarmonaserna/unidad-1-elaboracin-de-jabones>
- CISPROQUM. (21 de Marzo de 2005). Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/hidroxido_de_sodio.pdf
- Corquiven C.A. (10 de Septiembre de 2009). Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/alcohol_etilico.pdf
- CTR Scientific. (15 de Octubre de 2010). Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/11eteretilico.pdf> ;
<http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Acidos/Acido%20Sulf%C3%BArico.pdf> ;
http://ssfe.itorizaba.edu.mx/ntec13/webext/secure/hoja/CTR_COMPLETO/MSDS%20A NARANJADO%20DE%20METILO%20CTR.pdf

- *Textoscientificos.com*. (16 de Junio de 2005). Recuperado el 6 de Noviembre de 2013, de <http://www.textoscientificos.com/jabon/introduccion>
- Universidad Javeriana. (11 de Julio de 2008). Recuperado el 11 de Noviembre de 2013, de <http://portales.puj.edu.co/doc-quimica/FDS-LabQca-DianaHermith/C20H14O4.pdf>

5. ANEXOS

[Matriz GTC-45 \(ASTM D-460\)](#)

[Matriz GTC-45 \(ASTM E-168\)](#)

[Matriz ambiental ASTM D-460.xlsx](#)

[Matriz ambiental ASTM E-168.xlsx](#)

[Análisis de costos \(ASTM D-460 VS ASTM E-168\).xlsx](#)