

# Optimización de la formulación de desmaquillante, tomando en cuenta las preferencias del consumidor

**Karen Estefanía Márquez León**

*Universidad de los Andes*

*Bogotá, Colombia*

*ke.marquez10@uniandes.edu.co*

*Asesor: Jorge Mario Gómez Ramírez*

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se presentan los pasos y el desarrollo de la formulación de un producto cosmético: desmaquillante, basado en un modelo económico e identificando las propiedades que los consumidores consideran importantes en un producto de buena calidad; siendo identificadas como más relevantes: humectación o cuidado de la piel, poder de limpieza y consistencia. Este estudio beneficiará las distintas empresas en el proceso de planificación de dicho producto; puesto que no requerirán de la ejecución de una gran cantidad de pruebas que representan un gasto de tiempo y dinero. Para lograr este propósito se hace una amplia búsqueda bibliográfica acerca del papel principal que tiene cada componente en el uso del producto, su relación con una propiedad física y la determinación de los parámetros necesarios para el modelo económico que es utilizado por Bagajewicz en el diseño de productos. Obteniendo como resultado la formulación de un desmaquillante rentable con una utilidad de 3.94E6 USD y preferencia del 98.58%, por medio de la optimización con el software GAMS y el solver CONOPT4.

*Palabras claves:* Diseño de productos, propiedades, cosméticos, desmaquillante.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria ha creado infinidad de productos para satisfacer exigencias del mercado, que conducen a la competencia entre las empresas tratando de hacer más atractivo su producto ante el consumidor. Esto implica importantes gastos económicos adicionales [1], razón por la cual se ha empezado a desarrollar cierto atractivo por un mecanismo de elaboración de nuevos productos con valor agregado, asistido por computadoras, para encontrar la formulación óptima del producto ofrecido, lo cual se reconoce en ingeniería como diseño de productos. En varios de los estudios, se encuentra que el único objetivo para efectuar la optimización, son las necesidades del consumidor, en otros, se consideran las necesidades y el factor económico, que demostrará si el producto es económicamente rentable y a su vez efectivo. [2]

Este modelo de diseño se compone de los siguientes elementos: primero, se identifica el tipo y la funcionalidad del producto. Segundo, se señalan los atributos; los cuales son

proporcionados y calificados según la percepción de importancia que los consumidores determinan. Tercero, se establecen medidas cuantitativas de qué tanto un consumidor prefiere un producto según los atributos ya establecidos. Cuarto, se incorpora una relación de precio y demanda que tiene en cuenta las preferencias del consumidor. Y finalmente, se procede a realizar la optimización, según el criterio que se desea evaluar, por medio de una función objetivo. [2]

El propósito de este documento, relacionado con la industria cosmética, es presentar la formulación óptima de un desmaquillante que considere el nivel de satisfacción del consumidor, buscando maximizar la rentabilidad para el productor con el Software GAMS. Debido al amplio uso del maquillaje, es necesario un removedor para la población que lo emplea, por consiguiente, es un objeto de estudio para la industria. Inicialmente, en el documento, se presenta el estado del arte donde se muestra los trabajos relacionados. A continuación, se encuentra la formulación del problema de optimización, donde se reportan las restricciones necesarias para describir cada

fenómeno que de lugar a una propiedad de calidad, seguido de la estrategia de resolución y finalmente se brindan conclusiones de las formulaciones obtenidas.

## II. ESTADO DEL ARTE

El diseño de productos ha incrementado su importancia en los últimos años, debido al

aumento en el nivel de exigencia de los consumidores. Esto ha provocado la implementación de su metodología en distintas industrias, como en la cosmética, cuidado personal, limpieza, o ambiental. A continuación, en la Tabla 1 se presentarán trabajos realizados.

Tabla 1 Estado del arte

Año	Autor	Resumen	Referencia
2005	F. Bernardo, P. Saraiva	Encuentra un enfoque simultaneo del diseño óptimo de una loción cosmética y su proceso de manufactura, donde muestra que las decisiones del diseño pueden mejorar el resultado final de producción al compararlo cuando se estudian estos dos aspectos por separado.	<u>"Integrated process and product design optimization: a cosmetic emulsion application", Computer Aided Chemical Engineering, pp. 1507-1512, 2005. [4]</u>
2008	C. Street, J. Woody, J. Ardila and M. Bagajewicz	Caso de estudio del diseño de un desodorizante/desinfectante de alfombras de liberación lenta aplicando la metodología propuesta por Bagajewicz. El autor resalta qué, al utilizar este modelo, se encuentra que el producto de mayor calidad no es el más rentable.	"Product Design: A Case Study of Slow-Release Carpet Deodorizers/Disinfectants", <i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> , vol. 47, no. 4, pp. 1192-1200, 2008. [5]
2008	R. Costa, P. Elliot, P.M. Saraiva, D. Aldridge, G.D. Moggridge	Trata una perspectiva muy diferente respecto a la aplicación del diseño de productos, pues se aplica al desarrollo de un método efectivo del control de una plaga acuática llamada Mejillón cebra. Con el estudio de 3 alternativas se determina que la metodología de diseño de productos es útil al reemplazar un procedimiento por prueba y error.	"Development of Sustainable Solutions for Zebra Mussel Control Through Chemical Product Engineering", <i>Chinese Journal of Chemical Engineering</i> , vol. 16, no. 3, pp. 435-440, 2008. [6]
2009	B. Smith and M. Ierapepritou	Presenta la importancia del diseño de productos en la actualidad debido a la presión del mercado y el gran aumento de la demanda. Utiliza como caso de estudio de diseño de un producto cosmético, crema para los ojos.	"Framework for Consumer-Integrated Optimal Product Design", <i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> , vol. 48, no. 18, pp. 8566-8574, 2009. [7]

2010	M. Bagajewicz, S. Hill, A. Robben, H. Lopez, M. Sanders, E. Sposato, C. Baade, S. Manora, J. Hey Coradin	Realiza un estudio acerca del diseño de una loción humectante para clientes que presentan graves y no tan severos desordenes en la piel. Evidencia un modelo de preferencia del consumidor, y finalmente utiliza un modelo de negocio que tiene en cuenta mercados con precios competitivos.	"Product design in price-competitive markets: A case study of a skin moisturizing lotion", <i>AIChE Journal</i> , vol. 57, no. 1, pp. 160-177, 2010. [8]
2010	N. Omidbakhsh, T. Duever, A. Elkamel and P. Reilly	Plantea la necesidad del diseño de formulación química debido a la complejidad de encontrar nuevos ingredientes activos que sean amigables con el ambiente, seguros y baratos para su manufactura. Utiliza como caso de estudio el diseño de un desinfectante, realiza la optimización respecto a la toxicidad del producto mediante el software Matlab versión 7.0.	"Systematic Statistical-Based Approach for Product Design: Application to Disinfectant Formulations", <i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> , vol. 49, no. 1, pp. 204-209, 2010. [9]
2013	M. Mattei, G. Kontogeorgis and R. Gani	Resalta la necesidad de modelos predictivos para encontrar soluciones confiables a problemas de optimización ya sea en productos cosméticos, domésticos o farmacéuticos. Se consideran dos casos de formulación para el diseño de una emulsión.	"A comprehensive framework for surfactant selection and design for emulsion based chemical product design", <i>Fluid Phase Equilibria</i> , vol. 362, pp. 288-299, 2014. [10]
2014	F. Bernardo and P. Saraiva	Menciona que el diseño de productos aún está en desarrollo ya sea para moléculas, formulaciones, o dispositivos. En este caso de estudio se tienen en cuenta tres funciones principales: calidad, propiedades y funciones de procesos, de forma detallada para un ungüento farmacéutico.	"A conceptual model for chemical product design", <i>AIChE Journal</i> , vol. 61, no. 3, pp. 802-815, 2014. [11]
2018	Ka Y. Fung, Ka M. Ng	Resalta el crecimiento gradual de la presencia del diseño de productos en los programas de ingeniería química en distintas universidades. Como caso de estudio se encuentra el diseño de un aireador para el envejecimiento del vino tinto y tinta de inyección conductiva.	"Teaching chemical product design using design projects", <i>Education for Chemical Engineers</i> , vol. 24, pp. 13-26, 2018. [12]

### III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN

Los problemas de diseño de productos requieren de una colaboración diversa y multidisciplinaria: Incluye un estudio de mercado donde se identifican las necesidades del consumidor, un análisis económico que provee medios para la evaluación de costos y ganancias, y el trabajo ingenieril donde se intenta encontrar una formulación del producto que logrará la funcionalidad del mismo dirigiendo las necesidades de una manera óptima. [1][2] [13]

Para integrar el diseño, se sigue una metodología que consiste en los siguientes pasos:

1. Definición básica del producto: Se definen los requerimientos del producto al entender las posibles funciones deseadas.
2. Estudio de mercado: Por medio de encuestas se evalúa e integra las preferencias del consumidor.
3. Captura y traducción de las necesidades del consumidor: Identificación de un candidato químico que satisfaga un conjunto específico de propiedades. Los atributos se convierten en parámetros técnicos o cuantitativos para el diseño, por medio de funciones de desempeño que tengan en cuenta propiedades fisicoquímicas. En este punto, se realiza la suposición de que los candidatos químicos seleccionados se van a comportar según las funciones encontradas en la literatura.
4. Restricciones adicionales: Tiene en cuenta cuestiones de seguridad o regulaciones para garantizar el bienestar del usuario al utilizar el producto.
5. Modelo económico: Se implementa una relación de precio y demanda donde se considera las preferencias del consumidor.
6. Función objetivo: Dependiendo de lo que se desea estudiar se puede maximizar alguna propiedad específica,

la preferencia global o la utilidad del producto.

#### ESTUDIO DE MERCADO

En primer lugar, se define el puntaje de satisfacción del consumidor respecto a un producto ( $H_i$ ) según una ponderación de preferencias por medio de la Ec.1. Bagajewicz [2].

$$H_i = \sum w_{i,j} P_{i,j}(c) \quad \text{Ec.1}$$

Donde  $w_{i,j}$  representa la importancia de un atributo  $j$  en el puntaje final según resultados de un estudio de mercadeo por medio de encuestas asociadas al producto  $i$ . Finalmente,  $P_{i,j}(c)$  son funciones que representan un puntaje de desempeño de una propiedad  $j$  que depende de propiedades ingenieriles del producto  $i$ .

Al determinar  $w_{i,j}$ , se decide realizar una encuesta virtual, la cual es diseñada y sistematizada por la autora de este estudio, evaluando qué propiedades se consideran importantes en un limpiador facial. Se preguntó acerca de propiedades como: cuidado de la piel que va relacionado con el nivel de humectación, poder de limpieza, consistencia, color y olor.

Es importante mencionar que en las encuestas realizadas se preguntó si el cliente consideraba la existencia de un factor o propiedad, importante o llamativo a la hora de comprar y usar el producto. De allí se concluyó que no existe otra propiedad, adicional a las mencionadas anteriormente, que atraiga a la mayoría de los clientes por lo que únicamente se estudiaron las 5 propiedades de calidad.

#### FUNCIONES DE DESEMPEÑO

##### a. Poder de limpieza

Como función principal del limpiador facial, se encuentra la limpieza del rostro, principalmente de productos cosméticos ofrecidos en el mercado. El maquillaje no se puede remover únicamente con agua

porque en su composición se encuentra una gran cantidad de ingredientes lipofílicos [14], donde normalmente el agua no se encontraría en mezcla con estos productos y hace más difícil el proceso de limpieza. Por esta razón, dentro de las sustancias que componen los desmaquillantes se encuentran los tenso activos o surfactantes que facilitan la extracción de impurezas de distintas superficies gracias a su naturaleza hidrofílica y lipofílica, mediante la disminución en la tensión superficial. Los surfactantes se clasifican de acuerdo a su estructura en: aniónicos, catiónicos y anfóteros. Los primeros se consideran muy buenos detergentes en la industria y se han utilizado en gran medida en productos de cuidado de la piel [15]. En este caso, se tendrá en cuenta el uso de un surfactante aniónico, pero cuidando de contrarrestar el daño que pueda causar en la piel, con un agente hidratante.

Para que se realice un proceso de limpieza es necesario llegar a la llamada concentración micelar crítica (CMC), la cual indica la concentración mínima en la que existirá la formación de micelas en solución. [16] Es importante determinar el valor de la concentración del surfactante, porque es necesario que se encuentre por encima de la CMC garantizando un buen desempeño del surfactante. Para esta propiedad, en primer lugar, se utiliza el modelo de relación significativa entre estructura y propiedad [18] por medio de la Ec.2. El valor de los parámetros se encuentran en la referencia [18] para una gran cantidad de surfactantes.

$$\log_{10} cmc = (1.89) + (-0.0697)N_T + (-0.0323)md + (0.381)Q_{C-max} \quad \text{Ec.2}$$

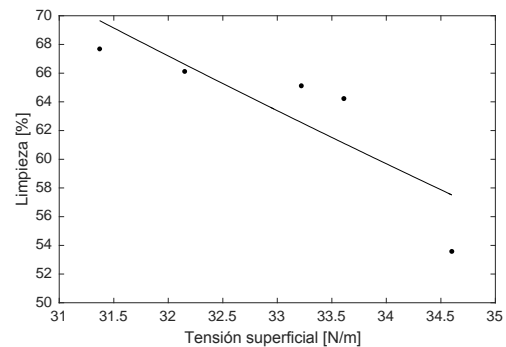
Posteriormente, se utiliza la ecuación de Langmuir con la cual se puede observar el comportamiento de la tensión superficial en función de la concentración de surfactante (Ec.3). [18] Con esta ecuación se define el valor de la presión superficial ( $\pi$ ) la cual se considera como la diferencia entre la tensión superficial del disolvente y la de disolución [19], donde en este caso el

disolvente, agua, tiene una tensión de 70 N/m. Para encontrar el valor de la máxima concentración en la superficie de surfactante ( $\Gamma_m$ ), se realiza la misma comparación encontrada en el extenso trabajo de Rosen donde la presión máxima se iguala a 20mN/m y se obtiene de la Ec.4 el valor del parámetro  $\Gamma_m$  [18].

$$\pi = \Gamma_m RT \ln \left[ 1 + \frac{C_k}{x_{cmc}^2} \right] \quad \text{Ec.3}$$

$$20 = \Gamma_m RT \ln \left[ \frac{x_{\pi=20}}{x_{cmc}^2} \right] \quad \text{Ec.4}$$

Luego, mediante el estudio realizado en [20] se encuentra una relación, entre el porcentaje de limpieza con el valor de la tensión superficial, mediante una serie de experimentos, evaluando el desempeño de un champú; con estos datos se encuentra una línea de tendencia que describe acertadamente el comportamiento de estas variables, pues se sabe que al disminuir el valor de la tensión superficial, el surfactante podrá tener un mejor desempeño de limpieza (Ec.5 y Gráfica 1).

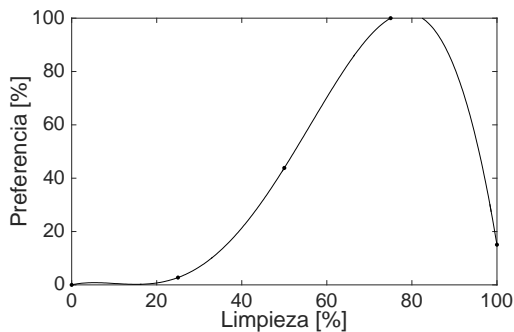


Gráfica 1 Relación %Limpieza vs Tensión superficial

$$PL = -123.9 \log(TS) + 496.6 \quad \text{Ec.5}$$

Finalmente, al consumidor se le preguntó qué tanto porcentaje de maquillaje desearía remover en el primer intento de limpieza con el producto, para finalmente obtener la relación entre el porcentaje de preferencia con el de limpieza (Ec.6 y Gráfica 2).

$$P_{Limpieza} = -1.42E^{-5}PL^4 + 1.88E^{-3}PL^3 - 4.81E^{-2}PL^2 + 3.61E^{-1}PL \quad \text{Ec.6}$$



Gráfica 2 Relación de preferencia para poder de limpieza

### b. Consistencia

Esta propiedad representa una de las más importantes debido a que es sensorial, por tal razón el consumidor se verá influenciado directamente por esta percepción en el momento del uso. La consistencia está relacionada con la viscosidad del producto, la cual es la medida de la resistencia de un fluido al flujo, que se verá afectada por distintas variables externas, como las condiciones de operación, ya sea la temperatura o en este caso y en mayor medida, condiciones que caracterizan el sistema de agitación, debido al proceso de producción típico de una emulsión.

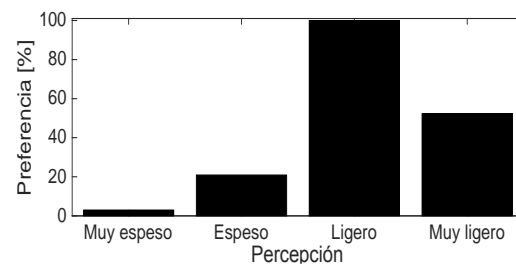
Para mayor simplicidad, en este estudio se supone que dependerá únicamente de la composición de los ingredientes más influyentes en la misma; como son los llamados agentes espesantes los cuales ayudan a mejorar las propiedades reológicas del producto. Una considerable cantidad de métodos de la estimación de la viscosidad se han desarrollado para varias aplicaciones, como en la industria petrolera. Dentro de los métodos se encuentra el de Arrhenius, Bingham, Kendall y Monroe, Cragoe, Refutas, entre otros; para el primer modelo se identificaron debilidades, por lo que se empezaron a plantear una gran variedad de modificaciones [21] [22].

En este caso se hará uso del modelo de Kendall y Monroe mostrado en la Ec.7. Donde  $fr$  representa la fracción volumétrica y  $\mu$  la viscosidad del componente puro  $k$ . Para relacionar la preferencia del consumidor con la fracción de las sustancias que se tienen en cuenta

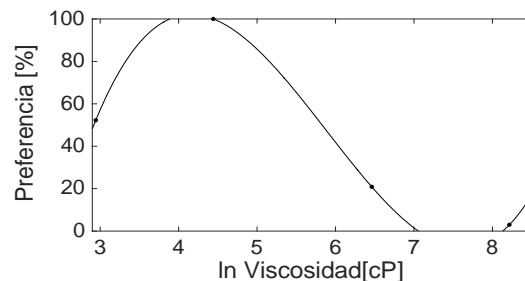
para esta propiedad, se planteó el modelo de encuesta utilizado por Bagajewicz donde se pedía evaluar la fluidez de productos de conocimiento general, para posteriormente elegir con cuál de estos relacionaría un desmaquillante que le llamaría más la atención al cliente al momento de usarlo.

$$\mu_m = \sum_k \mu_k fr_k \quad \text{Ec.7}$$

Con la información recolectada se encuentra la preferencia estandarizada para cuatro niveles establecidos (Gráfica 3) a los cuales se le determina una viscosidad asociada al producto de conocimiento general, y así, finalmente se realizó un ajuste polinómico (Ec.8 y Gráfica 4) que se utilizará en el modelo económico [23].



Gráfica 3 Resultados encuesta para consistencia



Gráfica 4 Relación preferencia para consistencia

$$P_{\text{consistencia}} = 5.29 \ln(\mu_m)^3 - 93.46 \ln(\mu_m)^2 + 502.80 \ln(\mu_m) - 753.02 \quad \text{Ec.8}$$

### c. Cuidado de la piel

La piel, como el órgano más grande y visible, actúa como primera línea defensiva del organismo frente a bacterias y virus, y contribuye en la regulación de la temperatura corporal; por lo que es esencial su cuidado. Tiene tres capas principales: epidermis, dermis y tejido subcutáneo; cada una compuesta por varias subcapas las cuales cumplen una función

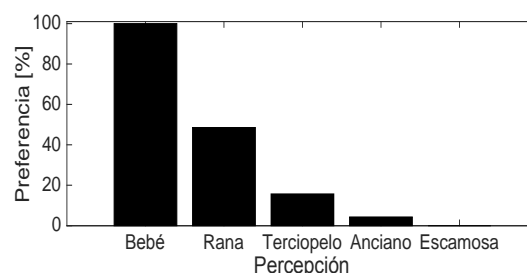
específica. En este caso, se hablará de la epidermis, la más externa y que entrará en mayor contacto con el producto que se desea formular. La subcapa más externa de esta se le llama capa córnea, en la cual las células se unen entre sí, por medio de lípidos epidérmicos, para crear una barrera protectora y mantener la humedad en la piel evitando resequedad, vulnerabilidad a infecciones entre otras [24].

La piel en condiciones normales tiene un pH de 5, lo que indica que es ligeramente ácida. Debido a distintos productos, se puede generar un desbalance en la capa más externa de la epidermis, afectando la película hidro-lipídica [25]. Teniendo en cuenta que los surfactantes remueven toda clase de aceites, esta interacción puede llegar incluso a afectar esta capa y provocar afecciones [26]. La selección particular de este tipo de surfactante conlleva a una desventaja respecto a esta propiedad, pues los surfactantes aniónicos, aunque tengan las mejores propiedades de limpieza, son los más agresivos con la piel. Por eso se ha implementado la mezcla de surfactantes, en este caso anfótero para contrarrestar el efecto provocado por el surfactante aniónico [27].

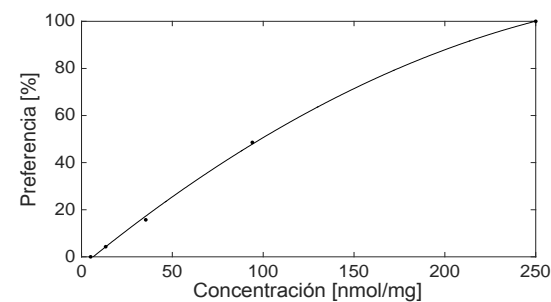
Por otro lado, al hablar del equilibrio de la película, se debe mantener el contenido de agua en la piel con el uso de sustancias emolientes que se definen como aquellas sustancias que garantizan el equilibrio hídrico [28]. Al utilizar estas sustancias es posible restaurar la concentración de agua en la piel, la cual se encuentra entre 10%p/p y 30%p/p, donde en la primera se presenta una descamación y la segunda representa un nivel de agua saludable. Nakagawa encontró que con 500 nmol de humectante aplicados en 1cm<sup>2</sup>, la piel obtendrá aproximadamente cinco veces el nivel de actores naturales (NFH) en la capa más externa, con este valor se considera que la piel está completamente hidratada, representando el límite superior de la concentración de agua. Finalmente, para poder relacionarlo con una concentración

de emolientes, se tiene en cuenta que en 1cm<sup>2</sup> de piel se aplica un valor 2mg/cm<sup>2</sup>[8].

Para relacionar la preferencia del consumidor con la concentración, se considera el estudio de Nakagawa y se usa el mismo modelo de pregunta que realizó el estudio [8] para la formulación de una crema hidratante. Se pregunta al cliente cómo le gustaría que le quedara la piel después de la aplicación del producto según una textura común que éste puede asociar. Los resultados normalizados de la encuesta se encuentran en la Gráfica 5. La textura se relacionó linealmente con la concentración de agua según los límites establecidos anteriormente, donde se encontró la relación por medio de un ajuste polinómico (Ec.9 y Gráfica 6).



Gráfica 5 Resultados encuesta para humectación



Gráfica 6 Relación preferencia para humectación

$$P_{cp} = -0.0009c_E^2 + 0.6331c_E - 4.0161 \quad \text{Ec.9}$$

#### d. Olor

Es el resultado de la interacción entre un estímulo químico y el sistema receptor olfativo, ante el desprendimiento de partículas de cuerpos volátiles, que causa efectos biológicos y psicofísicos [29]. A este sentido se le llama químico-sensorial, teniendo en cuenta que el sistema olfativo convierte las señales químicas en percepción. El olfato es el sentido más

desarrollado de una persona. Un adulto puede alcanzar a detectar concentraciones de compuestos aromáticos muy bajos, así pues, el olor se considera uno de los atributos más importantes en la formulación del producto [30].

Para poder cuantificar esta clase de percepción se utilizó, en primer lugar, un método llamado SOAV el cual relaciona mediciones de olor con concentraciones de sustancias olorosas. Este método, utiliza el concepto de valor de actividad de olor (OAV), el cual se basa en la normalización de la concentración con el umbral del olor de concentración, que se encuentra en una base de datos desarrollada mediante análisis olfatométricos de las sustancias olorosas. Si más de una sustancia está relacionada con la percepción de olor, se usará la suma del valor individual de OAV de cada una de las sustancias, resultando el término SOAV Ec.10. En este caso, sólo se tendrá en cuenta una única sustancia que afectará la percepción del cliente [31].

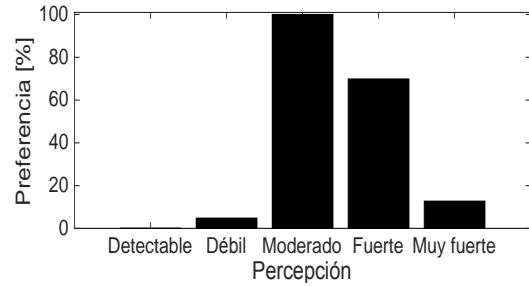
Con el SOAV se encuentra el valor a un término llamado Intensidad de olor (OI) Ec.12 [31], donde  $C_k$  es la concentración de una sustancia,  $C_{OT,k}$  la concentración en el umbral de olor de cada sustancia y  $C_{OD,0}$  es la unidad de concentración, con la que finalmente se relaciona la percepción del cliente Ec.13 [30] con una escala. Después de varios experimentos de percepción de distintas sensaciones, se determina una escala factible de ser usada para olor y sabor [29], la cual permite relacionar una percepción cualitativa a cuantitativa, donde el valor más alto, cuatro (4) corresponde a la percepción que se considera "Muy fuerte" y cero (0) "Detectable". Se logra entonces un ajuste polinómico (Ec.13 y Gráfica 8) para los datos resultantes de las encuestas mostrados en la Gráfica 7.

$$SOAV = \sum c_k / m_{OD,k} \quad \text{Ec.10}$$

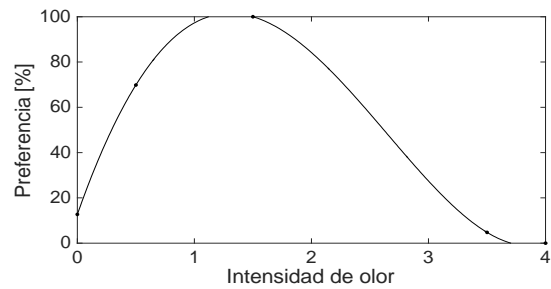
$$m_{OD,i} = c_{OT,k} / C_{OD,0} \quad \text{Ec.11}$$

$$OI^{SOAV} = \log SOAV + 0.5 \quad \text{Ec.12}$$

$$P_{olor} = 0.79 OI^4 + 4.29 OI^3 - 67.23 OI^2 + 146.73 OI + 12.70 \quad \text{Ec.13}$$



Gráfica 7 Resultados encuesta para olor



Gráfica 8 Relación preferencia para olor

#### e. Color

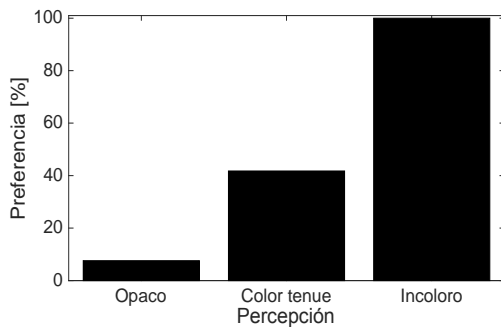
La apariencia juega un papel importante en la determinación de la compra de un producto por parte del consumidor, siendo importante el estudio del color, el cual es una cualidad organoléptica y se aprecia por medio del sentido de la vista [32]. Es una propiedad que se puede medir físicamente en términos de la energía radiante o la intensidad y la longitud de onda. El entorno afectara en las mediciones de color porque la forma, tamaño, y color del fondo sobre el que se halla la muestra, pueden ejercer un importante efecto de contraste modificando la sensación que produce un determinado color sobre el observador [33].

Lo que da pie al color resulta de la excitación, o a la llamada transición, de un electrón al absorber la energía de un fotón de luz visible. Cuando esto ocurre el electrón pasa de un estado a otro de menor estabilidad, al momento de llegar al estado excitado el electrón inmediatamente pasará al estado de menor energía, emitiendo un fotón con la misma energía que anteriormente la absorbió, esto es lo que percibimos con los ojos. Las sustancias que pueden absorber energía electromagnética en la región visible del espectro se les llama

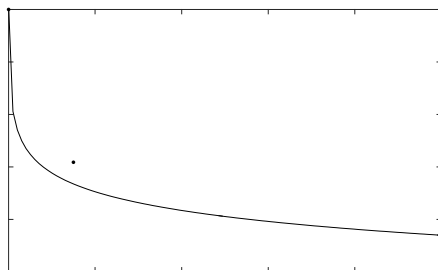


tintes o pigmentos, los primeros se les conoce como sustancias que son insolubles en el medio en el que se dispersan mientras que los segundos son solubles. En el caso de la formulación del producto se utilizarán pigmentos [32].

Siendo uno de los atributos menos tangibles, estas propiedades son complicadas de predecir mediante un modelo y se deben inferir por medio de bases de datos, conocimiento previo, o mediante otras propiedades [34]. En este caso se decidió utilizar una base de datos que presenta un rango de las concentraciones más comunes de los pigmentos en soluciones líquidas; donde se establece que a partir del límite superior, el líquido adopta un color opaco y poco atractivo [35]. Por esta razón únicamente se manejaron 3 niveles en las opciones de respuesta a la pregunta que deseaba saber la intensidad con la que el consumidor se vería atraído en mayor grado por el color del producto (Gráfica 9), finalmente con estos puntos encontrados se realizó un ajuste polinómico (Ec.14 y Gráfica 10).



Gráfica 9 Resultados encuestas para color



Gráfica 10 Relación preferencia color

$$P_{color} = -10.31 \ln(x_{bb}) - 40,66 \quad \text{Ec.14}$$

### MODELO DE PRECIO Y DEMANDA

En la determinación de la demanda y del precio, se utiliza el modelo de demanda por elasticidad constante utilizado por Bagajewicz en el diseño de productos [2] (Ec.15, 16 y 17).

$$pp_1 d_1 = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^\rho p_2 \left[\frac{Y - pp_1 d_1}{pp_2}\right]^{1-\rho} d_1^\rho \quad \text{Ec.15}$$

$$Y \geq pp_1 d_1 + pp_2 d_2 \quad \text{Ec.16}$$

$$\beta = \frac{H_2}{H_1} \quad \text{Ec.17}$$

Donde  $\beta$  es la relación de puntaje de preferencia del nuevo producto respecto a otro por parte del consumidor y  $\alpha$  es el nivel de información que tiene el cliente acerca del nuevo producto, el cual va de 0 a 1 (siendo 1 cuando el cliente refiere conocer plenamente el producto),  $p_1$  y  $p_2$  son los precios de los dos productos evaluados,  $d_1$  y  $d_2$  sus demandas,  $Y$  es el presupuesto de los consumidores, y  $\rho$  es el parámetro de elasticidad. Se consideran los siguientes valores  $\rho = 0.75$  y  $\alpha = 0.5$  [12].

El presupuesto de los consumidores se estableció mediante la magnitud de las ventas del sector en Colombia [36]. Respecto a la competencia, se buscó las empresas con más influencia en el mercado cosmético colombiano, y se determinó que la de mayor participación es Belcorp [37], fijando el precio y demanda del desmaquillante de la competencia. Adicionalmente, se realizó una pregunta con el objetivo de saber si los encuestados habían preferido alguna vez un desmaquillante de la marca seleccionada, perteneciente a Belcorp, para esta investigación.

Para encontrar el puntaje de preferencia final, se usa como referencia el producto de Belcorp, donde la encuesta pide a los consumidores calificar de 1 a 100, siendo 100 el porcentaje de mayor satisfacción, cada una de las propiedades (poder de limpieza, consistencia, cuidado de la piel olor y color).

### RESTRICCIONES ADICIONALES

Las restricciones que se deben manejar en este problema son regulaciones respecto a las concentraciones máximas y mínimas de los componentes para que no se comprometa el bienestar de los consumidores. Se tiene en cuenta las regulaciones de Personal Care Products Council, una asociación comercial que representa la industria de productos cosméticos y cuidado personal, siendo líderes globales comprometidos con la seguridad de los productos, entre otros aspectos [20]. Basados en el criterio de la compañía, se tomaron los límites de concentraciones establecidos en su base de datos, asegurando que en el reporte de cada sustancia se confirmara el uso seguro en productos de cuidado personal.

Ahora bien, es importante tener en cuenta el factor de estabilidad de la emulsión, la cual se define como la habilidad del sistema para resistir cambios en sus propiedades fisicoquímicas con el paso del tiempo; evitando el colapso de la misma, lo cual sería indeseable para el consumidor [38]. Para garantizar la estabilidad, se ha desarrollado el estudio de flujo de las interfaces líquidas llamada reología interfacial; en este campo de la ciencia, se estudia la respuesta de los sistemas bidimensionales, como por ejemplo las monocapas o películas delgadas, cuando se exponen a una deformación o esfuerzo [39]. Surge el concepto de Balance Hidrofílico-Lipofílico (HLB) creado por Griffin que a pesar de sus imprecisiones ha sido altamente utilizado en la formulación de emulsiones para determinar su estabilidad o tipo de emulsión que será el producto (O/W o W/O). Este método consiste en la asociación de un número HLB a los agentes emulsionantes dependiendo de la naturaleza del mismo, ya sea hidrofílico o lipofílico [40].

Con esto, se le han asignado unos rangos de valores HLB requeridos para que las emulsiones tengan estabilidad. En este caso, como el producto es una emulsión

O/W, el valor de HLB se debe mantener entre 8 y 18 para que la emulsión sea estable. Debido a que existe una mezcla de agentes emulsificantes en el producto, el valor final de HLB se calculará como el promedio ponderado de estas sustancias [41].

### FUNCIÓN OBJETIVO

Teniendo en cuenta el factor económico en la elaboración del desmaquillante, se desea plantear como función objetivo (Ec.18 y Ec.1) de tal forma que se maximicen las utilidades netas ( $U$ ) y la preferencia del consumidor ( $H$ ) respectivamente. Allí se tiene en cuenta las ganancias; dadas por la multiplicación entre el precio del producto y su respectiva demanda, y los costos de producción, los cuales en este caso no tendrán en cuenta los costos energéticos si no únicamente el precio de la materia prima; siendo la multiplicación entre la concentración del compuesto, por su costo y demanda.

$$\max U = p_1 d_1 - \sum_k c_k x_k d_1 \quad \text{Ec.18}$$

### **IV. ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN**

Para resolver el problema de diseño del desmaquillante, se utilizará el software GAMS con una optimización NLP (Nonlinear programming). Debido a la naturaleza del problema y, para facilitar su convergencia, es importante el uso de una buena inicialización para que el "solver" pueda llegar a una solución factible y óptima, sin reclamar una solución global.

Respecto al solver, se decidió utilizar CONOPT4 el cual llegó a una solución factible y óptima y se considera un solver de programación eficiente de gran escala. Sin embargo GAMS incluye solver como Knitro, IPOPT, y SNOPT los cuales son aptos para la resolución de este tipo de problemas [42] [43]. Cuando alguno de ellos no puede llegar fácilmente a una solución, se puede utilizar otro. Si los cuatro fallan quiere decir que el modelo es muy difícil de resolver o se encuentra subespecificado [42].

## V. RESULTADOS

El estudio de mercado dió como consecuencia, con un total de 118 perfiles encuestados dirigidos a jóvenes universitarios que utilizan maquillaje en su día a día y se encuentran dentro del rango de edad de 19-25 años, los datos consignados en la Tabla 2 y un valor de la preferencia del consumidor respecto al producto de la competencia de 92.97%. Igualmente se confirmó la preferencia de la marca seleccionada como competencia en alguna ocasión por los consumidores.

Tabla 2 Pesos porcentuales de las propiedades del desmaquillante

Cuidado de la piel: Humectación	30.27%
Poder de limpieza	24.40%
Color	15.54%
Consistencia	15.43%
Olor	14.36%

La selección de los candidatos químicos para cada propiedad se dio mediante una búsqueda bibliográfica donde se identificara el uso del químico en este tipo de productos y la base de datos de Personal Care Products Council para garantizar la seguridad. De lo anterior se obtuvo la siguiente selección de agua esterilizada [44], polietilenglicol [45], lauril éter sulfato sódico [46], aceite de oliva [47], cocamidopropil betaina [48], coumarina [49] y azul brillante FCP [50].

Respecto a la programación se corrieron dos problemas de optimización donde se buscaba maximizar: la utilidad, para el primero, y el puntaje de preferencia del consumidor, para el segundo. Los valores de las variables que se consideran importantes para el diseño del producto se encuentran en la Tabla 3, la Ilustración 1 y la Ilustración 2, para cada problema anteriormente mencionado.

Tabla 3 Resultados escenarios de optimización

Variable	U	H1
pp1 [USD]	9.29	12.24
d1 [unidades]	1.04E+06	5.01E+05
HLB[]	8.12	8.73
H1[%]	98.58	100
U[USD]	3.94E+06	2.24E+06

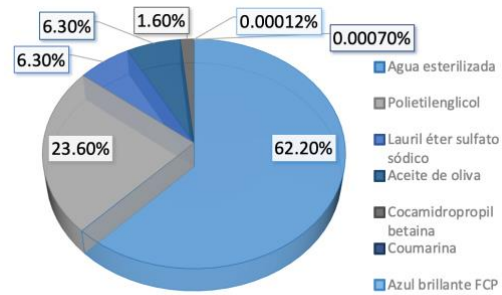


Ilustración 1 Formulación maximizando utilidad

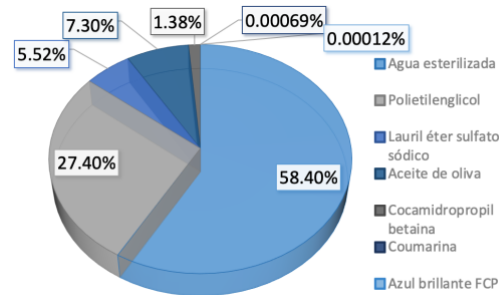


Ilustración 2 Formulación maximizando preferencia del producto nuevo

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En las encuestas se puede observar que, aunque el propósito del producto sea principalmente la limpieza, el consumidor prefiere el bienestar de su piel antes de la efectividad del mismo. La encuesta permitió a los consumidores sugerir una propiedad adicional que para ellos fuera importante en el momento de la compra del producto, la respuesta en la mayoría de los casos demostró que el precio era el factor adicional más importante. Por esta razón, no se consideraron otras propiedades a las propuestas antes del análisis de las encuestas.

En el desarrollo de las restricciones principales del problema, las relaciones de desempeño, se observa que muchas de ellas son aproximaciones de los distintos fenómenos, lo que puede guiar a una desviación, incluso significativa de la realidad, por esta razón los resultados provenientes de la optimización han de ser utilizados como una guía o una base para la formulación final del producto. De igual forma se observa que en algunas funciones finales de desempeño se alcanzan valores de porcentaje de preferencia fuera del

rango lógico, por lo que se decidió agregar una restricción adicional al problema donde se obtuvieran valores razonables para estas variables; sin embargo, esta restricción tendría como consecuencia el distanciamiento de la formulación óptima ya que la solución podría encontrarse dentro de los rangos que han sido restringidos, por ello podría probarse con otro tipo de funciones matemáticas, como se intentó en la Ec.8 con el logaritmo natural, para finalmente encontrar una función que no tenga este tipo de particularidades.

Las propiedades organolépticas, como el olor y color, pueden llegar a ser difíciles de predecir debido a que muchos factores externos van a afectar la percepción final del cliente. Existen muy pocos estudios los cuales relacionen directamente la concentración con este tipo de propiedades de calidad, muchas de las relaciones que se encuentran para predecirlas dependen de un gran número de datos específicos y experimentación previa. Para el presente estudio, se simplifican las relaciones fisicoquímicas de las composiciones más comunes que se utilizan en este tipo de productos. Dentro de las restricciones no se tienen en cuenta las posibles interacciones entre los ingredientes, las cuales podrían afectar la eficiencia de alguno de ellos. En relación con la propiedad de limpieza, se observó que las concentraciones obtenidas en la formulación final se encuentran muy por encima de la CMC, de modo que este parámetro no se consideraría importante en la determinación de la capacidad de limpieza del producto.

Al realizar la optimización se encontró una gran sensibilidad del modelo al valor de inicialización y los límites de las variables, por lo que finalmente no se puede garantizar, con el uso del solver, una solución óptima global, pues como se mencionó anteriormente puede guiar en la formulación del nuevo producto más no podría etiquetarse como el ideal.

En la formulación final del producto, se identifica que se puede llegar a una preferencia bastante alta. Dos de las propiedades, olor y color, satisfacen completamente las necesidades del cliente al requerir cantidades mínimas de estos componentes, favoreciendo los costos de producción y finalmente la función objetivo; pues los dos ingredientes, coumarina y azul brillante, usados para dar olor y color respectivamente, son los más costosos.

Por otro lado, se observa que la fracción másica más alta para ambas soluciones (maximización utilidad y puntaje de preferencia) le corresponde al agua esterilizada, siendo el ingrediente más barato y que garantiza la consistencia preferida. Finalmente se puede observar que el precio del producto (9.29USD) sería una gran competencia respecto a los que se encuentran en el mercado (16.06USD), pues está 42.14% por debajo del precio del producto regular.

Al comparar ambos escenarios, en la Ilustración 1 e Ilustración 2, se puede observar que al querer tener una máxima utilidad se requiere un porcentaje más alto de agua por las razones anteriormente mencionadas, comprometiendo aún más la estabilidad de la emulsión al obtener como resultado el límite inferior del valor HLB. Igualmente, la cantidad de Aceite de oliva aumenta en un 1% para poder mejorar el puntaje correspondiente a la propiedad de cuidado de la piel, la cual es la más importante. La cantidad del surfactante Lauril sulfato baja en un 0.78%; pues en las encuestas se mostró que el cliente no quisiera que con una única pasada del producto sobre la piel retirara la totalidad del maquillaje, lo que podría interpretarse como un daño.

Respecto a la rentabilidad del producto, se puede observar, en la Tabla 3, que el limpiador facial con el puntaje de preferencia máximo da una utilidad significativamente menor, a pesar de una estrecha diferencia entre las preferencias (1.42%). Al satisfacer la totalidad de las

necesidades, genera mayores gastos en materia prima por lo que debe realizarse un ajuste en el precio del producto elevándolo 2.95USD lo que afecta directamente la demanda.

## VII. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se logró presentar la formulación de un limpiador facial, integrando las preferencias del consumidor e impactos económicos para el fabricante, con la ayuda del software GAMS y el solver CONOPT4.

Se observó que, al implementar el aspecto económico, se llegan a diferentes composiciones del producto y valores de las variables económicas al maximizar la utilidad y la preferencia final del consumidor.

Dadas las características del modelo, sus simplificaciones y alta no linealidad, y a la solución encontrada por el solver, la cual no garantiza ser una óptima global, la formulación mostrada debe ser usada únicamente como una base para el desarrollo del producto final. Sin embargo, esto significa una gran ventaja para el productor al disminuir significativos gastos de tiempo y dinero.

## VIII. TRABAJO FUTURO

El modelo utilizado se presenta como una simplificación amplia respecto a la realidad, así qué podría desarrollarse relaciones de desempeño aún más descriptivas y teniendo en cuentas las posibles interacciones y el estudio de más propiedades como la duración del producto con el uso de preservantes.

También podría realizarse un estudio económico más detallado al tener en cuenta la inflación, comportamiento del mercado, costos operacionales o incluso de inversión, una selección más apropiada del producto de la competencia, donde el sector objetivo tanto del nuevo artículo y el de la competencia sea el mismo, la determinación de los parámetros del modelo económico como lo es  $\alpha$  para

determinar el efecto de los gastos adicionales en propaganda o  $\rho$  con la que se puede estudiar la respuesta de la demanda de un bien ante el cambio de su precio.

## IX. NOMENCLATURA

$H_i$ : Puntaje de satisfacción del consumidor del producto  $i$  [%]  
 $w_{i,j}$ : Importancia de la propiedad  $j$  en el producto  $i$  [%]  
 $c_{k,i}$ : Concentración del ingrediente  $k$  en el producto  $i$ .  
 $N_T$ : Número total de átomos []  
 $md$ : Momento dipolar [D]  
 $Q_{C-max}$ : máxima carga neta en el átomo  $C$  [a.u.]  
 $\pi$ : Presión superficial [mN/m]  
 $x_{cmc}$ : Concentración micelar crítica [mol/m<sup>3</sup>]  
 $x_{\pi=20}$ : Concentración en la presión máxima [mol/m<sup>3</sup>]  
 $\Gamma_m$ : máxima concentración en la superficie de surfactante [mol/m]  
 $TS$ : Tensión superficial [N/m]  
 $PL$ : Porcentaje de limpieza [%]  
 $f_{v_k}$ : fracción volumétrica del ingrediente  $k$  []  
 $\mu_k$ : viscosidad del ingrediente  $k$  [cP]  
 $\mu_{m_i}$ : viscosidad media del producto  $i$  [cP]  
 $P_j$ : Puntaje de la propiedad  $j$  [%]  
 $SOAV$ : Suma de valor de actividad de olor [ou/m<sup>3</sup>]  
 $m_{OD,k}$ : Masa específica de olor del Ingrediente  $k$  [mg/m<sup>3</sup>]  
 $C_{OT,k}$ : Concentración en el umbral de olor del ingrediente  $k$  [mg/m<sup>3</sup>]  
 $OI^{SOAV}$ : Intensidad de olor []  
 $x_k$ : Composición del ingrediente  $k$  [%p/p]  
 $pp_i$ : Precio del producto  $i$  [USD]  
 $d_i$ : Demanda del producto  $i$  [Unidades]  
 $Y$ : Presupuesto de los consumidores [USD]  
 $\rho$ : Constante de elasticidad []  
 $\alpha$ : Nivel de información que tiene el consumidor del producto []  
 $\beta$ : Relación de puntaje de preferencia entre los productos estudiados []  
 $U$ : Utilidad [USD]  
 $c_k$ : Costo del ingrediente  $k$  [USD]

## X. BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Martín, M. R. Eden, and N. G. Chemmangattuvalappil, "Integrated Process and Product Design Optimization", in *Tools for chemical product design*, Elsevier, pp. 347-372.
- [2] M. Martín, M. R. Eden, and N. G. Chemmangattuvalappil, "Integrated Consumer Preferences and Price/Demand-Driven Product Design: An Alternative to Stage-Gate Procedures", Elsevier, pp. 45-60.
- [3] M. J. Bagajewicz, "On the role of microeconomics, planning, and finances in product design", *AIChE J.*, vol. 53, no. 12, pp. 3155-3170, Jan. 2007.

- [4] F. P. Bernardo and P. M. Saraiva, "Integrated process and product design optimization: a cosmetic emulsion application", pp. 1507-1512, Jan. 2005.
- [5] C. Street, J. Woody, J. Ardila, and M. Bagajewicz, "Product Design: A Case Study of Slow-Release Carpet Deodorizers/Disinfectants", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 47, no. 4, pp. 1192-1200, Jan. 2008.
- [6] R. Costa, P. Elliott, P. Saraiva, D. Aldridge, and G. Moggridge, "Development of Sustainable Solutions for Zebra Mussel Control Through Chemical Product Engineering", *Chinese Journal of Chemical Engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 435-440, Jan. 2008.
- [7] B. V. Smith and M. Ierapepitou, "Framework for Consumer-Integrated Optimal Product Design", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 48, no. 18, pp. 8566-8574, Jan. 2009.
- [8] M. Bagajewicz, "Product design in price-competitive markets: A case study of a skin moisturizing lotion", *AIChE J.*, vol. 57, no. 1, pp. 160-177, Jan. 2011.
- [9] N. Omidbakhsh, T. A. Duever, A. Elkamel, and P. M. Reilly, "Systematic Statistical-Based Approach for Product Design: Application to Disinfectant Formulations", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 49, no. 1, pp. 204-209, Jan. 2010.
- [10] M. Mattei, G. M. Kontogeorgis, and R. Gani, "A comprehensive framework for surfactant selection and design for emulsion based chemical product design", *Fluid Phase Equilibria*, vol. 362, pp. 288-299, Jan. 2014.
- [11] F. P. Bernardo and P. M. Saraiva, "A conceptual model for chemical product design", *AIChE J.*, vol. 61, no. 3, pp. 802-815, Jan. 2015.
- [12] K. Y. Fung and K. M. Ng, "Teaching chemical product design using design projects", *Education for Chemical Engineers*, vol. 24, pp. 13-26, Jan. 2018.
- [13] L. Kavanagh and P. Lant, "Introduction to Chemical Product Design", *Education for Chemical Engineers*, vol. 1, no. 1, pp. 66-71, Jan. 2006.
- [14] W. A. El-Said, A. S. Moharram, E. M. Hussein, and A. M. El-Khawaga, "Design, synthesis, anticorrosion efficiency, and applications of novel Gemini surfactants for preparation of small-sized hollow spheres mesoporous silica nanoparticles", *Materials Chemistry and Physics*, vol. 211, pp. 123-136, Jan. 2018.
- [15] J. L. Salager, "Surfactantes tipos y usos", vol. 2, pp. 13-47, Jan. 2002.
- [16] F. Jalón Ortiz, "Reacciones oculares producidas por cosméticos", Thesis, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2017.
- [17] J. L. Salager, "Detergencia fenómenos y mecanismos", Jan. 1988.
- [18] X. Li, G. Zhang, J. Dong, X. Zhou, X. Yan, and M. Luo, "Estimation of critical micelle concentration of anionic surfactants with QSPR approach", *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, vol. 710, no. 1-3, pp. 119-126, Jan. 2004.
- [19] M. J. Rosen, "The relationship of structure to properties in surfactants. IV. Effectiveness in surface or interfacial tension reduction", *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 56, no. 2, pp. 320-327, Jan. 1976.
- [20] "About Us - Personal Care Products Council". [Online]. Available: <https://www.personalcarecouncil.org/about-us/>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [21] A. Romero Acevedo and C. A. Quiroga Florez, "http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/136398.pdf", Thesis, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2010.
- [22] L. M. Orozco Chinome and R. Barrera Zapata, "Adaptación de Modelos para Estimar la Viscosidad de Mezclas Multicomponentes de algunos Crudos Pesados Colombianos", pp. 7-13, Jan. 2012.
- [23] D. Alba, "How do I Thicken My Cosmetic Formula?", vol. 116, pp. 35-44.
- [24] Eucerin, "Estructura de la piel". [Online]. Available: <https://www.eucerin.com.co/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/estructura-y-funcion-de-la-piel>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [25] Eucerin, "Conocimientos básicos sobre la piel". [Online]. Available: <https://www.eucerin.com.co/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/estructura-y-funcion-de-la-piel>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [26] Eucerin, "Acerca De La Piel | Factores Que Influyen En La Piel", 01-Jan.-1970. [Online]. Available: <https://www.eucerin.com.co/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/factores-que-influyen-sobre-la-piel>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [27] J. B. Rattray, "Surfactants and skin", AOCs, Jan. 2016.
- [28] "PRUEBAS DE EFICACIA: CORNEOMETRÍA Y TWEL EMPLEADOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD HUMECTANTE E HIDRATANTE DE UN PRODUCTO COSMÉTICO", 30-May-2017. [Online]. Available: <https://scienceandcosmeticinnovation.wordpress.com/2017/05/30/pruebas-de-eficacia-corneometria-y-twel-empleados-para-evaluar-la-capacidad-humectante-e-hidratante-de-un-producto-cosmetico/>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [29] C. S. CORTEZ-PEREIRA, A. R. BABY, T. M. KANEKO, and M. V. R. VELASCO, "SENSORY APPROACH TO MEASURE FRAGRANCE INTENSITY ON THE SKIN", vol. 24, no. 6, pp. 871-901, Jan. 2009.
- [30] R. Colorado Peralta and J. M. Rivera, "La Química Del Olor - Dirección De Comunicación De La Ciencia", 01-Jan.-2018. [Online]. Available: <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/quimicadelolor/>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [31] C. Wu, J. Liu, P. Zhao, M. Piringer, and G. Schauburger, "Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: A comparison of methods", *Atmospheric Environment*, vol. 127, pp. 283-292, Jan. 2016.
- [32] D. J. McClements, *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*, 3rd ed. CRC Press, 2015.
- [33] K. Vamshi Allam and G. Praveen Kumar, "COLORANTS THE COSMETICS FOR THE PHARMACEUTICAL DOSAGE FORMS". *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 22-Mar.-2011.

- [34] R. Henrring II, "Computer-Aided Molecular Design with Multi-Dimensional Characterization", Oct. 2014.
- [35] "Organoleptic additives", Feingold.
- [36] Casa Editorial Tiempo, "Futuro Prometedor Para La Industria Cosmética En Colombia", 09-Jul.-2018. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/futuro-prometedor-para-la-industria-de-la-cosmetica-en-colombia-518772>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [37] Casa Editorial Portafolio, "Estas Son Las Firmas De Cosméticos Y Aseo Que Lideran El Mercado", 02-Aug.-2016. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/estas-son-las-firmas-de-cosmeticos-y-aseo-que-lideran-el-mercado-499293>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [38] "Emulsion Stability | Surfactants & Emulsions". [Online]. Available: <https://www.bioline.com/surfactants-and-emulsions/emulsion-stability>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [39] J. Tajuelo Rodríguez, "Reología Interfacial. Técnicas macro y microscópicas y su aplicación a la caracterización de monocapas de Langmuir", Doctoral Thesis, Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), 2017.
- [40] J. L. Salager, *Formulacion HLB, PIT, R de Winsor*, 2nd ed. Mérida: Universidad de los Andes, 1998.
- [41] D. Wilmington, *The HLB system a time-saving guide to emulsifier selection*. ICI Americas Inc., 1976.
- [42] "CONOPT". [Online]. Available: [https://www.gams.com/latest/docs/S\\_CONOPT.html](https://www.gams.com/latest/docs/S_CONOPT.html).
- [43] "ILOPT And IPOPTH". [Online]. Available: [https://www.gams.com/latest/docs/S\\_ILOPT.html](https://www.gams.com/latest/docs/S_ILOPT.html). [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [44] "Agua Para Hacer Productos Cosméticos: Tipos Y Usos", 22-Jan.-2017. [Online]. Available: <https://claravalenzuela.com/agua-para-hacer-productos-cosmeticos/>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [45] H.-J. Jang, C. Y. Shin, and K.-B. Kim, "Safety Evaluation of Polyethylene Glycol (PEG) Compounds for Cosmetic Use", *Toxicological Research*, vol. 31, no. 2, pp. 105-136, Jan. 2015.
- [46] C. Brusie, "Olive Oil Benefits For Your Face", 24-Mar.-2017. [Online]. Available: <https://www.healthline.com/health/olive-oil-benefits-face#takeaway>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [47] "Cocamidopropyl Betaine", 01-Jan.-2016. [Online]. Available: <https://cosmeticsinfo.org/ingredient/cocamidopropyl-betaine-0>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [48] V. C. Robinson, "Final Report of the Amended Safety Assessment of Sodium Laureth Sulfate and Related Salts of Sulfated Ethoxylated Alcohols", *International Journal of Toxicology*, vol. 29, no. 4 Suppl, p. 151S-161S, Jan. 2010.
- [49] "COUMARIN". [Online]. Available: <https://www.ewg.org/skindeep/ingredient/701686/COUMARIN/>. [Accessed: 12-Jan.-2019].
- [50] "FD&C BLUE 1". [Online]. Available: [https://www.ewg.org/skindeep/ingredient/702408/FD%26C\\_BLUE\\_1/](https://www.ewg.org/skindeep/ingredient/702408/FD%26C_BLUE_1/). [Accessed: 12-Jan.-2019].