

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La obtención de Espumax se llevo a cabo en el Laboratorio de Mezclado, Separación y Síntesis Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Para la elaboración del producto se realizaron varias pruebas de reformulación modificando los surfactantes hasta alcanzar una mezcla homogénea e incolora. Se inicio añadiéndole una serie de componentes y surfactantes aniónicos y catiónicos, mostrados en la **Tabla 9**, estos surfactantes actúan como agentes de mojabilidad del sustrato, rebajan la tensión interfacial y dispersan las partículas sólidas. En esta primera reformulación se estudia la baja solubilidad del Lauril Sulfato de Sodio en el resto de los componentes, percibiendo partículas suspendidas en la solución aun después de agitación constante durante un tiempo aproximado de 30 minutos, esto debido a que el SLS cuando interactúa con surfactantes catiónicos da como resultado una pérdida de actividad aún en concentraciones demasiado bajas para causar precipitación [12]. La estabilidad de una emulsión se estudia observando la separación de las fases en función del tiempo, es decir, una emulsión es estable cuando no sufre cambios físicos durante un determinado lapso de tiempo, para ello se observo la estabilidad de la muestra durante un aproximado de 24 horas, posterior a ese tiempo se observo separación en las fases producto de la baja solubilidad del mismo. La agitación se pudo haber mejorado si se hubiese tenido disponible un recipiente para el mezclado con baffles que causara mayor turbulencia

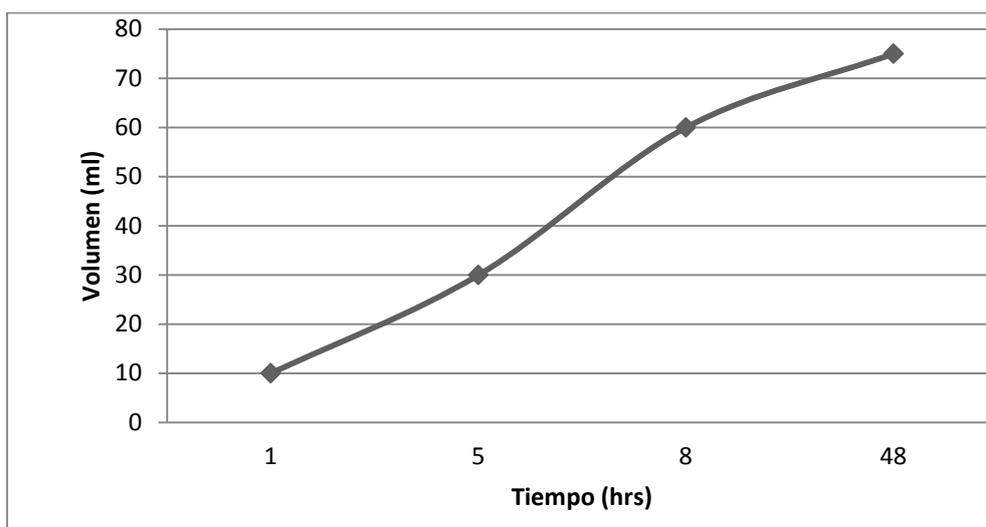
TABLA 9. FORMULACIÓN N°1. 1L DE ESPUMAX

COMPONENTE	% PUREZA	PESADO (g)	COMPOSICIÓN (P/P)
Agua desmineralizada		846,4000	86,48
Soda caustica (NaOH)	99	22,9961	2,35
Laurilsulfato de sodio	99	18,7052	1,91
Acido Fenilsulfonico	96	9,3191	0,95
Alquil Dimetil Amina Oxido	90	31,8030	3,25
Hipoclorito de sodio	12,5	49,4492	5,05
TOTAL		978,6726	100
Densidad real: 1,016 g/cc			

La reformulación siguiente mostrada en la **Tabla 10** se realizo sin añadir el surfactante catiónico, es decir Alquil Dimetil Amina Oxido debido a que este no se usa en formulaciones con surfactantes aniónicos ya que son incompatibles con estos (forman compuestos insolubles) (Salager, 2004). Como resultado de esta formulación se obtuvo separación de fases en función del tiempo según la **Grafica 1**, percibiendo que este tensioactivo no fue el causante de la inestabilidad en la mezcla

COMPONENTE	% PUREZA	PESADO (g)	COMPOSICIÓN (P/P)
Agua desmineralizada		170,0000	84,33
Soda caustica (NaOH)	99	4,8738	2,42
Laurilsulfato de sodio	99	3,6759	1,82
Acido Fenilsulfonico	96	13,1066	6,50
Hipoclorito de sodio	12,5	9,9406	4,93
TOTAL		201,5969	100
Densidad real: 1,016 g/cc			

TABLA 10: FORMULACIÓN N°2. 200 ML DE ESPUMAX



GRAFICA 1. PRUEBA 2. SEPARACIÓN DE LAS FASES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

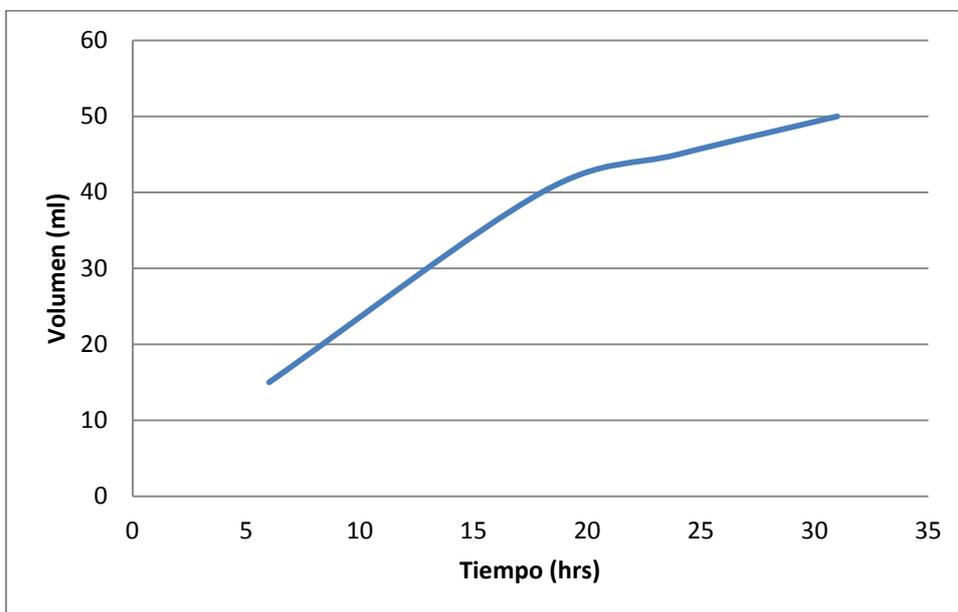
Para conocer la influencia del Lauril Sulfato de Sodio ((CH₃(CH₂)₁₀CH₂(OCH₂CH₂)_nOSO₃Na) en la formulación, se realizó un estudio de la solubilidad debido a que en las pruebas realizadas quedaban partículas suspendidas de dicho reactivo, para ello se compara el Kps tabulado 450,00 g/L (Changsha choice Chemical Ltd) con el Kps calculado (433,88 g/L) dando este mayor, lo cual indica que si debería ser soluble en agua. Para comprobar este hecho se procedió a preparar una solución de 3,7772 g de Laurilsulfato de Sodio con 70 ml de agua, en la cual no se obtuvo el resultado esperado ya que no se solubilizo completamente.

Ahora bien se determino que el Lauril Sulfato de Sodio ((CH₃(CH₂)₁₀CH₂(OCH₂CH₂)_nOSO₃Na) se encontraba en un estado de pureza muy elevado para la solución que se deseaba preparar, ya que se necesitaba este surfactante a menor concentración, para ello se empleo el Laurileter Sulfato de Sodio que se encontraba al 70%. Estos surfactantes son de estructuras similares y tienen una alta solubilidad en soluciones acuosas en un amplio rango de pH y temperatura, son insensibles a la dureza del agua (Universal Holding, 2011). Se realizó una nueva reformulación con los componentes que se muestran en la **Tabla 11**

COMPONENTE	% PUREZA	PESADO (g)	COMPOSICIÓN
Agua desmineralizada		170,0000	78,43
Soda caustica (NaOH)	99	4,6683	2,15
Lauriletersulfato de sodio	70	4,0520	1,87
Acido Fenilsulfonico	96	14,6907	6,78
Alquil Dimetil Amina Oxido	90	6,3053	2,91
Hipoclorito de sodio	12,5	9,2039	4,25
Xilenosulfonato de sodio	40	7,8333	3,61
TOTAL		216,7535	
Densidad real: 1,060 g/cc			

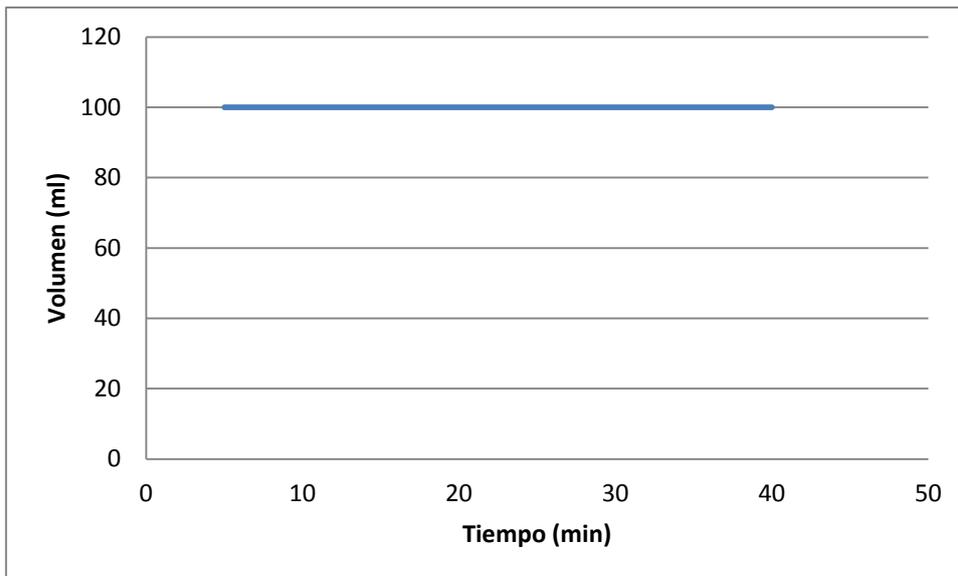
TABLA 11: FORMULACIÓN N°4. 200ML DE ESPUMAX.

Notándose que hubo solubilización de la mezcla, pero al cabo de 6 horas se observó separación de las fases, este problema pudo ser ocasionado por el Xileno Sulfonato de Sodio ($(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{SO}_3\text{Na}$), componente que debe ser usado a concentraciones entre 3% y 5%, diluyéndolo en 35% y 42% de agua [13] apreciándose en la formulación un notable exceso de agua. El estudio de la estabilidad se puede observar en la **Grafica 2**.



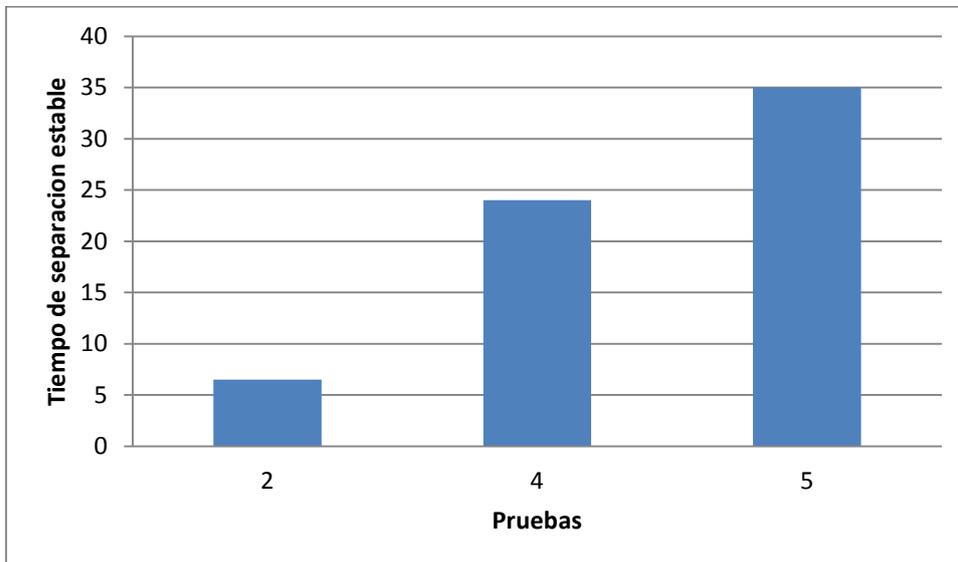
GRAFICA 2: PRUEBA 4. SEPARACIÓN DE LAS FASES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Finalmente se optó por buscar un emulsificante más idóneo, recurriendo a uno de la familia de los Alcoholes Láuricos Etoxilados que por su HLB 13.5 (Chemicaland21,2013) trabaja eficientemente en medios polares y en los primeros ensayos ya se encontró que la formulación es más estable para lograr la emulsión deseada, se comprobó que añadiéndole el nuevo componente, que constituye un surfactante no iónico llamado Alcohol Láurico Etoxilado con 9 moles de óxido de Etileno (ALE 9), compuesto bastante inerte que se caracteriza por presentar muy buena estabilidad, la mezcla es homogénea **Grafica 3**. Al no ionizarse en agua, no forman sales con los iones metálicos y son igualmente efectivos en aguas blandas y duras. Su naturaleza química lo hace compatible con otros tensoactivos aniónicos, catiónicos y coloides cargados positiva y negativamente (Naranjo, 2007). Además sus propiedades biodegradables lo hace un excelente detergente. No obstante es importante hacer énfasis a que dicho reactivo debe usarse a un máximo de 3% pues al añadir de más aunque seguiría siendo estable la mezcla daría una pérdida económica.



GRAFICA 3: ESTABILIDAD DE LA MUESTRA FINAL.

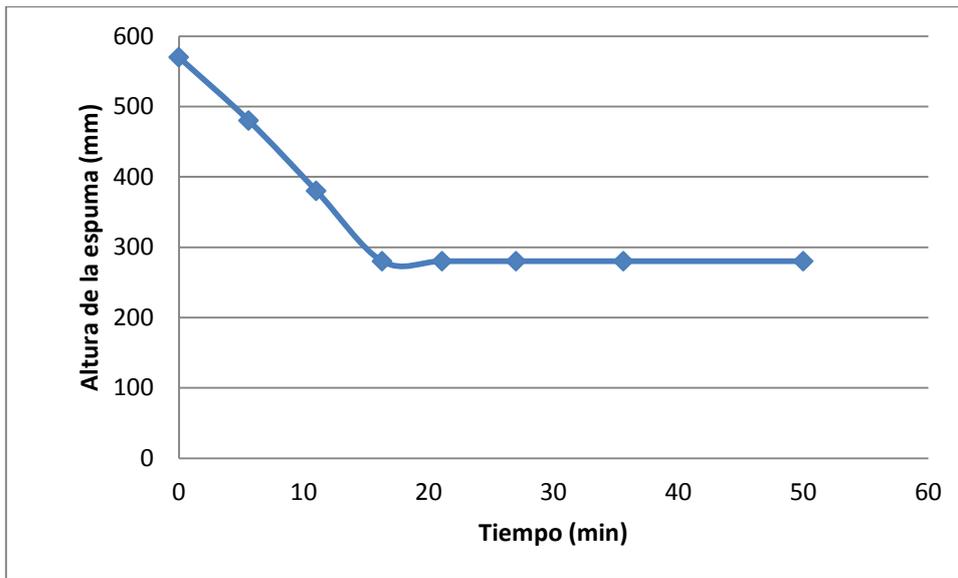
La **Grafica 4** permite visualizar el comportamiento de las pruebas realizadas, donde se muestra el tiempo en que tarda el 50% del volumen total en separarse. Comparando dicha grafica se puede observar que la prueba 2 se separa en un tiempo de 6:30 horas mucho más rápido que la prueba 4 que tardo 24 horas, sin embargo la última prueba realizada no muestra separación de fases con el tiempo.



GRAFICA 4: COMPORTAMIENTO DE FASES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Una vez obtenida la mezcla deseada se realizo una prueba de espumabilidad donde pudo observarse que al producirse la espuma puede ocurrir un tiempo muerto considerable antes de que empiece a apreciarse un cambio de altura de la columna de espuma. Cuando la espuma envejece, entonces el líquido se desplaza hacia abajo, mientras que en la parte de arriba se torna más seca. En la **Grafica 5**, se puede observar que la espuma más vieja con una altura máxima de 570 mm empieza a colapsar y el proceso de decaimiento de la espuma se produce de manera continua a partir de este momento, lo

que significa que la duración de este proceso es bien indicativa de la persistencia de la espuma. (Belandria, 2001).



GRÁFICA 5. ESTABILIDAD DE LA ESPUMA. MÉTODO ROSS-MILES

Finalmente se obtuvo la formulación con las características de: estabilidad de la mezcla, producción de una espuma profusa y permanente con un mayor tiempo de retención sobre la superficie que se desea limpiar y alto poder sanitizador, requerimientos que deben ser comparados con formulaciones existentes para denotar si el detergente cumple con las especificaciones y desempeña su función. Para lograr su papel limpiador, un detergente debe producir numerosos fenómenos, los cuales dependen en general del tipo de sustrato, del tipo de sucio y de las condiciones [14].