

## VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de definidos los objetivos, se realizó el diseño de experimentos, con la finalidad de representar de una mejor forma, la respuesta que puede tener nuestro sistema al cambio de determinadas variables.

Como se mencionó anteriormente se buscó encontrar la relación existente entre flujos, temperaturas, concentraciones y composiciones de mezclas de alcanol-aminas y los gases (CO<sub>2</sub> y aire), con la formación de espuma durante el proceso de endulzamiento de gas natural, y a su vez la relación que tiene con la tensión interfacial, involucrándose así el ángulo de contacto para cada una de las mezclas.

Para el desarrollo de dicha matriz fue necesario definir las variables a considerar y las respuestas a obtener, lo cual se representa en la siguiente tabla, indicando los rangos en los que se trabajó, es importante mencionar que éstos se definieron en base a una revisión bibliográfica donde se encontraron las principales condiciones de operación para un proceso de este tipo a nivel laboratorio.

DEA	%	10.00	30.00
MDEA	%	10.00	35.00
EG	%	5.00	15.00
TEMPERATURA	C	20.00	86.00
FLUJO	SCFH	10.00	50.00
COMPOSICIÓN	%	10.00	50.00

Estos valores, son considerados como alfas, para lograr una distribución normal, donde los valores a experimentar no salgan de los predeterminados. Con ayuda del software Design Expert, se obtuvo la siguiente matriz:

**Tabla 8.- Primeras 43 combinaciones para el desarrollo experimental**

Run	Block	DEA	MDEA	EG	T (°C)	Flujo	Comp.
1	Block 1	23.54	26.92	8.23	41.33	22.93	37.07
2	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
3	Block 1	16.46	26.92	8.23	41.33	37.07	37.07
4	Block 1	23.54	26.92	11.77	41.33	22.93	22.93
5	Block 1	16.46	18.08	11.77	64.67	22.93	22.93
6	Block 1	16.46	18.08	8.23	41.33	22.93	22.93
7	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	10.00	30.00
8	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
9	Block 1	23.54	18.08	8.23	64.67	22.93	22.93
10	Block 1	16.46	26.92	11.77	41.33	37.07	37.07
11	Block 1	16.46	26.92	11.77	41.33	37.07	22.93
12	Block 1	16.46	18.08	11.77	64.67	37.07	37.07
13	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
14	Block 1	16.46	18.08	11.77	64.67	37.07	22.93
15	Block 1	23.54	26.92	8.23	41.33	22.93	22.93
16	Block 1	16.46	26.92	11.77	64.67	37.07	22.93
17	Block 1	16.46	18.08	11.77	41.33	37.07	37.07
18	Block 1	23.54	18.08	11.77	41.33	22.93	37.07
19	Block 1	20.00	35.00	10.00	53.00	30.00	30.00
20	Block 1	23.54	18.08	11.77	41.33	22.93	22.93
21	Block 1	23.54	26.92	11.77	64.67	22.93	37.07
22	Block 1	16.46	26.92	8.23	41.33	22.93	37.07
23	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
24	Block 1	16.46	18.08	8.23	64.67	22.93	37.07
25	Block 1	10.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
26	Block 1	23.54	18.08	8.23	41.33	22.93	22.93
27	Block 1	20.00	22.50	10.00	86.00	30.00	30.00
28	Block 1	23.54	18.08	8.23	41.33	22.93	37.07
29	Block 1	23.54	18.08	8.23	41.33	37.07	22.93
30	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
31	Block 1	23.54	26.92	8.23	41.33	37.07	22.93
32	Block 1	16.46	18.08	8.23	64.67	22.93	22.93
33	Block 1	23.54	26.92	8.23	64.67	37.07	37.07
34	Block 1	16.46	18.08	11.77	41.33	37.07	22.93
35	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	50.00	30.00
36	Block 1	16.46	18.08	8.23	64.67	37.07	37.07
37	Block 1	23.54	18.08	11.77	41.33	37.07	37.07
38	Block 1	23.54	18.08	11.77	64.67	22.93	22.93
39	Block 1	16.46	26.92	8.23	64.67	22.93	22.93
40	Block 1	23.54	18.08	11.77	64.67	37.07	37.07
41	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
42	Block 1	30.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
43	Block 1	23.54	18.08	8.23	64.67	37.07	22.93

**Tabla 9.- Siguietes 43 combinaciones para desarrollo experimental**

44	Block 1	23.54	26.92	11.77	64.67	37.07	37.07
45	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
46	Block 1	23.54	18.08	8.23	41.33	37.07	37.07
47	Block 1	16.46	26.92	8.23	64.67	37.07	22.93
48	Block 1	16.46	18.08	11.77	64.67	22.93	37.07
49	Block 1	20.00	22.50	5.00	53.00	30.00	30.00
50	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	10.00
51	Block 1	20.00	22.50	15.00	53.00	30.00	30.00
52	Block 1	16.46	18.08	8.23	41.33	37.07	37.07
53	Block 1	16.46	26.92	8.23	64.67	22.93	37.07
54	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
55	Block 1	23.54	26.92	8.23	64.67	37.07	22.93
56	Block 1	23.54	18.08	8.23	64.67	22.93	37.07
57	Block 1	16.46	18.08	8.23	64.67	37.07	22.93
58	Block 1	16.46	26.92	11.77	41.33	22.93	22.93
59	Block 1	23.54	18.08	11.77	41.33	37.07	22.93
60	Block 1	23.54	26.92	11.77	41.33	37.07	22.93
61	Block 1	23.54	26.92	11.77	41.33	22.93	37.07
62	Block 1	23.54	26.92	11.77	41.33	37.07	37.07
63	Block 1	23.54	18.08	11.77	64.67	22.93	37.07
64	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
65	Block 1	16.46	26.92	8.23	64.67	37.07	37.07
66	Block 1	16.46	26.92	11.77	64.67	22.93	37.07
67	Block 1	16.46	18.08	11.77	41.33	22.93	37.07
68	Block 1	20.00	22.50	10.00	20.00	30.00	30.00
69	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	50.00
70	Block 1	23.54	18.08	8.23	64.67	37.07	37.07
71	Block 1	16.46	26.92	11.77	41.33	22.93	37.07
72	Block 1	20.00	10.00	10.00	53.00	30.00	30.00
73	Block 1	16.46	18.08	8.23	41.33	22.93	37.07
74	Block 1	16.46	26.92	8.23	41.33	37.07	22.93
75	Block 1	23.54	26.92	8.23	64.67	22.93	22.93
76	Block 1	16.46	18.08	11.77	41.33	22.93	22.93
77	Block 1	16.46	18.08	8.23	41.33	37.07	22.93
78	Block 1	16.46	26.92	11.77	64.67	37.07	37.07
79	Block 1	23.54	26.92	8.23	64.67	22.93	37.07
80	Block 1	20.00	22.50	10.00	53.00	30.00	30.00
81	Block 1	23.54	26.92	8.23	41.33	37.07	37.07
82	Block 1	23.54	26.92	11.77	64.67	37.07	22.93
83	Block 1	23.54	26.92	11.77	64.67	22.93	22.93
84	Block 1	16.46	26.92	11.77	64.67	22.93	22.93
85	Block 1	23.54	18.08	11.77	64.67	37.07	22.93
86	Block 1	16.46	26.92	8.23	41.33	22.93	22.93

Como se puede observar el numero de experimentaciones adecuadas a este tipo de análisis son 86 muestras, en las cuales se midieron 2 respuestas, altura de la espuma y ángulo de contacto, con la finalidad de encontrar un modelo matemático que describa de mejor forma la relación que tienen cada una de las variables con las respuestas obtenidas, así realizar una mejor selección de composiciones y llegar a la minimización o maximización de los resultados, según convenga.

En principio se prepararon las mezclas, siguiendo los valores obtenidos en el diseño, es importante se mantenga el orden, ya que algún cambio en el mismo puede provocar un cambio significativo en el resultado.

Como ya se ha mencionado en diferentes ocasiones, no se cuenta con un método estandarizado reportado en la literatura para la medición de espuma en un sistema como este, por lo que se implemento un método, el cual busca la repetibilidad de los resultados, con la finalidad de asegurar una correcta representación del proceso y posteriormente pueda aplicarse a otra investigación.

Este método se basa en la parte de absorción de los gases en el solvente químico, ya que para recuperar la amina y observar el efecto durante la segunda etapa del proceso (desorción) es necesario aplicar otras condiciones de temperatura y eliminar la variable de flujo de gases.

Este método puede consultarse en el capítulo VI de este trabajo, al igual que los materiales empleados para la experimentación, los resultados obtenidos representaron en su totalidad el efecto de formación de espuma y permitió un análisis referente a su tiempo de estabilización y tiempo de descomposición de la espuma formada, estos valores se encuentran reportados en la siguiente tabla:

Tabla 10.- Valores obtenidos para tiempo de estabilización de espuma, altura total alcanzada y tiempo de degradación, para las primero 45 muestras a partir del método propuesto.

#	seg	cm	cm	cm	seg	cm	cm	cm
No. De muestra	t. estabilizacion (s)	altura (cm)	altura amina (cm)	altuar total	t. permanencia (s)	alt. Per. Min	Alt. Per. Max	Alt. Neta
1	30.00	23	2	21	120	5.8	6.5	0.7
2	8.00	22	4	18	75	6.5	7	0.5
3	8.32	24	4	20	104	6	6.5	0.5
4	4.28	21	5	16	22	6	6.3	0.3
5	39.39	21	4	17	65	6	6.8	0.8
6	20.32	23	4	19	40	6.5	6.5	0
7	60.00	21	3	18	117	6	6.5	0.5
8	60.00	22	4	18	270	5	6	1
9	25.95	25	6	19	100	6	7.5	1.5
10	60.00	24	4	20	90	5	6.2	1.2
11	29.20	17	2	15	129	4.5	5.3	0.8
12	60.00	24	5	19	53	5	6.2	1.2
13	60.00	23	5	18	52	4	5.6	1.6
14	24.16	22	5	17	83	6	7.5	1.5
15	16.92	20	2	18	116	5	6.4	1.4
16	16.57	19	4	15	56	6	6.8	0.8
17	17.24	23	3	20	24	6	7.2	1.2
18	8.89	23	3	20	19	6	6.5	0.5
19	13.80	19	4	15	23	6	6.5	0.5
20	12.27	22	4	18	17	6	7	1
21	8.00	26	5	21	10	6	7.5	1.5
22	12.66	24	4	20	12	4	5.9	1.9
23	60.00	23	4	19	120	6	8	2
24	25.34	25	4	21	117	6	7	1
25	15.34	22	4	18	20	6	7.3	1.3
26	60.00	24	5	19	69	5	6	1
27	6.42	21	3	18	14	6.5	7.5	1
28	17.23	27	5	22	56	4	7	3
29	21.00	22	3	19	22	4	5.4	1.4
30	28.56	23	4	19	24	4	6	2
31	29.95	22	4	18	30	5	6	1
32	25.32	24	5	19	56	5	6.3	1.3
33	60.00	25	5	20	78	5	5.8	0.8
34	60.00	22	5	17	56	6	6.5	0.5
35	60.00	24	5	19	98	6.5	7.8	1.3
36	15.89	25	3	22	115	5.5	7.3	1.8
37	13.56	20	3	17	35	4	6	2
38	12.58	21	3	18	24	5	6	1
39	12.56	20	3	17	128	6	7	1
40	14.32	24	4	20	34	6	7.7	1.7
41	20.48	22	3	19	21	6	8	2
42	18.45	22	3	19	137	4	6	2
43	25.79	23	4	19	12	5	7.4	2.4
44	23.74	22	4	18	32	6	8	2
45	22.12	23	4	19	156	6	6.5	0.5

Tabla 11.- Valores obtenidos para tiempo de estabilización de espuma, altura total alcanzada y tiempo de degradación, para las siguientes 41 muestras, y valores promedio obtenidos a partir del método propuesto.

46	20.51	24	4	20	18	4	6	2
47	16.76	21	4	17	32	4	7.5	3.5
48	60.00	24	5	19	50	5	6	1
49	60.00	27	5	22	85	6	7	1
50	12.67	18	3	15	22	6	7.5	1.5
51	21.59	20	4	16	56	5	6.5	1.5
52	25.89	26	4	22	39	6	7	1
53	28.67	25	5	20	98	6	7.5	1.5
54	60.00	24	5	19	128	6	8	2
55	17.12	21	3	18	27	6	7	1
56	24.56	26	4	22	67	5	6.5	1.5
57	12.87	23	4	19	87	6	7.5	1.5
58	32.76	21	5	16	45	5	6.5	1.5
59	14.69	21	4	17	37	4.5	6.5	2
60	60.00	20	4	16	29	5	7	2
61	25.54	21	3	18	93	4	6.5	2.5
62	12.34	25	4	21	95	6	8	2
63	12.54	26	6	20	49	5	6.5	1.5
64	34.32	23	4	19	65	6	7	1
65	24.65	20	2	18	37	6	8	2
66	11.32	23	5	18	84	6	7	1
67	12.54	24	5	19	49	6	7.5	1.5
68	13.43	24	5	19	74	6	6.5	0.5
69	45.54	24	2	22	65	6	8	2
70	42.23	24	4	20	72	4	6.5	2.5
71	12.13	21	3	18	20	6	6.8	0.8
72	16.38	24	3	21	29	6	6.5	0.5
73	18.34	26	4	22	95	6	7.5	1.5
74	14.24	21	4	17	85	5	8	3
75	23.53	23	5	18	35	6.5	7	0.5
76	32.34	21	4	17	96	4	6.5	2.5
77	28.56	23	4	19	32	4	5	1
78	32.34	26	6	20	36	4	6.5	2.5
79	60.00	24	4	20	54	5	6.3	1.3
80	26.45	21	2	19	76	5	5.5	0.5
81	25.32	24	5	19	45	5	6.5	1.5
82	21.54	21	5	16	65	6	7.2	1.2
83	26.97	21	5	16	87	6.5	8	1.5
84	25.87	17	2	15	45	5.5	6.8	1.3
85	24.54	22	4	18	76	4	6	2
86	28.94	20	3	17	34	5	7	2
PROMEDIO	27.4959	22.6047	3.9767	18.6279	63.5349	5.3930	6.7826	1.3895

Los valores promedio obtenidos nos dan una idea clara del comportamiento de la formación de espuma durante la experimentación, lo que indica que en promedio el tiempo de estabilización de la espuma es de 27.49 seg., para alcanzar una altura de 18.627 cm., durante su formación, el tiempo de degradación se encuentra en promedio a los 63.53 seg., quedando en la mayoría de los casos una espuma residual con altura de 1.389 cm.

Las imágenes del apéndice C muestran el procedimiento de experimentación, y algunos resultados obtenidos, cabe mencionar que por la longitud de este trabajo, se han seleccionado las imágenes más representativas.

Para la segunda parte de la experimentación, es importante tener varios factores en cuenta para evitar la variabilidad en el resultado (Capítulo VI), los valores obtenidos para la medición de los ángulos de contacto fueron ocupados en la ecuación correspondiente para el cálculo de tensión interfacial.

$$\frac{\sigma_{lv}(1 + \cos \theta)}{2\sqrt{\sigma_l^D}} = \sqrt{\frac{\sigma_l^p \sigma_s^p}{\sigma_l^D}} + \sqrt{\sigma_s^D} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:  $\sigma_{lv}$  energía superficial o interfacial;  $\text{mJ/m}^2$  en la interfase líquido-vapor.

$\sigma_l^D$  energía asociada a fuerzas de dispersión en el líquido;  $\text{mJ/m}^2$

$\sigma_s^D$  energía asociada a fuerzas de dispersión en el sólido;  $\text{mJ/m}^2$

$\sigma_s^p$  energía asociada a fuerzas polares o de no dispersión en el sólido;  $\text{mJ/m}^2$

$\sigma_l^p$  energía asociada a fuerzas polares o de no dispersión en el líquido;  $\text{mJ/m}^2$

Todos los valores asociados a las fuerzas polares y de dispersión fueron tomados de la literatura.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12.- Valores obtenidos para ángulo de contacto, diámetro, altura y tensión superficial de las primeras 44 muestras.

# muestra	ángulo °	diámetro	altura	tensión interfacial
1	48.32	4.00	1.80	28.2563
2	37.92	5.10	1.30	88.0509
3	43.67	4.50	1.60	86.9781
4	30.34	5.80	1.00	65.7325
5	49.67	3.90	1.90	81.4628
6	50.28	3.80	2.00	89.1291
7	54.25	3.40	2.10	14.9173
8	49.32	3.90	1.90	70.6542
9	52.12	3.60	2.00	32.0913
10	45.15	4.30	1.70	62.0489
11	51.67	3.70	2.00	51.9433
12	45.16	4.30	1.70	61.6381
13	47.98	4.00	1.90	15.3586
14	46.89	4.20	1.80	1.2135
15	52.34	3.60	2.00	23.0550
16	45.98	4.30	1.70	26.1137
17	43.67	4.50	1.60	86.9781
18	46.17	4.20	1.80	18.7843
19	46.78	4.30	1.70	2.6094
20	51.43	3.70	2.00	62.1794
21	46.75	4.20	1.80	3.0790
22	40.56	4.70	1.50	1.7443
23	47.96	4.10	1.80	14.6913
24	47.77	4.00	1.90	8.9833
25	49.43	3.90	1.90	74.4632
26	53	3.50	2.00	3.6419
27	46.89	4.20	1.80	1.2135
28	48.65	4.00	1.90	42.5760
29	49.65	3.80	2.00	80.9555
30	48.12	4.00	1.90	20.3416
31	50.16	3.80	2.00	88.8861
32	52	3.60	2.00	37.3029
33	48.54	4.00	1.90	37.7005
34	47.12	4.10	1.80	0.0003
35	32.56	5.60	1.10	63.0127
36	46.18	4.20	1.80	18.4221
37	46	4.20	1.80	25.3061
38	52.45	3.60	2.00	18.9002
39	50.23	3.80	2.00	89.1057
40	47.12	4.10	1.80	0.0003
41	48.24	4.00	1.90	24.9940
42	48.24	4.00	1.90	24.9940
43	53.4	3.50	2.00	0.0011
44	51.89	3.70	2.00	42.1738

\* Los valores de diámetro y altura fueron redondeados para un mejor manejo.



Tabla 13.- Valores obtenidos para ángulo de contacto, diámetro, altura y tensión superficial de las siguientes 42 muestras.

45	48.32	4.00	1.90	28.2563
46	48.34	4.00	1.90	29.0890
47	50	3.80	2.00	87.5724
48	44.56	4.40	1.70	81.9014
49	46.76	4.20	1.80	2.9183
50	49.12	4.40	1.70	62.9555
51	51.32	3.70	2.00	66.5672
52	45.23	4.30	1.70	58.7169
53	46.14	4.20	1.80	19.8863
54	47.87	4.10	1.80	11.8399
55	50.49	3.80	2.00	88.0152
56	50.12	3.80	2.00	88.6630
57	50.45	3.80	2.00	88.3772
58	48.16	4.00	1.90	21.8569
59	50.14	3.80	2.00	88.7834
60	60.31	3.00	2.20	8.2881
61	50.31	3.80	2.00	89.0896
62	49.32	3.90	1.90	70.6542
63	48.8	4.00	1.90	49.2517
64	47.99	4.10	1.80	15.6967
65	45.1	4.30	1.70	64.0760
66	44.34	4.40	1.70	86.3128
67	44.1	4.40	1.70	88.8254
68	50.2	3.80	2.00	89.0382
69	49.14	3.90	1.90	63.7637
70	48.18	4.00	1.90	22.6283
71	47.78	4.10	1.80	9.2534
72	51.45	3.70	2.00	61.3572
73	45.14	4.30	1.70	62.4580
74	47.28	4.10	1.80	0.5420
75	53	3.50	2.00	3.6419
76	48.56	4.00	1.90	38.5825
77	49.43	3.90	1.90	74.4632
78	45.32	4.30	1.70	54.8613
79	48	4.00	1.90	16.0376
80	46.99	4.10	1.80	0.3989
81	46.21	4.20	1.80	17.3512
82	48.65	4.00	1.90	42.5760
83	52.16	3.60	2.00	30.3903
84	49	3.90	1.90	57.9634
85	51.54	3.70	2.00	57.5788
86	50	3.80	2.00	87.5724
<b>PROMEDIO</b>	<b>48.1086</b>	<b>4.0326</b>	<b>1.8488</b>	<b>43.9504</b>

\* Los valores de diámetro y altura fueron redondeados para un mejor manejo.

Los resultados muestran una tensión superficial promedio de 43.9504, lo que describe una tensión superficial baja, lo que incrementa la capacidad de mojabilidad de superficie lo que ya se veía reflejado en la experimentación y en los valores pequeños de ángulo de contacto.

Con los resultados obtenidos tanto en la etapa I y II de experimentación, se retomó nuevamente el diseño experimental, con la finalidad de obtener los modelos matemáticos adecuados para cada una de las respuestas.

Sequential Model Sum of Squares					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Mean	29841.9	1	29841.9		
Linear	223.357	6	37.2261	55.7655	< 0.0001
Quadratic	15.9986	21	0.761836	1.20276	0.2835
Cubic	19.1745	26	0.737481	1.34368	0.2119
Residual	17.5632	32	0.54885		
Total	30118	86	350.209		

Tabla 14.- Modelo secuencial de suma de cuadrados para determinar el orden del modelo matemático.

Los resultados obtenidos indican que de acuerdo a la prueba de hipótesis planteada, un modelo lineal es el que mejor se adapta a nuestras necesidades ya que la probabilidad de cometer el error tipo II es casi nula, lo que indica la probabilidad de que los datos experimentales concuerden con el modelo teórico.

La ecuación resultante para este modelo es: **Altura de espuma =**  
**18.6279 + 0.172855 A – 0.699632 B – 0.824632 C – 0.0478553 D – 0.0521447 E + 1.25999 F**

\*Ecuación expresada en términos de factores codificados (apéndice C)

Donde:

- A % v/v DEA
- B % v/v MDEA
- C % v/v EG
- D ° c Temperatura
- E SCFH Flujo
- F % Composición

Estos coeficientes son calculados por un análisis estadístico de varianza (ANOVA) Apéndice C.

Para así finalmente obtener una superficie de respuesta, la cual de manera gráfica describe el comportamiento de los factores en la respuesta de altura de espuma.

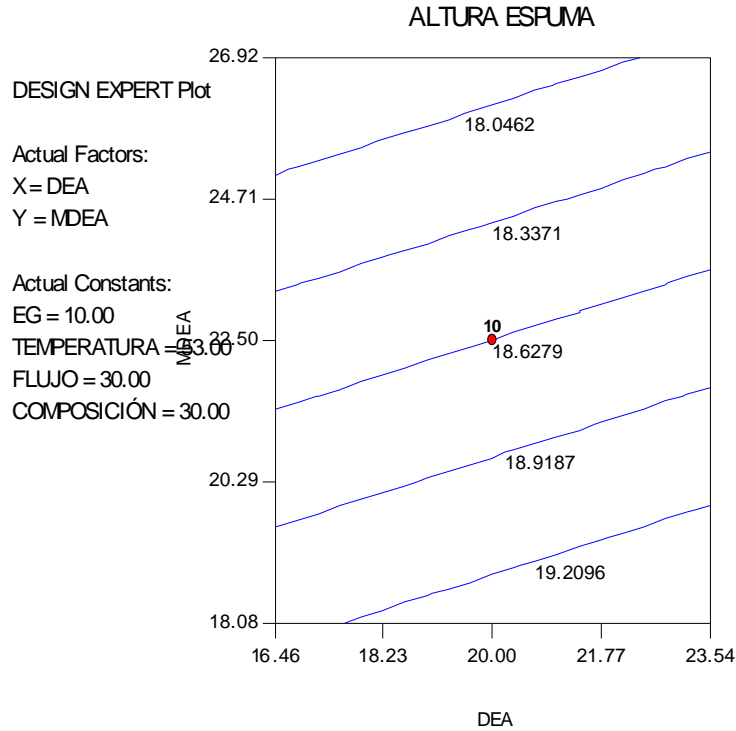


Figura 50. Respuesta de superficie para altura de espuma formada

De igual manera se analizaron los resultados obtenidos para el ángulo de contacto, con la finalidad de encontrar el modelo matemático que mejor represente el comportamiento con respecto a las variaciones en las composiciones del flujo y la temperatura obteniendo los siguientes resultados:

Sequential Model Sum of Squares					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Mean	200238	1	200238		
Linear	329.268	4	54.878	5.75516	< 0.0001
Quadratic	139.13	6	6.62521	0.625661	0.8824
Cubic	365.946	8	14.0749	1.81447	0.0549
Residual	248.224	11	7.757		
Total	201321	30	2340.94		

Tabla 15.- Modelo secuencial de suma de cuadrados para determinar el orden de la ecuación matemática.

Los resultados obtenidos indican que de acuerdo a la prueba de hipótesis planteada, un modelo lineal es el que mejor se adapta a nuestras necesidades ya que la probabilidad de cometer el error tipo II es casi nula, lo que indica la probabilidad de que los datos experimentales concuerden con el modelo teórico.

La ecuación resultante para este modelo es: **Ángulo de contacto =**

$$47.3279 + 1.63237 A + 0.0513282 B - 0.419622 C - 0.460197 D$$

\*Ecuación expresada en términos de factores codificados (apéndice D)

Donde:

A	% v/v	DEA
B	% v/v	MDEA
C	% v/v	EG
D	° c	Temperatura

Estos coeficientes son calculados por un análisis estadístico de varianza (ANOVA) Apéndice D.

Para así finalmente obtener una superficie de respuesta, la cual de manera gráfica describe el comportamiento de los factores en la respuesta de ángulo de contacto.

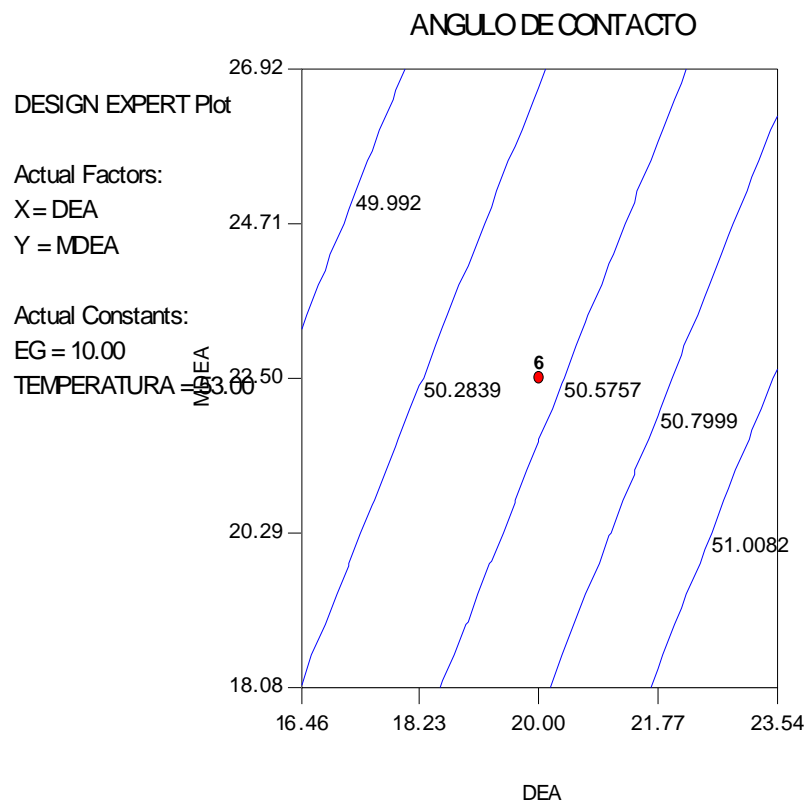


Figura 51.- Superficie de respuesta para el ángulo de contacto.

El Apéndice E muestra la distribución normal obtenida para cada una de las respuestas de interés, al igual el error estándar obtenido calculado.