

## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS OBTENIDOS

El primer paso a efectuar fue la transformación de los datos obtenidos a la variable de respuesta que se había definido, la cual es la diferencia entre la adherencia que se obtuvo de los elementos en sus condiciones ideales, con la adherencia que se obtuvo con las diferentes superficies tratadas. Los registros indicaban que la adherencia que se obtuvo con los emblemas era de 77 N/cm<sup>2</sup>, y para las estampas 7 N/cm. Mediante esta información se generaron los siguientes datos.

Tabla 5-1. Valores de la Variable de Respuesta  
(Adherencia – Actuales)

| <u>Superficie</u>    | <u>Pieza</u> | <u>Adherencia - Actuales</u> |
|----------------------|--------------|------------------------------|
| Cinta adhesiva       | Emblema M2   | 0.95 N/cm <sup>2</sup>       |
| Vapor de cera        | Emblema M2   | 38.27 N/cm <sup>2</sup>      |
| Alcohol isopropílico | Emblema M1   | 21.68 N/cm <sup>2</sup>      |
| Vapor de cera        | Estampa      | -2.43 N/cm                   |
| Vapor de cera        | Emblema M2   | 50.69 N/cm <sup>2</sup>      |
|                      |              |                              |
| Alcohol isopropílico | Estampa      | -4.14 N/cm                   |
| Vapor de cera        | Estampa      | -2.22 N/cm                   |
| Alcohol isopropílico | Emblema M2   | 3.48 N/cm <sup>2</sup>       |
| Vapor de cera        | Estampa      | -2.67 N/cm                   |
| Alcohol isopropílico | Emblema M1   | -1.91 N/cm <sup>2</sup>      |
|                      |              |                              |
| Cinta adhesiva       | Estampa      | -1.62 N/cm                   |
| Cinta adhesiva       | Emblema M1   | 50.77 N/cm <sup>2</sup>      |

|                      |         |            |
|----------------------|---------|------------|
| Alcohol isopropílico | Estampa | -3.06 N/cm |
|----------------------|---------|------------|

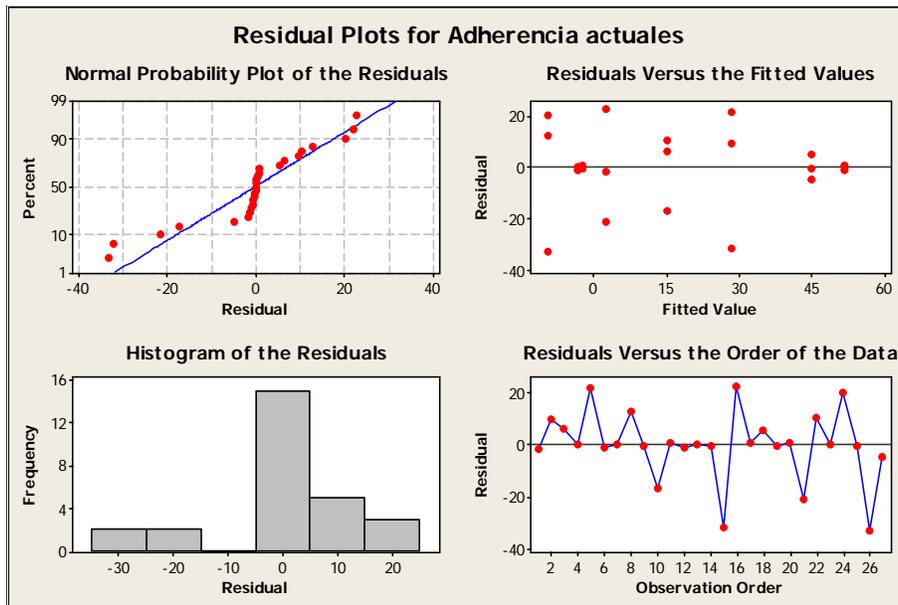
Tabla 5-1 (continuación)

| <u>Superficie</u>    | <u>Pieza</u> | <u>Adherencia Vs. Actuales</u> |
|----------------------|--------------|--------------------------------|
| Cinta adhesiva       | Estampa      | -2.55 N/cm                     |
| Vapor de cera        | Emblema M2   | -3.44 N/cm <sup>2</sup>        |
|                      |              |                                |
| Cinta adhesiva       | Emblema M2   | 25.45 N/cm <sup>2</sup>        |
| Cinta adhesiva       | Emblema M1   | 52.88 N/cm <sup>2</sup>        |
| Vapor de cera        | Emblema M1   | 50.63 N/cm <sup>2</sup>        |
| Cinta adhesiva       | Estampa      | -3 N/cm                        |
| Alcohol isopropílico | Estampa      | -2.82 N/cm                     |
|                      |              |                                |
| Cinta adhesiva       | Emblema M2   | -18.75 N/cm <sup>2</sup>       |
| Alcohol isopropílico | Emblema M1   | 25.79 N/cm <sup>2</sup>        |
| Cinta adhesiva       | Emblema M1   | 52.07 N/cm <sup>2</sup>        |
| Alcohol isopropílico | Emblema M2   | 11.1 N/cm <sup>2</sup>         |
| Vapor de cera        | Emblema M1   | 44.63 N/cm <sup>2</sup>        |
|                      |              |                                |
| Alcohol isopropílico | Emblema M2   | -42.69 N/cm <sup>2</sup>       |
| Vapor de cera        | Emblema M1   | 40.21 N/cm <sup>2</sup>        |

Elaboración propia.

### ***5.1 Análisis de Residuales para la Variable de Respuesta***

Los datos mostrados en la tabla anterior, se introdujeron la variable de respuesta al programa computacional Minitab y este generó las siguientes gráficas de residuales:



**Figura 5-1.** Gráficas de los Residuales para la Variable de Respuesta

Al hacer un análisis visual de la gráfica normal de probabilidad de los residuales, lo primero que salta a la vista es que los errores no se distribuyen  $N \sim (0, \sigma^2)$ , ya que la mayoría de éstos no caen sobre la línea recta uniformemente y existe una gran concentración de puntos en el centro de la misma, es decir, sobre el cero, lo cual implica que no existe error o que este es muy pequeño o insignificante.

Para la gráfica de los residuales contra los valores ajustados, se puede identificar una tendencia de la varianza de los residuales a reducirse a medida de que la adherencia aumenta, lo cual establece que si logremos reproducir las características que nos proporcionen una mayor adhesión, los resultados que obtendremos al final tendrán una variabilidad de los residuales mínima, lo cual, es algo sumamente ventajoso en cualquier proceso de manufactura.

Finalmente, después de analizar la gráfica de los residuales contra el orden de las observaciones, se puede asegurar que se cumple la independencia de las variables, dado que el orden de las corridas fue aleatorio.

Esta variable de respuesta cuenta con una serie de desventajas y una ventaja. Una de las desventajas es que los residuales pobremente se ajustan a una normal. Otro punto negativo es que se están comparando dos unidades de medición distintas, una es Pascales y la otra es Newtons/centímetro, lo cual ocasiona que los datos no se encuentren sobre la misma escala, lo que generaría que los resultados obtenidos pudieran no representar lo que realmente sucede en el proceso. Otra desventaja es que la adhesión que producen las estampas está por debajo de la adherencia que se genera en la actualidad, lo que provoca que tengamos valores negativos. De igual manera no es una buena práctica comparar los datos obtenidos con los registros que se obtuvieron en el laboratorio, ya que cuando se hicieron las pruebas al estado de entrega en las condiciones ideales, la forma en que pegaron los elementos fue de acuerdo a las normas, es decir, con la fuerza de aplicación especificada, así como la velocidad y la temperatura. Esto es algo que cuando se hicieron las pruebas de adherencia de este experimento, no se respetó, ya que se deseaba reproducir la forma en como se adherirían los elementos en la línea de producción.

La ventaja que proporcionaba este modelo era que si lográbamos obtener los mejores resultados posibles de adherencia, la variación de los residuales tendría una tendencia a disminuir, lo cual el nuevo modelo debería seguir respetando.

## 5.2 Nueva Variable de Respuesta

Es por todas estas razones por las cuales se identificaron dos datos esenciales, los cuales determinan que para los emblemas por norma, se exige una adherencia  $\geq 60$  N/cm<sup>2</sup>, mientras que para las estampas es necesaria una adherencia  $\geq 3.5$  N/cm. Con esta información, se generó la nueva variable de respuesta al dividir el valor obtenido del experimento entre el valor exigido por la norma, dependiendo de si se trata de un emblema o de una estampa. La nueva variable se muestra a continuación:

Tabla 5-2. Variable de Respuesta, Adherencia por Norma

| <b><u>Orden</u></b> | <b><u>Superficie</u></b> | <b><u>Pieza</u></b> | <b><u>Adherencia por Norma</u></b> |
|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1                   | Cinta adhesiva           | Emblema M2          | 1.299                              |
| 2                   | Vapor de cera            | Emblema M2          | 1.921                              |
| 3                   | Alcohol isopropílico     | Emblema M1          | 1.645                              |
| 4                   | Vapor de cera            | Estampa             | 1.306                              |
| 5                   | Vapor de cera            | Emblema M2          | 2.128                              |
|                     |                          |                     |                                    |
| 6                   | Alcohol isopropílico     | Estampa             | 0.817                              |
| 7                   | Vapor de cera            | Estampa             | 1.366                              |
| 8                   | Alcohol isopropílico     | Emblema M2          | 1.341                              |
| 9                   | Vapor de cera            | Estampa             | 1.237                              |
| 10                  | Alcohol isopropílico     | Emblema M1          | 1.252                              |
|                     |                          |                     |                                    |
| 11                  | Cinta adhesiva           | Estampa             | 1.537                              |
| 12                  | Cinta adhesiva           | Emblema M1          | 2.130                              |
| 13                  | Alcohol isopropílico     | Estampa             | 1.126                              |

|    |                |            |       |
|----|----------------|------------|-------|
| 14 | Cinta adhesiva | Estampa    | 1.271 |
| 15 | Vapor de cera  | Emblema M2 | 1.226 |

Tabla 5-2 (continuación)

| <b><u>Orden</u></b> | <b><u>Superficie</u></b> | <b><u>Pieza</u></b> | <b><u>Adherencia por Norma</u></b> |
|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 16                  | Cinta adhesiva           | Emblema M2          | 1.708                              |
| 17                  | Cinta adhesiva           | Emblema M1          | 2.165                              |
| 18                  | Vapor de cera            | Emblema M1          | 2.127                              |
| 19                  | Cinta adhesiva           | Estampa             | 1.143                              |
| 20                  | Alcohol isopropílico     | Estampa             | 1.194                              |
|                     |                          |                     |                                    |
| 21                  | Cinta adhesiva           | Emblema M2          | 0.971                              |
| 22                  | Alcohol isopropílico     | Emblema M1          | 1.713                              |
| 23                  | Cinta adhesiva           | Emblema M1          | 2.151                              |
| 24                  | Alcohol isopropílico     | Emblema M2          | 1.468                              |
| 25                  | Vapor de cera            | Emblema M1          | 2.027                              |
|                     |                          |                     |                                    |
| 26                  | Alcohol isopropílico     | Emblema M2          | 0.572                              |
| 27                  | Vapor de cera            | Emblema M1          | 1.954                              |

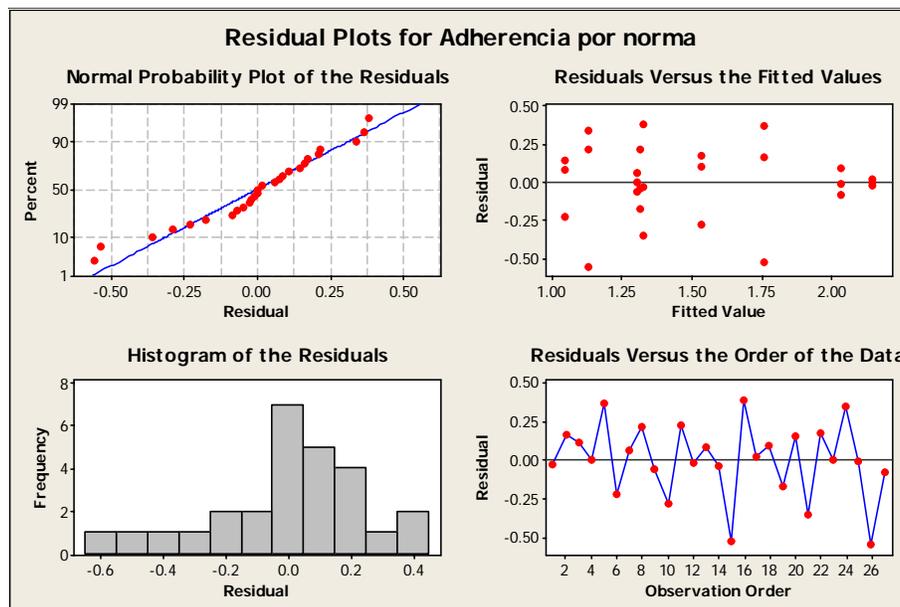
Elaboración propia

Con la nueva variable de respuesta, lo que lograríamos sería tener los datos sobre la misma escala, es decir, tomando como ejemplo el renglón 27, la variable de respuesta tiene un valor de 1.954, el cual indica superamos el valor de la norma por cerca de un 95%, y si tomamos ahora como ejemplo el renglón 26, el cuál tiene un valor de 0.572, esto indica que nos encontramos por debajo de la norma cerca de un 43%. En primera instancia se puede detectar que existieron tres valores los cuales estuvieron debajo de la norma, los cuales se encuentran en el renglón 6, 21 y 26, sin embargo el renglón 21 tuvo

una valor de 0.971, no cabe duda de que es un dato que se encuentra por debajo del valor deseado, sin embargo, está muy cerca de cumplirlo, de los otros dos datos no existe objeción alguna.

### 5.3 Análisis de Residuales para la Nueva Variable de Respuesta

Posteriormente introdujimos esta variable en el programa computacional Minitab, el cual arrojó las siguientes gráficas de residuales.

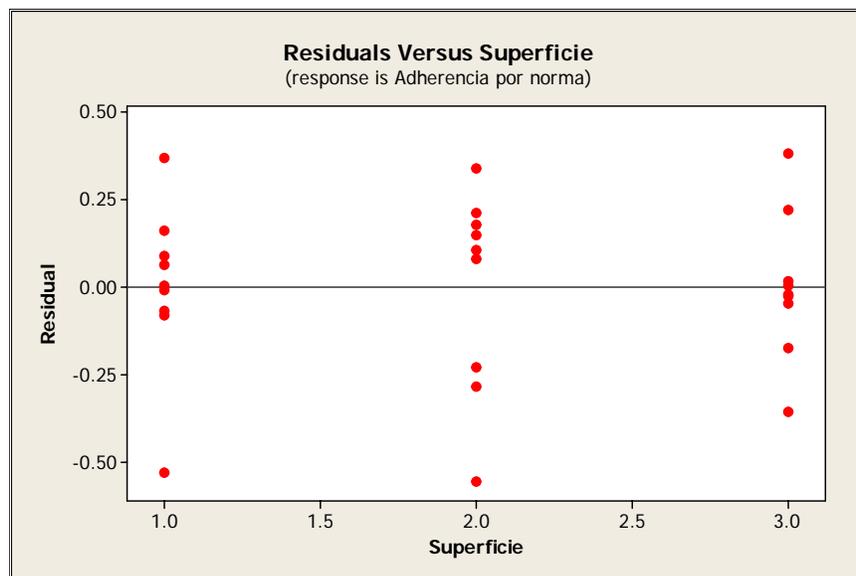


**Figura 5-2.** Gráficas de Residuales para la Variable de Respuesta Adherencia por Norma.

En primer lugar, al hacer de nueva cuenta el análisis de la gráfica normal de probabilidad de los residuales, se puede notar que en este caso, los puntos, o la mayoría de estos, caen sobre la línea normal, lo que indica que los residuales en efecto se distribuyen  $N \sim (0, \sigma^2)$ . Mediante el histograma se puede detectar de igual manera que los residuales tienen el comportamiento de una curva normal.

En el caso de la gráfica de los residuales contra los valores ajustados, se puede reconocer que logramos el objetivo de mantener el comportamiento de los residuales al igual que en el modelo anterior, ya que se puede identificar la tendencia de la varianza de los residuales a disminuir mientras la adherencia por norma aumenta.

A continuación se graficaron los residuales en contra de los factores superficies y piezas, las cuales se muestran a continuación. Cabe resaltar que se consideró una escala continua para estos factores con la finalidad de poder generar estas gráficas, sin embargo, existen valores los cuales no tienen alguna lógica en la vida real, como lo sería por ejemplo, el valor de la superficie 1.5.

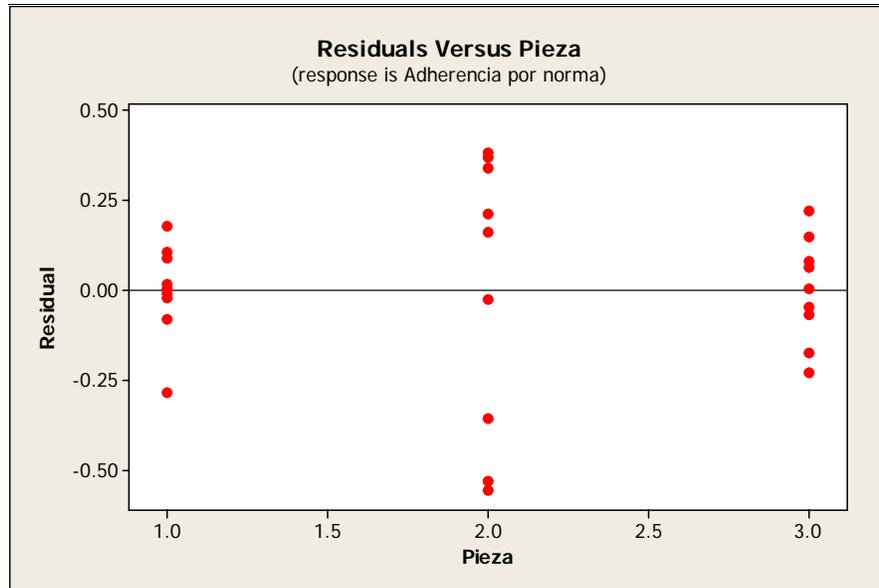


**Figura 5.3.** Gráfica de Residuales contra Superficie

En este caso se puede comprobar que la varianza para los tres tipos de superficies es muy parecida, aunque para el tipo de superficie 1 existe un residual el cual tiene un valor muy bajo en comparación con el resto de datos, lo que indicaría la presencia de un posible punto atípico, para el resto de residuales, parecería existir una variación muy semejante.

Esto indicaría que la adherencia que se genera es uniforme para el tipo de superficie que se está usando.

A continuación se muestran la gráfica de residuales contra el tipo de pieza.



**Figura 5-4.** Gráfica de Residuales contra Pieza

En esta gráfica se puede notar que la variabilidad de los residuales para el tipo de pieza 1 y 3, es decir, para el Emblema M1 y las Estampas es muy parecida, aunque para la pieza 2, la cual es Emblema M2, se tiene una variabilidad mayor de los residuales, indicando la posibilidad de que esta tenga una varianza más grande. Esto sugeriría la posibilidad de que la adherencia que se genera, no es uniforme y dependería del tipo de pieza que se esté usando.

#### 5.4 Análisis de la Nueva Variable de Respuesta

Es por todo lo comentado anteriormente que se acepta la adecuación del modelo, por lo que podemos ir al análisis estadístico de la variable de respuesta. En seguida se muestran los resultados arrojados por Minitab.

| General Linear Model: Adherencia por norma versus Superficie, Pieza        |       |         |         |         |       |       |
|--|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Factor   | Type  | Levels  | Values  |         |       |       |
| Superficie   | fixed | 3       | 1, 2, 3 |         |       |       |
| Pieza  | fixed | 3       | 1, 2, 3 |         |       |       |
| Analysis of Variance for Adherencia por norma, using Adjusted SS for Tests |       |         |         |         |       |       |
| Source   | DF    | Seq SS  | Adj SS  | Adj MS  | F     | P     |
| Superficie   | 2     | 1.06359 | 1.06359 | 0.53180 | 6.38  | 0.008 |
| Pieza  | 2     | 2.26653 | 2.26653 | 1.13327 | 13.60 | 0.000 |
| Superficie*Pieza   | 4     | 0.33824 | 0.33824 | 0.08456 | 1.02  | 0.426 |
| Error  | 18    | 1.49956 | 1.49956 | 0.08331 |       |       |
| Total  | 26    | 5.16792 |         |         |       |       |
| S = 0.288632    R-Sq = 70.98%    R-Sq(adj) = 58.09%                        |       |         |         |         |       |       |

**Figura 5-5** Análisis de Varianza

| Unusual Observations for Adherencia por norma                |            |         |         |          |          |
|--|------------|---------|---------|----------|----------|
|  | Adherencia |         |         |          |          |
| Obs  | por norma  | Fit     | SE Fit  | Residual | St Resid |
| 15   | 1.22600    | 1.75844 | 0.16664 | -0.53244 | -2.26 R  |
| 26   | 0.57183    | 1.12717 | 0.16664 | -0.55533 | -2.36 R  |
| R denotes an observation with a large standardized residual. |            |         |         |          |          |
| Least Squares Means for Adherencia por norma                 |            |         |         |          |          |
| Superficie   |            | Mean    | SE Mean |          |          |
| 1  |            | 1.699   | 0.09621 |          |          |
| 2  |            | 1.236   | 0.09621 |          |          |
| 3  |            | 1.597   | 0.09621 |          |          |
| Pieza  |            |         |         |          |          |
| 1  |            | 1.907   | 0.09621 |          |          |
| 2  |            | 1.404   | 0.09621 |          |          |
| 3  |            | 1.222   | 0.09621 |          |          |
| Superficie*Pieza   |            |         |         |          |          |
| 1  | 1          | 2.036   | 0.16664 |          |          |
| 1  | 2          | 1.758   | 0.16664 |          |          |
| 1  | 3          | 1.303   | 0.16664 |          |          |

|   |   |       |         |
|---|---|-------|---------|
| 2 | 1 | 1.536 | 0.16664 |
| 2 | 2 | 1.127 | 0.16664 |
| 2 | 3 | 1.046 | 0.16664 |
| 3 | 1 | 2.148 | 0.16664 |
| 3 | 2 | 1.326 | 0.16664 |
| 3 | 3 | 1.317 | 0.16664 |

**Figura 5-6** Puntos atípicos y Respuestas Medias para la Adherencia por Norma

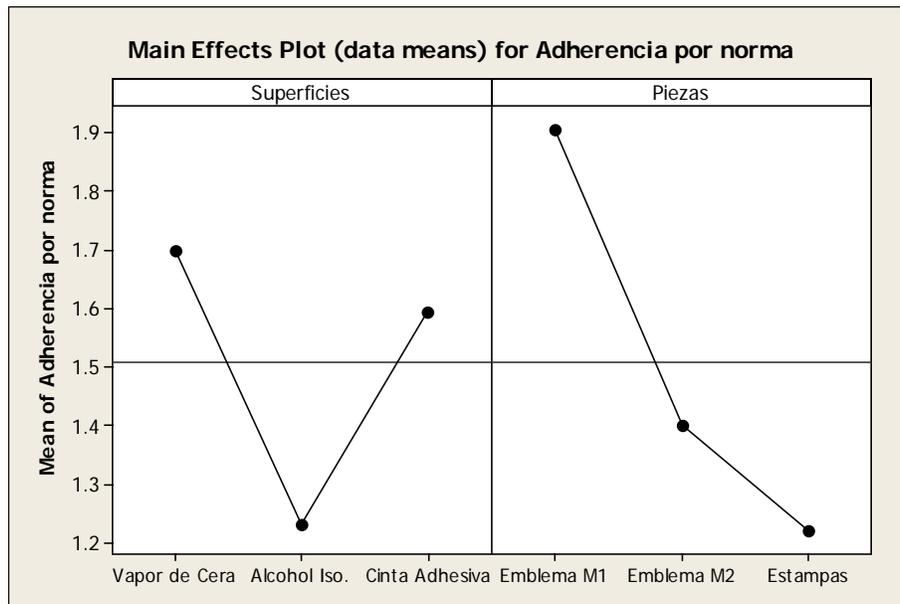
En primera instancia, al analizar el cuadro de análisis de varianza de la variable de respuesta mediante el uso del P-Value, se puede concluir que tanto el tipo de superficie como el tipo de pieza son significativos, ya que en ambos casos su valor es menor a 0.05. Asimismo para el caso de la interacción, por el análisis del P-Value, se puede ver que ésta no es significativa, ya que su valor es mayor a 0.05.

Continuando con el análisis, el coeficiente de determinación está cerca del 71%, lo cual indica que la variabilidad de la adherencia obtenida es explicada eficientemente por los factores usados en este modelo, es decir, el tipo de pieza y el contaminante sobre la superficie.

El análisis nos comprueba la existencia de puntos atípicos en el modelo, los cuales son las observaciones 15 y 26 con unos resultados de 1.22 y 0.57. Esto se debe a que para la combinación de superficie con pieza de la observación 15, es decir, el Vapor de Cera y el Emblema M2, se registraron resultados de 1.92 y 2.13, por lo que el dato de 1.22 es muy bajo en comparación de los otros dos valores. Para el caso de la observación 26, la cuál es la combinación de Alcohol Isopropílico y Emblema M2, las otras dos corridas dieron como resultados 1.34 y 1.47, por lo que el punto atípico es un dato que está muy por debajo de estas dos cantidades. El primer punto atípico no causa un problema importante,

ya que aunque no se sabe la razón por la cual esta medición dio un resultado tan bajo en comparación con las otras dos réplicas, nos encontramos todavía arriba de la norma por cerca de un 22%. El problema radica en el segundo punto atípico, el cuál indica que estamos muy por debajo de la norma, lo cuál daría indicios de que el método de limpieza con alcohol isopropílico no pudiera generar buenos niveles de adherencia debido a su incapacidad de limpiar completamente la superficie de los residuos de cera dejados por los trabajadores.

Minitab también proporciona la media de los factores individuales, así como de sus interacciones, los cuáles para facilitar su análisis se representarán por medio de gráficas.



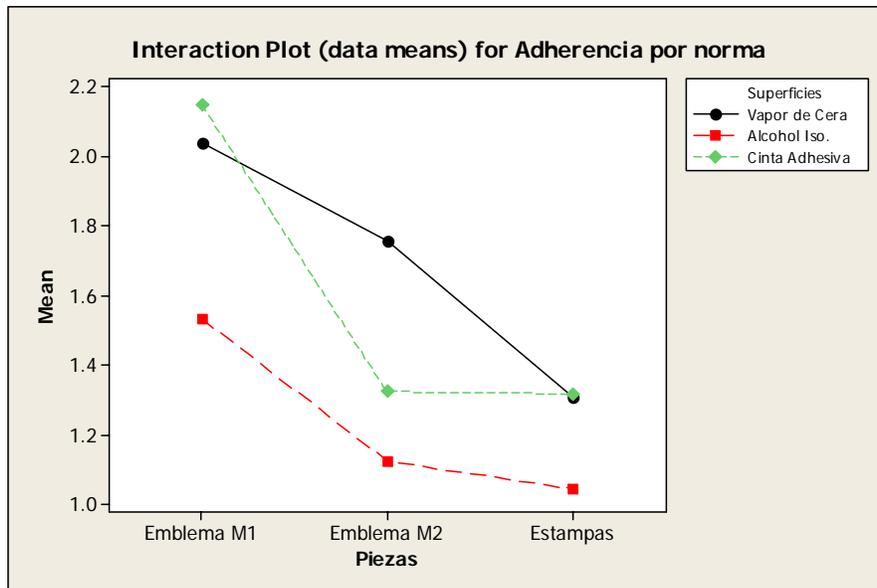
**Figura 5-7.** Gráfica de los Efectos Principales

En esta gráfica se encuentran los efectos principales separados. El primer punto que resalta a la vista es que el vapor de cera no tiene un efecto negativo sobre la variable de

respuesta, es más, de los tres niveles es el que mejor adhesión tiene, generando resultados que se encuentran sobre un 70% arriba de la norma. La limpieza efectuada por el alcohol isopropílico sobre una superficie contaminada con restos de cera por un operador, no es muy efectiva, ya que la adherencia resultante está apenas por encima de la norma, esto sin olvidar que la respuesta más baja provino de este nivel. Finalmente, se puede detectar que la cinta adhesiva deja residuos que afectan la adherencia de los elementos sobre la superficie, sin embargo, sigue proporcionando resultados muy buenos, cerca del 60% sobre la norma.

Para el factor pieza, es notoria la diferencia entre los niveles de adherencia generados por los distintos emblemas, ya que mientras el M1 casi duplica el valor especificado por la norma, el M2 está en un 40% sobre de ella. Para las estampas, los resultados obtenidos están apenas sobre la norma.

Posteriormente se hace el estudio de las interacciones, aunque en este problema en específico no son significativas, su comportamiento nos pudiera dar una indicación de la adherencia de los autoadhesivos combinados con las distintas clases de superficies que se usaron en el experimento, en la siguiente figura se muestra esta gráfica.

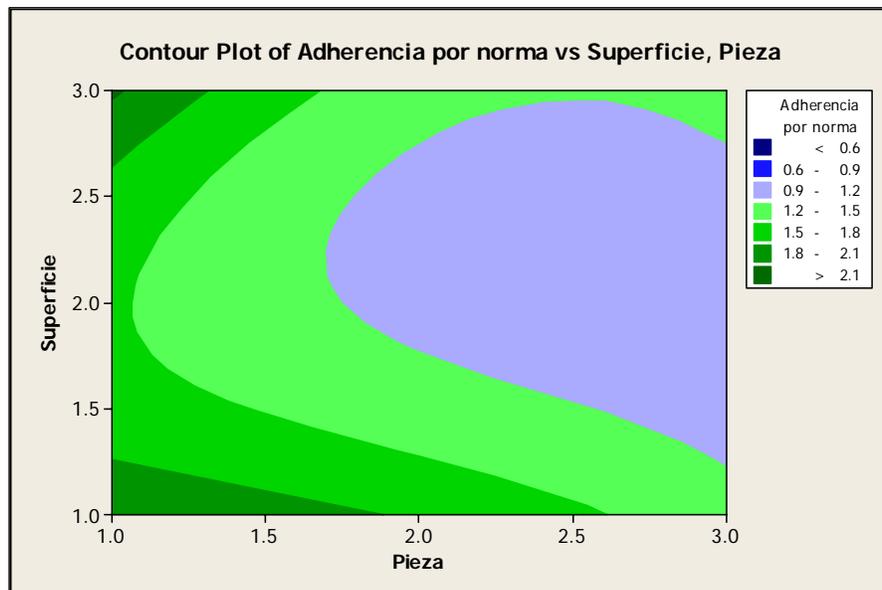


**Figura 5-8.** Interacciones de los Factores

Lo primero que salta a la vista, es que nuevamente el Emblema M1 es el que genera mejores resultados, siendo el más alto para la superficie cubierta con Cinta Adhesiva Especial, sin embargo, cuando se analizan los valores del Emblema M2, se puede detectar que para la superficie cubierta con la Cinta Adhesiva, el valor de la adherencia es más pequeño comparándolo con la superficie de Vapor de Cera, lo que hace suponer que los posibles residuos dejados por la cinta al calentarse debido al proceso de encerado, pudieran tener un efecto no deseado sobre la adherencia de esta pieza. Otro punto a notar es que tanto para la superficie de Vapor de Cera, como la protegida con la Cinta Adhesiva, la adherencia final de la estampa es prácticamente la misma. De igual manera, la superficie usada que da valores de adherencia más bajos para todas las piezas en general, es la limpiada con alcohol isopropílico.

Finalmente, se presenta en la siguiente figura la gráfica de la Superficie de Respuesta, en donde cabe resaltar nuevamente el hecho de que para poder obtenerla, se hizo un supuesto de continuidad para los factores Superficie y Pieza que en realidad no se puede dar en la vida real. Véase figura 5-9.

En la misma gráfica, se puede identificar que las superficies usadas en el modelo que generan mejores resultados de adherencia son la de Vapor de Cera y la protegida mediante Cinta Adhesiva. También se detecta que el método de limpieza con alcohol isopropílico no es una solución factible para eliminar los residuos de la superficie una vez que ha sido contaminada con restos de cera. También se puede notar el decremento en la adhesión del Emblema M2 cuando se usa la superficie protegida con la Cinta Adhesiva, así como de que este punto se encuentra muy cerca de la zona azul, la cuál es la que peores resultados genera, incluyendo la posibilidad de que se caiga debajo de lo exigido por la norma.



**Figura 5-9.** Superficie de respuesta para la Adherencia por Norma.

En el caso de los antirruidos laterales, los cuales se colocan en la cajuela, no se hizo un estudio estadístico para medir la adherencia que generan por dos razones. La primera es que por petición explícita de la persona encargada de estas piezas, se hicieran las pruebas que a continuación se comentarán. En segundo lugar, la superficie en donde se coloca el antirruído sólo puede estar sujeta a dos condiciones, con vapor de cera y sin vapor de cera, ya que dada su ubicación, es muy difícil que algún operador la contamine con sus manos en procesos anteriores o en la limpieza que se hace durante el encerado. Aún así se podría haber concluido que el vapor de cera no tiene un efecto negativo sobre la adherencia, tomando en cuenta los resultados del experimento anterior, sin embargo, esto podría haber sido un grave error, ya que el adhesivo que se usa para estas piezas es muy diferente al usado en los emblemas y las estampas.

Lo que se hizo en éstas pruebas fue lo siguiente; en primer lugar se cortó una puerta para poder obtener dos superficies que tengan un área suficiente para pegar sobre de ellas dos antirruidos de tamaño normal. La zona de interés para estas piezas sería la de tipo “primer”. Posteriormente, se prepararon seis probetas de tamaño similar a las que se usaron en las estampas, es decir, de 5 x 15 centímetros, donde nuevamente la superficie de interés sería la de tipo “primer”. Acto seguido fue el de limpiar las áreas de las probetas con alcohol isopropílico, para eliminar todos los residuos o contaminantes ajenos a los que se estaban buscando. Lo que se hizo después, fue ir al área de encerado, en donde se colocaron tanto los segmentos de puerta así como las probetas cortadas en el interior de la cajuela, en contracara de los difusores de aire, en donde normalmente irían

estas piezas. Luego, se llevaron estas partes al laboratorio, en donde se cortaron y se pegaron dos antirruídos para el caso de las probetas, así como se adhirieron dos de tamaño completo sobre los segmentos de puertas cortadas. La forma en como se pegaron estos elementos fue siguiendo las recomendaciones de la norma, ya que se usó un rodillo para su instalación, el cual, generó una fuerza aproximada de 50 N a una velocidad cercana a 5 cm/s. Más tarde, a tres de las probetas se les hicieron las pruebas de adherencia en la máquina de tracción de una manera similar a la usada en las estampas. Los resultados al estado de entrega, que es la forma en como se le denomina a las pruebas que se hacen dejando un corto tiempo de curado, fueron los siguientes:

Tabla 5-3. Adherencia Generada al Estado de Entrega

| Adherencia |         |
|------------|---------|
| 1)         | 34,47 N |
| 2)         | 20,83 N |
| 3)         | 21,83 N |

Elaboración propia

Cabe resaltar que la norma pide una adherencia  $\geq 25$  N. La  $\bar{x} = 25.71$  N. Para estas piezas, la importancia de la adherencia generada radica en resistir pegadas en la superficie de la cajuela por lo menos 12 horas, ya que en etapas posteriores al decorado, se instalará el forro de la cajuela por medio de grapas, lo que ocasionará que éste presione a los antirruídos en contra de la pared y disminuya el riesgo de desprendimiento de estos elementos durante la vida útil del vehículo.

Posteriormente, a las tres probetas restantes, se las colocó en un horno a una temperatura aproximada de 110° C durante un lapso de 24 horas, la forma en que se fijaron fue de tal modo, que se tuviera un ángulo de 90° con respecto al suelo, como lo estarían en el proceso normal. Luego fueron retiradas y se las dejó enfriar para poder volver a hacer las mediciones cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 5-4. Adherencia después de 24 Hrs. a 110° C

| Adherencia |         |
|------------|---------|
| 1)         | 27,24 N |
| 2)         | 51,1 N  |
| 3)         | 47,18 N |

Elaboración propia

Nuevamente se calculó la media, la cual tuvo un valor de  $\bar{x} = 41.84$  N. Finalmente a una de las puertas cortadas con sus antirruídos pegados, se le marcaron los contornos generados sobre la superficie con un plumón y se le introdujo a un horno que las mantuvo a una temperatura aproximada de 110° C, mientras que a la otra, una vez que se le marcó su figura, se le metió a un congelador a una temperatura de -40° C. De igual manera, la forma en que se colocaron fue generando un ángulo de 90°. El tiempo en que se dejaron esas piezas en las condiciones ya descritas fue de 175 horas. Con este lapso, se simularía aproximadamente un año de uso, y las verificaciones se hicieron cada dos días, en donde se comprobaba que no existiera un desplazamiento de su ubicación original o ningún tipo de desprendimiento. Al término del plazo, se pudo comprobar que no existía ningún deslizamiento así como alguna desunión de los antirruídos sobre la superficie de contacto.

Por último, para el antirruído superior, surgieron una serie de problemas para poder medir y comparar la adherencia con una norma, ya que en primer lugar, dado que esta pieza no es auto-adherente, sino que su instalación se hace mediante el uso de uretano, el laboratorio no cuenta con la norma de adherencia para este elemento. Otro problema es que este pegamento fue liberado en Alemania, por lo que las características que se encuentran en la planta son las esenciales. De la información que se pudo obtener, se encuentra que este elemento tiene una elongación cercana al 300% y tiene un esfuerzo al corte es de 2.5 MPa, lo cuál es mucho mayor a la que se obtiene con los emblemas. Pero aún así, esta información no era útil para hacer una comparación de resultados. Estas son las causas por las cuales se ideó una forma para medir la adherencia, de una manera similar a la que se usó con los emblemas, ya que la prueba se haría con la máquina de tracción y posteriormente, se calcularía el área de contacto del pegamento con la pieza y se introduciría al programa de computadora, para que éste estimara la adherencia final. Se logró encontrar una probeta del mismo tamaño de un antirruído superior para un vehículo con techo corredizo, ya que este es más pequeño al que se usa con techo normal, tiene un tamaño aproximado de 35 x 50 centímetros. Posteriormente se limpió la zona de interés, la cuál sería la parte de tipo “primer”, luego se fue al área de encerado y se pegó con cintas adhesivas en el techo donde pasó por la máquina de encerado y recibió los vapores de cera. Una vez terminado este proceso, se fue al área de decorado, en donde se colocó el uretano líquido sobre el antirruído superior en la máquina de aplicación del mismo, y se pegó sobre la probeta. Dado que el curado de este pegamento es por medio de la humedad relativa del ambiente, tarda aproximadamente 48 horas en secar

completamente. Es por eso, que recién pegado el elemento, se movió de una manera exagerada, tratando de simular el movimiento que se generaría en la línea de producción. Así como se preparó una base que permitiera que durante el secado, el antirruido estuviera en dirección al suelo, suspendido por el uretano y la probeta. Aquí se comprobó que no existiera una elongación fuera de lo normal, así como de algún desprendimiento. Una vez curado el pegamento, se fue al laboratorio para hacer las pruebas de medición.

Pero debido a que el antirruido está formado por dos capas de un tipo especial de cartón, el cual a su vez está formado de celulosa, ésta resultó ser muy débil, y cuando se cortaron las probetas para hacer las pruebas de adherencia, se encontró que no era posible medir la adhesión con la máquina de tracción. Sin embargo se pudo identificar que la ruptura que se generaba era por lo que se conoce como una falla de sustrato, en donde el desprendimiento lo causa el rompimiento de alguna de las piezas que generan la unión y no una falla en la adherencia del pegamento. Esto se identificó al analizar la pieza, ya que se encontró que el uretano estaba pegado perfectamente sobre la superficie “primer”, y la capa superior del antirruido, estaba arrancada y seguía pegada al uretano solidificado que se encontraba sobre la probeta. Se cortaron más trozos de estas partes y se les aplicó una fuerza de desprendimiento, para finalmente corroborar que la falla la ocasionará el rompimiento del antirruido y no una falla de adherencia.