

### **CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL MODELO DE EXPERIMENTACIÓN**

Como ya se ha mencionado, los elementos que se considera que tendrían un decremento en la durabilidad de su instalación con la presencia de la cera altamente grasa, son las piezas que se pegan por medio de algún tipo de adherente, por lo que se diseñará y se pondrá en marcha un experimento balanceado, con el cual obtendremos los efectos principales así como la interacción de los diferentes tipos de auto adherentes, con los diferentes tipos de superficies contaminadas y su método de limpieza o protección. Posteriormente se analizarán los resultados y basándonos en éstos, se propondrá una recomendación que ayude a la toma de decisión, ya sea sobre la inversión en las adecuaciones del túnel, o sobre si existe alguna posibilidad de hacer el cambio de secuencia con las pertinentes pruebas de verificación de resultados.

El primer tipo de piezas que decoran por medio de un adhesivo, son las estampas de tipo plásticas transparentes, que se sitúan en la parte interior de la carrocería, por debajo de donde se encontrará la chapa de la puerta, estas estampas tienen en su parte trasera, un protector del adhesivo. Al momento de aplicarlas, el operario lo hace manualmente, removiendo esta capa protectora y poniendo la parte adherente sobre la superficie de la carrocería. Mediante pruebas estandarizadas que se realizaron en el desierto y en la selva, estas estampas soportaron un año sin existir algún tipo de queja por parte del cliente.

El segundo tipo de elementos que decora son los emblemas que van en la parte trasera del vehículo. Su aplicación es muy similar al de las estampas, en su parte trasera, tiene un

papel protector, el cual el operario desprende y, mediante la ayuda de un dispositivo que se adapta a la geometría de la pieza y al contorno de la cajuela, lo sitúa en el área exacta que le corresponde. Acto seguido, remueve la capa de la parte frontal para impedir que ésta se ensucie o pierda brillo durante la aplicación.

El siguiente tipo de elemento que decora son los absorbedores de sonido laterales o antirruidos, su colocación es en la parte interna de la cajuela, este elemento también es un auto-adherente. Su colocación es manual y el procedimiento a seguir es el mismo que el de los escudos y las estampas, a excepción de que éstos no cuentan con una capa protectora frontal.

En el caso del absorbedor superior, su colocación es semiautomática, ya que tanto la aplicación del uretano adherente sobre la superficie del absorbedor de sonido y posteriormente su colocación en el techo, lo ejecutará una máquina, la cuál será manipulada por medio de un operador.

Antes de empezar el diseño experimental, es necesario recalcar varios puntos importantes, cuyo análisis y comprensión son necesarios. De esta forma se asegurará que los resultados obtenidos realmente sean fiables. Estos puntos son los siguientes:

1. Para hacer un cambio en la secuencia, es necesario que las pruebas indiquen que, primero no haya una disminución en los resultados de adherencia con el factor que se vaya a usar en el nuevo modelo, respecto a la que exige la normativa de

- calidad interna. Segundo, que no haya problemas de instalación con los insertables roscados y tapones, en los orificios de las conchas cajas de ruedas cubiertas con restos de cera solidificada.
2. La secuencia de decorado empieza colocando cintas adhesivas que protegerán los contornos de las puertas, ya que en operaciones subsecuentes, éstas se abrirán y cerrarán en repetidas ocasiones. Si es que se da el cambio, sería necesario poner estas cintas protectoras antes que entre el vehículo al encerado, ya que como se abrirán y cerrarán las puertas para colocar y quitar cintas adhesivas además de efectuar una limpieza interna, existe la posibilidad de que se pueda dañar la pintura.
  3. Una opción para que una superficie de prueba sea “contaminada” con vapores de cera, sería colocando un trozo de carrocería o probetas, en una estructura que estuviera a punto de entrar al área de encerado, en las diferentes zonas en donde se pegarán los elementos que decoran, así, se lograría que la cantidad de vapor recibida, la temperatura de aplicación, así como la distancia y las condiciones en donde normalmente ocurriría esto en la vida real, sean reproducidas en el experimento.
  4. La forma en que se instalen los elementos que deban ser sometidos a la vaporización de la cera, deberá soportar varias condiciones, la primera sería que éstos estén bien sujetos a la carrocería y que no se vayan a caer debido a los movimientos a los que estarán sometidos, así como soportar una temperatura mínima de 100° C. Otro fundamento es, que la cara exterior tiene que estar

descubierta, para asegurar que los factores contaminantes que estamos buscando se cumplan.

5. Para la ejecución del experimento, es necesario determinar el tiempo de secado del adhesivo, bajo la premisa lógica de que a mayor tiempo de secado, mejor adherencia entre los materiales. Sin embargo, las condiciones de secado tendrían que ser las mismas que se registran en la actualidad en la nave de producción.
6. Las probetas se colocarán en distintas carrocerías, ya que por cuestiones de espacio y del tiempo que se dispone para su colocación, no se podrían situar todas sobre la misma estructura.
7. La instalación de estos elementos sobre las carrocerías a encerar se podría hacer en el área de decorado, después de la instalación de los casquillos roscados (es la última parte de esta área), así, no se interpondría en los tiempos de ciclo de los operadores ni con las actividades que estos tiene que realizar. El retiro de estas partes, sería después de la última actividad que se haga en el encerado.
8. Las pruebas de adherencia de los antirruidos se efectuarán sobre probetas de tipo “primer” (superficies que hayan sido pintadas en su primera fase o pintura cubre poros). Y los emblemas y estampas se pegarán sobre zonas pintadas.
9. Una vez que se obtengan los resultados del experimento, se podrá hacer una comparación estadística para analizar si la adherencia se ve afectada significativamente por los contaminantes sobre la superficie, y en el supuesto de que ésto suceda, identificar cuál es la superficie que muestre una menor diferencia entre la adhesión obtenida en el experimento y una superficie ideal.

10. El número de réplicas a correr, para obtener mejores resultados es de un número mínimo de dos réplicas, aunque esto estaría restringido por la cantidad de elementos a decorar que se obtengan, de la disponibilidad de las personas y de los instrumentos que se requieran para correr el experimento.
11. Es necesario de igual manera investigar la adherencia obtenida en circunstancias que maximicen la adhesión cuando se hicieron las primeras pruebas.

### ***3.1 Identificación de los factores que se usarán en el modelo***

#### 3.1.1 Elección de los factores:

- Tipo de pieza que se adhiere a la carrocería.
- Contaminante y forma de protección de la superficie.

#### 3.1.2 Factores constantes:

- Presión atmosférica.
- Tiempo de secado.

#### 3.1.3 Factores No Controlables:

- Temperatura ambiente. (Lo ideal sería por especificación correrlo a una temperatura de 20° C para los auto-adherentes y 23° C para el uretano).
- Humedad relativa.

### 3.1.4 Elección de los niveles de los factores

Para el tipo de pieza a pegar sobre la carrocería, se considerarán cinco clases:

1. DVD
2. Emblemas M1 (Proveedor 1)
3. Emblemas M2 (Proveedor 2)
4. Antirruídos laterales
5. Estampas

El orden en la secuencia, determina la importancia de que esos elementos tengan una buena adherencia sobre la superficie de la carrocería.

Fuentes de contaminación sobre la superficie:

1. Superficie que haya tenido contacto con los vapores de cera.
2. Superficie que haya sido limpiada con un trapo y alcohol isopropílico después de haber pasado por el túnel de encerado, recibido el vapor de cera, y haber tenido contacto con manos contaminadas de cera.
3. Superficie que haya sido protegida por medio de una cinta adhesiva especial, antes de pasar por el túnel, en donde recibirá los efectos del vapor de cera y de los posibles contaminantes que dejen sobre de ella los operadores de limpieza.

Sobre el tiempo de secado, una vez que las piezas han sido adheridas durante el decorado a la carrocería, por especificación de los proveedores se indica que ninguna fuerza se debería aplicar sobre éstas en las siguientes 24 horas. Sin embargo, aproximadamente 12 horas después de la instalación, el automóvil terminado es sometido a las pruebas de calidad necesarias para asegurar que el producto final no tenga algún tipo de defecto. Estas pruebas incluyen un túnel de aire, en donde se revisa que cada abertura esté bien sellada, así como un túnel de agua, en donde se aplica un chorro de este líquido a altas presiones para verificar que no exista ninguna filtración. Sin embargo, el flujo tanto del aire como del agua pudiera aplicar una fuerza sobre los emblemas ocasionando un desprendimiento de las mismas en caso de que no existiera una buena adherencia. Hasta el momento, con la adherencia que se logra obtener con la secuencia actual, no ha existido ninguna queja por el desprendimiento de estas piezas durante estos procesos.

### ***3.2 Variable de Respuesta / Instrumentos que se usará para medirla***

Un problema para medir correctamente la adherencia de las piezas que decoran a la carrocería, era que algunas de ellas no son elementos sólidos compactos, sino al contrario, son partes flexibles, como lo serían los antirruídos tanto superior como laterales y las estampas. Esto provoca que cuando se realice una separación de uno de estos elementos con la superficie a donde está adherido, la ruptura no es instantánea, sino que esta ocurrirá de una forma secuencial, es decir, primero se desprenderá la parte o sección del componente de donde se esté aplicando la fuerza de separación y posteriormente se desprenderá el resto del material flexible poco a poco.

Es por lo comentado en el párrafo anterior, que el instrumento que se usará para medir la adherencia se encuentra en el Laboratorio Central. Este dispositivo es un dinamómetro o máquina de tracción, el cual, generará la fuerza de separación sobre el elemento pegado y mandará la información a una computadora, la cual, calculará el área de contacto proporcionándole el ancho y el largo que la pieza cubría sobre la superficie. Posteriormente mediante un software, se analizarán los datos obtenidos y este arrojará la medición exacta de la adherencia que se registró antes de la separación.

Existen dos personas responsables para medir la adhesión de los elementos en el laboratorio. Una persona es la encargada los antirruidos que se colocan en el interior de la cajuela y la otra, es responsable de los emblemas y estampas. La adherencia de estos elementos ya fue cuantificada en el momento en que se recibieron estos productos por parte del proveedor, es por esto que ya se cuenta con estos datos en los registros. Además, se cuenta de igual manera con la adherencia que exige la norma para los diferentes tipos de auto adherentes de la compañía. Véase el Apéndice 3-1.

La variable de respuesta que se planea usar en el experimento, será la diferencia de adherencia que se obtuvo de los elementos en sus condiciones ideales, con la adherencia que se obtenga con las diferentes superficies tratadas.

### ***3.3 Elección del diseño que se ajuste a las características del sistema***

Se deseaba correr un experimento con todas las posibles fuentes de contaminación y los posibles métodos de limpieza para la superficie, esto con la finalidad de estar cubiertos



para cualquier tipo de eventualidad y encontrar la forma de lavado que genere mejores resultados de adherencia, es decir, se aspiraba a correr un modelo factorial completo con todos las combinaciones posibles entre elementos que decoran, tipos de contaminantes y formas de limpieza. Sin embargo, debido a las restricciones que se presentaron durante la fase del diseño del experimento, concernientes a que la cantidad de piezas que se proporcionarían para las corridas no fue cuantiosa, además de la disponibilidad limitada de los responsables en hacer las mediciones, surgió la necesidad de hacer el diseño más eficiente, para aprovechar al máximo los recursos con los que se cuentan y lograr obtener los indicadores necesarios que sustenten de una manera objetiva la toma de decisión. Debido a esto, se hizo un análisis más cuidadoso del sistema y se logró identificar que, no todos los tipos de piezas están sujetos a la misma contaminación de las superficies, en la siguiente tabla se muestra si es posible que la fuente de contaminación pudiese afectar las zonas en donde se van a adherir las piezas.

Tabla 3-1. Posibles Efectos de los Contaminantes sobre las Superficies

<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Antirruido Superior</b>	<b>Antirruidos Laterales</b>	<b>Emblemas</b>	<b>Estampas</b>
<b>1</b>	Si	Si	Si	Si
<b>2</b>	No	No	Si	Si
<b>3</b>	No	No	No	No

Elaboración propia

1. Vapores de cera que cubran toda la superficie, dejando una capa microscópica de partículas de cera, las cuales disminuyan la adherencia de los elementos que se

- pegan a la carrocería. Todos los elementos que se adhieren están sujetos a estas condiciones.
2. Después de la salida de la máquina de encerado, los operadores limpian por medio de un trapo las zonas en donde existió un escurrimiento de cera, con la posibilidad de que sus manos llegasen a tener contacto con la zona en donde se va a decorar.
  3. Cera que llegase a salpicar en las zonas en donde se van a pegar los elementos, debido a la alta presión de aplicación.

Con esta tabla se eliminó el tipo de contaminante 3 y se mantienen dos tipos de contaminantes sobre la superficie.

Debido a que el tipo de piezas y los contaminantes sobre la superficie no se pueden ajustar a un solo modelo factorial, ya que no todas las condiciones experimentales son las mismas para cada factor, se agrupó el diseño como se muestra en la Tabla 3-2.

Primero se correrá el modelo de los emblemas y las estampas con las diferentes clases de contaminantes sobre las superficies. Se hará de esta manera ya que se encontraron ciertas ventajas sobre los posibles resultados que se pudieran adquirir. Una de estas sería que un nivel del factor superficie es la contaminación del vapor de cera, el cual, permitirá corroborar finalmente, si este tiene un efecto no deseado sobre la adherencia de los elementos que se pegan sobre la superficie. De igual manera verificará la posibilidad de que su efecto sea muy bajo, por lo que se podría considerar insignificante para las conclusiones prácticas del experimento.

Tabla 3-2. Contaminantes sobre las Superficies.

Tipos de pieza	Tipos de superficie a usar
DVD	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Superficie con vapor de cera</li> <li>➤ Superficie sin vapor de cera</li> </ul>
Antirruídos de las partes laterales	Se analizará su adherencia mediante las pruebas de calidad pertinentes establecidas por la norma.
Emblemas M1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Superficie con vapor de cera.</li> <li>➤ Superficie que haya sido limpiada con un trapo y alcohol isopropílico después de haber sido contaminada con residuos de cera.</li> <li>➤ Superficie que haya sido protegida mediante una cinta adhesiva antes de pasar por el área del encerado.</li> </ul> <p>Modelo factorial // 2 factores con 3 niveles cada uno. Con 2 réplicas.</p>
Emblemas M2	
Estampas	

Elaboración Propia

### 3.4 Réplicas a correr

Durante el diseño del experimento, fueron surgiendo problemas sobre la obtención de las piezas auto adherentes para poder poner en marcha el experimento, ya que al tratarse de pruebas destructivas, el departamento buscó encontrar elementos defectuosos para no “desperdiciar” artículos en perfectas condiciones. Sin embargo, los elementos

defectuosos no servirían para correr las pruebas, dado que el departamento de calidad identifica que están defectuosos una vez que han sido pegados y removidos para corregir el problema. Es por lo que se tuvieron que conseguir elementos que se encontraran en perfectas condiciones, con la restricción de que no se obtendrían tantas como se desearía, por lo que las piezas obtenidas serían suficientes apenas para correr dos réplicas.

### ***3.5 Bloqueo del experimento***

Cuando se tenía el material suficiente para correr el experimento, se deseaba bloquearlo en un lapso de dos días, es decir, por cada día se llevarían a cabo nueve corridas. Con esto se buscaba incluir en el modelo el tiempo de secado sin tener que generar un factor nuevo, el cual si se hubiera introducido, ocasionaría que el número de corridas total del modelo hubiese aumentado. Sin embargo, dado a la dificultad que se generó en la planeación para correr el modelo en estos días, debido en gran medida a la disponibilidad del equipo de medición, se decidió no bloquear el modelo y se concluyó lo siguiente. El tiempo de secado es directamente proporcional a la adherencia que se genera, ya que mientras éste aumenta, la adhesión aumenta igualmente, sin embargo, esto sucede en las primeras 24 horas desde que se genera la unión, ya que después de este lapso, la adherencia se estabiliza y ya no experimenta un aumento en la fuerza de cohesión. Esta es la razón por la cual a las piezas se les dejó un tiempo de secado aproximado de tres días, para que la adherencia de todos los emblemas y estampas hayan alcanzado su máximo posible y después se le realizarán las pruebas de adherencia.

### ***3.6 Aleatorización de la secuencia de experimentación***

La aleatorización del modelo se hizo usando el programa computacional de Minitab, para el cual, se especificó que se usarían dos factores con tres niveles cada uno, además se deseaba correr el diseño sin bloqueo. Una vez introducidos estos datos, el software generó la secuencia de experimentación que finalmente se usaría.