CAPÍTULO 4

CAPACIDAD DEL PROCESO

CAPÍTULO 4

CAPACIDAD DEL PROCESO

En este capítulo se hace una evaluación de la situación actual de la producción de la tapa de las guanteras para el coche modelo *Jetta A4*. Para esto se realiza un análisis de capacidad del proceso, mediante herramientas gráficas, así como el uso de índices de capacidad de proceso.

4.1 DEFINICIÓN DE LA VARIABLE DE RESPUESTA

Lo primero que hay que realizar es definir la variable de respuesta, es decir, la característica numérica de la tapa de la guantera que provee información útil acerca de la calidad con la cual se elabora el producto. Al indicador de este caso se le denomina torsión, el cual se define como el desplazamiento respecto al valor nominal sobre el eje X en el sentido positivo, de acuerdo con la posición de la tapa en el coche. En la figura 4.1 se observan como están puestos los ejes de coordenadas en el automóvil.

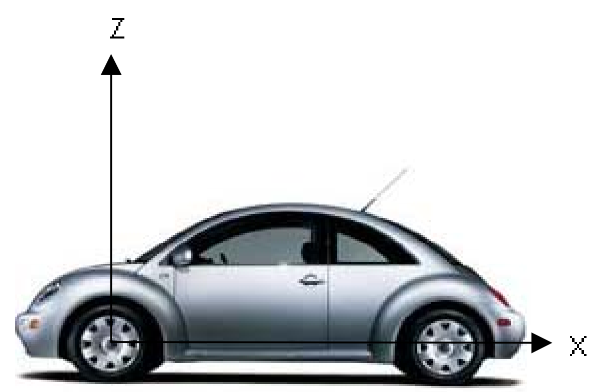

Figura 4.1. Ejes de coordenadas para los autos VW.

La torsión no debe tener un valor mayor a 0.7 milímetros. Para poder medirla se utiliza un indicador de carátula y el dispositivo de torcimiento, el cual puede verse en la figura 4.2.

Figura 4.2. Dispositivo para medir el torcimiento de la tapa de la guantera.

4.2 DEFINICIÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO

La técnicas estadísticas se utilizan a lo largo de todo el ciclo del producto como: en el desarrollo del producto, la manufactura del mismo, el cálculo de la variabilidad del proceso, la reducción y eliminación de la variabilidad y la definición de especificaciones, y requerimientos del proceso. A todas estas actividades se les conoce como el análisis de capacidad del proceso. "Se define al análisis de la capacidad de un proceso como al conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para cuantificar la variabilidad del proceso, analizar esta variabilidad en relación con los requisitos o especificaciones del producto, y para ayudar en el desarrollo y la manufactura, eliminando o reduciendo en gran medida esta variabilidad”[1].

El análisis de la capacidad del proceso es una parte vital del programa de control de calidad. Entre los principales usos del análisis de capacidad del proceso están los siguientes:

- Ayuda a modificar o rediseñar el proceso.
- Auxilia a especificar los requerimientos que debe de cumplir el equipo.
- Asiste a seleccionar el mejor proveedor.
- Apoya a predecir si el producto cumplirá con las especificaciones del cliente.
- Ayuda a planear la secuencia del proceso de producción cuando existe un efecto del proceso en las tolerancias.
- Asiste a reducir la variabilidad en un proceso de manufactura.

4.3 CÁLCULO DE LA NORMALIDAD DEL PROCESO

Las técnicas estadísticas que se utilizan en este proyecto, para el cálculo de la capacidad del proceso, parten del supuesto de que la variable a analizar tiene una distribución normal. Para saber si una variable se ajusta a una distribución en particular, se utilizan las pruebas de bondad de ajuste.

---

[1] Montgomery, Douglas. Control Estadístico de la Calidad. Ed. Iberoamérica. México 1991. Pág. 237

Para saber si la torsión de la tapa de la guantera se ajusta a una distribución normal se utiliza la prueba *Kolmogorov-Smirnov* de bondad de ajuste. Para esto se utiliza una muestra de tamaño 85 (ver apéndice 1) y los resultados de la prueba se muestran en la figura 4.3.

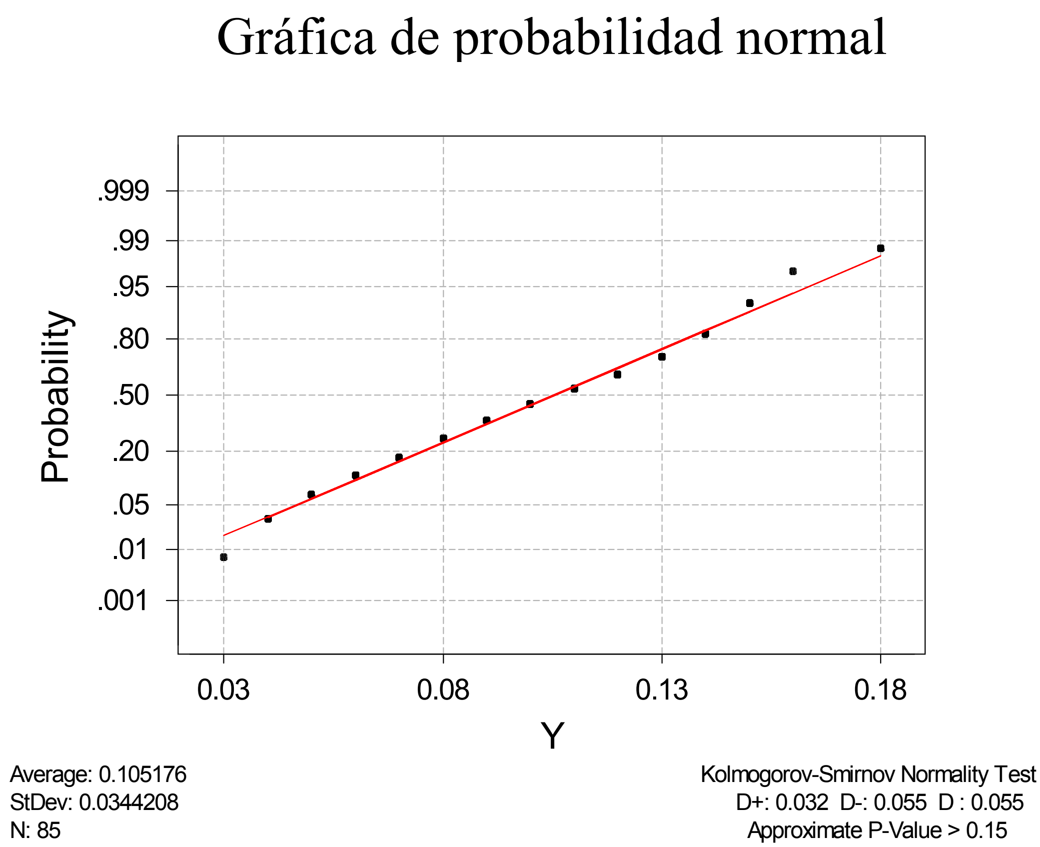

Figura 4.3. Resultados de la prueba *Kolmogorov-Smirnov*.

Al observar los resultados de la prueba de bondad y ajuste, y tras ver los puntos de la gráfica se ubican de manera aproximada a lo largo de la línea recta puede concluirse que la distribución normal es un modelo apropiado.

4.4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

Para el cálculo de la capacidad de un proceso existen diferentes técnicas tanto gráficas como matemáticas. En esta sección se muestran los diferentes métodos utilizados para calcular la capacidad actual del proceso de la tapa de la guanteras, basados en la torsión de las mismas.

4.4.1 ANÁLISIS DE CAPACIDAD UTILIZANDO EL HISTOGRAMA

El histograma junto con la media muestral y la desviación estándar muestral, proveen información sobre la capacidad del proceso. En la figura 4.4 se presenta el histograma de la muestra de 85 datos.

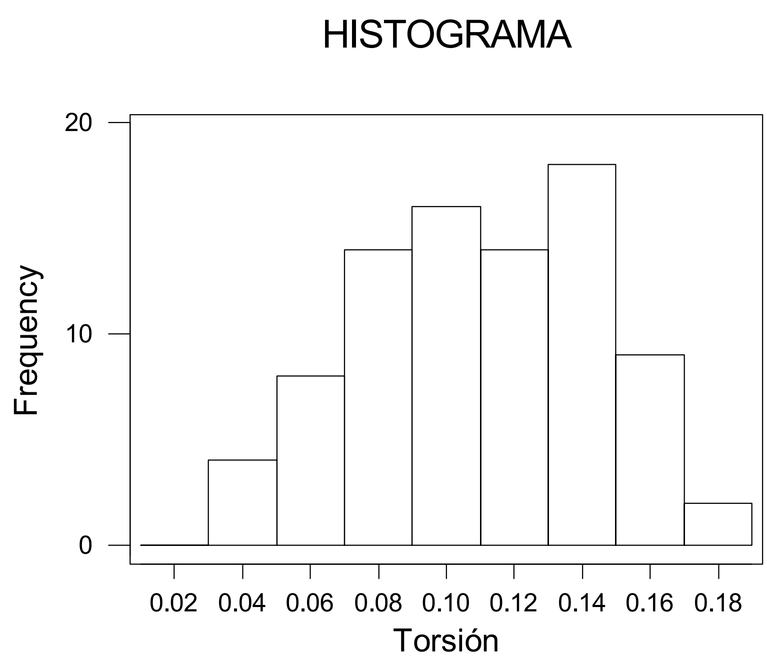

Figura 4.4. Histograma de la torsión de las tapas.

De este análisis también se obtiene la media y desviación estándar muestral que son:

$\overline{x}$ = 0.105 mm   s = 0.034 mm

En consecuencia, la capacidad del proceso se estima como: $\overline{x} \pm 3s$. Aplicando esta fórmula a este caso se tiene:

$$0.105 \pm 3(.034) = 0.105 \pm 0.102$$

4.4.2 ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO

Muchas veces es conveniente tener un número que nos indique la capacidad de un proceso, que utilizar un método gráfico. Una manera de hacer esto es por medio del índice de capacidad del proceso (C_p)

Tomando una muestra de 85 tapas (ver apéndice 1) y utilizando la fórmula de C_P para especificaciones unilaterales superiores se encontró que:

$$C_{pu} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

Donde:

- LSE es el límite superior de especificación.
- μ es la media muestral.
- σ es la desviación estándar muestral.

Al aplicar la fórmula se obtiene que:

C_{PU}= 5.83

Debido a que el C_{PU} es mayor que 1, nos indica que el límite superior de especificación queda fuera del límite superior de tolerancia natural y por consiguiente, no se producirán virtualmente unidades defectuosas.

Por otro lado, hay que considerar que el C_P es sólo un punto estimado, y como tal está sujeto a fluctuaciones. Una alternativa para tomar en cuenta esta fluctuación, es calcular el intervalo de confianza para el índice de capacidad del proceso. Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha/2,\,n-1}}{n-1}} \leq C_p \leq \hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi^2_{\alpha/2,\,n-1}}{n-1}}$$

Donde:

- n es el tamaño de muestra.
- X^2 es un valor de la tabla chi cuadrada (apéndice 2).
- $\alpha = 0.05$

Al aplicar la fórmula se obtiene que:

$$4.98 \leq \hat{C}_P \leq 6.74$$

Al observar que el límite inferior es mayor que 1, se confirma que no se producirán virtualmente unidades defectuosas.

Otro índice que se utiliza para calcular la capacidad del proceso es el C_{PK} el cual se define como:

$$C_{pk} = C_p(1-k)$$

Donde:

- k = 2 | media – objetivo | / tolerancia

Antes de aplicar la fórmula, es importante notar que conforme la media muestral es igual al objetivo, k = 0 y $C_{PK} = C_P$. Conforme la media muestral se desvía del objetivo, aumenta la diferencia absoluta entre ambas y el valor de k se incrementa. Los límites de especificación sólo se utilizan para determinar el valor de la tolerancia, por lo que esta medida se enfoca en el valor objetivo y no en lo límites de especificación.

Para poder aplicar esta fórmula supondremos que el valor objetivo es 0. El resultado que obtenemos es el siguiente:

$$C_{PK}= 4.08$$

Al ser el C_{PK} mayor que 1 se confirma que el proceso es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente y que el número de defectuosos será virtualmente cero.

Al igual que el índice C_{P}, el valor de C_{PK} es sólo un punto y está sujeto a fluctuaciones. Para tomar en cuenta esta fluctuación se calcula el intervalo de confianza para el índice C_{PK}. Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\hat{C}_{pk}\left[1 - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}^{2}_{pk}} + \frac{1}{2(n-1)}}\right] \leq C_{pk} \leq \hat{C}_{pk}\left[1 + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{9n\hat{C}^{2}_{pk}} + \frac{1}{2(n-1)}}\right]$$

Donde:

- n es el tamaño de muestra.
- Z es un valor obtenido de la tabla normal estándar (apéndice 3).
- $\alpha = 0.05$.

Al aplicar la fórmula se obtiene que:

$$3.44 \leq \hat{C}_{PK} \leq 4.71$$

Al observar que el límite inferior es mayor que 1, se concluye que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente.

Otro índice es el C_{PM}, que considera las desviaciones del valor objetivo a manera de pérdida cuadrática. Esta medición se basa en la función de pérdida económica de Taguchi. Su fórmula es la siguiente:

$$C_{pm} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \frac{(media - objetivo)^2}{\sigma^2}}}$$

Al aplicar la fórmula se obtiene que:

$C_{PM}= 1.79$

Debido a que el C_{PM} es mayor que 1 nos indica no se producirán virtualmente unidades defectuosas. Se puede observar, que este índice es menor que los anteriores, sin embargo hay que tomar en cuenta que éste se enfoca principalmente en el valor objetivo y no en los límites de especificación.