

Análisis de capacidad de proceso en la manufactura de antenas de televisión

Process Capability Analysis in the Manufacture of Television Antennas

Victorino Juárez Rivera

Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería. Cd. Mendoza, Veracruz

vijuarez@uv.mx

Jesús Medina Cervantes

Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería. Cd. Mendoza, Veracruz

jemedina@uv.mx

Rubén Villafuerte Díaz

Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería. Cd. Mendoza, Veracruz.

rvillafuerte@uv.mx

Omar Juárez Rivera

Universidad Veracruzana. Facultad de Contaduría y Administración. Ixtaczoquitlán,
Veracruz

ojuarez@uv.mx

Ignacio Sánchez Bazán

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencia Químicas. Orizaba, Veracruz

igsanchez@uv.mx

Resumen

El objetivo principal de esta investigación es analizar mediante el cálculo de índices de capacidad la calidad del producto de una empresa dedicada a la manufactura de antenas de televisión. Para alcanzar dicha meta se analizó el proceso de producción para identificar los puntos críticos en la manufactura de este producto. El parámetro a monitorear fue el vástago de la antena, en cuyas mediciones existía variabilidad. Las herramientas utilizadas para el análisis de calidad fueron las gráficas de control por variable: media, desviación estándar y rango. Además, se utilizó el cálculo e interpretación de la capacidad de proceso: el índice de capacidad potencial de proceso (C_p), el índice de capacidad para la especificación inferior

(C_{pi}), el índice de capacidad para la especificación superior (C_{ps}) y el índice de capacidad real (C_{pk}). Los resultados del análisis de capacidad que se obtuvieron cumplen de manera pobre las especificaciones del producto; asimismo, no existe un control para detectar variaciones en las mediciones de las especificaciones.

Palabras clave: índices de capacidad, gráficos de control, proceso, variabilidad.

Abstract

The main objective of this research is to analyze, by calculating capacity indexes, the quality of the product of a company dedicated to the manufacture of television antennas. In order to accomplish this the process to identify the critical points in its manufacture was analyzed. The parameter to be monitored was the stem of the antenna, in whose measurements existed variability. The tools used for quality analysis were the control charts by variable: mean, standard deviation and range, as well as the calculation and interpretation of the process capacity: index of potential capacity of process (Pc), index of capacity for the lower specification (lPc), index of capacity for the higher specification (hPc) and real capacity index (rPc). The results of the capacity analysis that were obtained poorly meet the product specifications, as well as it does not exist a control to detect variations in measurements of specifications.

Keywords: capacity indexes, control charts, process, variability.

Fecha Recepción: Febrero 2018

Fecha Aceptación: Junio 2018

Introducción

Hoy en día, en un mundo globalizado, es necesario estar actualizado en las cosas que nos rodea: el celular, la computadora, las nuevas enfermedades, la moda, la música, las tendencias sociales, los coches de lujo y demás situaciones que suceden a nuestro alrededor. Durante muchos años, los fabricantes han estudiado la manera de tener un producto de total satisfacción para su cliente, un producto que sea de calidad para todo aquel que lo adquiere. Por esta situación, se han implementado nuevas técnicas para tener productos de calidad,

como, por ejemplo, las siete herramientas de calidad, el método de las cinco eses (5S), el proceso y filosofía kaizen, entre otras metodologías; todo esto enfocado en la satisfacción del cliente.

La palabra *calidad* tiene muchos significados, dependiendo de la persona, empresa, producto o servicio en el que se utilice. Si empezamos por la raíz etimológica, dicho vocablo tiene sus inicios en el término griego *kalos*, que significa ‘lo bueno, lo apto’, y también en la palabra latina *qualitatem*, que significa ‘cualidad’ o ‘propiedad’. En este sentido, *calidad* es una palabra de naturaleza subjetiva, una apreciación que cada individuo define según sus expectativas y experiencias. Es un objetivo que califica acción, materia o individuo (Nava, 2005).

Centrados en el producto, el término *calidad* se entiende como un concepto relativo no ligado solamente a aquel, al producto, sino más bien al binomio producto-cliente. Reúne un conjunto de cualidades ligadas entre sí que todos los bienes y servicios poseen en mayor o menor medida. Constituye un modo de ser del bien o servicio. En consecuencia, al igual que en su sentido etimológico, es subjetivo y distinto según el punto de vista de quien la ofrece y de quien la consume (Varo, 1994).

Gráficas de control

Las gráficas de control son un tipo de gráfico en el que se representa el comportamiento de un proceso anotando sus datos ordenados en el tiempo.

El objetivo principal de los gráficos de control es detectar lo antes posible cambios en el proceso que puedan dar lugar a la producción de unidades defectuosas, y ello se consigue minimizando el tiempo que transcurre desde que se produce un desajuste hasta que se detecta (Verdoy, Mahiques, Sagasta y Sirvent, 2006).

Control estadístico de calidad

La estadística está formada por un conjunto de técnicas y conceptos orientados a la recolección y análisis de datos tomando en cuenta la variación en los mismos. Por su parte, el control estadístico de la calidad es la aplicación de técnicas estadísticas al control de calidad (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

El control estadístico de la calidad se puede dividir en tres amplias categorías: la estadística descriptiva, la tendencia central y el control estadístico de procesos.

La estadística descriptiva

Se utiliza para describir las características de calidad y la relación de los buques. Se incluyen estadísticas como la medida de tendencia central, las medidas de dispersión o variabilidad, desviación estándar, entre otras.

Tendencia central

Gutiérrez y de la Vara (2009) mencionan que la tendencia central de los datos es identificar un valor en torno al cual estos tienden a aglomerarse o concentrarse. Esto permitirá saber si el proceso está centrado, es decir, si la tendencia central de la variable de salida es igual o está muy próxima a un valor nominal deseado.

El control estadístico de procesos

Consiste en la inspección de una muestra aleatoria de la salida de un proceso y decidir si el proceso está produciendo productos con características que caen dentro de un intervalo predeterminado. El control estadístico de procesos responde a la cuestión de si el proceso está funcionando correctamente o no.

Causas comunes y causas asignables o especiales

El proceso está afectado por un gran número de factores —por ejemplo, oscilaciones de las características del material utilizado, variaciones de temperatura y humedad ambiental, la variabilidad introducida por el operario, etc.— que inciden en él y que inducen una variabilidad en las características del producto fabricado. Si el proceso está operando de manera que existen pequeñas oscilaciones de todos estos factores, pero de modo que ninguno de ellos tiene un efecto preponderante frente a los demás, entonces, en virtud del teorema del límite central (TLC), es esperable que la característica de calidad del producto fabricado se distribuya de acuerdo con una ley normal. Al conjunto de esta multitud de factores se le denomina *causas comunes*. Por el contrario, si circunstancialmente incide un factor con un efecto preponderante, entonces la distribución de la característica de calidad no tiene por qué

seguir una ley normal y se dice que está presente una causa especial o asignable. Por ejemplo, si en un proceso industrial se está utilizando materias primas procedentes de un lote homogéneo y se continúa la fabricación con materias primas procedentes de otro lote, cuyas características son muy diferentes de las anteriores, es muy posible que las características de los productos fabricados sean significativamente distintas a partir de la utilización del nuevo lote.

Por definición, se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes. El control estadístico de procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica denominada *gráfico de control*.

Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza fabricada (Ruiz, 2006).

Un gráfico de control no es más que una sencilla técnica gráfica para observar y controlar una característica de calidad de una sola variable. Su función es la de obtener una estimación del parámetro principal que describe la variabilidad de dicha característica para luego aplicar técnicas de comprobación de hipótesis al fin de establecer si el proceso está controlado (Hansen y Ghare, 1990).

El objetivo de una gráfica control no es lograr un estado de control estadístico como un fin, sino reducir la variación.

Un elemento básico de las gráficas de control es que las muestras del proceso de interés se han seleccionado a lo largo de una secuencia de puntos en el tiempo. Dependiendo de la etapa del proceso bajo investigación, se seleccionará la estadística más adecuada.

Cabe destacar que hay dos tipos de gráficos de control por variable y por atributo, los cuales se describen a continuación.

Gráficos de control por variables

Las cartas de control X y R se usan ampliamente para monitorear la media y la variabilidad.

El control del promedio del proceso, o nivel de calidad medio, suele hacerse con la gráfica de control para medias o gráfica X. La variabilidad de proceso puede monitorizar con

una gráfica de control para el rango, llamada *gráfica R*. Generalmente, se llevan gráficas X y R separadas para cada característica de la calidad de interés.

Las gráficas X y R se encuentran entre las técnicas estadísticas de monitoreo y control de procesos en línea más importantes y útiles.

Capacidad de procedimiento (proceso)

Si un proceso normal está en control estadístico, la característica de calidad de 99.73 % de los elementos fabricados estará comprendida entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$. El parámetro μ depende del punto en el que centremos el proceso. Sin embargo, σ depende del número y variabilidad de las causas comunes del proceso y, por lo tanto, es intrínseca a él. Por lo tanto, 6σ es la variabilidad natural del proceso o capacidad del proceso.

$$\text{Capacidad del proceso} = 6\sigma$$

Es esencial resaltar que la variabilidad natural del proceso 6σ es intrínseca a él e independiente de las tolerancias que se asignen. Por lo tanto, si 6σ es menor que el intervalo de las tolerancias a cumplir, necesariamente algunos productos fabricados estarán fuera de tolerancia y serán no conformes. Si no se tiene en cuenta este hecho y se pretende corregir a base de reajustar el proceso, es decir, modificar el centrado, lo único que se consigue es aumentar la variabilidad del mismo.

El índice de capacidad potencial del proceso C_p

Con objeto de comparar la capacidad del proceso y la amplitud de las tolerancias a satisfacer, se define el índice de capacidad de proceso:

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{6\sigma} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que T_s y T_i son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar,

el índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de este.

$$C_p = \frac{\text{variación tolerada}}{\text{variación real}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Si se pretende que la producción esté dentro de tolerancia, es necesario que $C_p > 1$.

Índice de capacidad real del proceso C_{pk}

Si el proceso no estuviese centrado, el valor de este índice falsearía el grado de cobertura con respecto a fabricar piezas fuera de tolerancias. En estos casos es más significativo el índice C_{pk} , que se define:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{T_s - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - T_1}{3\sigma} \right\} \quad \text{Ecuación 3}$$

De este modo se define un proceso capaz como aquel que $C_{pk} > 1$.

Aplicando estos mismos conceptos a la variabilidad atribuible de una máquina de las que integran el proceso de fabricación, se puede definir la capacidad de máquina, el índice de capacidad de máquina C_m y C_{mk} (Ruiz, 2006).

Proceso de manufactura

La antena rómbica está constituida por un tubo central de aluminio de 3/4", denominado *vástago* (54.5 cm), el cual, en sus extremos, tiene dos tapones. En la parte frontal tiene fijada con una abrazadera y tornillos dos ángulos de aluminio de 3/8", los cuales, a su vez, están fijados en el cuerpo medio bajo del vástago con un aislante Yagui y sus respectivos tornillos. En la parte posterior de la antena están sujetos con una abrazadera un par de tubos de aluminio de 3/8", denominados *varillas*. Más al centro del vástago se encuentra el aislante central fijado con un tornillo en u con rondanas y tuercas —esto es para su instalación en la casa habitación, ahí va sujetado el tubo de soporte.

Figura 1. Antena rómbica

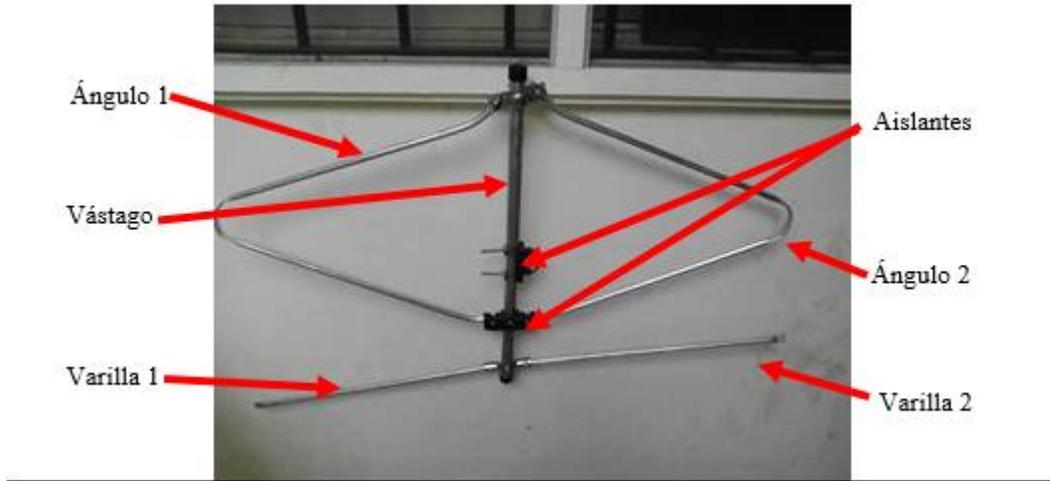


Figura 1 Antena rómbica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Materiales para la construcción de antena

Materiales	
• Tubo de 3/4"	• Rondanas 3/16
• Tubo de 3/8"	• Polietileno
• Tornillos 5/32" x 1 1/2"	• Lámina galvanizada
• Tornillos 5/32" x 1"	• Aislante 3
• Tuercas 5/32"	• Aislante 2

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de la elaboración de la antena rómbica se detectó un punto crítico en la forma de medir la distancia de corte de cada una de las piezas que se elaboran en la empresa. Se trata de la forma en la que miden la distancia del vástago, esto es, con el flexómetro es medida la distancia del punto de corte y colocan un banco para marcar o señalar la distancia. Sin embargo, este banco es pesado y difícil de manipular. El piso donde colocan el banco, además, es irregular, lo que provoca que el banco tenga movimiento y no sea estable. Este método de medir influye en la calidad del producto final, ya que ocasiona que los cortes no

sean los exactos y, por consiguiente, hace que las probabilidades de que las piezas cortadas tengan diferente medida a las especificadas por el proceso sean mayores.

Metodología

Tomando en cuenta esta problemática, lo que se prosiguió a hacer fue tomar las medidas de corte en una muestra para posteriormente efectuar un control estadístico de calidad. Esto con el fin de verificar cómo se comporta el proceso en este punto crítico.

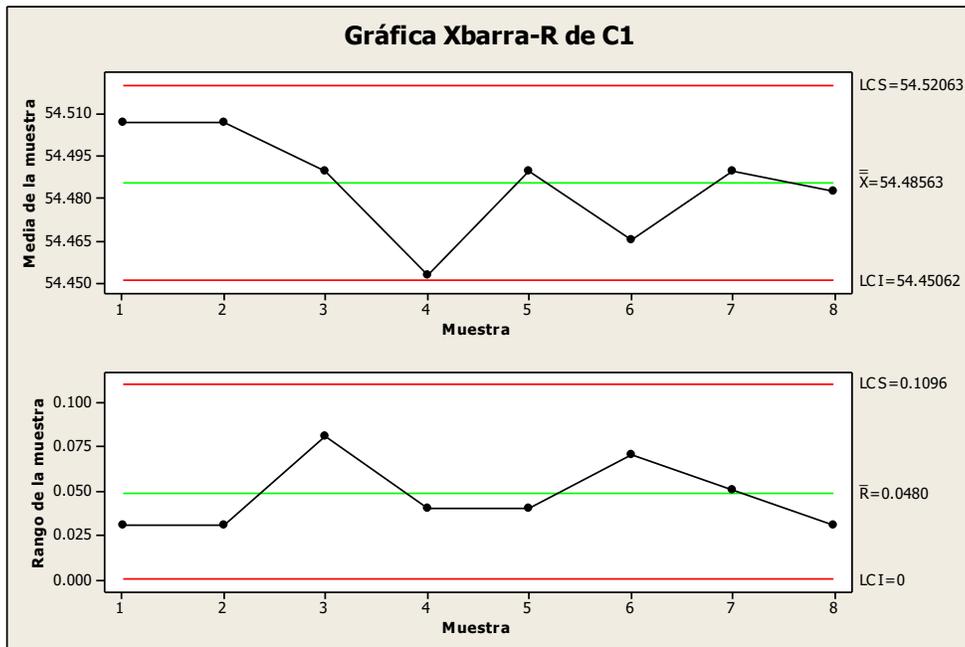
El control estadístico de calidad para cada tipo de pieza (vástago, varilla y ángulo) se efectuará por medio del *software* estadístico. Este programa ofrece las herramientas adecuadas para llevar a cabo con mayor precisión este tipo de metodología, como lo es la proyección de datos en gráficas de control e histogramas, por mencionar un par.

Control estadístico de procesos para la manufactura de la antena rómbica mediante el software estadístico

El primer paso para hacer un control estadístico de proceso es conocer el tipo de la muestra. La muestra que se tiene es del tipo variable, ya que es una longitud. Posteriormente se necesita conocer el gráfico que se tiene que usar para la variable. Se usará el gráfico medias (Xbarra) de rango (R) y el de desviación estándar (S). Enseguida se comparan las tres gráficas para tener un mejor análisis de resultados y se elaboran las gráficas de Xbarra-R para monitorear las medias muestrales y rangos muestrales. También se usa el gráfico de Xbarra-S para comparar la desviación estándar con rangos muestrales. Y se despliega la gráfica Xbarra de longitud (cm).

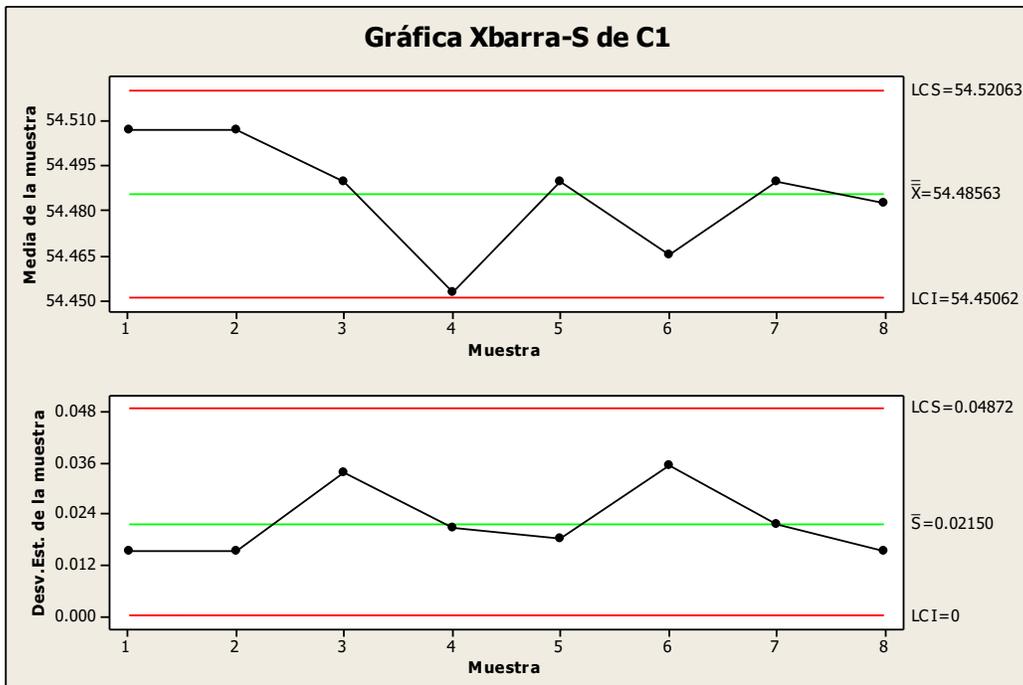
Para las gráficas R y S se sigue el mismo procedimiento que en el gráfico Xbarra. A continuación, las gráficas R y S.

Figura 2. Gráfica de control de media de longitud



Fuente: Elaboración propia

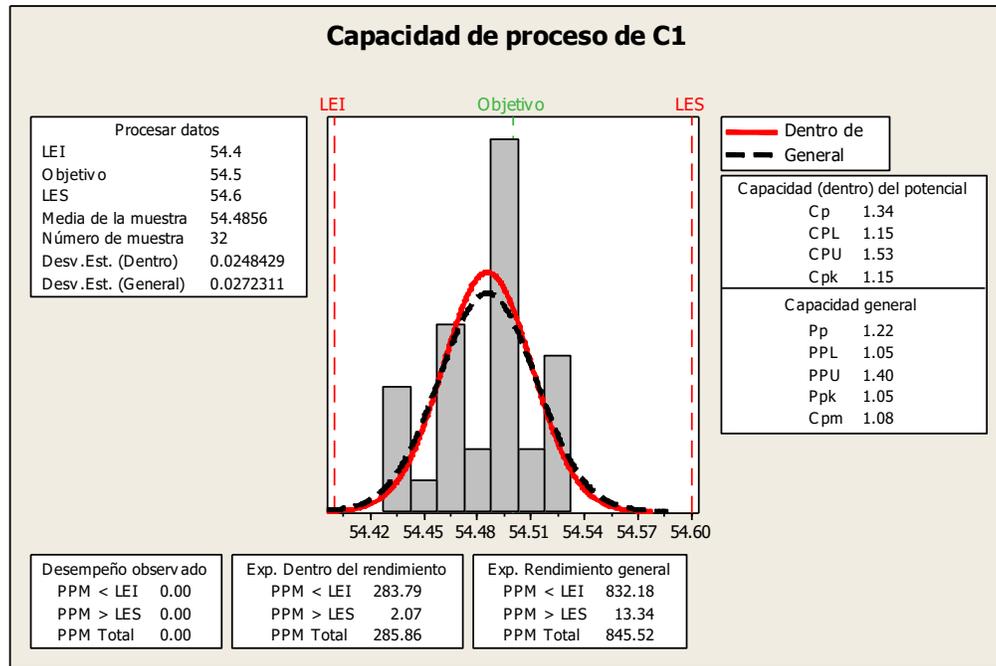
Figura 3. Gráfica de rangos de la longitud



Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos y extraídos del vástago se desarrolló el estudio de análisis de capacidad. Se calcula el índice de capacidad potencial del proceso, índice de capacidad potencial inferior y superior, índice de capacidad real para corto y largo plazo, así como el índice Taguchi. En la figura 4 se muestra la gráfica de capacidad de proceso del vástago.

Figura 4. Análisis de capacidad de proceso del vástago



Fuente: Elaboración propia

Análisis de resultados

Los datos estadísticos descriptivos muestran el comportamiento del proceso. Se puede observar que la media es de 54.467 cm, la desviación estándar es pequeña, con 0.0274 cm, la mediana de 54.49 cm y con un rango de 0.1 cm.

El índice de capacidad potencial para la medición del vástago es adecuado, el cual es mayor a 1.33. Sin embargo, se puede mejorar el índice introduciendo la metodología seis sigma. El índice de capacidad para la especificación inferior está por debajo de 1.33, por lo que necesita ser atendido. El índice de capacidad para la especificación superior es de 1.53. Por último, el índice de capacidad real C_{pk} , que es el valor mínimo de C_{pl} y C_{pu} , es de 1.15 y no es satisfactorio en su calidad.

En la comparación de las gráficas Xbarra-R no se encuentra ni una anomalía en el gráfico: todas ellas caen dentro de las especificaciones inferiores y superiores.

Conclusiones

El estudio de capacidad de proceso es una herramienta útil para determinar si los parámetros establecidos están centrados en el valor objetivo de nuestro producto. Si bien los diferentes materiales cumplen con las especificaciones del cliente o se encuentran dentro de las tolerancias permitidas, el centro del proceso permite evaluar cómo la empresa desempeña este proceso.

Las gráficas de control aplicadas de tipo variable como media, desviación estándar y rango permiten monitorear de manera minuciosa el desempeño del proceso en sus diferentes turnos. La base de las gráficas de control está fundamentada en la seis emes (6M): máquinas, materiales, mediciones, mano de obra, madre naturaleza y método; factores clave para identificar desviaciones importantes en el desarrollo del proceso de manufactura.

La aplicación de estas herramientas en el control de la calidad de las antenas permitirá reducir su variabilidad en la fabricación de los componentes y contribuirá en doble sentido: tanto a sensibilizar a los trabajadores al logro de tener más productos centrados en el valor objetivo como iniciar sentido de pertenencia con base fundamental en la calidad del producto.

Referencias

- Colomer, M. (1997). *Estadística en el control de calidad*. Lérida, España: Universidad de Lleida.
- Cruz, J. (s. f.). *Historia de la calidad*. Ed. Excellentia.
- Devore, J. L. (2005). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (6.^a ed.). México: Thomson Learning.
- Fernández, S., Cordero, J. M. y Córdoba, A. (2002). *Estadística descriptiva* (2.^a ed.). Madrid, España: ESIC Editorial.
- Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Hansen, B. y Ghare, P. (1990). *Control de calidad: teoría y aplicaciones*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Johnson, K. (2008). *Estadística elemental* (10.^a ed.). México: Cengage Learning.
- Juan, P., Mateu, J., Sagasta, S. y Sirvent, R. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*. Castelló de la Plana, España: Universitat Jaume I.
- Miranda, F. J., Chamorro, A. y Rubio, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid, España: Delta.
- Montgomery, D. (2004). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa.
- Nava, V. (2005). *¿Qué es la calidad? Conceptos, gurús y modelos fundamentales*. México: Limusa.
- Nieves, A. y Domínguez, F. (2010). *Probabilidad y estadística para ingeniería. Un enfoque moderno*. Ciudad de México, México, México: McGraww-Hill.
- Rodríguez, L. (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Ruiz, A. (2006). *Control estadístico de proceso*. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.
- Valdés, L. (1997). *Conocimiento es futuro : hacia una sexta generación de los procesos de calidad*. Ciudad de México, México: Centro para la calidad tota y la competitividad.
- Varo, J. (1994). *Gestión estratégica de la calidad en los servicios sanitarios*. Madrid, España: Díaz de Santos.

Walpole, E., Myers, S. y Myers, R. (1999). *Probabilidad y estadística* (6.^a ed.). Estado de México, México: Pearson Educación.