

El control estadístico de procesos (SPC): aplicaciones y beneficios en la industria

Víctor Mendoza Martínez¹, Pablo Nuño de la Parra²

1 Universidad del Valle de México , victor.mendozamar@uvmnet.edu

2 Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla pablo.nuno@upaep.mx

Resumen

Actualmente existen una gran cantidad de filosofías, técnicas y herramientas enfocadas al mejoramiento de la calidad de los productos que las empresas fabrican. En esta amplia gama de opciones se encuentran el control estadístico de procesos (SPC, Statistical Process Control, por sus siglas en inglés) el cual tuvo sus inicios en la década de los años veinte del siglo pasado. La metodología empleada en este trabajo parte del concepto de control estadístico de procesos, fundamentos, tipos de gráficos de control y uso específico de cada uno de ellos. Se describen las principales aplicaciones del control estadístico de procesos y beneficios en la industria. Al final se discute su vigencia a casi noventa años de su nacimiento.

Palabras Clave: Control estadístico de procesos, calidad, variabilidad, gráficos de control.

Statistical process control (SPC): applications, benefits and today in XXI century industry

Abstract

Currently there are a lot of philosophies, techniques and tools aimed at improving the quality of the products that companies produce. In this wide range of options are statistical process control (SPC), which had its beginnings in the mid-twenties of last century. The methodology used in this work on the concept of statistical process control, fundamentals, types of control charts and specific use of each. It describes the main applications of

statistical process control and profits in the industry. Finally we discuss its effect almost ninety years of its birth.

Keywords: Statistical process control, quality, variability, control charts.

Introducción

“Es un hecho inevitable que en esta época, casi en cualquier parte del mundo -incluido México-, la clave del éxito reside en ser competitivos, entendiendo por éxito que la sociedad obtenga los satisfactores materiales y emocionales que le permitan vivir con calidad” (Cantú, 2011, p. 3).

Las compañías son cada vez más rápidas en su respuesta a las necesidades del consumidor y a los cambios del mercado, disponen de mejores métodos de trabajo, subcontratan en forma agresiva para mejorar su productividad y crean diferencias necesarias en sus productos y servicios para enfrentar y superar a la competencia (Porter, 1996).

La producción de alta calidad proporciona algunas ventajas tales como reducción de desperdicios, retrabajos y el aumento de la participación en el mercado. Para este fin existen algunos requisitos que se deben cumplir. En primer lugar la organización debe ser cooperativa y la calidad debe ser lo primero. Por otra parte, con el fin de cumplir con los requisitos de calidad del producto final, la calidad debe lograrse en todas las etapas de la producción (Ugur & Caltug, 1995).

Actualmente existen una gran cantidad de filosofías, técnicas y herramientas enfocadas al mejoramiento de la calidad de los productos que las empresas fabrican y resulta difícil para los administradores decidir cuál de ellas implementar. En esta amplia gama de opciones se encuentran el control estadístico de procesos (SPC, Statistical Process Control, por sus siglas en inglés) el cual tuvo sus inicios en la década de los años veinte del siglo pasado, siendo el Dr. Walter Shewhart quien encabezó estos estudios y el desarrollo de métodos estadísticos (Cantú, 2011) .

Los métodos estadísticos de control de procesos aplican principios y técnicas estadísticas en todas las etapas de diseño, fabricación y mantenimiento (Rungtusanatham, 2001). Estos métodos estadísticos de control de calidad son muy diferentes de los métodos tradicionales y han hecho una gran contribución a la mejora de las empresas que se ocupan de la producción en masa (Güllü & Motorcu, 2006).

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo ilustrar en que consiste el control estadístico de procesos (SPC), sus aplicaciones, beneficios y actualidad dentro de la industria de nuestros tiempos.

Metodología

La metodología empleada en este trabajo parte del concepto de control estadístico de procesos, fundamentos, tipos de gráficos de control y uso específico de cada uno de ellos. Se describen las principales aplicaciones del control estadístico de procesos y beneficios en la industria. Al final se discute su vigencia a casi noventa años de su nacimiento.

Concepto

La historia del control estadístico del proceso (SPC) se remonta a los años 1920 y Western Electric, que forma parte de los laboratorios Bell, donde Walter Shewhart observa que los procesos del mundo real, tales como la fabricación de piezas, rara vez generan datos distribuidos normalmente. Llegó a la conclusión de que estas variaciones son inherentes al proceso (variación común) y la variación extra (variación especial). La ausencia o presencia de la variación especial determina si un proceso está dentro o fuera de control (Kumiega & Vliet, 2008).

El control estadístico de procesos consiste esencialmente en medir las características de calidad de un producto, compararlas contra especificaciones de fabricación o cliente y cuando existen disconformidades, realizar las acciones correctivas necesarias para que estas no se vuelvan a presentar (Fischer, 1985).

Fundamentos

Un proceso de producción se caracteriza por involucrar máquinas, materia prima, métodos, mano de obra y medio ambiente. En cualquier proceso de fabricación existe un cierto grado de variabilidad entre un producto y otro que no se puede eliminar completamente debido a que los factores anteriormente mencionados en el proceso no son constantes. Un ejemplo de ello es la variación en los suministros, desgaste de herramientas y equipos, operarios nuevos o con poco entrenamiento (Besterfield, Gráficas para el control de variables, 1994).

Se conoce como variación natural a la producida por innumerables pequeñas causas no asignables, comunes aleatorias, que son tan ligeras que no pueden considerarse individualmente como razón única de una desviación del proceso. Son de naturaleza aleatoria, y como dependen del azar, se puede realizar su estudio por métodos estadísticos. Por otra parte, se denomina variación accidental a la producida por causas asignables, especiales o atribuibles, es decir, las que podemos investigar hasta dar con la razón específica que las produce y que además suelen ocasionar desviaciones relativamente grandes en el resultado del proceso (Pulido & Salazar, Cartas de control para variables, 2009).

Mediante la identificación de las causas asignables y la toma de medidas correctivas para evitar que reaparezcan, se puede obtener un proceso afectado únicamente por causas comunes (no asignables) de variación. En estas condiciones, el proceso se hace previsible permitiendo cuantificar dicha variación para intentar cuantificarla. Este es el objetivo fundamental del control estadístico de procesos (Kolesar, 1993).

En estadística juegan un papel característico y diferenciador las variables cualitativas y las variables cuantitativas. En el control de procesos por variables las características que se controlan están constituidas por mediciones precisas de dimensiones, como longitudes, diámetros, pesos, etc. (variables cuantitativas). Mientras que en el control de procesos por atributos se realiza una clasificación entre los productos que cumplen una cierta característica de calidad y los que no la cumplen (variable cualitativa) (Grant & Leavenworth, 1986).

El control de procesos por atributos tiene la ventaja, respecto del control de procesos por variables, de que permite considerar diferentes características de calidad al mismo tiempo y clasificar el producto como disconforme si no satisface la especificación de cualquiera de ellas. Su realización suele ser más rápida y barata, ya que, en general, se emplean instrumentos más simples (Shaw, 1991).

El estudio de la capacidad es una forma de comparación entre la variabilidad permitida en el diseño del producto y la variabilidad obtenida en la fabricación del mismo. La variabilidad permitida en el diseño se refleja en las especificaciones y tolerancia del producto. La variabilidad obtenida en la fabricación se determina con el estudio estadístico del producto fabricado (Pulido & Salazar, Estado de un proceso: capacidad y estabilidad, 2009).

Tipos de gráficos de control

Un gráfico de control es una representación gráfica de una característica de calidad, medida o calculada a partir de muestras del producto, en función del número de las muestras o el tiempo. La grafica tiene una línea central que representa el valor medio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control (causas no asignables). En la gráfica se muestran también otras dos líneas horizontales, llamadas límite superior de control (LSC) y límite inferior de control (LIC). Mientras los puntos se encuentren entre los límites de control, se considera que el proceso está bajo control y no es necesario tomar ninguna acción. Sin embargo, un punto que se encuentre fuera de los límites de control se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control, y son necesarias acciones correctivas para encontrar y eliminar la o las causas asignables a este comportamiento. Se acostumbra a unir los diferentes puntos muestrales en el diagrama de control mediante segmentos rectilíneos con objeto de visualizar mejor la evolución de la secuencia de los puntos a través del tiempo (Montgomery, 1991).

Los gráficos de control pueden clasificarse en dos tipos generales: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. En el gráfico de control por variables es

posible medir la característica de calidad objeto de estudio y expresarla como un número. En estos casos conviene describir la característica de calidad mediante una medida de tendencia central y una medida de su variabilidad. El diagrama de la media es el que más se usa para controlar la tendencia central, mientras que las gráficas basadas en la amplitud muestral o en la desviación estándar muestral sirven para controlar la variabilidad del proceso (Stuart, Mullins, & Drew, 1996).

Es un hecho que muchas características de calidad no se miden en una variable cuantitativa. En estos casos puede clasificarse cada unidad del producto como conforme o disconforme, según posea o no ciertos atributos, o bien se puede contar el número de disconformidades (defectos) que aparecen en una unidad del producto. Los gráficos de control para estas características de calidad se llaman gráficos de control por atributos (Marsh & Tucker, 1991).

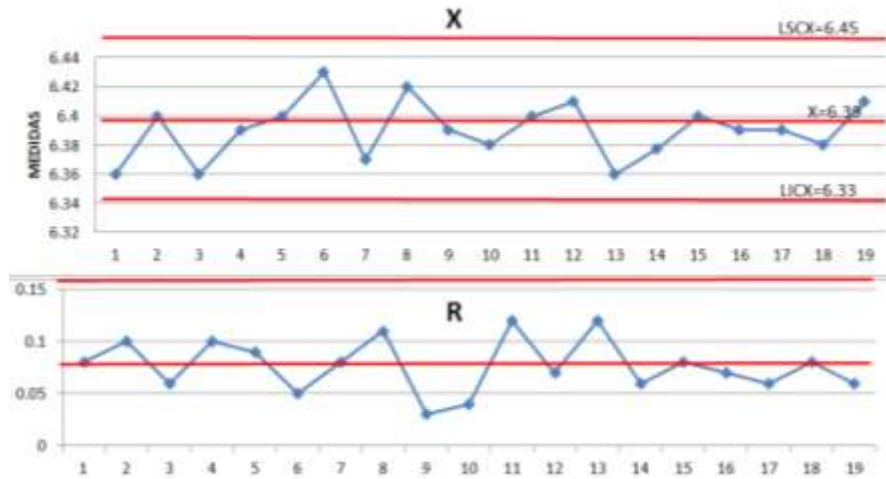
Uso de los gráficos de control para variables

Entre los gráficos de control por variables más importantes tenemos los siguientes: gráfico de medias (\bar{X}) y gráfico de rangos (R) (ver Figura 1).

Besterfield (Gráficas para el control de variables, 1994) menciona que este tipo de gráficos son principalmente utilizados para:

- Mejorar la calidad.
- Definir la capacidad del proceso.
- Tomar decisiones relativas a las especificaciones del producto, tomar decisiones relacionadas con el proceso de producción, tomar decisiones relativas a productos recién elaborados.

Figura 1. Ejemplo de gráfico de control para medias (X) y rangos (R)

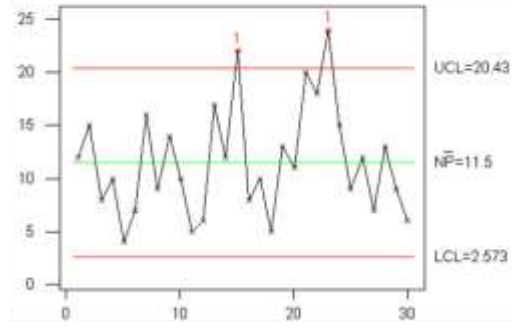
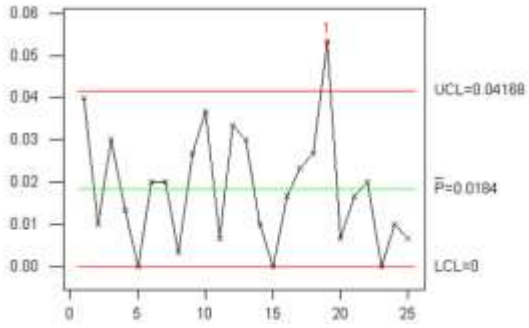


Fuente: Elaboración propia

Uso de los gráficos de control para atributos

Entre los gráficos de control por atributos tenemos los siguientes: gráfico de proporción de unidades defectuosas o gráfico p (Figura 2), gráfico del número de unidades defectuosas o gráfico np (Figura 2), gráfico del número de defectos c (Figura 3) y gráfico del número de defectos por unidad u (Figura 3).

Figura 2. Ejemplo de gráficos de control por atributos para proporción de unidades defectuosas (p) y número de unidades defectuosas (np)

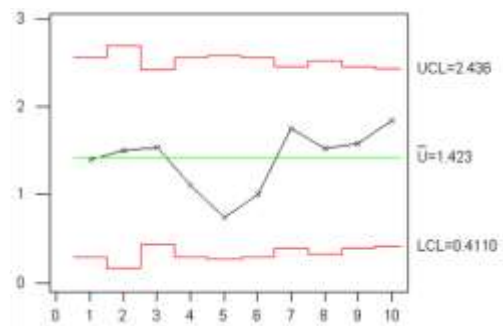
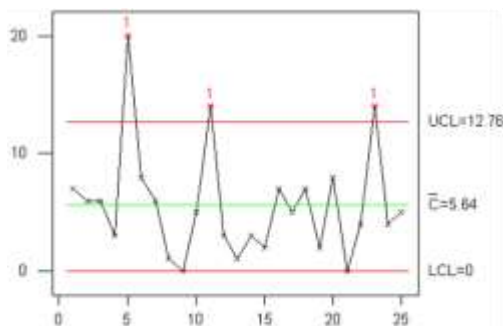


Fuente: Elaboración propia

Besterfield (Gráficas de control por atributos, 1994) menciona que este tipo de gráficos son principalmente utilizados para:

- Calcular el nivel promedio de la calidad, mejorar la calidad del producto.
- Llamar la atención del área administrativa siempre que se produzca cualquier desviación respecto del promedio, evaluar el desempeño de la calidad del personal de operación y administrativo. Definir el criterio de aceptación de un producto antes de enviarlo al cliente.

Figura 3. Ejemplo de gráficos de control por atributos número de defectos (c) y número de defectos por unidad (u)



Fuente: Elaboración propia

Aplicaciones en la industria del control estadístico de procesos (SPC)

El control estadístico de procesos se ha implantado y aplicado en diversas industrias, no sólo en los EE.UU., sino también en empresas de todo el mundo. Por ejemplo, la evidencia

documentada de la implementación del control estadístico de procesos ha sido reportada en las industrias de manufactura como la automotriz (Dale & Shaw, 1989), proveeduría automotriz (Lascelles & Dale, 1988), química (Chaudhry & Higbie, 1989), electrónica (Kumar & Gupta, 1993), metal mecánica y maquinados (Güllü & Motorcu, 2006), etcétera. También se pueden enunciar aplicaciones en la industria de servicios como salud (Welsh, 1997), transporte (Benneyan & Chute, 1993) y comida rápida como Kentucky Fried Chicken (Apte & Reynolds, 1995).

Beneficios de la aplicación de control estadístico de procesos (SPC)

Entre los beneficios para las empresas que han aplicado el control estadístico de procesos se pueden mencionar los siguientes:

- El control estadístico de procesos es una metodología simple que resulta en grandes beneficios para el seguimiento de los procesos con baja tasa de defectos y que actualmente, a través de una corrección en los gráficos p basándose en la fórmula de corrección cuantil Cornish-Fisher usan la gráfica p para monitorear procesos de muy alta calidad (Joekesa & Pimentel, 2013).
- SPC facilita la supervisión del rendimiento "en tiempo real" y permite la detección temprana y la intervención en el funcionamiento de los procesos. Hace fácil la interpretación de los gráficos para los operadores y ha demostrado ser útil en la detección y diferenciación de variación sistémica versus individual (Smith, Garlick, Gardner, Brighthouse, Foster, & Rivers, 2013).
- Permite entender y evaluar la capacidad de los procesos de fabricación entre los límites de tolerancia y especificaciones de ingeniería. Desarrolla técnicas sistemáticas con el fin de mejorar la sensibilidad y robustez (Haridy, Wua, & Castagliola, 2011).
- El SPC se centra en el control de la variabilidad debido a una causa asignable. Por tanto, se logra la estandarización en los procesos y reducción de costos (Govindarajan, y otros, 2010).
- La implementación del control estadístico de procesos (SPC) ayuda a las industrias manufactureras en la toma de mejores decisiones para el sistema de medición y los

procesos de fabricación de una forma integrada y eficiente para lograr la calidad de la producción deseada (Villeta, Rubio, Valencia, & Sebastián, 2012).

El control estadístico (SPC) de procesos actualmente

La aplicación del SPC no solo se aplica en la industria de transformación. Actualmente se usa como herramienta en procesos de investigación en áreas médicas, alimentos, nanotecnología y para ello tres ejemplos.

Investigación y control de pacientes en el área médica. El control estadístico de proceso (SPC) es aplicado para monitorear la estabilidad del proceso de colocación de pacientes en tratamientos de radioterapia. Una vez medidos los errores de colocación, si estos indicaban una pérdida de estabilidad se identifica la causa principal y se procede a eliminarla para prevenir dichos errores (Govindarajan, y otros, 2010).

Industria alimenticia. Un gran número de datos microbiológicos se obtiene normalmente a diario de las industrias de procesamiento de alimentos con fines de seguimiento (por ejemplo, pasa / no pasa). Mediante la integración de herramientas tales como los gráficos de control y análisis de la capacidad de proceso. La aplicación de este tipo de herramientas es útil para el seguimiento o la optimización de la calidad microbiológica de los productos ya que se pueden producir advertencias por adelantado (es decir, fuera de las situaciones de control) que permite la implementación de las acciones correctivas y de prevención de fallos antes de una salida de estado de control se convierte en una situación fuera de especificación. Por lo tanto, la calidad microbiológica de los productos se puede mejorar y, esencialmente, un proceso de mayor capacidad se puede conseguir a largo plazo (Mataragas, Drosinos, Tsola, & Zoiopoulos, 2012).

Industria de la construcción. Es usado para la detección de daño en estructuras en salientes. Se basa en los datos obtenidos a partir de las vibraciones libres de la primera modalidad de la estructura, medida en un sólo un punto. El concepto de la longitud de la señal se introduce aquí como una función para el control estadístico de procesos. Un modelo estadístico consistente con la teoría del valor extremo se ajustó a los datos

operacionales y se utiliza para establecer los límites de control. Una estrategia basada en el control de corridas se adopta para aumentar la sensibilidad de la detección (Zapico-Valle, García-Diéguez, González-Martínez, & Worden, 2011).

Conclusiones

En 1924 el Dr. Walter Shewhart diseñó el primer gráfico de control (Stuart, Mullins, & Drew, 1996), dando pie a una revolución en lo que al estudio del control de la calidad y estadística industrial se refiere. A casi noventa años del nacimiento de lo que hoy conocemos como el control estadístico de procesos (SPC), continúa siendo una valiosa herramienta para las industrias tanto de transformación como de servicios.

Metodologías modernas y de gran aplicación en la industria actual como Seis Sigma utilizan el control estadístico de procesos como una de sus herramientas básicas para entender, controlar y disminuir la variabilidad en los procesos de fabricación y de servicios.

El control estadístico de los procesos y el método de la capacidad del proceso resultan efectivos para determinar los problemas de calidad y su solución en las empresas pequeñas y medianas empresas (Güllü & Motorcu, 2006; Mataragas, 2012)).

Referencias.

- Apte, U. M., & Reynolds, C. C. (1995). Quality management at Kentucky Fried Chicken. *Interfaces*, 25(3), 6-21.
- Benneyan, J. C., & Chute, A. D. (1993). SPC, process improvement, and the Deming PDCA circle in freight administration. *Production and Inventory Management Journal*, 34(1), 35-40.
- Besterfield, D. H. (1994). Gráficas de control por atributos. En D. H. Besterfield, *Control de calidad* (págs. 235-273). México: Prentice hall.
- Besterfield, D. H. (1994). Gráficas para el control de variables. En D. H. Besterfield, *Control de Calidad* (págs. 103-163). México: Prentice Hall.
- Cantú, H. (2011). Evolución e importancia de la calidad total. En H. Cantú, *Desarrollo de una cultura de calidad* (págs. 3-7). México: McGraw-Hill.

- Chaudhry, S. S., & Higbie, J. R. (1989). Practical implementation of statistical process control in a chemical industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 6(5), 37-48.
- Dale, B. G., & Shaw, P. (1989). The application of statistical process control in UK automotive manufacture: some research findings. *Quality and Reliability Engineering International*, 5(1), 5-15.
- Fischer, A. M. (1985). The computer - a tool for statistical process control. *Programming of statistical quality control applications*, 1-7.
- Govindarajan, R., Lluoguera, E., Melero, A., Molero, J., Soler, N., Rueda, C., y otros. (2010). El control estadístico de proceso puede ayudar a prevenir los errores de tratamiento sin aumentar los costes en radioterapia. *Revista de Calidad Asistencial*, 25(5), 281-290.
- Grant, L. E., & Leavenworth, S. R. (1986). *Control estadístico de calidad*. México: McGraw-Hill.
- Güllü, A., & Motorcu, A. R. (2006). Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. *Materials and Design*, 364-372.
- Haridy, S., Wua, Z., & Castagliola, P. (2011). Univariate and multivariate approaches for evaluating the capability of dynamic-behavior processes (case study). *Statistical Methodology*, 8, 185-203.
- Joekesa, S., & Pimentel, E. B. (2013). An improved attribute control chart for monitoring non-conforming proportion in high quality processes. *Control Engineering Practice*, 21(4), 407-412.
- Kolesar, P. J. (1993). The relevance of research on statistical process control to the total quality movement. *Journal of Engineering and Technology Management*, 10, 317-338.
- Kumar, S., & Gupta, Y. P. (1993). Statistical process control at Motorola's Austin assembly plant. *Interfaces*, 23(2), 84-92.
- Kumiega, A., & Vliet, V. B. (2008). Perform SPC Analysis. *Quality Money Management*, 251-262.
- Lascelles, D. M., & Dale, B. G. (1988). A study of quality management methods employed in UK automotive suppliers. *Quality and Reliability Engineering International*, 4(3), 301-309.
- Marsh, C. E., & Tucker, T. W. (1991). Application Of SPC Techniques to Batch Units. *STATISTICAL PROCESS CONTROL*, 30(1), 39-47.
- Mataragas, M., Drosinos, E. H., Tsola, E., & Zoiopoulos, P. E. (2012). Integrating statistical process control to monitor and improve carcasses quality in a poultry slaughterhouse implementing a HACCP system. *Food Control*, 28, 205-211.

- Montgomery, D. C. (1991). Cómo funciona el diagrama de control. En D. C. Montgomery, *Control estadístico de la calidad* (págs. 87-99). México: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V.
- Porter, M. E. (1996). What is strategy? *Harvard Business Review*, 59-79.
- Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2009). Cartas de control para variables. En H. G. Pulido, & R. d. Salazar, *Control estadístico de calidad y seis sigma* (págs. 182-208). México: McGraw-Hill.
- Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2009). Estado de un proceso: capacidad y estabilidad. En H. G. Pulido, & R. d. Salazar, *Control estadístico de calidad y seis sigma* (págs. 266-271). México: McGraw-Hill.
- Rungtusanatham, M. (2001). Beyond improved quality: the motivational effects of statistical process control. *Journal of Operations Management*, 19, 653-673.
- Schippers, W. A. (1998). Applicability of statistical process control techniques. *International journal of production economics*, 525-535.
- Shaw, J. A. (1991). Statistical Process Control for the Process Industries. *STATISTICAL PROCESS CONTROL*, 30(1), 99-106.
- Smith, I. R., Garlick, B., Gardner, M. A., Brighthouse, R. D., Foster, K. A., & Rivers, J. T. (2013). Use of Graphical Statistical Process Control Tools to Monitor and Improve Outcomes in Cardiac Surgery. *Heart, Lung and Circulation*, 22, 92-99.
- Stuart, M., Mullins, E., & Drew, E. (1996). Statistical quality control and improvement. *European Journal of Operational Research*, 88, 203-214.
- Ugur, N., & Caltug, H. (1995). Statistical quality control. *KOSGEB Education Centre*(25).
- Vidaurri, F. C., & Schwarz, J. L. (1991). SPC: Soul for an Old Machine. *Statistical Process Control*, 30(1), 49-58.
- Villeta, M., Rubio, E. M., Valencia, J. L., & Sebastián, M. Á. (2012). Integrating the continuous improvement of measurement systems into the statistical quality control of manufacturing processes: A novel link. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61(1), 507-510.
- Welsh, F. (1997). Charting new territory. *Quality Progress*, 30(2), 63-66.
- Zapico-Valle, J. L., García-Diéguez, M., González-Martínez, M. P., & Worden, K. (2011). Experimental validation of a new statistical process control feature for damage detection. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25, 2513-2525.