

Envío: 20-02-2012

Aceptación: 29-02-2012

Publicación: 01-06-2012

LOS GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

ATTRIBUTE CONTROL CHART

Elena Pérez Bernabeu¹

Miguel Ángel Sellés Cantó²

Víctor Gisbert Soler³

1. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Departamento de Estadística e investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia.
2. Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica. Ingeniero de Organización Industrial. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Tecnología de Materiales.
3. Doctor Ingeniero Industrial. Profesor del Departamento de Estadística, Investigación Operativa Aplicadas y Calidad de la Universidad Politécnica de Valencia.

RESUMEN

En este artículo se expone la utilidad de los gráficos por atributos, que forman parte de un grupo de herramientas de calidad. Los gráficos de control se pueden definir como una herramienta estadística que se utiliza para controlar un proceso y permiten a las personas responsables de controlar un determinado proceso poder conocer las causas de la variabilidad existente, y en algunos casos, realizar predicciones. Los gráficos de control se pueden clasificar, según la característica que se desee controlar, en dos grandes grupos: Gráficos de Control por Variables y Gráficos de Control por Atributos.

PALABRAS CLAVE

Control de calidad, herramienta estadística, gráficos de control por atributos.

ABSTRACT

In this paper, it is explained the utility of the attribute control chart, that belong to a quality tools set. Control charts can be defined as a statistical tool used for controlling processes and it allows to the people in charge of controlling a process to know the reasons of variation and, sometimes, to make predictions. We can classify Control charts, according to the characteristic to be controlled, in two big groups: Variable Control charts and Attribute Control charts.

KEY WORDS

Quality control, statistical tool, attributes control charts.

INTRODUCCIÓN

La Calidad se ha convertido en los últimos años en uno de los factores decisivos más importante entre los consumidores a la hora de elegir un producto o servicio.

La historia del concepto de la calidad se remonta a la preocupación por el trabajo bien hecho, por tanto, siempre ha existido un concepto intuitivo de la calidad.

La Revolución Industrial impulsó el campo de la calidad, pero sobre todo, el desarrollo de herramientas estadísticas y gerenciales que ocurre durante el siglo XX. El consumidor, tanto institucional como el particular, más exigente cada día, y la fuerte competencia nacional e internacional, provocan una evolución constante en las bases filosóficas y en la práctica de la Gestión de la Calidad.

La II guerra mundial fue el catalizador que permitió ampliar el cuadro de control a diversas industrias en los Estados Unidos, cuando la simple reorganización de los sistemas productivos resultó inadecuada para cumplir las exigencias del estado de guerra y posguerra.

Los gráficos de control se pueden definir como una herramienta estadística que se utiliza para controlar un proceso. Permite al responsable del mismo distinguir entre las causas de variación que aparecen en el mismo:

- Variabilidad debida a causas comunes, que nos permite realizar predicciones sobre el estado del proceso.
- Variabilidad debida a causas especiales, que no nos permiten predecir la situación del proceso en un determinado momento.

Un gráfico de control nos facilita (Carot 1998) ^[1]:

1. Vigilancia y control del proceso evitando la producción de defectos. Sigue la filosofía: hágalo bien a la primera.
2. Aumento de la homogeneidad de la producción mediante la disminución de la variabilidad del proceso.
3. Evita los ajustes innecesarios, con el lema de si no está roto, no lo repares.
4. Proporciona información sobre los parámetros del producto y del proceso, lo que permitirá conocer mejor nuestra actividad productiva.

Los gráficos de control se pueden clasificar en dos grandes grupos en función de la característica de calidad que se controle:

- Gráficos de Control por Variables: La característica de calidad es una variable, que puede medirse y expresarse como un número en una escala de medición continua.

- Gráficos de Control por Atributos: Muchas características de calidad no se miden en una escala continua o en una escala cuantitativa. En estos casos, cada unidad del producto puede juzgarse como conforme o disconforme en base a si posee o no ciertos atributos, o puede contarse el número de disconformidades (defectos) que aparecen en una unidad del producto.

Existen gráficos de control para la media, la dispersión, la proporción de piezas defectuosas y la proporción de defectos o sus frecuencias. Para controlar la media destacamos los siguientes, entre otros muchos:

- Media Muestral (Shewhart 1931 ^[11])
- Medias Móviles (Montgomery 1991 ^[6])
- CUSUM (Page 1954 ^[7]; Lucas and Saccucci 1990 ^[5])
- EWMA (Roberts 1959 ^[10]; Crowder 1987 ^[3])

Y además, se puede aplicar cada uno de estos gráficos con distintas metodologías:

- Parámetros constantes (PC)
- VSS (Variable Sample Size). No se mantiene el tamaño de muestra constante, sino que se adapta al proceso, en función de su comportamiento. (Prahbu, Runger, and Keats 1993 ^[8]; Costa 1994 ^[2])
- VSI (Variable Sample Interval). No se mantiene el intervalo de muestreo constante, sino que se varía en función del comportamiento del proceso. (Reynolds Jr et al. 1988 ^[9])
- VSSI (Variable Sample Size and Sampling Interval). Es una combinación de VSS y VSI. (Costa 1997 ^[2])
- Metodología de Daudin (Daudin 1992 ^[4])

Para el control de la dispersión, los gráficos más habituales son: Rango Muestral, Desviación Típica, Cuasidesviación Típica y Cuasivarianza, con sus correspondientes CUSUM, y EWMA, y las metodologías utilizadas por estos gráficos, como la para la media: Parámetros Constantes y Parámetros Variables (VSS, VSI y VSSI). (Montgomery 1991 ^[6])

Por último, hay cuatro tipos de gráficos de control para atributos según la naturaleza del control a realizar, que son los siguientes:

- Basados en la distribución Binomial:
 - Gráfico np- Número de unidades defectuosas en muestras de tamaño constante.
 - Gráfico p - Porcentaje de unidades defectuosas en muestras de tamaño variable.
- Basados en la distribución de Poisson:
 - Gráfico c - Número de defectos por muestra en muestras de tamaño constante.
 - Gráfico u - Número de defectos por unidad en muestras de tamaño variable.

Existe una amplia bibliografía referente a los gráficos por variables, pero en cambio hay menos aportaciones para los gráficos por atributos.

GRÁFICOS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

Los gráficos de control por atributos constituyen la herramienta esencial utilizada para controlar características de calidad con sólo dos situaciones posibles, como por ejemplo: conforme/disconforme, funciona/ no funciona, defectuoso/no defectuoso, presente/ausente, etc.; o bien para características que se puedan contar, como número de manchas, número de golpes, número de rayas, etc. También en algunas ocasiones se tratan características por variables como atributos, en el caso de que sólo se considere si se cumplen o no las especificaciones de calidad sin importar cuál es el valor concreto de dicha variable. Las especificaciones de calidad son las medidas deseadas de las características de la calidad en un producto. Las características de calidad se evalúan con respecto a estas especificaciones.

Por lo general, los gráficos por atributos no ofrecen tanta información como los gráficos por variables, ya que una medición numérica es más informativa que la sola clasificación de una unidad como conforme o disconforme.

Aun así, los gráficos por atributos son muy útiles en el sector servicios y en los esfuerzos de mejora de la calidad fuera de la manufactura, ya que no es fácil medir en una escala numérica un gran número de las características de calidad que se encuentran en estos escenarios.

Al igual que en los gráficos de control por variables, el gráfico de atributos representa un estadístico T del proceso (como puede ser el número de defectos) frente al número de la muestra o al tiempo. Una línea central representa el valor medio o esperado del estadístico, mientras que la especificación de los límites de control es una de las decisiones críticas que deben tomarse al diseñar un gráfico de control.

Un punto que se encuentra fuera de los límites de control se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control.

Además, incluso si todos los puntos se hallan comprendidos entre los límites de control, pero se comportan de manera sistemática o no aleatoria, también se tendría un proceso fuera de control.

En el uso de este tipo de gráficos han de considerarse las siguientes limitaciones:

- Es necesario tomar muestras de tamaño grande para obtener información significativa.
- Son aplicables a procesos que presentan cantidades considerables de disconformidades (defectos), o unidades no conformes (defectuosas).
- No avisan de cambios adversos en el parámetro que queremos controlar en el proceso hasta que se han registrado un mayor número de defectos o unidades no conformes.
- Las verificaciones pueden estar influidas por subjetividades de las personas que evalúan la muestra, por lo que se hace necesario el establecimiento de unos criterios de conformidad escritos y con apoyo de medios visuales que minimicen estas diferencias.

Por otra parte, el uso de estos gráficos de control comporta las siguientes ventajas:

- La recogida de información de atributos es rápida y poco costosa.
- Se pueden aplicar a cualquier tipo de característica.
- Permiten identificar las causas especiales de variación que afectan al proceso cuando los valores representados en la gráfica se salen de los límites de control especificados, es decir, cuando el proceso está estadísticamente fuera de control.

Las aplicaciones más frecuentes de estos gráficos son las siguientes:

- En el control de características de calidad del tipo conforme/defectuoso o muy costosas de medir en una escala numérica.
- En una primera toma de información en el proceso para detectar las operaciones que provocan más defectos.
- En el control de procesos que generan cantidades grandes de defectos.

En este artículo se presentan gráficos de control por atributos en dos grupos:

- Se puede comparar un producto con un estándar y se clasifica como defectuoso o no (gráficos p y np)
- En algunos productos, la existencia de un defecto no necesariamente conlleva a que el producto sea defectuoso; en tales casos, puede resultar conveniente clasificar un producto según el número de defectos que presenta (gráficos c y u).

Es importante notar que los gráficos p y u permiten trabajar con muestras de tamaños diferentes, mientras que los gráficos np y c están diseñados para muestras de tamaño constante.

LOS GRÁFICOS np Y p

Los gráficos np y p se utilizan para controlar la proporción de piezas defectuosas que genera el proceso; el primero exige que el tamaño de muestra sea constante mientras que el segundo no (Montgomery 1991 ^[6]).

EL GRÁFICO p

El gráfico p es un gráfico de control del porcentaje o fracción de unidades defectuosas (cociente entre el número de artículos defectuosos en una población y el número total de artículos de dicha población).

Este tipo de gráfico se basa en la evaluación del número de unidades defectuosas en muestras de tamaño variable tomadas a intervalos fijos de tiempo. Se utiliza cuando en un muestreo no puede mantenerse constante el tamaño de muestra.

Generalmente se requiere un tamaño de muestra grande, tanto para este gráfico de control como para el resto de gráficos de control por atributos. Este tamaño de muestra ha de ser lo suficiente como para que en cada muestra se registren varias unidades defectuosas, de forma que puedan evidenciarse cambios significativamente favorables, como la aparición de muestras con cero unidades defectuosas.

Los principios estadísticos que sirven de base al diagrama de control p se basan en la distribución Binomial: supóngase que el proceso de producción funciona de manera estable, de tal forma que la probabilidad de que cualquier artículo no esté conforme con las especificaciones es p , y que los artículos producidos sucesivamente son independientes. Representando por X_i al número de artículos defectuosos en la muestra i -ésima, tendremos que $X_i \approx B(n_i, p)$.

EL GRÁFICO np

Los gráficos np se aplican al mismo tipo de procesos que en el caso anterior. La diferencia está en que, en lugar de contabilizar la proporción de unidades defectuosas en una muestra, se considera el número de unidades defectuosas en la muestra, para ello se toman de forma sistemática muestras de tamaño constante a intervalos fijos de tiempo. Este tipo de gráficos permite analizar el número de artículos defectuosos para así poder detectar la posible existencia de causas especiales en el proceso productivo. En cada muestra se evalúa el número de unidades defectuosas, independientemente de que se presenten varios defectos en alguna unidad.

Los principios estadísticos que sirven de base al gráfico de control np se basan en la distribución Binomial, al igual que en el gráfico p explicado anteriormente.

LOS GRÁFICOS c Y u

Los gráficos c y u sirven para controlar el número de defectos; el primero exige que el tamaño de muestra sea constante, mientras que este requisito no es necesario en el gráfico u . (Montgomery 1991^[6])

EL GRÁFICO c

Este tipo de gráfico controla la evolución de los defectos presentes en muestras de tamaño constante tomadas a intervalos fijos de tiempo.

El gráfico c está basado en el número total de defectos o de no conformidades en la producción. Los principios estadísticos que sirven de base al gráfico de control c se basan en la distribución de Poisson.

EL GRÁFICO u

Este tipo de gráfico representa los defectos por unidad presentes en muestras tomadas a intervalos fijos de tiempo. Al trabajar en defectos por unidad este gráfico u permite trabajar tanto con muestras de tamaño fijo como variable.

Se utiliza cuando en un muestreo como el definido para el gráfico c , no puede mantenerse constante el tamaño de la muestra. Debido a ello se trabaja con tasa de defectos por unidad.

CONCLUSIONES

Los gráficos de control son una herramienta poderosa para las empresas. Pero a la vez son también un arma de doble filo, puesto que si no se conocen sus propiedades y cualidades, pueden usarse de forma incorrecta, no sirviendo para su propósito final – que no es otro más que mejorar los procesos de producción y reducir los costes de todo tipo.

La variable a monitorizar ha de estar claramente definida, así como los resultados que se espera obtener. En ese caso, hay una amplia variedad de gráficos de control, y en este artículo se han detallado los gráficos de control por atributos, cuya utilidad está siendo estudiada cada vez más por sus innegables ventajas. Además, existen muchas variantes de los modelos de gráficos originales que se adaptan a casi cualquier situación requerida.

REFERENCIAS

- [1] **Carot, V.** 1998. Control Estadístico de la Calidad. Valencia: Servicio de Publicaciones de la U.P.V. - 98.4007.
- [2] **Costa, A.F.B.** 1997. " \bar{X} Chart with Variable Sampling Size and Sampling Intervals." Journal of Quality Technology 29 (2): 197–204.
- [3] **Crowder, S.V.** 1987. "A Simple Method for Studying Run-Length Distributions of Exponentially Weighted Moving Average Charts." Technometrics 29:401–407.
- [4] **Daudin, J.J.** 1992. "Double Sampling \bar{X} Charts." Journal of Quality Technology 24 (2): 78–87.
- [5] **Lucas, J.M., and M.S. Saccucci.** 1990. "Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes: Properties and Enhancements." Technometrics 32:1–12.
- [6] **Montgomery, Douglas C.** 1991. Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica.
- [7] **Page, E.S.** 1954. "Continuous inspection schemes." Biometrika 41:100–115.
- [8] **Prahu, S.S., G.C. Runger, and J.B. Keats.** 1993. "An Adaptive Sample Size \bar{X} Chart." International Journal of Production Research 31:2895–2909.
- [9] **Reynolds Jr, Marion R., Raid W. Amin, Jesse C. Arnold, and Joel A. Nachlas.** 1988. " \bar{X} Charts with Variable Sampling Intervals." Technometrics 30 (2): 181–192.
- [10] **Roberts, S.W.** 1959. "Control-Charts-Tests based on geometric moving averages." Technometrics 1:239–250.
- [11] **Shewhart, W.A.** 1931. Economic Control of Quality of Manufactured Product. D. Van Nostrand Company, Inc., Toronto, Canada.