Tema 12. SPC – Gráficas de control

Introducción

De acuerdo con SPC Consulting group, "las gráficas de control son diagramas que sirven para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición" (s.f.). Estos diagramas son fundamentales para el estudio del control: puedo que proporcionan un acceso visual a información que es más complicada de atender en formato de texto.

Las gráficas de control son una herramienta estadística ampliamente valorada en la industria, sobre todo en la automóvil. Su anterior se debe a que ofrecen un parámetro visual del estado de los procesos: presenta las series y tendencias, así como el diagnóstico del comportamiento respecto al tiempo. Con estas acciones se pueden identificar las fuentes de variación y, por lo tanto, detectar problemas.

En este tema aprenderás los tipos de gráficas de control de acuerdo con los datos que presentan, sus elementos y cómo estos interactúan para verificar si el proceso ha mejorado.

Explicación

Control por variables

De acuerdo con AIAG (2005), las gráficas de control por variables son útiles por las siguientes razones:

- Un valor cuantitativo contiene información más específica que uno cualitativo.
- A pesar de que necesitan datos por variables es más sencillo conocer que hacerlo por atributos. Asimismo, existe poder estadístico a una serie de decisiones con menor cantidad de datos y muestras, lo cual produce una reducción de costes debido a la eficiencia.
- Con los datos de variables, los resultados pueden ser analizados una vez que se cuantifican. Esto aspecto contribuye a la mejora continua.

El estudio de estos diagramas a través de pares facilita el análisis del rango de variación y el promedio del proceso mismo. El par más usado, por convención y manejo, son las gráficas de promedios y rangos, también conocidas como gráficas X y R.

Los pares de gráficas más comunes son:

Gráfica de promedios y rangos (X, R).

Gráfica de promedios y desviaciones estándar (X, s).

Gráfica de medianas y rangos (X, R).

Gráficas de lecturas individuales y rangos móviles (X, MR).

TABLA 8.5ª Elementos para la selección de una carta de control por variables.

CARTA	PROPÓSITO	USO	TAMAÑO DE SUBGRUPO, n	CONSIDERACIONES ADICIONALES
En medias X	Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está impulsada en la normalidad, las funciones base pueden ser funciones débiles si asumimos control del límites.	Procesos discretos (de medianz a alto volumen). Ideal para el control de procesos que producen varias artículos o variedades.	a > 1 Si n = 1 se recomienda usar otra carta. A medida que n crece la carta detecta mejor los propuestos cambios en el promedio. Se recomienda usar un tamaño de n menor que 10 si se quiere detectar rápidos cambios moderados y grandes, que son los que más ocurren en la práctica.	Aumentar de control indican dónde se espera que varíen los medios de los subgrupos, por lo que se pueden usar para sustituir las mediciones individuales, y no tienen que cumplir las especificaciones.
Rango (R)	Analiza los rangos de los subgrupos para ver si hay cambios en la amplitud de la variación del proceso. Es útil para detectar efectos en pasos o la carta.	Se usa conjuntamente con la carta X cuando n > 10. Se ha de ajustar a el mismo tipo de proceso que la carta X.	2 ≤ n ≤ 10 Aunque que n crece es más difícil detectar cambios en pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.	Es importante utilizarlo conjuntamente con la X. Si n = 1 no se puede usar el rango de nivel, sólo utilizar el dos puntos para la de lecturas.
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula a partir de los subgrupos para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. Es útil para la normalidad afecta en pose a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta X cuando n > 10. Es más sensible a los cambios moderados que la carta.	n > 10 Dado el tamaño de subgrupo considerado (cada vez cuando se quieren detectar rápidos cambios en la dispersión del proceso se está disponiendo a atender cosas cuidado.	Tiene la carta Z como dos, tienen una mayor sensibilidad a los cambios cuando n aumenta y se está disponiendo a atender cosas cuidado.
Individuales (X)	Analiza cada medición individual del proceso para detectar cambios grandes en el promedio. Es útil en la amplitud de dispersión. Es útil para la normalidad afecta en pose a la carta.	Procesos de lotes volumen, flujos de producción, tiempo considerable (de un día a otro) o cuando no es práctico dividir.	Por propiedad n = 1	Si en unos procesos es importante detectar cambios más pequeños y rápidos, se recomienda utilizar otra carta más sensible (la EWMA o CUSUM, véase capítulo siguiente).

Figura 1. Elementos para la selección de una carta de control para variables. Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (2ª ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

En la figura 1 se observa que el uso de cada una de estos diagramas sigue los supuestos presentados. Su elección se adecúa al tamaño de muestreo (n), así como al uso que se le da a la representación visual del comportamiento de los datos.

Control por atributos

De acuerdo con AIAG (2005), las gráficas de control por atributos son separadas en distintas categorías, por ejemplo: conformancho conforme, pasa/no pasa, aprueba/falla, bajo/medio/alto. A pesar de ser menos comunes en la práctica, estas gráficas suelen ser provechosas por los siguientes motivos:

- Las situaciones de datos de atributos son sólidas en situaciones de diversa índole, por ejemplo, en procesos técnicos o administrativos. El rato es desarrollar definiciones precisas conforme a la información disponible.
- Los datos de atributos se encuentran disponibles en múltiples situaciones (inspecciones, bibliotecas de reparación, clasificaciones de material, etcétera). No implica complicaciones adicionales para obtener la información, solo se requiere convertir los datos para procesarlos en una gráfica de control.
- Los datos de atributos pueden ser recolectados de forma rápida y sencilla. Si se trata de un gage (pasa/no pasa) o de una inspección visual, les convierte en una alternativa más rápida y económica en comparación con los datos de variables.
- Muchos de los datos recolectados para reportes administrativos contienen información de atributos, por ejemplo, proporciones de scrap/desperdicios, auditorías de calidad y reportes por rechazos de material. Los datos de atributos se pueden observar en una gráfica de control y son útiles para identificar causas especiales y crear reportes administrativos sustanciosos.

Las principales gráficas de atributos son:

Proporción no conforme (gráfica p).

Gráfica de número de partes no conformes (gráfica np).

Gráfica de número de no conformidades por unidad (gráfica u).

Gráfica de número de no conformidades (gráfica c).

TABLA 8.5ª Elementos para la selección de una carta de control de atributos.

CARTA	PROPÓSITO	USO	TAMAÑO DE SUBGRUPO, n	CONSIDERACIONES ADICIONALES
Proporción de defectuosos (p)	Analizar la proporción de unidades defectuosas por subgrupo (unidades inspeccionadas/ unidades representadas). Se suponen una distribución binomial.	Por lo general se utilizará para inspecciones, pruebas o procesos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado.	El valor de n puede ser constante o variable, pero suficientemente grande para tener una alta probabilidad de que en cada subgrupo se detecte por lo menos una pieza defectuosa. Esto se logra normalmente a mal que	No es adecuada si n es pequeño, en consecuencia se utiliza recomendada. Para n muy grande, de uno a varios años, los límites de control resultan muy estrechos, por lo cierto, no mejor graficar la proporción de defectos de individuales. Si n es muy variable de un subgrupo a otro (más de 20%), se debe utilizar una carta estandarizada o una con límites variables.
Número de defectuosos (np)	Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (unidades inspeccionadas por cada muestra representativa). Se supone una distribución binomial.	Se aplica en la misma situación que la carta p, pero se prefiere cuando se quiere monitorear el número de rechazos. Es más fácil graficar los puntos en la carta al estar trabajando con números enteros.	El valor de n debe ser constante y en cuanto a n, no tiene ni se aplicarse los límites criterios que en la carta p.	Aplicar los dos primeros observaciones para la carta p. Cuando n crece, la sensibilidad o potencial de la carta para detectar cambios es mayor.
Número de defectos por subgrupo (c)	Monitorea el número de defectos por subgrupo o unidad, ésta puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de área, o un lote de área o volumen. Se suponen una distribución de Poisson.	Uno de sus usos es en procesos de producción, donde se busca localizar una o más áreas de defectos relativamente grandes. Es útil para que exista un encuentro defectos, el artículo no se rechaza. También se usa para variables como número de goteo, de errores, de pares, de clavos, etcétera.	El tamaño de subgrupo o unidad es constante. De ser posible no algo de la forma que el número promedio de defectos por subgrupo. Cuanto menor sea mayor que nunca.	Si en cada subgrupo se esperan cero o más pocos defectos, mucho menos que nunca, aunque mejor. Si carta no es eficiente, es mejor usar otra carta. Buscar que n cumpla con
Número promedio de defectos por unidad (u)	Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Se suponen una distribución de Poisson.	Igual que la carta c, pero se prefiere cuando existe un número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del número de defectos por subgrupo.	El tamaño de subgrupo o unidad puede ser variable, pero siempre esta confirmada por varias unidades de referencia o artículos. Buscar que n cumpla que	Si n es mucho menor que nunca, aunque mejor. Si carta u es eficiente, es mejor usar otra carta. En ocasiones, hacer incrementar n, utilizar otra carta de control.

Figura 2. Elementos para la selección de una carta de control de atributos. Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (2ª ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

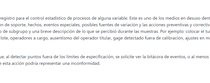
Con base en la figura 2, se observa que los diagramas coadyuvan a la interpretación precisa de la vid proceso. Esta labor depende del tamaño de subgrupo (si es fijo o variable), así como del uso que se le quiere dar a la información. Por ejemplo, si se desea ser visualización (esto debido a que las del tipo np y c suelen ser más fáciles de entender que las p y u).

Elementos

Existen distintos formatos y formas de representar una gráfica de control. Todas son aceptables siempre y cuando cumplan con los siguientes elementos:

- Escala apropiada:

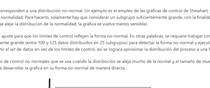
Se debe seleccionar la escala adecuada para visualizar la variación del proceso y los cambios conforme a los subgrupos. Una gráfica enorme de este tipo sería estrecha o con una gran cantidad de subgrupos en un espacio angosto.



Esta imagen es únicos directamente del sitio electrónico: https://www.aiag.org/store/publications/details?ProductCode=SPC-1 solo para fines educativos.

- Límites de control y línea central:

Es necesario determinar el rango donde se estará identificando la variación por causas comunes. Los límites de control tomo como base la distribución presente en las muestras y deben visualizarse en forma de líneas, tanto el límite superior (LCS) como el límite inferior (LCI). Hay que prestar atención para no confundir los límites de control con los límites de especificación (los cuales pueden ser obtenidos directamente del dibujo o del plan de control). Por otro lado, la línea central es la base de la distribución del muestreo y usualmente se representa por los promedios estadísticos.



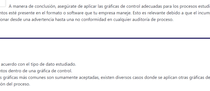
Esta imagen es únicos directamente del sitio electrónico: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/ solo para fines educativos.

Secuencia de tiempo de los subgrupos

Sea la separación de los datos con el objetivo de observar el tiempo específico, o bien, de percatarse de cuando se presenta una causa especial. A su vez, ayuda a reconocer si la causa tiene relación periódica o si fue un evento puntual. En resumen, es la identificación especial si número de subgrupo en el que se encuentran los puntos.

- Identificación de valores fuera de control gráficados:

Señalización adecuada de los puntos fuera de los límites de control. Este punto se refiere a la correcta señalización de los subgrupos que se encuentran influidos por alguna causa especial.



Esta imagen es únicos directamente del sitio electrónico: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/what-are-control-limits/ solo para fines educativos.

- Bitácora de eventos:

En la bitácora de eventos se asienta un registro para el control estadístico de procesos de alguna variable. Este es uno de los medios en devuso dentro de la industria automotriz. En relas se anota información de soporte, hechos, eventos especiales, posibles fuentes de variación y las acciones preventivas y correctivas realizadas. Estos instrumentos contienen el número de subgrupo y una breve descripción de lo que ocurre con las muestras. Por ejemplo, cambios al turno en el que se efectuaron las mediciones, números de lote, operadores a cargo, mantenimiento del operador tibular, gage detectado fuera de calibración, ajustes en máquinas o cambios de modelo.

En terma de auditorías es muy comun que, al detectar puntos fuera de los límites de especificación, se solicite ver la bitácora de eventos, o al menos las acciones que se hicieron a cabo. El incumplimiento de esta acción podría representar una inconformidad.

Otros tipos de gráficas de control

Este tipo de gráficas fueron desarrolladas para condiciones específicas en las que ninguna de las otras se adecuaban completamente. Para este tema, revisaría las gráficas más comunes que no corresponden con las que son por variables o atributos.

- Gráficas con base en probabilidades:

Existen dos tipos: el pre-control y el control por lucos de altochisp. Ambas utilizan el sistema de colores y el muestreo doble para designar los momentos de notificación a los encargados de hacer ajustes dentro del proceso. En ambos casos se tienen cartas regias dependiendo de las zonas donde caiga el valor y los pasos a seguir. Estas gráficas son valoradas en la integración del control estadístico de procesos.

De acuerdo con AIAG (2005), las principales diferencias son las siguientes:

Control por lucos de altochisp:

- Las áreas se definen de acuerdo con la estadística basica: el área verde es la línea central (promedio) ± 1.5 de desviación estándar, la parte restante se sitúa dentro del área amarilla, mientras que el área roja corresponde a lo que sale de los límites de control (distribución de procesos).
- Tiene como supuesto que el proceso está en control estadístico, el desempeño es aceptable y el proceso se encuentra conforme a la marca.
- Puede ser variable o no ajustable.
- Aunque todas las gráficas de control contienen posibilidad de enviar alertas, la desventaja de este tipo es que incrementa dichas posibilidades en comparación con la gráfica p y R, incluso cuando contienen el mismo nivel de sensibilidad.

Pre-control:

- Las áreas se definen de la siguiente manera:

Figura III.9 Pre-Control

Esta imagen es únicos directamente de la siguiente fuente para fines educativos: AIAG. (2005). Statistical Process Control (2a ed.). Estados Unidos.

- Trabaja con base en dos supuestos: 1) contar con un proceso de función de pérdida plana (no causas especiales) y 2) que el desempeño del proceso sea menor o igual a las tolerancias (cumpliendo con las especificaciones sin signo fin de clasificación).
- Utiliza subgrupos con n=2.
- Antes de iniciar el muestreo o después de un ajuste realizado, el proceso debe producir cinco piezas seguidas en la zona verde.

Gráficas de control para corridas cortas

Ayudan a controlar las fuentes de variación, incluso en las corridas con menor cantidad de material. Al usarla se espera obtener menos datos y puede emplearse para el control de múltiples propiedades.

Gráficas para detección de pequeños cambios

Se encuentran enfocadas en detectar cambios pequeños dentro de las medias de procesos y que no son de fácil visualización mediante otras gráficas de control. Hay dos tipos: Sumas Acumuladas (CUSUM) y Promedios Móviles Ponderados Exponencialmente (EWMA).

Gráficas no normales

Categorizo a todos los diagramas que correspondan a una distribución no normal. Sin ejemplo es el empleo de las gráficas de control de Shewhart, ya que estas fueron desarrolladas con el supuesto de normalidad. Para hacerlo, solamente hay que considerar un subgrupo suficientemente grande, con la finalidad de mitigar el efecto de la no normalidad (entre más se aleje la distribución de la normalidad, la gráfica se vuelve menos sensible).

Una opción viable es aplicar factores de ajuste para que los límites de control vuelvan la forma no normal. En otras palabras, se requiere trabajar con base en un estudio de capacidad inicial suficientemente grande (entre 100 y 125 datos distribuidos en 25 subgrupos) para detectar la forma no normal y ejecutar los factores de corrección. Otra alternativa sería convertir el set de datos en uno de la forma de control, así se logra aproximar la distribución del proceso a una forma normal.

Por ultimo, existe un enfoque de gráficas de control no normales que se usa cuando la distribución se aleja mucho de la normal y el tamaño de muestreo está limitado por distintos factores. Se puede desarrollar la gráfica en su forma no-normal de manera directa.

Esta imagen es únicos directamente de la siguiente fuente para fines educativos: AIAG. (2005). Statistical Process Control (2a ed.). Estados Unidos.

Cierre

Las gráficas de control ofrecen una gran cantidad de opciones, cuya elección se determina con base en el tipo de datos (variables o atributos), el tamaño de muestreo, el propósito del proceso y el nivel de sensibilidad con la que se quiere trabajar. Es importante considerar otros aspectos como el tiempo de subgrupo, el número de subgrupos, el tamaño de subgrupo, entre otras consideraciones.

De igual manera, estos diagramas se presentan mediante distintos formatos y se manejan a través de un software estadístico para sacar la información acorde con las necesidades de cada empresa o proceso. Sin embargo, hay que considerar que la información estadística a la vista de datos no son de utilidad si el objetivo de que se convierten en planes de acción que mejoren los procesos.

A manera de conclusión, asegurate de aplicar las gráficas de control adecuadas para los procesos estudiados. Además, comprueba que cada uno de los elementos esté presente en el formato o software que lo empleas. Esto es relevante debido a que el incumplimiento de algunos de estos elementos puede ocasionar desde una advertencia hasta una no conformidad en cualquier auditoría de proceso.

Checkpoints

Asegurate de:

- Identifica los tipos de gráficas de acuerdo con el tipo de datos evaluados.
- Identifica cada uno de los elementos dentro de una gráfica de control.
- Reflexionar que, a pesar de que las gráficas más comunes son sumamente aceptadas, existen diversos casos donde se aplican otras gráficas de control más específicas para detectar la variación del proceso.

Referencias bibliográficas

- AIAG. (2005). Statistical Process Control (2a ed.). Estados Unidos.
- Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2008). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (2a ed.). México: McGraw-Hill.
- Minitab. (s.f.). Cómo entender los gráficos de control. Recuperado de https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/
- Minitab. (s.f.). ¿Qué son los límites de control? Recuperado de https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/what-are-control-limits/
- SPC Consulting group. (s.f.). Gráficas de control. Recuperado de https://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/

La obra presentada es propiedad de ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR A.C. (UNIVERSIDAD TECMILENIO), protegida por la Ley Federal de Derecho de Autor; la alteración o deformación de una obra, así como su reproducción, exhibición o ejecución sin el consentimiento de su autor y titular de los derechos correspondientes es constitutivo de un delito tipificado en la Ley Federal de Derechos de Autor, así como en las Leyes Internacionales de Derecho de Autor.

El uso de imágenes, fragmentos de escritos, fragmentos de exámenes, programas o demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, es exclusivamente para fines educativos e informativos, y cualquier otro distinto al mencionado no es comprobatorio ante los usuarios, sistemas o instituciones; será perseguido y sancionado por UNIVERSIDAD TECMILENIO.

Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir, difundir, o en cualquier modo explotar cualquier parte de esta obra sin la autorización previa por escrito de UNIVERSIDAD TECMILENIO. Sin embargo, usted podrá bajar material a su computadora personal para uso exclusivamente personal o educacional y no comercial limitado a una copia por página. No se podrá remover o alterar ninguna leyenda de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.