

PROPUESTA DEL INDICE DE CAPACIDAD DPMO BASADO EN LA DESVIACIÓN MEDIA

PROPOSAL OF THE DPMO CAPACITY INDEX BASED ON MEAN DEVIATION

Duvan J Rosales¹, Brayan J Púa², Roberto J Herrera³

RESUMEN

El presente artículo compara los índices de capacidad de un mismo proceso, cuyos cálculos se realizaron utilizando la desviación estándar y la desviación media. El campo de interés está centrado en el índice DPMO y el nivel sigma de un proceso. Con base en el estudio realizado se ha podido concluir que, al hacer uso de la desviación media para encontrar el índice de capacidad de un proceso, conlleva a un proceso con un menor porcentaje de defectos.

PALABRAS CLAVE: Índice de capacidad DPMO; nivel sigma, desviación media; desviación estándar.

ABSTRACT

This article compares the capacity indices of the same process, whose calculations were made using the standard deviation and the mean deviation. The field of interest focuses on the DPMO's index and the sigma level of a process. Based on the study carried out, it has been concluded that by using the mean deviation to find the capacity index of a process, this leads to a process with a lower percentage of defects.

KEYWORDS: DPMO capacity index, sigma level; mean deviation; standard deviation

¹ Ingeniería Industrial Universidad del Atlántico. Semillero Estadística industrial. Universidad del Atlántico. Kilometro / vía Puerto Colombia.

² Ingeniería Industrial Universidad del Atlántico. Semillero Estadística industrial. Universidad del Atlántico. Kilometro / vía Puerto Colombia.

³ Magister Ciencias Estadísticas Profesor. Semillero Estadística industrial. Universidad del Atlántico. Kilometro / vía Puerto Colombia.
robertoherrera@mail.uniatlantico.edu.co.

1. INTRODUCCIÓN

Una necesidad muy frecuente en los procesos consiste en evaluar la capacidad de una característica de calidad, con el propósito de evaluar su desempeño con respecto a las especificaciones de diseño y de esta manera es posible también prevenir que existan factores dentro de la producción que impidan cumplir con los requisitos propuestos. La evaluación de la capacidad de los procesos es una de las técnicas más utilizadas para medir el grado en que un proceso cumpla con las especificaciones. En este sentido se cuenta con diversos indicadores y métricas basadas en el nivel sigma del proceso, como lo es índice de capacidad DPMO (Defecto por millones de oportunidades).

Lo que se propone desarrollar en este artículo, es una modificación a la forma de calcular el índice de capacidad DPMO con el fin de detectar los cambios y alterar la sensibilidad del índice de capacidad, utilizando la desviación media en lugar de la desviación estándar, debido a que la desviación media en contraste de la desviación estándar no es sensible a la existencia de valores extremos, es decir, no se tendrán inconvenientes cuando la distribución es asimétrica.

Se considera de forma los siguientes asuntos: cómo se mide la capacidad de los procesos, qué es el nivel sigma, cómo se calcula el DPMO, modificación de los índices de capacidad y la interpretación de los resultados obtenidos.

2. MARCO TEÓRICO

La capacidad del proceso se puede interpretar como la forma en que se compara la variabilidad intrínseca de un proceso con las especificaciones o requerimientos del producto, dicha variabilidad está relacionada con las fluctuaciones naturales del proceso o variaciones inherentes a él (Montgomery, 2004).

En el marco de la calidad, es muy importante que una etapa o actividad del proceso sea lo más eficiente posible, con el fin de reducir las no conformidades o defectos presentes en los productos. De acuerdo con lo anterior, un proceso que no genere productos defectuosos es un proceso capaz; es decir, que el proceso tiene capacidad para cumplir con las especificaciones de los clientes o de diseños.

La capacidad de un proceso se puede calcular mediante los índices de capacidad, que vendrán determinados por

los cocientes entre la variación natural del proceso y el nivel de variación especificada (De Gryna et al. 2006).

Los índices de capacidad del proceso son la relación de los límites de especificación y la variación inherente del proceso.

Según Montgomery (2003), para evaluar los índices de capacidad en el caso univariado solo es necesario comparar la razón de dos intervalos: los límites de tolerancia de las especificaciones y la medida de dispersión de la curva normal.

Para este caso univariado, la formulación tradicional aplicada para el cálculo de este indicador posee la siguiente forma,

$$S_p = \frac{[les-lei]}{6\sigma} \quad (1)$$

$$S_{pk} = \min \left\{ S_{pku} = \frac{les - \mu}{3\sigma}; S_{pkl} = \frac{\mu - lei}{3\sigma} \right\} \quad (2)$$

Además, Pearn et. al (1992) y Chen et. al (1995) propusieron un índice de capacidad con valor objetivo, que evidencia si la varianza del proceso se incrementa y/o el promedio del proceso se desvía de dicho valor.

El índice de capacidad con valor objetivo está definido mediante las siguientes formulaciones (Shinde et. al, 2008)

$$S_{pm} = \frac{[les-lei]}{6\sqrt{\sigma^2 + [T-\mu]^2}} \quad (3)$$

$$S_{pmk} = \min \left\{ S_{pku} = \frac{les - \mu}{3\sqrt{\sigma^2 + [T-\mu]^2}}; S_{pkl} = \frac{\mu - lei}{3\sqrt{\sigma^2 + [T-\mu]^2}} \right\} \quad (4)$$

En el caso particular de los índices de capacidad multivariantes, se tiene inicialmente la matriz de datos X de orden np , donde p es el número de características de calidad medidas en un producto y n es el número de productos monitoreados. Se asume que las n observaciones son independientes y representan una muestra aleatoria de una distribución normal multivariante con correlaciones entre las variables. Cada una de las variables del producto posee especificaciones técnicas de cumplimiento, es conocido el vector de medias μ_0 de los valores objetivos para cada una de las características de calidad medidas.

Como lo propone Shinde et. al (2009), se destacan cuatro formas de definir los índices de capacidad multivariado.

1. Aquéllos basados en la razón de la región de tolerancia y una región de proceso (Taam et al. 1993).
2. Un segundo grupo que utiliza la proporción de productos no conformes, como los que presentan (Taam et al. 1993, Wierda, S.J. 1994, Castagliola P et al. 2009 y Bothe, D. 2004).
3. Otro grupo basado en la aplicación de la técnica de análisis de componentes principales. (Wang F.K. et al. 1998 y Chan L.K. et al. 1998)
4. Un cuarto grupo que incluye otras propuestas. (Shahriari et al. 2009]

Según lo anterior, Bothe (1991) y Wierda (1994) han desarrollado un índice de capacidad que evalúa características de calidad que intervienen dentro de un proceso productivo, evidenciando en su propuesta el grado o con que un producto puede cumplir integralmente con cada una de las especificaciones y requerimientos del mercado. Basado en la proporción de cumplimiento de cada una de las características del proceso, el índice de capacidad para múltiples características se obtiene de la siguiente forma,

$$S_{pk}^T = \frac{1}{3} \phi^{-1} \left\{ \frac{(\prod_{j=1}^p (2\phi(3S_{pkj}) - 1) + 1)}{2} \right\} \quad (5)$$

Donde S_{pkj} denota el valor de la j – enésima característica para $j: 1, 2, \dots, N$, p es el número de características y ϕ es la distribución normal estándar.

Para la medición de la capacidad de proceso es una técnica cuantitativa que usualmente ha sido aplicada usando los referentes de características de calidad cuantitativas o tipo variable Herrera R. (2016). Para el caso de características de calidad tipo atributo, la capacidad de proceso puede expresarse como un porcentaje fuera de las especificaciones (Montgomery, 2004).

Para trabajar la medición de la capacidad de procesos con características de calidad tipo atributo (Montgomery, 2004). Se debe tener en cuenta que los valores que se pueden obtener en un atributo son dicotómicos, para el caso de la calidad es producto bueno o malo, esta toma un valor, no los dos valores a la vez. En este sentido la evaluación de la calidad en atributos se hace a partir de los defectos y los productos o servicios defectuosos. Sin embargo, para datos continuos o mediciones puede hacerse la analogía de un proceso dicotómico, es decir, si cumple o no con las especificaciones, utilizando los límites de especificación como referencia.

Las técnicas para evaluar la capacidad de procesos teniendo en cuenta los defectos están compuesta por, las métricas seis sigma las cuales son defecto por unidad (DPU), defecto por oportunidades (DPO), Defectos por millón de unidades (DPMU), Defectos por millón de oportunidades (DPMO), rendimiento del proceso (Yield) y el Nivel sigma del proceso (Z). Todas estas métricas tienen en común que salen a partir de los defectos que se evidencia en las características de calidad. De los anteriores indicadores, los más nombrados en los proyectos Seis Sigma son el de defectos por millón de oportunidades (DPMO) y el nivel sigma (Z), es por eso que la relación de que un proceso con un nivel Seis Sigma tiene 3,4 defectos por millón de oportunidades. Debido a esto los procesos se miden en términos de sigma y DPMO.

$$DPMO = \frac{D}{N*O} * 10^6 \quad (6)$$

donde D , es el número de defectos N , es el número de unidades producidas y O se define como el número de oportunidades de presentar defectos en la unidad.

Conocido el nivel sigma del proceso se divide por tres y a partir de esto se obtiene el índice de capacidad del proceso (Cp), (DMAIC Tools, 2013). La siguiente ecuación, muestra la relación:

$$(Cp) = \frac{\text{Nivel sigma del proceso}}{3} \quad (7)$$

El cálculo del DPMO está basado en la probabilidad de estar fuera de las especificaciones, y está estrechamente relacionado con el nivel sigma del proceso, otra forma de ser calculado es a través de la ecuación 8.

$$DPMO = \% NC * 10^6 \quad (8)$$

donde $\%NC$, es el porcentaje de no cumplimiento de un proceso.

El nivel sigma es una medida de defectos en el proceso. A mayor nivel Sigma indica que los procesos resultan menos defectos, mientras que un menor nivel Sigma significa una mayor tasa de defectos. Nivel Sigma de calidad puede utilizarse para propósito y la evaluación comparativa de ayuda para medir la calidad del proceso. (Kumar et al. 2006)

El nivel sigma se convierte en una métrica que mide la capacidad de proceso, se basa en la probabilidad de ocurrencia de los defectos y pretende reemplazar a los índices de capacidad actuales de los procesos de producción Cp y C_{pk} . (Correa, 2003)

La relación que tiene el nivel sigma con las partes por millón (Schmidt et al. 1997), se evidencia por medio de la siguiente ecuación:

$$Z_c = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 * \ln(DPMO)} \quad (9)$$

La desviación estándar es el estadístico de dispersión más utilizado dado que permite detectar las variaciones de cada valor respecto a la media aritmética y a diferencia de la varianza, sus unidades son las mismas que el de las observaciones. (Guàrdia, 2008). Es conocido que el estadístico de la desviación estándar está definido en la siguiente expresión,

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{N-1} \right]^{1/2} \quad (10)$$

La desviación media ($D_{\bar{x}}$) es un estadístico de dispersión, que mide el grado de distancia media o diferencia media, dispersión, de cada elemento individual de la muestra en relación con el término de tendencia central de la muestra indicado por la media aritmética, y se calcula de la siguiente manera:

$$D_{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{N-1} \quad (11)$$

3. METODOLOGÍA

Para realizar el estudio se utilizó información sobre la concentración en el proceso de fungicida para un protector de plantas, cuyos datos tiene media $\mu = 59,0841$ y desviación estándar $\sigma = 1,12226$ y serán utilizados para obtener el índice de capacidad DPMO tradicional.

A continuación, se utilizará la desviación media para establecer los límites de tolerancia o de especificación del proceso, basado en el parámetro σ del proceso, se determinará la probabilidad de no cumplir con las especificaciones, y por consiguiente el DPMO.

Posteriormente se compararán los índices de capacidad anteriormente mencionados.

4. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

ESPECIFICACION	Z	FUERA DE LAS ESPECIFICACIONES	DPMO
LES = 60	1,02	15,3900%	153900
LEI = 58	-1,03	15,1500%	151500
TOTAL		30,5400%	305400

Tabla 1. Análisis de la capacidad del proceso, utilizando la desviación estándar.

ESPECIFICACION	Z	FUERA DE LAS ESPECIFICACIONES	DPMO
LES = 68,5	8.38	0.0000%	0,00
LEI = 49,5	-8.38	0,0000%	0,00
TOTAL		0,0000%	0,00

En la tabla II, se encuentra plasmado el análisis de la capacidad del proceso, donde los límites de especificaciones están calculados con base en la desviación estándar, el cuál es el parámetro σ del proceso; con el respectivo Z, y su porcentaje fuera de las especificaciones, donde se evidencia que el proceso que no hay datos fuera de las especificaciones, y por ende el DPMO es igual a 0,0.

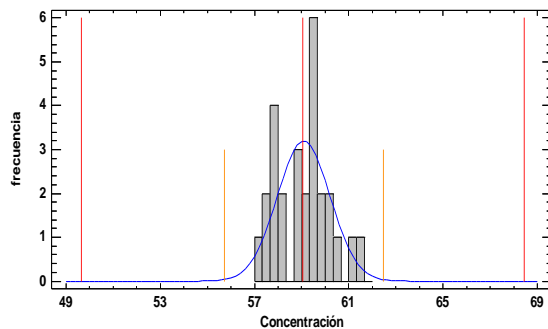


Gráfico 1. Índice de capacidad DPMO basado en la desviación estándar.

El gráfico 1 ilustra la capacidad del proceso teniendo en cuenta la desviación estándar, en ella se puede observar que la dispersión del proceso se encuentra claramente dentro de la dispersión de especificación, así que este proceso es muy capaz de cumplir con los requisitos de manera consistente.

Por otra parte, en la Tabla III se encuentran los datos de la capacidad del proceso obtenida, utilizando la desviación media ($D_{\bar{x}} = 0,91$) en lugar de la desviación estándar, siendo está el parámetro σ del proceso. Además, se presentan los nuevos límites de especificación, en ellos se refleja un 15,3900% fuera del límite de especificación superior y un 15,1500% por debajo del límite de especificación inferior, dando como resultado una probabilidad de no cumplir con las especificaciones de 30,5400%.

El DPMO utilizando la desviación media es igual a 305400.

Tabla 2. Análisis de la capacidad del proceso, utilizando la desviación media.

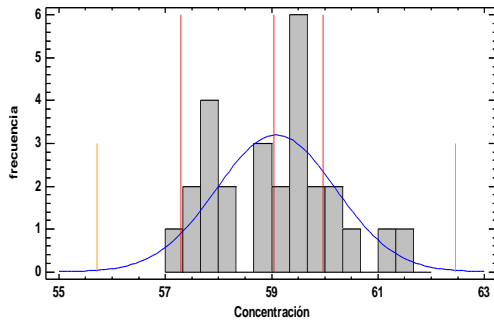


Gráfico 2. Índice de capacidad DPMO basado en la desviación media.

Teniendo en cuenta el gráfico 2 que representa la capacidad del proceso utilizando desviación media se puede asegurar que el proceso no es capaz de cumplir con los requisitos.

5. CONCLUSIÓN

El proceso con el índice de capacidad DPMO, basado en la desviación estándar, evidencia un cumplimiento de las especificaciones, mientras que cuando se utilizó la desviación media el proceso resultó ser más estricto, puesto que los límites de especificación se acercaban más a la media. En este caso el proceso, no cumplía con las especificaciones, ya que había un 30,5400 % fuera de ellas. Lo cual significa un rendimiento del proceso de 69,54% aproximadamente.

En conclusión, el uso de la desviación media para hallar el índice de capacidad DPMO, hace más estricto el cumplimiento de las especificaciones, ya que la variabilidad respecto a la media debe ser mínima. Además asumiendo un aumento de la desviación, no se detectaron cambios en el índice de capacidad DPMO con la desviación media, es decir es poco sensible al cambio de variabilidad.

REFERENCIAS

[1] D. Montgomery, "Control estadístico de la calidad," Tercera edición, Publisher Editorial Limusa S.A. De C.V., 2004.

[2] De Gryna F., Chua R. y DeFeo J, "Método Jurán Análisis y planeación de la calidad," Quinta edición, Mc Graw Hill, México, D. F., 2006.

[3] D. Montgomery, Control estadístico de la calidad. 3a Edición. Ciudad de México, México: Limusa, 1995, pp. 797.

[4] WL. Pearn, S. Kotz y N.L. Johnson, "Distributional and inferential properties of process capability indices", Rev. Journal of Quality Technology, Vol. 24, No. 4, pp. 216-233, 1992

[5] S.M. Chen y N.F. Hsu, "The asymptotic distribution of the process capability index", Rev. Communications in Statistics: Theory and Methods, Vol. 24, No. 5, pp. 1279-1291, 1995.

[6] R. L. Shinde, y K. G. Khadse, "Multivariate Process Capability Using Principal Component Analysis", Rev. Qual. Reliab. Eng. Int., Vol. 25, No. 1, pp. 69-77, 2008.

[7] R.L Shinde y K.G. Khadse, "Multivariate process capability using principal component analysis", Rev. Quality Engineering, Vol. 25, No. 1, pp. 69-77, 2009.

[8] Taam, W., Subbaiah, P. y Liddy, J. W. (1993). A note on multivariate capability indices. Journal of Applied Statistics, 20(3), pp. 339-351.

[9] P. Castagliola, P. Maravelakis, S. Psarakis y K. Vännman, "Monitoring capability indices using run rules", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol 15, No. 4, pp. 358-370, 2009.

[10] D. Bothe, "A Capability study for an entire product", Rev. ASQC Quality Control Transactions, Vol. 46, No. 0, pp. 921-925, May 1991.

[11] S. J. Wierda, "Multivariate statistical process control—recent results and directions for future research", Rev. Stat. Neerl., Vol. 48, No. 2, pp. 147-168, 1994.

[12] F.K. Wang y J. Chen, (1998), "Capability index using principal component analysis", Rev. Quality Engineering, Vol. 11, No.1, pp. 21 – 27, 1998.

[13] LK. Chan, S.W. Cheng y F.A. Spiring, "A new measure of process capability", Rev. Journal of Quality Technology, Vol. 20, No. 3, pp. 162-175, 1988.

- [14] H. Shahriari y M. Abdollahzadeh, "A new multivariate process capability vector". Rev. Quality Engineering, Vol. 21, No. 3, pp. 290-299, 2009.
- [15] U. D. Kumar, J. Crocker, T. Chitra, H. Saranga, "Reliability and Six sigma," Springer, 2006.
- [16] DMAIC Tools. (2013). DMAIC Tools. Recuperado el 28 de 01 de 2013, de DMAIC Tools:
<http://www.dmaictools.com/dmaic-measure/sigma-conversion-chart>
- [17] Correa, N. (2003). 6 Sigma Nuevo paradigma para medir la calidad . Mundo Mitutoyo, 5-8.
- [18] Guàrdia, J. (2008). Análisis de datos en Psicología. Delta publicaciones, p.53-54.
- [19] Schmidt, S. R., & Launsby, R. G. (1997). Understanding industrial designed experiments. Estados Unidos: Air Academy Press.
- [20] A. Verbel, R. J. Herrera, K. Maestre, "Aplicación de nuevas propuestas multivariantes para medir la capacidad de un proceso". Ingeniare, N°. 21, pp. 33-44, 2016.