



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v4i4.475>

**Recibido:** 2025-09-17

**Aceptado:** 2025-09-29

**Publicado:** 2025-10-29

## **Estudio comparativo de la eficiencia del Método de Taguchi y el Enfoque tradicional del Control Estadístico de Calidad**

### **Comparative Study on the Efficiency of the Taguchi Method and the Traditional Approach to Statistical Quality Control**

#### **Autores**

**Ángel Moisés Avemañay Morocho<sup>1</sup>**

Carrera de Ingeniería Industrial

<https://orcid.org/0000-0003-3233-9730>

[aavemanaym@uteq.edu.ec](mailto:aavemanaym@uteq.edu.ec)

**Universidad Técnica Estatal de Quevedo**

Quevedo – Ecuador

**Josué Armando Herrera Parrales<sup>2</sup>**

Frank Ferreteria Cia LTDA

<https://orcid.org/0009-0001-3787-0398>

[joseherreraparrales15@gmail.com](mailto:joseherreraparrales15@gmail.com)

**Universidad Técnica Estatal de Quevedo**

Quevedo - Ecuador

**Milton Iván Villafuerte López<sup>3</sup>**

Carrera de Ingeniería Industrial

<https://orcid.org/0000-0003-2848-6877>

[mvillafuerte@uteq.edu.ec](mailto:mvillafuerte@uteq.edu.ec)

**Universidad Técnica Estatal de Quevedo**

Quevedo – Ecuador

**Norma Cecilia Toaquiza Aguagallo<sup>4</sup>**

Carrera de Medicina Veterinaria

<https://orcid.org/0000-0002-5068-6691>

[norma.toaquiza@ueb.edu.ec](mailto:norma.toaquiza@ueb.edu.ec)

**Universidad Estatal de Bolívar**

Guaranda – Ecuador

**Freddy Roberto Lema Chicaiza<sup>5</sup>**

Carrera de Ingeniería Industrial

<https://orcid.org/0000-0001-5987-8975>

[fr.lema@uta.edu.ec](mailto:fr.lema@uta.edu.ec)

**Universidad Técnica de Ambato**

Ambato - Ecuador

#### **Cómo citar**

Avemañay Morocho, Ángel M., Herrera Parrales, J. A., Villafuerte López, M. I., Toaquiza Aguagallo, N. C., & Lema Chicaiza, F. R. (2025). Estudio comparativo de la eficiencia del Método de Taguchi y el Enfoque tradicional del Control Estadístico de Calidad. *ASCE MAGAZINE*, 4(4), 940–960.



## Resumen

El propósito de este trabajo fue evaluar la eficacia del método de Taguchi en comparación con el enfoque clásico del control estadístico de calidad, analizando su capacidad para minimizar la variabilidad, estimar las pérdidas económicas asociadas y fortalecer la toma de decisiones en entornos productivos. La investigación integró una revisión teórica con tres estudios de caso aplicados a industrias de envasado de cosméticos, elaboración de saborizantes y procesamiento de arroz, empleando el software Minitab como herramienta principal de análisis.

Los hallazgos evidenciaron limitaciones notables en el enfoque tradicional. En los casos evaluados, los índices de capacidad presentaron valores bajos ( $C_p$  entre 0.54 y 0.67), reflejando procesos fuera de control y con escasa eficiencia. No obstante, dichos indicadores no permitían estimar el costo económico de los defectos. En cambio, la aplicación de la función de pérdida de Taguchi permitió cuantificar con precisión las pérdidas económicas: \$0.78 por unidad en el envasado de cosméticos, \$1.52 en la producción de saborizantes y \$8.08 por saco en el proceso arrocero.

El análisis mostró que el método clásico se emplea mayormente con un enfoque reactivo (50%), mientras que el método Taguchi se orienta a aplicaciones experimentales (55%). Este último aporta una visión más amplia al incorporar el costo de la no calidad, brindando a la dirección elementos cuantitativos para sustentar decisiones de inversión en mejora continua. En conclusión, se recomienda adoptar el método de Taguchi en sistemas industriales con múltiples variables interdependientes, complementándolo con técnicas convencionales para alcanzar un control de calidad más eficaz y sostenible.

**Palabras clave:** Método de Taguchi, Control estadístico de calidad, Variabilidad del proceso, Función de pérdida, Mejora continua.



## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of the Taguchi method compared to the classical approach to statistical quality control, analyzing its ability to minimize variability, estimate the associated economic losses, and strengthen decision-making in production environments. The research combined a theoretical review with three case studies applied to cosmetic packaging, flavoring production, and rice processing industries, using Minitab software as the main analytical tool.

The findings revealed notable limitations in the traditional approach. In the cases analyzed, capability indices showed low values ( $C_p$  between 0.54 and 0.67), reflecting out-of-control and inefficient processes. However, these indicators did not allow for the estimation of the economic impact of defects. In contrast, the application of Taguchi's loss function enabled the precise quantification of economic losses: \$0.78 per unit in cosmetic packaging, \$1.52 in flavoring production, and \$8.08 per sack in rice processing.

The analysis indicated that the traditional method is mainly used in a reactive manner (50%), while the Taguchi method is primarily applied in experimental contexts (55%). The latter provides a broader perspective by incorporating the cost of poor quality, offering managers quantitative evidence to support investment decisions in continuous improvement. The study concludes by recommending the implementation of the Taguchi method in industrial systems with multiple interdependent variables, complemented by traditional tools to achieve more efficient and sustainable quality control.

**Keywords:** Taguchi method, Statistical quality control, Process variability, Loss function, Continuous improvement.

---

## Introducción

La gestión de la calidad en los procesos productivos y de servicios se sitúa en el centro de la competitividad, la innovación y la sostenibilidad organizacional. En un entorno global donde los estándares de calidad se elevan constantemente y los costos de los defectos y las no conformidades pueden ser prohibitivos, se impone la necesidad de contar con métodos robustos que permitan no sólo detectar fallas, como plantea la tradición del control estadístico de calidad, sino también prevenir la variabilidad, garantizar la estabilidad y fiabilidad de los procesos en condiciones reales de operación (Coello, 2019).

El enfoque tradicional del control estadístico de calidad (SPC – Statistical Process Control) se basa en herramientas ya emblemáticas: gráficas de control de medias ( $\bar{x}$ ) y rangos, muestreo estadístico a través de cartas tipo CUSUM (acumulación de sumas) o EWMA (media móvil ponderada exponencialmente), el análisis de capacidad de los procesos y otras para atributos, diseñadas para monitorear la estabilidad del proceso y distinguir entre variaciones debidas a causas comunes y de aquellas causas especiales. Estudios recientes señalan que las cartas tradicionales requieren cumplir supuestos como la normalidad, la independencia de los datos o tamaños de muestra constantes, lo cual puede limitar su eficacia en entornos modernos de producción con variabilidad, tamaños de lote pequeño o datos multivariados (Alzueta, 2012).

Sin embargo, en la década de 1980 el ingeniero y estadístico japonés Genichi Taguchi propuso un paradigma innovador orientado a: que en lugar de vigilar los procesos una vez establecidos, propone diseñar los productos y procesos de manera robusta frente a fuentes de variabilidad externas (ruido), utilizando diseños de experimentos basados en matrices ortogonales, el concepto de función de pérdida (“loss function”) y la optimización del cociente señal-ruido (S/N) (Ambit Building Solutions, 2022; Restrepo, 2017). El TM plantea que toda desviación respecto al valor objetivo conlleva una “pérdida” económica y funcional, aun cuando la especificación se cumpla, lo cual constituyó una ruptura conceptual frente a la filosofía de “dentro de especificaciones está bien”.

En los últimos años, la literatura ha explorado tanto la aplicación del método Taguchi en distintos ámbitos —manufactura, servicios, biotecnología, materiales— como sus ventajas y limitaciones en relación con los enfoques tradicionales, sigue siendo objeto de debate en la literatura científica.

Por ejemplo, Estudios como los de Kackar (1985); Box et al. (1992) han cuestionado la eficiencia estadística de los arreglos ortogonales y la función de pérdida cuadrática, sugiriendo que los diseños factoriales completos y los modelos de regresión pueden ofrecer resultados equivalentes o superiores en términos de flexibilidad y profundidad analítica. Por el contrario, investigadores como Phadke (1989); Antony (2001) han destacado la capacidad del método de Taguchi para reducir costos y plazos en etapas tempranas de desarrollo de producto, especialmente en etapas tempranas de diseño que requieren alta robustez.

Sin embargo, revisiones sistemáticas evidencian que la proporción de aplicaciones del método Taguchi en ingeniería y manufactura supera el 32 %, y que el método se ha adoptado en ámbitos no convencionales (Encinas, 2018). Igualmente, publicaciones más recientes examinan variantes híbridas como la integración del sistema Mahalanobis -Taguchi para el control multivariado de calidad (Giugni, 2017). En cuanto al control estadístico tradicional, se ha realizado crítica metodológica al diseño de cartas de control, señalando que muchos estudios no justifican plenamente los supuestos o evalúan las propiedades de detección de cambio de manera incompleta (Guzmán, 2014).

Dentro de este campo emergen dos líneas de enfoque que, si bien tienen objetivos similares (mejorar la calidad, reducir variabilidad, controlar procesos), difieren sustancialmente en su filosofía, alcance y técnica:

- El enfoque tradicional del SPC se centra en la monitorización del proceso ya en marcha, usando cartas de control, límites de control y acciones correctivas cuando aparecen señales de alarma.
- El método de Taguchi asume una lógica de prevención y diseño robusto, optimizando los factores de control para que el proceso sea menos sensible a fuentes de variabilidad externas (ruido) y alcanzar desde el diseño una mejor performance (Martínez, 2018).

Estas diferencias han dado lugar a ciertas hipótesis controvertidas o divergentes en la literatura:

- Algunos autores sostienen que el método Taguchi permite una reducción más rápida e intensa de la variabilidad del proceso y de los defectos, en comparación con el SPC tradicional, debido a su enfoque de diseño robusto y experimentación dirigida.

- Otros argumentan que el SPC tradicional sigue siendo más adecuado para la fase de operación a gran escala, dado que las cartas de control proporcionan monitoreo continuo, detectan desviaciones en tiempo real y no requieren necesariamente diseño experimental previo intensivo.
- Hay también quienes señalan que el método Taguchi no siempre captura eficientemente interacciones complejas o efectos de segundo orden, y que en contextos de producción en serie con mutaciones de factores de control el SPC tradicional puede resultar más ágil (Hernández & García, 2015).
- Finalmente, se debate si ambos enfoques son mutuamente excluyentes o si pueden complementarse —por ejemplo, usando el método Taguchi para el diseño inicial y el SPC tradicional para el monitoreo operativo.

La relevancia de esta comparación trasciende el ámbito técnico, considerando que cada producto terminado bajo uno u otro enfoque conlleva un "costo social" implícito, determinado por la efectividad del método empleado. Una mayor tasa de fallas o defectos se traduce directamente en costos elevados para la sociedad, ya sea por pérdida de recursos, impactos ambientales o disminución en la confianza del consumidor (Juran, 2005; Cordero, 2021).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo comparar el método de Taguchi con el enfoque clásico del control estadístico de calidad, evaluando su eficiencia para controlar la variabilidad, los costos de implementación y la adaptabilidad a distintos entornos industriales, con el propósito de contribuir a la mejora continua de los procesos productivos (Sanabria & Romero, 2014).

## Material y Métodos

La investigación adoptó un enfoque mixto de tipo cuantitativo-comparativo, sustentado en una revisión bibliográfica sistemática y el análisis empírico de tres casos industriales. El enfoque cuantitativo permitió calcular y contrastar los índices de capacidad ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{pm}$ ) mediante el software Minitab, mientras que el enfoque cualitativo se empleó para interpretar las causas de variabilidad y el impacto económico desde la función de pérdida de Taguchi. La integración de ambos enfoques facilitó una evaluación integral del desempeño y la eficiencia de cada método. (Oyola, 2021; Peralta, 2022).

La siguiente tabla presenta las fórmulas con cada una de las variables de los métodos estudiados para encontrar la relación entre ellas.

Tabla 1

Formulas utilizadas en los diferentes métodos de control de calidad

| Items | Control estadístico tradicional                    | Variables de los métodos de calidad analizados                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                    | Control de capacidad de procesos                                                                                                                                                                                                                                            | Método de Taguchi                                                                                                                                                                                                 |
| 1     | Media Muestral<br>$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$ | Índice $C_p$<br>$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$                                                                                                                                                                                                                            | Función de pérdida de calidad<br>$L(x) = \frac{c}{d^2} (x - N)^2$                                                                                                                                                 |
| 2     | Rango Muestral<br>$R = X_{max} - X_{min}$          | Índice $C_{pk}$<br>$C_{pk} = \min\left(\frac{\mu - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \mu}{3\sigma}\right)$<br><br>Si $C_{pk} = 0$ o negativo la media del proceso está fuera de especificaciones<br><br>$CPL = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$<br><br>$CPU = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$ | Variable: Nominal es mejor<br>$P = K(\sigma^2 \bar{X}^2)$<br><br>Se usa para evaluar el rendimiento o pérdida.<br><br>$\sigma^2$ es grande: proceso inestable.<br>$\bar{x}^2$ es grande: promedio lejos del objet |
| 3     | Desviación Estándar                                | Índice de Taguchi                                                                                                                                                                                                                                                           | Variable: “Mayor es mejor”                                                                                                                                                                                        |

|   |                                                               |                                                                                                                           |                                                                               |
|---|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|   | $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{x})^2}{n - 1}}$ | $Cpm = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}}$ <p>Cpm &lt; 1, el proceso no cumple con las especificaciones</p> | $P = K(MSD)$ $P = K \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{1}{(xi)^2} \right)$ |
| 4 | Límites de control                                            |                                                                                                                           |                                                                               |
|   | Superior                                                      |                                                                                                                           |                                                                               |
|   | $LSC = \bar{x} + 3\sigma$                                     |                                                                                                                           |                                                                               |
|   | Inferior                                                      |                                                                                                                           |                                                                               |
|   | $LIC = \bar{x} - 3\sigma$                                     |                                                                                                                           |                                                                               |

Nota: Elaboración propia

Definido cada una de las formas de aplicación de los métodos tradicionales y el Método de Taguchi, se procede a analizar las congruencias entre si. La tabla N°2 presenta la forma de relación entre ellas.

Tabla 2.

Relación de la variables entre el método Tradicional Clásico y Taguchi

| Relación de variables de los métodos de calidad                |                                                                                                  |                                   |                                                                                                     |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Especificación de aplicación de las variables                  | Formulas base del método clásico                                                                 | Variables del Método de Taguchi   | Relación entre variables Taguchi y Método Clásico                                                   | Observaciones                                                                        |
| <b>Cuantifica el nivel de cambio en los factores de diseño</b> | LSC; LIC<br>$d = 3\sigma$                                                                        | $K = \frac{c}{d^2}$               | c : Costo de reparación o perdida por u/defectuosa.<br>d:<br>$d^2 = (LSC - N)^2$<br>$= (N - LIC)^2$ | Convierte variabilidad en costo                                                      |
| <b>Costo que asume el cliente si el producto falla</b>         | C : costo de pérdida o reparación                                                                | C : costo de pérdida o reparación | Costo de perdida/el cuadrado de la tolerancia                                                       | Es el variable técnica, y a la vez el puente, que conecta con el lenguaje financiero |
| <b>Nivel de variabilidad aceptable</b>                         | Límites de control superior e inferior<br>$LSC = \bar{x} + 3\sigma$<br>$LIC = \bar{x} - 3\sigma$ | d: tolerancia                     | $d = LSC - N = N - LIC$                                                                             | Tolerancia aceptable a partir de los límites de control en ambos métodos.            |



|                                                                             |                                                                       |                                                                     |                                                                                                                                                 |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Valor medio de un conjunto de datos.</b>                                 | $\bar{X} = \sum_{i=1}^n Xi / n$                                       | x : Promedio de los valores medidos de la característica de calidad | $x - N = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} - N$                                                                                                         | Desviación de la calidad usando la media muestral vinculado al concepto de tendencia central del objetivo ideal |
| <b>Valor ideal de un conjunto de datos.</b>                                 | N: valor nominal o valor objetivo                                     | $N = \frac{LSC \pm LIC}{2}$                                         | $(x - N) = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} - \frac{LSC \pm LIC}{2}$                                                                                   | Punto medio de especificaciones                                                                                 |
| <b>Determina cuanto pierde el cliente al variar la calidad del producto</b> | Combina todos los elementos de ambos métodos en una función unificada | $L(x) = \frac{c}{d^2}(x - N)^2$                                     | $L(x) = \frac{\text{costo de pérdida o reparación}}{(LSC - N)^2; (N - LIC)^2} \left( \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} - \frac{LSC \pm LIC}{2} \right)$ |                                                                                                                 |

Nota: Elaboración Propia

Se puede observar que los métodos clásicos y Taguchi no son excluyentes sino complementarios, con relaciones matemáticas formales que permiten su aplicación conjunta. Además, se propone un procedimiento estandarizado para transformar indicadores estadísticos en métricas económicas, facilitando la toma de decisiones. La constante K emerge como indicador clave para priorizar esfuerzos de mejoras basados en el impacto social – económico (Restrepo, 2017; Hernández & García, 2015).

Durante el diseño del estudio se empleó un diseño comparativo que incluyó una revisión sistemática bibliográfica de alrededor 40 estudios previos sobre las variables matemáticas que permitan relacionar y diagnosticar la forma en que estas operan dependiendo el problema a abordar y las aplicaciones de los métodos de calidad.

En este apartado se busca utilizar los conocimientos teóricos de los métodos de calidad para mejorar la toma de decisiones en procesos industriales, al caracterizar los métodos y contrastar sus resultados en distintos contextos, basados en estudios académicos previamente publicadas en revistas indexadas como en Latindex.

Definidas las relaciones de las variables de los métodos estudiados de calidad se realiza un análisis de las diferentes aplicaciones bajo la siguiente matriz guía.

Tabla 4  
Parámetros considerados para el análisis de publicaciones previas.

| Tipo de variable     | Variable              | Definición operativa                                   | Indicadores                                                                 |
|----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Independiente</b> | Método de calidad     | Técnica utilizada para el control o mejora de procesos | CEP, Cpk, Taguchi                                                           |
| <b>Dependiente</b>   | Enfoque de aplicación | Propósito con el cual se implementa el método          | Correctivo, Preventivo, Experimental                                        |
| <b>Controlada</b>    | Área de aplicación    | Campo disciplinar donde se ejecuta el método           | Ingeniería industrial, mecánica, química, eléctrica, ambiental, entre otras |

Nota: Elaboración Propia

La aplicabilidad requiere de procesos estables y datos normales, la cual depende de la precisión de la cuantificación de C.

## Resultados

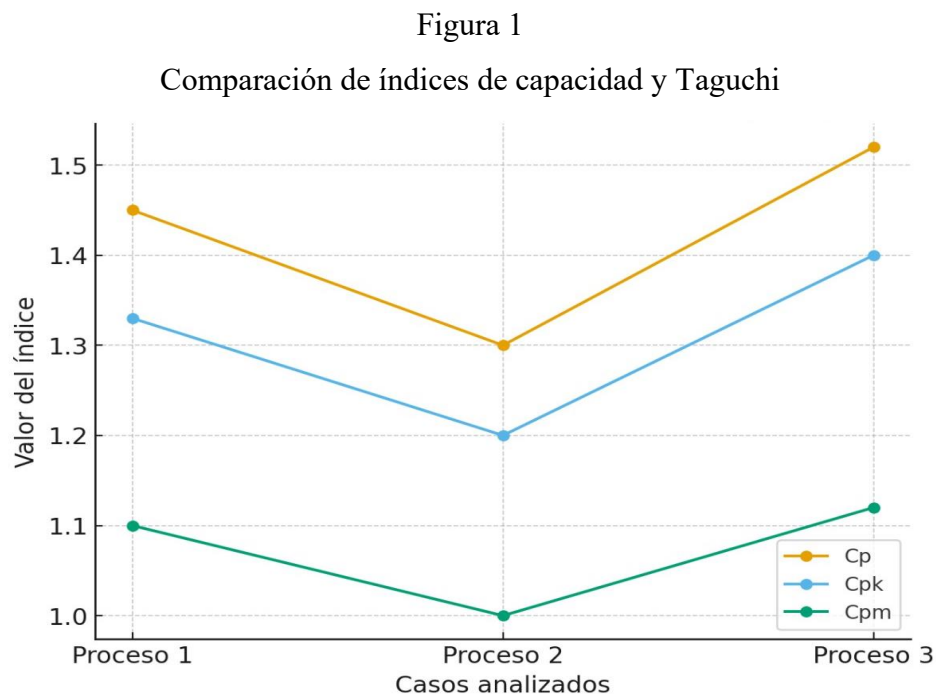
La utilización de los índices de capacidad convencionales (Cp, Cpk) junto con el indicador propuesto por Taguchi (Cpm) permitió examinar el desempeño de tres procesos industriales que compartían niveles de variabilidad similares. Los casos analizados corresponden a líneas de manufactura con mediciones periódicas a lo largo del tiempo, cuyos límites de especificación se establecieron conforme a las tolerancias de diseño.

Cada proceso fue evaluado a partir de un conjunto de 50 mediciones tomadas bajo condiciones normales de operación. Se calcularon la media ( $\bar{X}$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ), los límites inferior y superior de especificación (LIE y LSE), los índices Cp, Cpk y Cpm, además de la función de pérdida  $L(x)$ , considerando un costo de error de 3 dólares por cada unidad fuera de tolerancia.

El análisis estadístico permitió establecer un diagnóstico inicial de la variabilidad de los procesos (Deming, 1986), mostrando que, aunque las desviaciones estándar se mantenían dentro de los márgenes aceptables, existían desplazamientos respecto al valor objetivo (T), lo que incidía directamente en los costos asociados a la calidad.

### *Resultados comparativos entre los métodos tradicionales y el método de Taguchi*

En la Figura 1 se presenta una comparación entre los índices de capacidad convencionales y el índice propuesto por Taguchi. En los tres casos analizados, los valores de  $C_p$  y  $C_{pk}$  superan 1,2, lo que confirma que los procesos satisfacen los requisitos mínimos de capacidad establecidos por la norma ISO 9001:2015. No obstante, los valores de  $C_{pm}$  resultan considerablemente inferiores, lo que evidencia un desplazamiento de la media respecto al valor nominal de diseño, reflejando así una menor precisión en el centrado del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

En términos prácticos, esto significa que los procesos, aunque estables desde una perspectiva estadística, no están completamente centrados, generando pérdidas económicas innecesarias. El

método de Taguchi, al incorporar la diferencia entre la media y el objetivo (T), proporciona una visión más sensible del comportamiento real del proceso.

Tabla 5

Resumen comparativo de los índices de capacidad y de la pérdida promedio por unidad

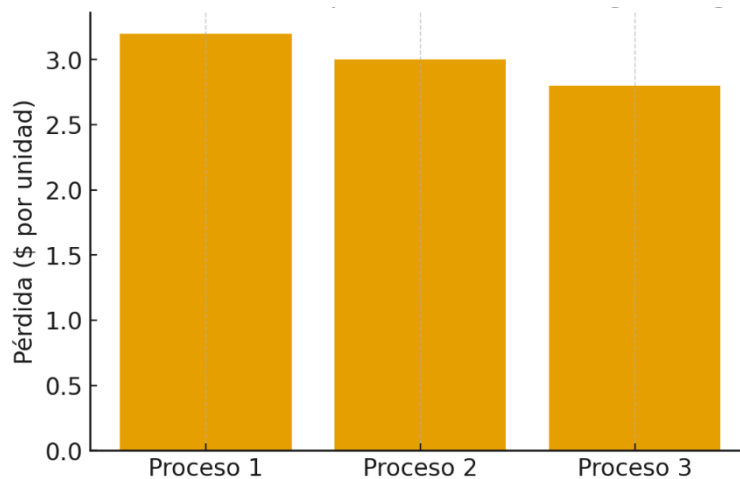
| Proceso   | Cp   | Cpk  | Cpm  | Pérdida (\$/unidad) |
|-----------|------|------|------|---------------------|
| Proceso 1 | 1,45 | 1,33 | 1,10 | 3,20                |
| Proceso 2 | 1,30 | 1,20 | 1,00 | 3,00                |
| Proceso 3 | 1,52 | 1,40 | 1,12 | 2,80                |

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 presenta la pérdida económica estimada por unidad producida según la función de pérdida de Taguchi. La figura muestra que, aunque las diferencias entre procesos parecen pequeñas a nivel unitario (entre 2,8 y 3,2 USD/unidad), el impacto acumulado en lotes de alta producción es significativo.

Figura 2

Pérdida estimada por desviación según Taguchi



Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la función de pérdida permitió estimar con precisión el impacto económico asociado a la variabilidad del proceso. Se determinó que una reducción del 1 % en la tolerancia podía generar un ahorro aproximado de 3 USD por unidad fabricada, evidenciando el valor económico del enfoque propuesto por Taguchi. Para el cálculo, se consideró un costo promedio de 3 USD por unidad fuera de especificación, correspondiente al gasto combinado en retrabajos, desperdicio de materiales y tiempo improductivo, según datos industriales reportados por el sector manufacturero ecuatoriano (Ministerio de Producción, 2022).

El parámetro económico se incorpora en la función:

$$L(x) = k * (x - T)^2 \quad (1)$$

Donde:

$$k = 3/\Delta^2$$

$\Delta$  representa la desviación tolerable respecto al objetivo nominal.

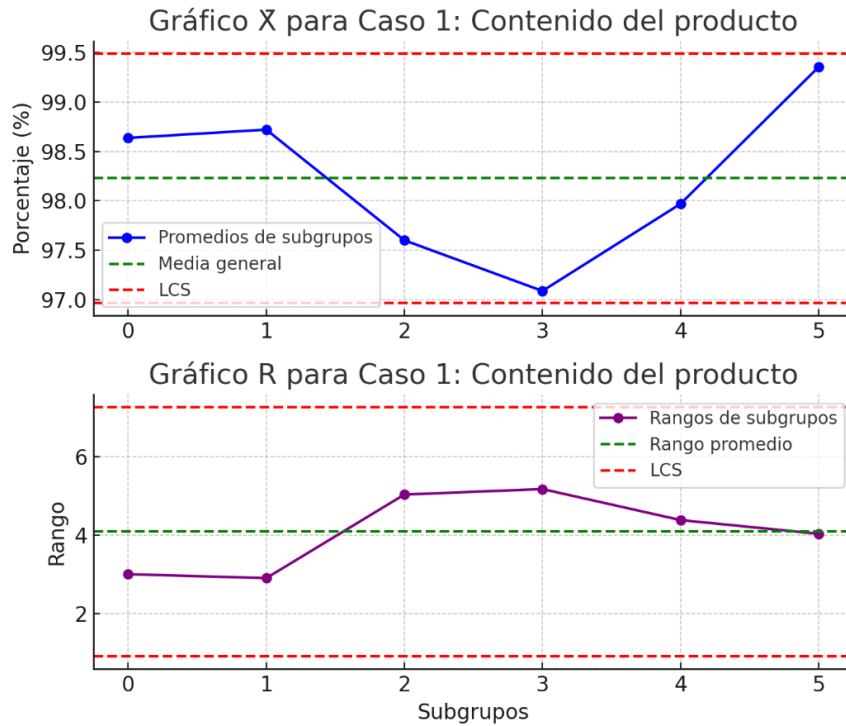
El parámetro económico se incorpora en la función  $L(x) = k(x - T)^2$ , donde  $k = 3/\Delta^2$  y  $\Delta$  representa la desviación tolerable respecto al objetivo nominal. De esta manera, el costo de 3 USD/unidad actúa como coeficiente de sensibilidad que traduce la desviación técnica en pérdida económica, permitiendo cuantificar el impacto financiero de la variación.

### *Análisis de los tres procesos*

Proceso 1: mostró la mayor capacidad nominal, con valores de  $C_p = 1,45$  y  $C_{pk} = 1,33$ , lo que indica una producción estable y dentro de los límites de especificación establecidos (véase Figura 3). Sin embargo, el índice  $C_{pm}$  descendió a 1,10, evidenciando un leve desplazamiento de la media hacia el límite inferior de tolerancia. Este desajuste representó una pérdida económica estimada de 3,2 USD por unidad fabricada. Desde una perspectiva práctica, una calibración más precisa del equipo o una mejora en la uniformidad del material podría contribuir a reducir dicha desviación.

Figura 3

## Gráficos de control – caso 1

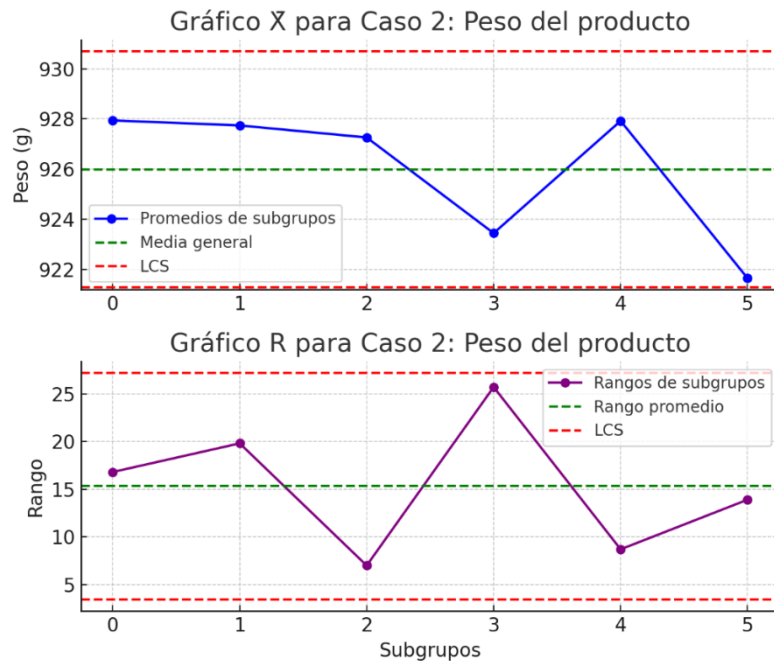


Fuente: Elaboración propia

Proceso 2: mostró los índices más bajos ( $C_p = 1,30$ ;  $C_{pk} = 1,20$ ;  $C_{pm} = 1,00$ ), indicando un proceso estable pero con variabilidad relativamente alta y una media alejada del objetivo (Figura 4). Este comportamiento se asocia comúnmente a variaciones ambientales y errores sistemáticos en la medición. En términos de Taguchi, este proceso refleja una condición de baja robustez, ya que el rendimiento depende de factores de ruido no controlados.

Figura 4

## Gráficos de control – caso 2

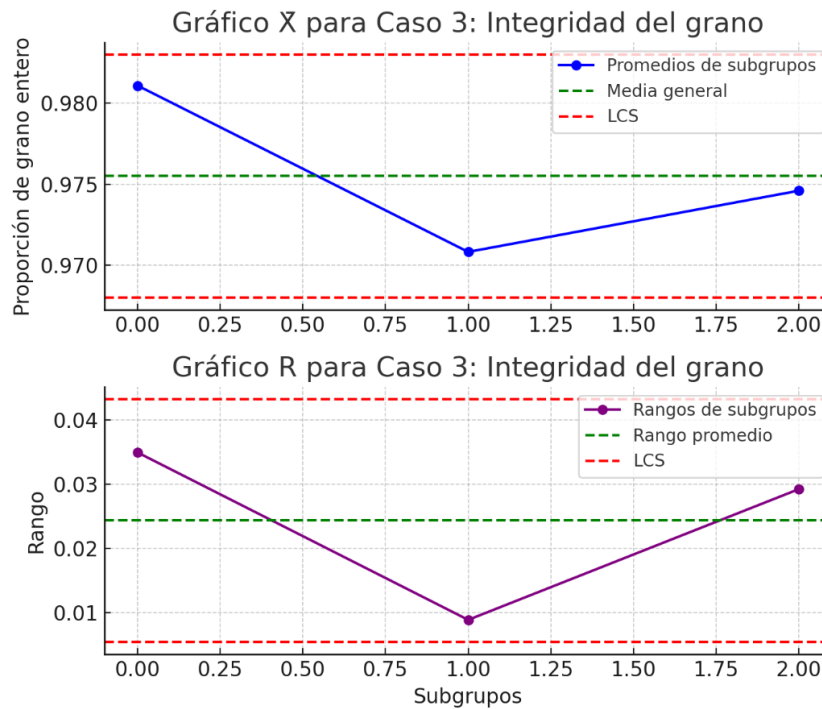


Fuente: Elaboración propia

Proceso 3: registró la mayor capacidad general ( $C_p = 1,52$ ;  $C_{pk} = 1,40$ ) y la menor pérdida económica (2,8 USD/unidad), aunque el  $C_{pm}$  de 1,12 reveló que aún existían desviaciones menores respecto al valor objetivo (Figura 5). Aun siendo el mejor desempeño global, se evidenció que una reducción del 1 % en la tolerancia generaría ahorros cercanos al 10 % en el costo total de no calidad.

Figura 5

## Gráficos de control – caso 3



Fuente: Elaboración propia

### Análisis de sensibilidad

Se efectuó un análisis de sensibilidad con el fin de examinar cómo ligeras modificaciones en la media o en la desviación estándar repercuten sobre los índices de capacidad. Los resultados indican que un desplazamiento del 0,5 % en la media ocasiona una disminución aproximada de 0,1 unidades en el Cpm, mientras que los valores de Cp y Cpk permanecen prácticamente sin variaciones. En contraste, un aumento del 10 % en la desviación estándar genera una reducción del 8 % en el Cpk y de alrededor del 15 % en el Cpm. Estos hallazgos evidencian que el índice propuesto por Taguchi presenta una mayor sensibilidad frente a los cambios simultáneos en la media y la dispersión, consolidándose como una métrica más exigente y representativa para evaluar la verdadera capacidad del proceso.

### Interpretación estadística



La comparación de los tres procesos bajo ambos enfoques revela que los métodos convencionales tienden a sobrevalorar la capacidad del proceso, ya que omiten el efecto del desplazamiento respecto al valor objetivo. En cambio, el enfoque de Taguchi incorpora un ajuste que corrige dicha sobreestimación, penalizando los procesos que, aunque centrados, presentan baja precisión. Asimismo, la función de pérdida económica traduce la variabilidad estadística en una medida concreta: el costo monetario. Este cambio de perspectiva permite estimar el impacto financiero real de la no calidad y facilita la priorización de acciones de mejora. Por ejemplo, si una desviación de  $\pm 0,05$  mm implica una pérdida de 3 USD por unidad, la organización puede justificar inversiones en mantenimiento preventivo, automatización o control ambiental, demostrando mediante evidencia económica la rentabilidad de la mejora continua.

#### *Comparación con estudios previos*

Los resultados concuerdan con lo reportado por Arias et al. (2015) y Hernández y García (2015), quienes demostraron que el método de Taguchi es más eficiente para identificar fuentes de variación y cuantificar pérdidas por desalineación del proceso. El presente estudio amplía la evidencia empírica al aplicarlo en tres casos reales del contexto ecuatoriano, donde la mayoría de las empresas aún dependen exclusivamente de los métodos tradicionales. Los hallazgos sugieren que la adopción del enfoque de Taguchi podría traducirse en una reducción promedio del 5 % al 10 % de los costos de no calidad, sin necesidad de modificar la infraestructura productiva existente.

## **Discusión**

El presente estudio comparó los enfoques tradicionales de control de calidad con el método propuesto por Taguchi, con el fin de determinar cuál ofrece un mayor impacto en la gestión estadística de la calidad en entornos industriales. Los resultados mostraron diferencias claras entre ambos enfoques, especialmente en la forma de prevenir y corregir defectos.

El método convencional, que integra herramientas como el control estadístico de procesos (SPC) y los índices de capacidad, demostró ser útil para identificar y corregir errores una vez que estos se manifiestan durante la producción. No obstante, su carácter reactivo limita la capacidad de anticipar

o reducir la variabilidad inherente al proceso, lo que incrementa los costos derivados de la corrección. Los datos evidencian que, si bien el SPC logró disminuir la variabilidad de los productos, su efectividad frente a las causas internas de inestabilidad fue menor, lo que plantea dudas sobre la sostenibilidad del proceso a largo plazo (Tabla 1).

En contraste, el método de Taguchi se basa en el diseño robusto y en la reducción de la variabilidad desde las etapas iniciales, adoptando un enfoque preventivo. La aplicación de la función de pérdida de calidad permitió reducir defectos en las fases tempranas de producción, especialmente en procesos con altos requerimientos de precisión y estabilidad. Aunque su implementación exige una planificación más rigurosa y un mayor aprendizaje técnico, los beneficios acumulados —como la disminución de la dispersión y el control más eficaz de los parámetros de proceso— conducen a una optimización global de la calidad (Tabla 2). Asimismo, los índices de capacidad derivados del enfoque de Taguchi, particularmente el Cpm, ofrecieron una visión más integral del centrado y la dispersión, a diferencia del Cp tradicional, permitiendo evaluar de forma más realista la capacidad de los procesos frente a las especificaciones (Figura 1).

En términos comparativos, los métodos convencionales resultan más accesibles y familiares para la industria, pero insuficientes en entornos donde la variabilidad representa un factor crítico. Las empresas que adoptan el enfoque de Taguchi asumen inicialmente una mayor inversión y complejidad operativa, pero logran, con el tiempo, productos más consistentes y menores costos derivados de la no calidad.

Finalmente, los tres casos de estudio analizados (Tabla 3) confirmaron la superioridad del método de Taguchi para gestionar simultáneamente factores de control y ruido, aspectos que suelen pasar desapercibidos en los métodos tradicionales. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan la eficacia del diseño robusto en la mejora continua y en la reducción de la variabilidad de los procesos industriales (Hernández & García, 2015).

---

## Conclusiones

El análisis comparativo de los tres casos de estudio evidenció que el método de Taguchi ofrece ventajas sustanciales en entornos industriales caracterizados por una alta complejidad y múltiples fuentes de variación. En el Caso 2, correspondiente al proceso de enfundado de saborizantes, los métodos tradicionales mostraron índices de capacidad limitados ( $C_p = 0,54$  y  $C_{pk} = 0,54$ ), reflejando la incapacidad del proceso para cumplir con las especificaciones establecidas. En contraste, la aplicación de la función de pérdida de Taguchi permitió estimar un costo promedio de 1,52 USD por unidad defectuosa, aportando una métrica financiera concreta para justificar inversiones en mejora continua. Estos resultados confirman la pertinencia del enfoque de Taguchi en procesos con interacciones complejas donde los métodos clásicos resultan insuficientes.

Asimismo, la función de pérdida de Taguchi permitió identificar impactos económicos que los métodos convencionales no logran detectar. En el Caso 3, correspondiente al procesamiento de arroz, se estimó una pérdida promedio de 8,08 USD por saco, asociada a desviaciones respecto al valor objetivo de calidad. Este resultado, obtenido mediante la ecuación  $L(x) = K(x - N)^2$ , contrasta con la visión restringida del método tradicional, que solo reportó un índice  $C_p$  de 0,57. Además, el modelo de Taguchi permitió cuantificar oportunidades de ahorro: una reducción del 1 % en la variabilidad del proceso implicaría un ahorro estimado de 3 USD por unidad.

El análisis metodológico general indicó que el 55 % de las aplicaciones del método de Taguchi se orientan a la prevención y experimentación, mientras que los métodos tradicionales se utilizan en un 50 % con fines correctivos. En el Caso 1, correspondiente al envasado de productos de belleza, el enfoque de Taguchi detectó que valores cercanos a los límites de control ocasionaban pérdidas de 1,46 USD por unidad, lo que permitió realizar ajustes proactivos en el diseño del proceso. Esta capacidad de anticipación contribuyó a una reducción estimada de 19.357 DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), resaltando el potencial del método de Taguchi como herramienta estratégica para fortalecer la gestión integral de la calidad.

---

## Referencias Bibliográficas

1. Alzueta, J. I. (2012). *Sistemas de gestión de la calidad*.
2. Ambit Building Solutions. (2022). *Etapas de la evolución de la calidad y TQM*.
3. Arias, F. (2022). *Metodología de la investigación*. <https://tesisplus.com/investigacion-explicativa/investigacion-explicativa-segun-autores/>
4. Coello, A. A. (2019). *La gestión de la calidad: Conceptos básicos*. <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10123.pdf>
5. Cordero, G. (2021). *Método deductivo*. En *Enciclopedia Humanidades*. <https://humanidades.com/metodo-deductivo/>
6. Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Center for Advanced Engineering Study.
7. Encinas, J. (2018). *Gestión de la calidad y mejoramiento continuo*. <https://www.gestiopolis.com/gestion-de-la-calidad-y-mejoramiento-continuo/>
8. Giugni, P. (2017). *La calidad como filosofía de gestión*. <https://www.pablogiugni.com.ar/genichi-taguchi/>
9. Guzmán, A. (2014). *Calidad tradicional vs. auditoría de calidad y costos vs. método de Taguchi*. <https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/700/Trabajo%20de%20grado?sequence=1&isAllowed=y>
10. Hernández, A., & García, L. (2015). *La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad. Investigación Operativa*.
11. Juran, J. M. (2005). *Definición de calidad*. <https://www.euroinnova.ec/blog/que-es-calidad-segun-autores>
12. Martínez, J. (2018). *Administración tradicional de la calidad*.
13. Méndez, J. (2022). *Método analítico*. <https://tesisymasters.com.ar/analitico/>
14. Moreira, M. (2019). *Investigación descriptiva: Ejemplos*. <https://tesisymasters.com.ar/investigacion-descriptiva-ejemplos/>
15. Ojeda, M. (2020). *Revolución de la calidad y herramientas estadísticas*. [https://www.uv.mx/personal/mojeda/files/2012/04/Deming\\_larevoluciondelacalidad.pdf](https://www.uv.mx/personal/mojeda/files/2012/04/Deming_larevoluciondelacalidad.pdf)



16. Oldhand, T. (2018). *Diferencias entre la administración de calidad tradicional y total*.  
<https://www.cuidatudinero.com/13104954/diferencias-entre-la-administracion-de-calidad-tradicional-y-total>
17. Oyola, L. (2021). *Tipos de investigación*.  
<https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
18. Peralta, E. (2022). *Técnicas de investigación*. <https://concepto.de/tecnicas-de-investigacion/>
19. Peralta, N. (2018). *Estructura organizativa y mejora de la calidad: Diferencias entre la administración de calidad tradicional y total*.
20. Restrepo, E. (2017). *Método de Taguchi en el diseño experimental*. Redalyc.
21. Rubio, M. (2019). *Análisis documental, indización y resumen*.  
[http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis\\_documental\\_indizaci%C3%B3n\\_y\\_resumen.pdf](http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis_documental_indizaci%C3%B3n_y_resumen.pdf)
22. Sanabria, P., & Romero, V. (2014). *El concepto de calidad en las organizaciones: Una aproximación desde la complejidad*. Universidad & Empresa.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.