



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS CON SIX SIGMA

**STATISTICAL TOOLS TO REDUCE VARIABILITY IN
PROCESSES WITH SIX SIGMA**

José Antonio Aparicio Hernández

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - México

Emanuel Mora Castañeda

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - México

Germaín López Cruz

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14940

Herramientas estadísticas para reducir la variabilidad en los procesos con Six Sigma

José Antonio Aparicio Hernández¹

jose.ah@zacatlan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0008-1798-4903>

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - Tecnológico Nacional de México México

Emanuel Mora Castañeda

emanuel.mc@zacatlan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-2473-8070>

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - Tecnológico Nacional de México México

Germaín López Cruz

germain.lc@zacatlan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-2284-9158>

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla - Tecnológico Nacional de México México

RESUMEN

Six Sigma es una metodología enfocada en la mejora de procesos mediante la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos. Su objetivo principal es alcanzar niveles de calidad que permitan que solo 3.4 defectos por millón de oportunidades ocurran. Esto se logra a través de un enfoque sistemático que incluye la definición, medición, análisis, mejora y control (DMAIC). La variabilidad en los procesos de producción puede surgir por múltiples factores, como errores humanos, fallos en maquinaria o ineficiencias en el flujo de trabajo. Utiliza herramientas estadísticas y técnicas de análisis para identificar las causas raíz de estas variaciones. Al implementar soluciones basadas en datos, las empresas pueden estandarizar sus procesos, lo que resulta en una mayor consistencia y calidad del producto. Este artículo examina el impacto de la metodología en la reducción de la variabilidad, destacando beneficios cuantificables en distintos sectores industriales. Con su enfoque riguroso y basado en datos, no solo reduce la variabilidad, también optimiza la eficiencia operativa y aumenta la satisfacción del cliente, contribuyendo así al éxito a largo plazo de la organización. Este artículo examina el impacto de la metodología en la reducción de la variabilidad, destacando beneficios cuantificables en distintos sectores industriales.

Palabras clave: six sigma, variabilidad, proceso, reducción

¹ Autor principal.

Correspondencia: jose.ah@zacatlan.tecnm.mx

Statistical tools to reduce variability in processes with Six Sigma

ABSTRACT

Six Sigma is a methodology focused on process improvement by reducing variability and eliminating defects. Its main objective is to achieve quality levels that allow only 3.4 defects per million opportunities to occur. This is achieved through a systematic approach that includes definition, measurement, analysis, improvement and control (DMAIC). Variability in production processes can arise from multiple factors, such as human error, machinery failure, or workflow inefficiencies. Use statistical tools and analysis techniques to identify the root causes of these variations. By implementing data-driven solutions, companies can standardize their processes, resulting in greater consistency and product quality. This article examines the impact of the methodology in reducing variability, highlighting quantifiable benefits in different industrial sectors. With its rigorous, data-driven approach, it not only reduces variability, it also optimizes operational efficiency and increases customer satisfaction, thereby contributing to the long-term success of the organization. This article examines the impact of the methodology in reducing variability, highlighting quantifiable benefits in different industrial sectors.

Keywords: six sigma, variability, process, reduction

Artículo recibido 18 octubre 2024

Aceptado para publicación: 25 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

La reducción de variabilidad en los procesos de producción es un objetivo fundamental en la gestión de la calidad y la eficiencia operativa. En un entorno industrial cada vez más competitivo, las empresas buscan constantemente mejorar sus procesos para satisfacer las demandas del mercado y maximizar la satisfacción del cliente. Una de las metodologías más efectivas para alcanzar estos objetivos es Six Sigma. Esta metodología, desarrollada por Motorola en la década de 1980, se centra en la identificación y eliminación de defectos en los procesos a través de un enfoque basado en datos y estadísticas (Harry & Schroeder, 2000).

Six Sigma se basa en la premisa de que la variabilidad es el enemigo de la calidad. Al reducir la variabilidad, las organizaciones pueden mejorar la consistencia de sus productos y servicios, lo que se traduce en menores costos y un aumento en la satisfacción del cliente (Breyfogle, 2003). Esta metodología utiliza herramientas como el Análisis de Capacidad de Proceso y el Ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para sistematizar la mejora continua (Pyzdek & Keller, 2014). Diversos estudios han demostrado que la implementación de Six Sigma no solo mejora la calidad, sino que también tiene un impacto significativo en la rentabilidad de las organizaciones. Según un análisis realizado por Snee (2010), las empresas que adoptan Six Sigma reportan un aumento en sus márgenes de beneficio y una reducción en los costos operativos. Así, la reducción de variabilidad mediante Six Sigma se presenta como una estrategia clave para el éxito a largo plazo en el ámbito productivo. En este artículo, exploraremos cómo la aplicación de Six Sigma puede facilitar la reducción de variabilidad en los procesos de producción, destacando los beneficios que esta metodología aporta a las organizaciones.

METODOLOGÍA

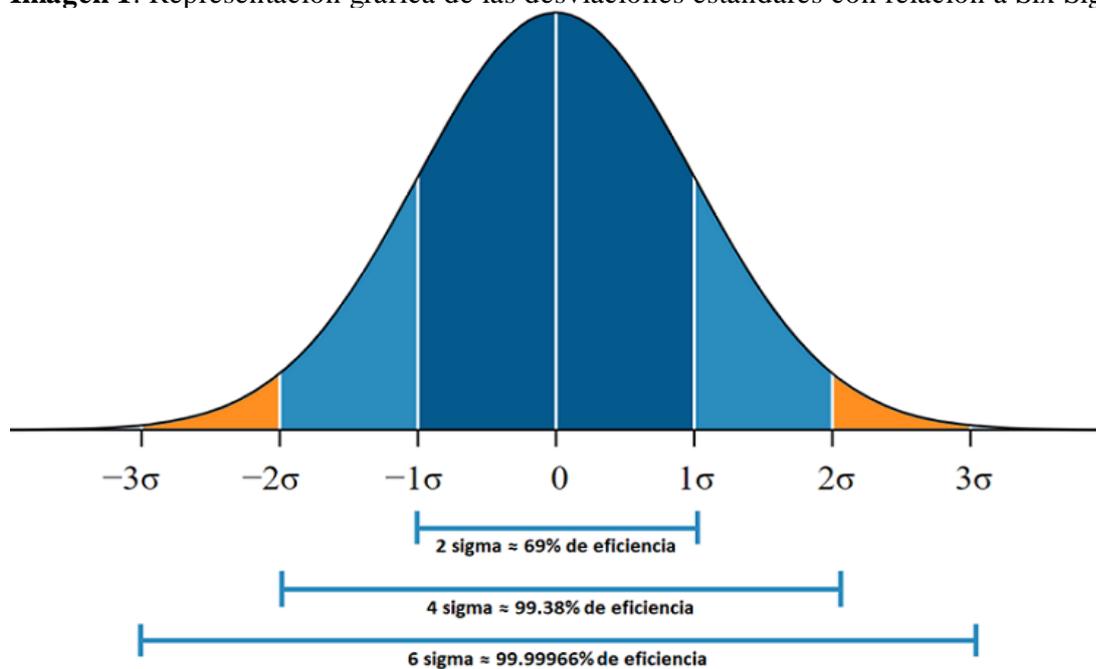
La metodología Six Sigma es un enfoque integral y estructurado que busca la mejora continua y la reducción de la variabilidad en los procesos de producción. A través del uso de herramientas estadísticas y un enfoque centrado en el cliente, Six Sigma permite a las organizaciones optimizar sus operaciones y alcanzar niveles de calidad excepcionales.

Six Sigma es una técnica o metodología de gestión y organización empresarial aplicable a empresas de cualquier ámbito. Su objetivo es reducir los fallos o defectos de los productos a un nivel prácticamente nulo.

Esta metodología fue creada en los años 80 por Bill Smith en Motorola y busca el principio de “cero defectos”, lo que en la práctica se traduce en que su aplicación debería garantizar, en su nivel más óptimo, un valor máximo de 3.4 defectos por cada millón de unidades producidas (3.4 DPMO) o, lo que es lo mismo, garantizar una eficiencia del 99.99966%.

Este concepto tiene fuerte relación con variables estadísticas como la desviación típica estándar (σ) y con otros conceptos estadísticos como la distribución normal o campana de Gauss:

Imagen 1. Representación gráfica de las desviaciones estándares con relación a Six Sigma



A continuación, se presenta una tabla donde se puede observar la distribución de los niveles de Six Sigma y los porcentajes de rendimiento correspondientes, estos datos también se pueden obtener con algún paquete estadístico como lo son: Minitab, SSPS, Excel, entre otros. Entre más alto sea el nivel sigma los defectos por millón de oportunidades van disminuyendo.

Imagen 2. Tabla de conversión de rendimiento y/o DPMO a nivel Sigma

Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities	Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

Con relación a esta metodología y con la finalidad de reducir la variabilidad en los procesos de producción se utiliza el ciclo DMAIC que consta de cinco fases principales como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 3. Fases del ciclo DMAIC



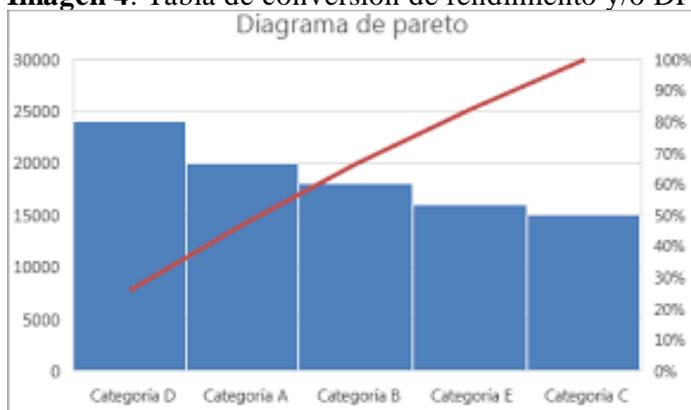
A continuación, se presenta un desarrollo más detallado de cada una de las fases del ciclo DMAIC y como aporta cada fase para reducir la variabilidad.

Definir

En la fase de definición, es crucial establecer un entendimiento claro del problema a resolver y se utilizan diversas herramientas que nos ayudan en la definición del problema principal. A continuación, se mencionan algunas de ellas. Esto incluye:

- **Identificación del Problema:** Primer paso importante que se debe de llevar acabo para comenzar aplicar esta metodología, se puede obtener mediante lluvia de ideas, trabajo en equipo, trabajo multidisciplinario, entre otros.
- **Project Charter o Acta del Proyecto:** Documento que define formalmente el alcance, los objetivos, los recursos y las restricciones del proyecto. Incluye la declaración del problema, los objetivos del proyecto, el equipo involucrado, los recursos necesarios y el cronograma estimado. Es una herramienta clave para asegurar el compromiso de la alta dirección, se puede considerar como el registro detallado del proyecto a iniciar. El formato a utilizar depende mucho de la persona que lo ejecute, puede ser elaborado en Word, Excel, entre otros, pero debe contener los elementos antes mencionado.
- **Voz del Cliente (VoC):** Recopilar las expectativas y necesidades de los clientes a través de encuestas, entrevistas y grupos focales. Esto asegura que los esfuerzos de mejora estén alineados con las expectativas del cliente (Keller & Pyzdek, 2014). Se debe tomar en cuenta que el cliente es el punto importante para realizar acciones de mejora y llevar al éxito las organizaciones.
- **Diagramas de Pareto:** El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que se utiliza para identificar y visualizar las causas más significativas de un problema o fenómeno, siguiendo el principio de Pareto, que establece que, en muchos casos, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Esta técnica es especialmente útil en la gestión de calidad y en la toma de decisiones, permitiendo priorizar acciones y recursos para abordar los problemas más críticos.

Imagen 4. Tabla de conversión de rendimiento y/o DPMO a nivel Sigma



Este tipo de diagrama es muy útil en esta etapa ya que permite visualizar el problema de una forma muy general, desde los problemas potenciales hasta los de menor grado y muestra en cual debemos enfocarnos para reducir esos problemas que afectan al proceso.

- Diagrama SIPOC: SIPOC significa Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas) y Customers (Clientes). Esta herramienta ayuda a visualizar y entender el proceso desde un nivel macro, identificando quiénes son los proveedores y clientes, y cuáles son las entradas y salidas del proceso.

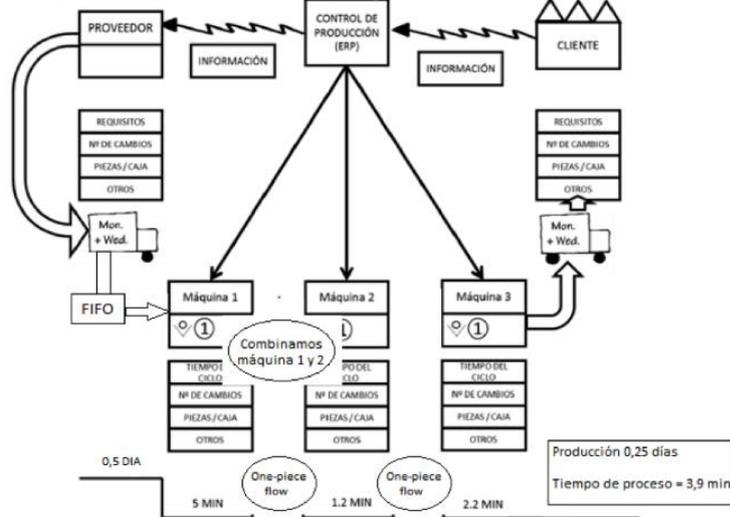
• **Imagen 5.** Elementos del diagrama SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

Este tipo de diagrama permite tener una gran visión general desde los proveedores hasta los clientes finales y en cada etapa se debe de describir los elementos que integran en cada rubro, es por ello la importancia en esta fase de definición.

- Mapeo de procesos: El mapeo de procesos es una técnica que representa visualmente los flujos de trabajo y procesos de una empresa para mejorar su comprensión y rendimiento. Se trata de una herramienta fundamental en la gestión de proyectos y un componente clave en las iniciativas de mejora de procesos. El mapeo de procesos permite: Identificar áreas de mejora, Comprender cómo funciona un proceso, Coordinar las responsabilidades de un equipo, Abordar problemas recurrentes, Definir índices para medir el desempeño de los equipos.

Imagen 6: Ejemplo de un mapeo de procesos



Es importante mencionar que en el mapeo de procesos se pueden utilizar diferentes diagramas de acuerdo al problema que se esté analizando.

En esta fase de definición se incluyen los métodos más importantes, hacer mención que existen otras herramientas que ayudan a realizar de igual forma la primera fase que es la definición.

Medir

La fase de medición se centra en la recopilación de datos relevantes para entender el estado actual del proceso. Para esta etapa se mide el proceso, se determina la situación actual, a fin de analizar las causas importantes que producen la variación (Guzmán, 2018). En esta etapa se presenta la toma de muestra, en el cual se debe aplicar la estadística descriptiva, a fin de lograr la capacidad del proceso, realizar las medidas de dispersión, a fin de conocer los sesgos de los datos. Esta etapa conlleva la definición del proceso, y la forma de evaluar las mediciones y el sistema (Gómez, 2019). Para comprender más a fondo en esta fase se utilizan las siguientes herramientas.

- **Análisis de Capacidad del Proceso.** Este análisis permite determinar si el proceso es capaz de cumplir con los requisitos de calidad y especificaciones. La capacidad del proceso se mide generalmente usando métricas como el Cp y Cpk (índices de capacidad) para cuantificar qué tan bien el proceso está alineado con los límites de especificación del cliente. A continuación, se describen algunos términos que se deben comprender.
 - Cp (Índice de Capacidad del Proceso): Mide la capacidad potencial del proceso. Un Cp mayor a 1.33 generalmente indica que el proceso es capaz.

- Cpk (Índice de Capacidad Ajustado): Considera la media del proceso y su variabilidad en relación con las especificaciones. Un Cpk mayor a 1.33 también indica un proceso capaz.
- Pp y Ppk: Similar a Cp y Cpk, pero se utilizan para evaluar la capacidad del proceso sobre un periodo de tiempo más largo y con datos más variables.

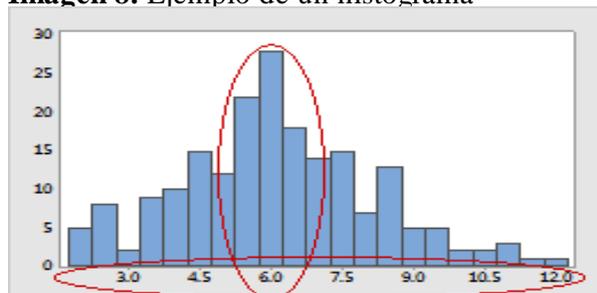
Para estos cálculos existen fórmulas para obtener los resultados, pero es recomendable utilizar los paquetes estadísticos para facilitar el trabajo se puede utilizar minitab, SPSS, Excel, entre otros.

Imagen 7. Fórmulas que se utilizan para calcular la capacidad de proceso

Índice	Descripción
$\hat{C}_p = \frac{TS - TI}{6 \times \hat{\sigma}}$	Calcula lo que el proceso sería capaz de producir si el proceso estuviera centrado. Presupone que el resultado del proceso sigue una distribución normal .
$\hat{C}_{p, inferior} = \frac{\hat{\mu} - TI}{3 \times \hat{\sigma}}$	Calcula la capacidad del proceso para especificaciones únicamente con un límite inferior (ej. fuerza). Presupone que el resultado del proceso está aproximadamente distribuido de forma normal.
$\hat{C}_{p, superior} = \frac{TS - \hat{\mu}}{3 \times \hat{\sigma}}$	Calcula la capacidad del proceso para especificaciones únicamente con un límite superior (ej. concentración). Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.
$\hat{C}_{pk} = \min \left[\frac{TS - \hat{\mu}}{3 \times \hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - TI}{3 \times \hat{\sigma}} \right]$	Calcula lo que el proceso es capaz de producir si el objetivo del proceso está centrado entre los límites de la especificación. En caso de que la media del proceso no este centrada, \hat{C}_p sobreestima la capacidad del proceso. $\hat{C}_{pk} < 0$ si la media del proceso se sitúa fuera de los límites de especificación. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.
$\hat{C}_{p,m} = \frac{\hat{C}_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{\hat{\mu} - T}{\hat{\sigma}}\right)^2}}$	Calcula la capacidad del proceso respecto a un objetivo, T. $\hat{C}_{p,m}$ es siempre mayor que cero. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.
$\hat{C}_{p,bn} = \frac{\hat{C}_{pk}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\hat{\mu} - T}{\hat{\sigma}}\right)^2}}$	Calcula la capacidad del proceso respecto a un objetivo, T válido para un proceso con una media descentrada. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.

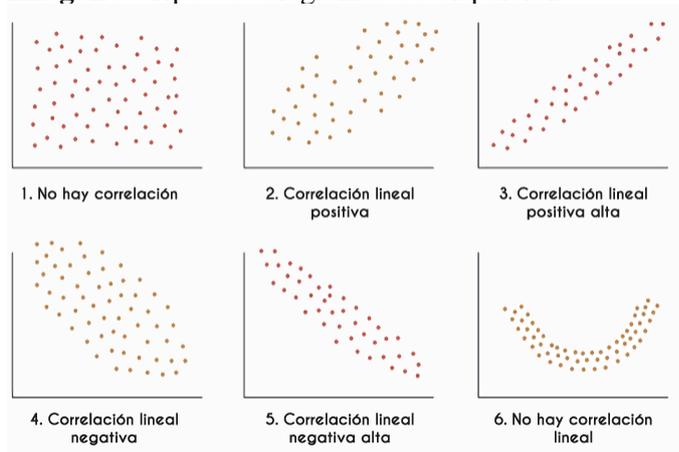
- **Histogramas.** Los histogramas son herramientas gráficas utilizadas para representar la distribución de un conjunto de datos. Un histograma es un gráfico de barras que muestra la frecuencia (número de ocurrencias) de diferentes rangos de valores de una variable continua. Cada barra representa un intervalo de valores, y la altura de la barra indica la cantidad de datos que caen dentro de ese intervalo. De la misma forma para el cálculo de los datos se utilizan diferentes softwares para facilitar el trabajo. Tiene grandes ventajas como: Permite ver la distribución de los datos de manera intuitiva. Facilita la identificación de tendencias, asimetrías y la presencia de valores atípicos. Se pueden superponer histogramas para comparar diferentes conjuntos de datos.

Imagen 8. Ejemplo de un histograma



- Diagramas de dispersión. Un diagrama de dispersión, también conocido como gráfico de dispersión o scatter plot, es una representación gráfica que muestra la relación entre dos variables numéricas. Cada punto en el gráfico representa un par de valores para las dos variables. Y establece estos tipos de Relaciones
 - Relación Positiva: A medida que una variable aumenta, la otra también tiende a aumentar (la nube de puntos se inclina hacia arriba).
 - Relación Negativa: A medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir (la nube de puntos se inclina hacia abajo).
 - Sin Relación: No hay un patrón claro entre las dos variables (los puntos están dispersos sin una tendencia definida).

Imagen 9. Tipos de diagramas de dispersión



Con relación a los diagramas presentados, se puede observar los diferentes comportamientos de los datos y en esta fase de medir, estos son muy útiles para representar los datos y observar las correlaciones entre ellos.

En esta fase se pueden utilizar otros métodos estadísticos para la medición como, por ejemplo: diferentes gráficos que se conocen (barras, ojivas, circulares, entre otros), matriz de prioridades, entre otras. Todo depende del estadístico y del problema que se plantea.

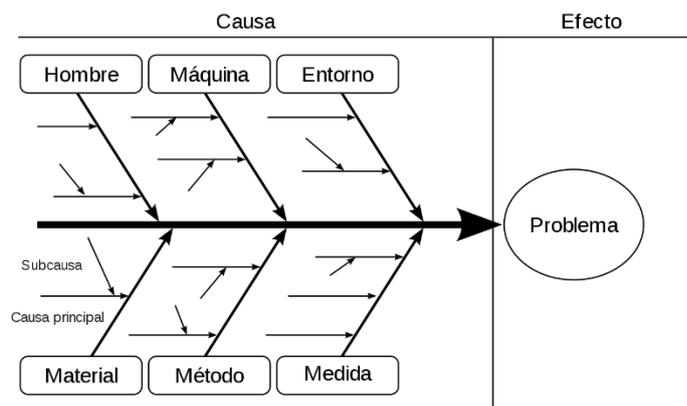
Analizar

La fase de análisis en la metodología DMAIC es crucial para identificar las causas raíz de los problemas y la variabilidad en los procesos. Para lograr esto, se utilizan diversas herramientas estadísticas que ayudan a los equipos a entender los datos y a tomar decisiones informadas. A continuación, se describen

algunas de las herramientas más comunes utilizadas en esta fase. Identificación de Causas Raíz: Utilizar el Diagrama de Ishikawa para mapear las posibles causas de un problema. Esta herramienta permite visualizar cómo diferentes factores contribuyen a la variabilidad.

- Diagrama de Ishikawa (o Diagrama de Espina de Pescado). Este diagrama es útil para identificar y categorizar las posibles causas de un problema. Se organiza en ramas que representan diferentes categorías, como personas, procesos, materiales, maquinaria y medio ambiente. Facilita la lluvia de ideas y ayuda a visualizar cómo cada causa contribuye al problema principal y facilita la detección de acciones que se pueden realizar para mejorar ciertos procesos.

Imagen 10. Estructura del diagrama de Ishikawa



Es importante mencionar que este diagrama también se le conoce como diagrama de las 6M, pero también existe otro diagrama de las 4M, ambas son funcionales de acuerdo al problema que se esté analizando.

- Análisis de Varianza (ANOVA). El ANOVA es una técnica que se utiliza para comparar las medias de tres o más grupos para determinar si al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los otros. Es útil cuando se desea evaluar el impacto de diferentes factores o tratamientos en el desempeño del proceso. Permite identificar qué variables tienen un efecto significativo sobre la variabilidad. Tipos de ANOVA:
 - ANOVA de un Factor (One-Way ANOVA): Se utiliza cuando se tiene un solo factor (variable independiente) y se desea comparar las medias de tres o más grupos. Ejemplo: Comparar el rendimiento académico de estudiantes en tres diferentes métodos de enseñanza.

- ANOVA de Dos Factores (Two-Way ANOVA): Se utiliza para evaluar el efecto de dos factores (o variables independientes) sobre una variable dependiente. Permite estudiar no solo los efectos individuales de cada factor, sino también la interacción entre ellos. Ejemplo: Analizar el impacto de diferentes métodos de enseñanza y diferentes niveles de experiencia del profesor sobre el rendimiento de los estudiantes.
- ANOVA de Medidas Repetidas: Se utiliza cuando se realizan múltiples mediciones en los mismos sujetos en diferentes condiciones o momentos. Ejemplo: Medir la presión arterial de pacientes antes y después de un tratamiento en varias ocasiones.

ANOVA es una herramienta poderosa para el análisis de varianza que permite a los investigadores y analistas comparar múltiples grupos y determinar si existen diferencias significativas en sus medias. Al comprender su fundamento, supuestos y aplicaciones, los profesionales pueden tomar decisiones informadas basadas en datos, contribuyendo así a la mejora continua y a la investigación rigurosa.

- **Análisis de Regresión.** El análisis de regresión es una técnica estadística que permite examinar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Se utiliza para determinar cómo los factores influyen en el rendimiento del proceso. Existen diferentes tipos de análisis de regresión, como la regresión lineal simple y múltiple, que pueden ayudar a predecir resultados y a identificar variables significativas. Tipos de Análisis de Regresión:
 - Regresión Lineal Simple: Se utiliza para modelar la relación entre una variable dependiente y una sola variable independiente.
 - Regresión Lineal Múltiple: Se utiliza cuando hay múltiples variables independientes que pueden influir en la variable dependiente.
 - Regresión No Lineal: Se utiliza cuando la relación entre las variables no se puede describir adecuadamente con una línea recta. Puede incluir modelos polinómicos, exponenciales, logarítmicos, entre otros.
 - Regresión Logística: Se utiliza cuando la variable dependiente es categórica (por ejemplo, éxito/fallo). Modela la probabilidad de que ocurra un evento, utilizando la función logística.

El análisis de regresión es una técnica fundamental en estadística que permite a los investigadores y analistas modelar y predecir la conducta de una variable dependiente en función de una o más variables



La fase "Mejorar" de DMAIC es crítica para implementar soluciones efectivas que aborden las causas de los problemas identificados. Utilizando una combinación de herramientas y técnicas, los equipos pueden desarrollar un enfoque sistemático para lograr mejoras sostenibles en los procesos y resultados organizacionales.

Controlar

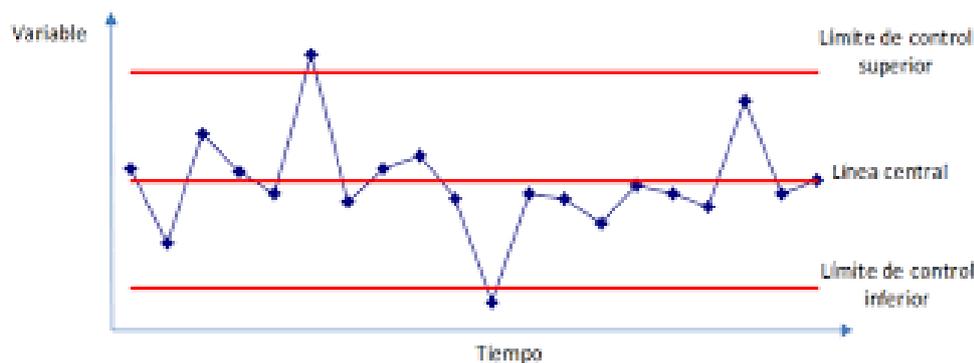
La fase de mejora en la metodología DMAIC es crucial para implementar soluciones efectivas que eliminen las causas raíz de los problemas identificados en la fase de análisis. Durante esta etapa, se utilizan diversas herramientas estadísticas para probar y validar las soluciones propuestas. A continuación, se describen algunas de las herramientas más comunes empleadas en esta fase.

- Gráficos de Control. Los gráficos de control son esenciales para monitorear la estabilidad del proceso después de realizar mejoras. Permiten visualizar la variabilidad a lo largo del tiempo y detectar cualquier señal de inestabilidad. En esta fase, se pueden utilizar gráficos de control específicos, como:

Gráficos X-bar y R: Para variables continuas que miden la media y el rango de un proceso.

Gráficos P y NP: Para datos de atributos que evalúan la proporción de defectos o el conteo de defectos.

Imagen 12. Estructura de una gráfica de control



Estos gráficos ayudan a confirmar que las mejoras implementadas han tenido un efecto positivo y sostenible en el proceso (Breyfogle, 2003). También se pueden generar en diferentes paquetes estadísticos que anteriormente se han mencionado.

- **Diseño de Experimentos (DOE).** El Diseño de Experimentos es una metodología que permite planificar y ejecutar experimentos controlados para evaluar el efecto de múltiples variables sobre un resultado. Utilizando técnicas de DOE, los equipos pueden:
 - **Determinar el impacto de diferentes factores:** Identificar cuáles variables tienen un efecto significativo en el rendimiento del proceso.
 - **Optimizar condiciones:** Encontrar las combinaciones óptimas de factores que maximicen o minimicen un resultado específico.
 - **Reducir la variabilidad:** Evaluar cómo los cambios en el proceso afectan la variabilidad del resultado.

Existen diferentes tipos de diseños experimentales, como el diseño factorial, que permite estudiar múltiples variables simultáneamente (Montgomery, 2012).

- **Monitoreo Continuo:** Establecer gráficos de control para monitorear el rendimiento del proceso de forma continua. Esto permite detectar desviaciones y tomar acciones correctivas de manera oportuna.
- **Documentación de Procesos:** Crear y mantener documentación detallada sobre los cambios realizados en el proceso y las nuevas prácticas implementadas. Esto facilita la capacitación de nuevos empleados y asegura la continuidad de las mejoras.
- **Capacitación:** Asegurar que el personal esté capacitado en los nuevos procesos y herramientas.
- **Auditorías y Revisión:** Realizar auditorías periódicas del proceso para evaluar la efectividad de las mejoras y garantizar que se sigan las prácticas establecidas. La revisión regular de los resultados ayudará a identificar nuevas oportunidades de mejora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de herramientas estadísticas en el marco de Six Sigma no solo facilita la identificación de problemas y la evaluación de soluciones, sino que también promueve una cultura de toma de decisiones basada en datos. Los resultados obtenidos demuestran que la reducción de la variabilidad no es solo un objetivo técnico, sino un factor estratégico que impacta directamente en la rentabilidad y competitividad de las organizaciones.

Además, es importante destacar que la capacitación y la formación del personal en el uso de estas herramientas son cruciales para el éxito de los proyectos Six Sigma. La habilidad de interpretar datos y aplicar análisis estadísticos permite a los equipos abordar problemas complejos de manera más efectiva. La metodología DMAIC en Six Sigma es parte fundamental para que se logren los resultados planeados.

CONCLUSIONES

En conclusión, las herramientas estadísticas son fundamentales para la reducción de la variabilidad en el contexto de Six Sigma. Los resultados obtenidos de su aplicación proporcionan evidencia clara de su efectividad en la mejora de procesos y en la satisfacción del cliente. Por lo tanto, es recomendable que las organizaciones que implementan Six Sigma inviertan en la capacitación de su personal y en el desarrollo de competencias estadísticas para maximizar los beneficios de esta metodología y llegar a la meta de 3.4 DPMO con un nivel máximo de seis sigma. Al seguir el ciclo DMAIC, las organizaciones pueden no solo abordar problemas existentes, sino también fomentar una cultura de mejora continua que les permita adaptarse a los cambios del mercado y las expectativas del cliente.

Créditos a las Instituciones

Créditos a las instituciones:

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. Campus Zacatlán, Puebla

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antony, J., & Kumar, M. (2012). Six Sigma in service organizations: A review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29(1), 3-20.

<http://dx.doi.org/10.1108/02656711211191356>

Breyfogle, F. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Wiley.

Carter, P. (2010). Six Sigma. *AAOHN Journal*, 58(12), 508–510. <http://dx.doi.org/10.3928/08910162-20101124-02>

Chakrabarty, A., & Tan, K. H. (2007). The role of Six Sigma in the service industry: A review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24(3), 296-307.

<http://dx.doi.org/10.1108/02656710710731305>



- Delsanter, J. (1992). Six Sigma. *Managing Service Quality: An International Journal*, 2(4), 203–206.
<http://dx.doi.org/10.1108/09604529210029353>
- García González, R., Juárez León, S., Guevara Ramírez, I., & Clemente García Pérez, J. E. (2021). DMAIC – SIX SIGMA. *Revista Relayn - Micro y Pequeñas empresas en Latinoamérica*, 5(3), 164–190. <http://dx.doi.org/10.46990/relayn.2021.5.3.174>
- Goh, T. N. (2002). Six Sigma: A goal for all organizations. *Quality Progress*, 35(5), 56-61.
<https://asq.org/quality-progress/articles/six-sigma-a-goal-for-all-organizations?id=0267-2733>
- Goh, T. N., & Xie, M. (2004). A new approach to the development of Six Sigma projects. *Total Quality Management & Business Excellence*, 15(9-10), 1201-1216.
<http://dx.doi.org/10.1080/1478336042000250120>
- Gómez, C. (2019). Guía metodológica para la aplicación de Lean Six Sigma en los procesos de fabricación de plásticos en multinacionales colombianas.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7502/1/168166-2019-II-GC.pdf>
- Guzmán, R. (2018). Aplicación de metodología DMAIC para la reducción de pérdidas y mejora de procesos en industria manufacturera de neumáticos.
<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/49197>
- Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Doubleday.
- Keller, P., & Pyzdek, T. (2014). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill Education.
- Möller, K., & Noller, H. (2002). Six Sigma. *Controlling*, 14(6), 365–366.
<http://dx.doi.org/10.15358/0935-0381-2002-6-365>
- Orlenko, O., & Afanasieva, V. (2023). Features of lean six sigma. *Scientific Bulletin of the Odessa National Economic University*, 5-6(306-307), 109–115. <http://dx.doi.org/10.32680/2409-9260-2023-5-6-306-307-109-115>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How to Maximize the Impact of Your Change and Improvement Efforts*. McGraw-Hill.
- Pfeifer, T., Reissiger, W., & Canales, C. (2004). Integrating six sigma with quality management systems. *TQM Magazine*, 16(4), 241–249. <http://dx.doi.org/10.1108/09544780410541891>

Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill Education.

Snee, R. D. (2010). "Lean Six Sigma – Getting Better All the Time." *American Society for Quality*.

Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.

Westgard, J. O., & Westgard, S. A. (2017). Six Sigma Quality Management System and Design of Risk-based Statistical Quality Control. *Clinics in Laboratory Medicine*, 37(1), 85–96.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cll.2016.09.008>

