

Fundamentos de control estadístico de procesos para gestores y administradores tecnológicos



Julián Alberto Uribe Gómez

Fundamentos de control estadístico de procesos para gestores y administradores tecnológicos

Fundamentos de control estadístico de procesos para gestores y administradores tecnológicos

Julián Alberto Uribe Gómez



*Fundamentos de control estadístico de procesos
para gestores y administradores tecnológicos*
©Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM

Ediciones

Pdf, mayo 2021: ISBN 978-958-5122-34-5
Html, mayo 2021: ISBN 978-958-5122-35-2
<https://doi.org/10.22430/9789585122352>
Hechos todos los depósitos legales

Autor

Julián Alberto Uribe Gómez
ORCID: 0000-0001-8581-0376

Comité editorial

Jorge Iván Brand Ortiz, PhD.
Gloria Mercedes Díaz Cabrera, PhD.
Juliana Cardona Quirós, Esp.
Jorge Iván Ríos Rivera, MSc.
Viviana Díaz, Esp.

Directora editorial. Juliana Cardona Quirós
Asistente editorial. Viviana Díaz
Editor de mesa. Gustavo Otálvaro Ocampo
Correctora de textos. María Fernanda Aristizábal
Diseño. Mauricio Raigosa Álvarez
Diagramación. Julián Alberto Uribe Gómez

Editado en Medellín, Colombia

Fondo Editorial ITM
Instituto Tecnológico Metropolitano
Calle 73 No. 76A 354
Tel.: (574) 440 5100 Ext. 5197-5382
catalogo.itm.edu.co - www.itm.edu.co

Las opiniones expresadas en el presente texto no representan la posición oficial del ITM, por lo tanto, son responsabilidad del autor quien es igualmente responsable de las citaciones realizadas y de la originalidad de su obra. En consecuencia, el ITM no será responsable ante terceros por el contenido técnico o ideológico expresado en el texto, ni asume responsabilidad alguna por las infracciones a las normas de propiedad intelectual.

Índice general

Introducción	VII
1 Control estadístico de calidad	14
1.1 Definición de calidad	16
1.1.1 ¿Qué es calidad?	16
1.1.2 Historia del control de calidad	17
1.1.3 Dimensiones de la calidad	18
1.1.4 Naturaleza del control en la calidad y los procesos	20
1.1.5 Control de procesos	22
1.1.6 Control estadístico de procesos	23
1.1.7 Causas de la variabilidad en un proceso	26
1.2 Preguntas de repaso	28
1.3 Conclusiones	30
1.4 Glosario	30
1.5 Referencias	30
2 Estadística descriptiva	33
2.1 Estadística básica y descriptiva	35
2.2 Medidas de tendencia central	35
2.2.1 Promedio o media aritmética	36
2.3 Medidas de dispersión	36
2.3.1 Rango	37
2.3.2 Varianza	37
2.3.3 Desviación estándar	38
2.3.4 Coeficiente de variación	38
2.4 La curva normal	39
2.4.1 Teorema del límite central	41
2.5 Diagramas de dispersión y regresión	41
2.6 Estimación de los parámetros del modelo de regresión lineal simple	44
2.7 Interpretación del diagrama de dispersión	44
2.8 Preguntas de repaso	47
2.9 Ejercicios resueltos	47
2.10 Ejercicios propuestos	51
2.11 Conclusiones	56

2.12	Glosario	56
2.13	Referencias	57
3	Cartas de control de variables	58
3.1	¿Qué es una carta de control?	60
3.2	Interpretación de las cartas de control	62
3.3	Cartas para variables	67
3.4	Carta $\bar{X}$	68
3.4.1	Rango relativo de la muestra	68
3.4.2	Carta de control para la media $\bar{X}$ si se conocen los parámetros .	69
3.4.3	Carta de control para la media $\bar{X}$ si se desconocen los parámetros	69
3.5	Carta R	71
3.5.1	Carta de control para el rango	71
3.6	Carta S	72
3.6.1	Carta de control para la variabilidad	72
3.7	Carta $\bar{X}$ - S	75
3.8	Carta de lecturas individuales	76
3.9	Preguntas de repaso	76
3.10	Ejercicios resueltos	77
3.11	Ejercicios propuestos	84
3.12	Conclusiones	88
3.13	Glosario	88
3.14	Referencias	89
4	Capacidad de proceso	91
4.1	Capacidad de proceso	93
4.2	Preguntas de repaso	96
4.3	Ejercicios resueltos	96
4.4	Ejercicios propuestos	98
4.5	Conclusiones	99
4.6	Glosario	100
4.7	Referencias	100
5	Cartas de control de atributos	101
5.1	Cartas para atributos	103
5.2	Carta P	103
5.2.1	Carta de control para fracción defectuosa	104
5.2.2	Carta de control para fracción defectuosa con muestras de tamaño variable	105
5.3	Carta NP	106
5.4	Carta C	107
5.5	Carta U	108
5.6	Preguntas de repaso	108
5.7	Ejercicios resueltos	109
5.8	Ejercicios propuestos	120

5.9	Conclusiones	132
5.10	Glosario	132
5.11	Referencias	133
6	Garantía de calidad y control de aceptación	134
6.1	Principios básicos del muestreo	137
6.1.1	Distribución hipergeométrica	138
6.1.2	Distribución binomial	139
6.1.3	Distribución de Poisson	139
6.2	Preguntas de repaso	140
6.3	Ejercicios resueltos	140
6.4	Ejercicios propuestos	142
6.5	Conclusiones	142
6.6	Glosario	143
6.7	Referencias	143
7	Apéndices y anexos	144

Índice de figuras

1.1	Mapa conceptual calidad	14
1.2	Modelo de proceso empresarial y variables	22
2.1	Mapa conceptual estadística descriptiva	33
2.2	Curva normal y la regla empírica	41
2.3	Valores de correlación en diferentes ejemplos de dispersiones y distribuciones de datos	46
2.4	<i>The datasaurus dozen</i>	46
2.5	Gráfico dispersión para el problema de patentes	51
2.6	Enlace interactivo QR líneas de tendencia	52
2.7	Enlace interactivo QR modelos de regresión	52
2.8	Enlace interactivo QR modelos de regresión lineal simple	52
2.9	Enlace interactivo QR estadística básica	52
3.1	Mapa conceptual general de las cartas de control	58
3.2	Caso de puntos por fuera	64
3.3	Caso de tendencias	64
3.4	Caso de periodicidad	65
3.5	Caso de acercamiento	65
3.6	Caso de rachas	66
3.7	Caso de acercamiento límites	66
3.8	Carta de control $\bar{X}$ para el ejemplo 1	78
3.9	Carta de control R para el ejemplo 1	78
3.10	Carta de control $\bar{X}$ para el ejemplo 2	79
3.11	Carta de control R para el ejemplo 2	80
3.12	Carta de control $\bar{X}$ para el ejemplo 3	81
3.13	Carta de control R para el ejemplo 3	82
3.14	Carta de control individual para el ejemplo 5	84
3.15	Enlace interactivo QR carta $\bar{X}$	84
3.16	Enlace interactivo QR carta R	84
3.17	Enlace interactivo QR carta individual	85
3.18	Enlace interactivo QR carta S	85
3.19	Enlace interactivo QR carta $\bar{X}$ -S	85

4.1	Mapa de la capacidad del proceso	91
4.2	Representación de los diferentes índices y sus gráficas de capacidad	95
5.1	Mapa conceptual cartas de control de atributos	101
5.2	Desarrollo en hoja de cálculo Excel para la carta P del ejemplo 1	110
5.3	Carta de control P para el ejemplo 1	110
5.4	Desarrollo en hoja de cálculo Excel para la carta P del ejemplo 2	112
5.5	Carta de control P para el ejemplo 2	112
5.6	Desarrollo en hoja de cálculo Excel para el ejemplo 2 con límites constantes	113
5.7	Carta de control P para el ejemplo 2 con constante	114
5.8	Desarrollo en hoja de cálculo Excel para la carta NP del ejemplo 3	115
5.9	Carta de control NP para el ejemplo 3	116
5.10	Carta de control C para el ejemplo 4	117
5.11	Desarrollo en hoja de cálculo Excel Tabla ejemplo 5 carta U	118
5.12	Desarrollo en hoja de cálculo Excel ejemplo 5 límites carta U	119
5.13	Carta de control U ejemplo 5	119
6.1	mapa del control de calidad de aceptación	134
7.1	Enlace interactivo QR estadística básica	146
7.2	Enlace interactivo QR modelos de regresión lineal simple	147
7.3	Enlace interactivo QR instalación complementos Excel	147
7.4	Paso 1 activación complementos	148
7.5	Paso 2 activación complementos	148
7.6	Paso 3 activación complementos	149
7.7	Paso 4 activación complementos	149
7.8	Paso 5 activación complementos	150
7.9	Paso 6 activación complementos	150
7.10	Utilización herramienta complementos análisis de datos	151
7.11	Herramienta estadística descriptiva en Excel	151
7.12	Proceso de selección de la carta de control	153

Índice de tablas

1.1	Las 7 herramientas para la calidad	21
1.2	Definiciones del control estadístico de procesos	25
1.3	Decisiones para el proceso de control	28
2.1	Regla empírica de la distribución normal	40
2.2	Datos para el ejemplo del número de desperfectos	48
2.3	Cálculos para la varianza	48
2.4	Datos para el ejemplo 1 vigilancia sobre el número de patentes	49
2.5	Datos para el desarrollo del problema de patentes	50
2.6	Datos ejercicio 1	53
2.7	Registro solución	53
2.8	Datos para el ejercicio 2	54
2.9	Registro solución	54
2.10	Datos para el ejercicio 3	55
2.11	Registro solución	55
3.1	Almacenamiento de datos para el control estadístico de procesos	68
3.2	Factor A_2 para límites de control diagrama de medias	70
3.3	Factores D_3 , D_4 , d_2 y d_3 para límites de control superior e inferior diagrama de amplitudes o rangos	72
3.4	Factor C_4 para límites de control diagrama de desviaciones estándares	74
3.5	Datos para el ejemplo 1 de la carta $\bar{X}$ y R	77
3.6	Datos para el ejemplo 2 de la carta $\bar{X}$ y R	79
3.7	Datos para el ejemplo 3 de la carta $\bar{X}$ y R	80
3.8	Defectos en el proceso	83
3.9	Registro solución ejercicio 1	86
3.10	Datos para el ejercicio 2	86
3.11	Registro solución ejercicio 2	86
3.12	Datos para el ejercicio 3	87
3.13	Registro solución ejercicio 3	87
3.14	Datos para el ejercicio 7	88
4.1	Categorías del índice de dispersión de capacidad del proceso	94
4.2	Categorías del índice de centramiento de capacidad del proceso	95

4.3	Datos para el ejercicio 3	98
4.4	Datos para el ejercicio 4	99
5.1	Datos para el ejemplo 1 carta P	109
5.2	Datos para el ejemplo 2 carta P	111
5.3	Datos para el ejemplo 3 carta NP	114
5.4	Datos para el ejemplo 4 carta C	117
5.5	Datos para el ejercicio 1 cartas atributos	120
5.6	Registro solución ejercicio 1	120
5.7	Datos para el ejercicio 2 cartas atributos	121
5.8	Registro solución ejercicio 2	121
5.9	Datos para el ejercicio 3 cartas atributos	122
5.10	Registro solución ejercicio 3	122
5.11	Datos para el ejercicio 4 cartas atributos	123
5.12	Registro solución ejercicio 4	123
5.13	Datos para el ejercicio 5 cartas atributos	124
5.14	Registro solución ejercicio 5	124
5.15	Datos para el ejercicio 6 cartas atributos	125
5.16	Registro solución ejercicio 6	125
5.17	Registro solución ejercicio 7	126
5.18	Datos para el ejercicio 8 cartas atributos	126
5.19	Registro solución ejercicio 8	127
5.20	Datos para el ejercicio 9 cartas atributos	127
5.21	Registro solución ejercicio 9	127
5.22	Datos para el ejercicio 10 cartas atributos	128
5.23	Registro solución ejercicio 10	128
5.24	Datos para el ejercicio 11 cartas atributos	129
5.25	Registro solución ejercicio 11	129
5.26	Datos para el ejercicio 12 cartas atributos	130
5.27	Registro solución ejercicio 12	130
5.28	Datos para el ejercicio 13 cartas atributos	131
5.29	Registro solución ejercicio 13	131
5.30	Registro solución ejercicio 14	132
7.1	Tabla anexo	145

Introducción

La globalización de la economía, los nuevos desarrollos científico-tecnológicos, los tratados comerciales de la nación y la necesidad de ser cada vez más competitivos en el mercado hacen que toda empresa deba fomentar al máximo políticas de calidad en sus productos y servicios para satisfacer al cliente.

Esto deriva en necesidades operacionales para la organización actual, conduciéndola hacia la búsqueda de soluciones para disminuir las brechas existentes en los errores derivados de sus procesos, todo esto, mediante la implementación de herramientas y metodologías de calidad, las cuales son necesarias para reducir el número de artículos defectuosos y, por lo tanto, reducir los costos de producción, mejorando la calidad. Esto se puede lograr minimizando la variabilidad del proceso, lo que permite un mayor aumento en la competitividad, sostenibilidad y crecimiento de la organización en el tiempo (Sousa *et al.*, 2017), así como, acercar a los procesos de la organización a estados controlados, óptimos y estables. Todo esto debe estar vinculado con estrategias y políticas de mejoramiento de los procesos y su calidad, y debe ir más allá de la simple detección de problemas esporádicos, permitiendo tomar acciones concretas y controladas sobre problemáticas crónicas ocultas.

Las funciones de la calidad dentro de una empresa es asegurar el cumplimiento de las especificaciones del producto e implementar mejoras en los procesos, para producir con mayor eficiencia. Sin embargo, el uso de estas metodologías no está generalizado, especialmente entre las pymes. Esta brecha entre los beneficios esperados y la práctica puede reducirse si se difunden más pruebas y ventajas del uso de herramientas de calidad (Sousa *et al.*, 2017).

Es por esto que se hacen indispensables herramientas cuantitativas a través del estudio de métodos estadísticos como el control de procesos, así, el profesional de calidad podrá relacionar los conceptos de características de procesos con las necesidades propias de los clientes, interpretar las múltiples dimensiones de la calidad, inferir a partir de los gráficos de control el comportamiento de los procesos y aplicar las técnicas para el muestreo de aceptación de lotes.

Lo anterior, demanda conocimiento del profesional en gestión y administración tecnológica respecto a los métodos de monitoreo de procesos, que se pueden utilizar para mejorar la calidad del producto y la seguridad del proceso. Si se puede anticipar una falla del proceso en una etapa temprana y corregirla a tiempo, la pérdida de producto se puede reducir en gran medida (Ge y Song, 2013).

Al finalizar, el lector estará en capacidad de medir el desempeño de los procesos o servicios, a través de la aplicación de las técnicas, herramientas y métodos de solución de problemas mediante el control estadístico, desarrollando análisis estadísticos

exploratorios, cartas de control para la medición de factores y análisis de capacidad de cualquier proceso, con un criterio innovador y responsable.

Las competencias que busca este material de apoyo son las siguientes:

- Identificar las condiciones en los procesos que pueden generar cambios en las especificaciones de los productos.
- Analizar variaciones de procesos productivos desde el análisis estadístico.
- Elaborar gráficos de control que permitan visualizar dinámicamente los cambios de especificaciones, identificando las causas atribuibles.
- Cuantificar la capacidad de los procesos generando un mejoramiento continuo de los sistemas.
- Construir e interpretar índices e indicadores de control estadístico de procesos.
- Deducir y relacionar los conceptos de características y requisitos en el concepto de calidad y de la cuatro dimensiones de la calidad.
- Determinar las causas de la no conformidad de los productos o servicios, a través de las herramientas básicas del control.
- Idear, diseñar y documentar soluciones a las causas de no conformidad.
- Aplicar el concepto de capacidad de proceso para formular soluciones que permitan alcanzar procesos precisos y exactos.
- Habilidad para proponer planes de muestreo que faciliten una disminución de riesgos para clientes y proveedores.

La aplicación del control estadístico a los procesos y a la calidad es una disciplina que permitirá la evolución en la gestión de las organizaciones, siendo esta un avance hacia empresas de categoría de clase mundial.

Referencias

- Sousa, S.; Rodrigues, N.; Nunes, E. (2017). Application of SPC and Quality Tools for Process Improvement *Procedia Manufacturing*, 11, 1215-1222.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.247>
- Ge, Z.; Song, Z. (2013). *Multivariate statistical process control*. Springer-Verlag.

Capítulo 1

Control estadístico de calidad

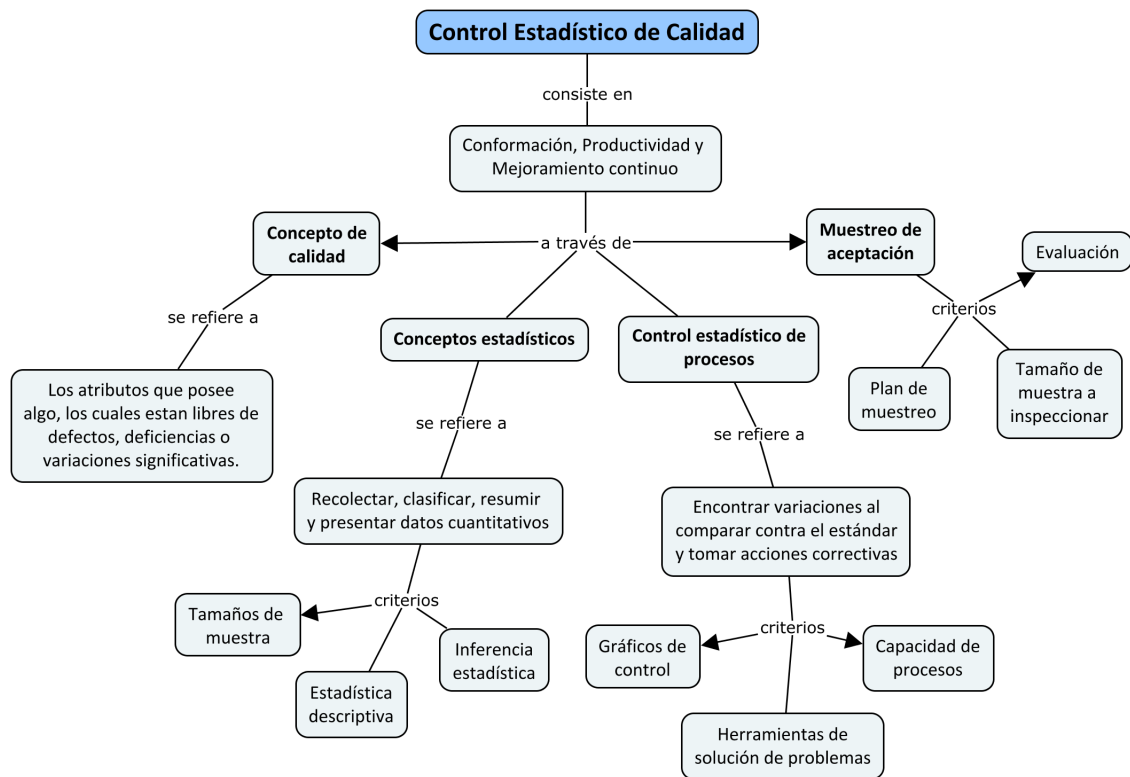


Figura 1.1. Mapa conceptual calidad
Fuente: elaboración propia.

Presentación

La calidad es una labor fundamental en todas las empresas, este capítulo presenta los conceptos y la importancia inherente de esta. Se exploran definiciones sobre la calidad, algo de historia del concepto de calidad y sus dimensiones, finalmente se define el control de procesos y las razones y motivaciones del control estadístico de procesos.

Contenido del capítulo

- Definición de calidad
- Historia del control de calidad
- Dimensiones y naturaleza de la calidad
- Control estadístico de procesos
- Causas de la variabilidad en un proceso

Objetivo general

Comprender los conceptos fundamentales del control de calidad y del control estadístico de procesos.

Objetivos específicos

- Definir los conceptos de calidad, proceso y control, y cómo se fundamentan.
- Definir el concepto de control estadístico de procesos, considerando los conceptos y aspectos básicos.
- Conocer y describir las fuentes de variabilidad que afectan a los procesos en las empresas y organizaciones.

Competencia

El estudiante esta en capacidad que definir que es calidad, control de procesos y cuales son las causas de variabilidad que se encuentran en los procesos.

Indicadores de logro

- El estudiante define el concepto de calidad.
- El estudiante define el concepto de proceso.
- El estudiante identifica las causas de variabilidad en un proceso.

Conocimientos previos

El estudiante no requiere conocimientos previos para el abordaje de este capítulo. Sin embargo, es deseable que conozca algunos conceptos de calidad para profundizar en los temas presentados.

1.1. Definición de calidad

1.1.1. ¿Qué es calidad?

La palabra calidad es usualmente entendida como excelencia de un producto o servicio, cuando se oye hablar de la calidad de Toyota o Rolls-Royce se suele asociar a esta palabra. En algunas empresas, la calidad puede indicar que un producto o servicio está conforme a ciertas características físicas dadas por una especificación (Oakland y Oakland, 2019). En general, no existe un acuerdo concreto sobre el concepto de calidad, debido, principalmente, a varias razones: en primer lugar, no es un concepto absoluto, sino más relativo y que depende de productos, servicios, usos y patrones; en segundo lugar, son inherentes los juicios de carácter subjetivo, involucrando diversos puntos de vista, esto a su vez asocia conceptos tales como perfección, satisfacción, seguridad, comodidad, entre otros.

Por lo tanto, una definición de calidad puede ser como el grado mediante el cual el producto o servicio satisface las necesidades o expectativas del cliente o grado de cumplimiento del producto o servicio con las especificaciones. Algunos autores como Feigenbaum (1991) definen que la calidad es el punto donde se encuentran las características del producto o servicio con las expectativas del cliente.

La gestión de la calidad involucra entonces desde sus antecedentes aspectos como los siguientes: en primer lugar, no existe algo que sea un problema de calidad, en otras palabras, la calidad se origina en los departamentos funcionales. En segundo lugar, no existe una economía en la calidad. En tercer lugar, siempre es mejor hacer el trabajo bien la primera vez. Finalmente, hay que procurar que el único estándar de desempeño es cero defectos.

A partir de esto, muchas dificultades relacionadas con la calidad de productos o servicios se han visto relacionadas principalmente a los errores humanos, que son causados por la falta de atención y no necesariamente por la falta de conocimientos técnicos. Se crea una falta de atención, cuando se supone que el error es inevitable. Si se piensa con detenimiento y se compromete al personal a hacer esfuerzos conscientes y constantes en hacer un trabajo correcto desde la primera vez, se habrá dado un paso significativo hacia la eliminación del desperdicio por reprocesos, desechos y reparaciones que incrementan los costos y reducen las oportunidades.

Medidas de la no calidad

Lyonnet (1991) indica que si un producto falla en cumplir con las especificaciones, los costos en los cuales se incurren son fácilmente calculables, ellos son: