



Institución
Universitaria | 80
Reacreditada en Alta Calidad | Años



Editorial
ITM | 25
Años

JULIÁN ALBERTO URIBE GÓMEZ

PROGRAMANDO LA MEJORA CONTINUA

Control Estadístico de Procesos
con **Python** para estudiantes
de Administración



Programando la mejora continua

**Control Estadístico de Procesos con Python
para estudiantes de Administración**

Programando la mejora continua
Control Estadístico de Procesos con Python
para estudiantes de Administración

Julián Alberto Uribe Gómez



Colección Línea Profesor

Uribe Gómez, Julián Alberto, autor.

Programando la mejora continua. Control Estadístico de Procesos con Python para estudiantes de Administración / Julián Alberto Uribe Gómez (autor).
Medellín: Institución Universitaria ITM, Editorial ITM, 2025. Primera edición.

xiv, 144 páginas; 21.5 x 27.9 cm.

Ilustraciones.

1. Programación 2. Computación 3. Tecnología de la información
4. Aplicaciones empresariales 5. Aplicaciones de negocios
6. Software de matemáticas y estadísticas

I. Tít. II. Serie

519.7.

Primera edición: mayo de 2025

Julián Alberto Uribe Gómez (autor).

© Institución Universitaria ITM
Sello Editorial ITM
Calle 75 75-101
Medellín, Colombia
Teléfono: 604 440 51 00 ext. 5197
<http://catalogo.itm.edu.co>
editorialitm@itm.edu.co

ISBN DIGITAL: 978-628-7751-22-4

DOI: <http://doi.org/10.22430/reporte.6683>

Corrección de estilo: Olga Lucía Muñoz

Diseño y diagramación en L^AT_EX: Julián Alberto Uribe Gómez

Diseño de cubierta: Mauricio Raigosa Álvarez

Las ideas y opiniones de este libro son responsabilidad exclusiva de los autores, quienes son igualmente responsables de las citas, referencias y de la originalidad de su obra. En consecuencia, el ITM no responderá ante terceros por el contenido técnico o ideológico del texto ni asume responsabilidad alguna por las infracciones a las normas de propiedad intelectual. Todos los derechos reservados. El texto puede ser reproducido en todo o en parte y por cualquier medio citando la fuente.

Índice general

Índice de figuras	IV
Índice de tablas	VII
Introducción	IX
1 Control Estadístico de Procesos	1
1.1 ¿Qué es el Control Estadístico de Procesos?	5
1.2 ¿Qué es un proceso?	6
1.3 ¿Cuáles son las herramientas de calidad?	7
1.4 ¿Cuál es la historia del Control Estadístico de Procesos? .	10
1.5 ¿Cuáles son las causas de variabilidad en un proceso? . . .	11
1.6 ¿Qué es una carta de control de variables?	11
1.7 ¿Cuáles son las cartas de control de variables?	12
1.8 ¿Qué es una carta de control de atributos?	14
1.9 ¿Cuáles son las cartas de control de atributos?	14
1.10 Supuestos clave en la interpretación de las cartas de control	16
1.11 Preguntas	20
1.12 Conclusiones	21
1.13 Glosario	21
1.14 Referencias	22
1.15 Referencias adicionales	23
2 Entorno de programación Python	24
2.1 ¿Qué es el lenguaje de programación Python?	27
2.2 ¿Qué se puede hacer con Python?	28
2.3 ¿Cómo se puede utilizar Python para análisis de datos? . .	28
2.4 ¿Qué es la librería NumPy?	29

2.5	¿Se puede utilizar Python para Control Estadístico de Procesos?	30
2.6	¿Qué es un <i>notebook</i> de Python?	31
2.7	¿Qué es Google Colaboratory?	32
2.8	Preguntas de investigación	33
2.9	Conclusiones	33
2.10	Glosario	34
2.11	Referencias	35
2.12	Referencias adicionales	35
3	Estadística básica para control de procesos	36
3.1	¿Qué es la población?	39
3.2	¿Qué es la muestra?	40
3.3	¿Cómo se calcula la muestra con base en una población?	41
3.4	¿Qué es una variable y qué tipos de variables existen?	43
3.5	¿Qué tipos de datos existen?	44
3.6	Medidas estadísticas	47
3.6.1	Medidas de tendencia central	47
3.6.2	Medidas de variabilidad	48
3.6.3	La distribución normal	49
3.7	Estadística básica con Python	53
3.7.1	Media	53
3.7.2	Mediana	54
3.7.3	Moda	55
3.7.4	Rango	55
3.7.5	Varianza	56
3.7.6	Desviación estándar	57
3.7.7	Estadísticas básicas y diagrama de cajas y bigotes	58
3.8	Soluciones programadas para la estadística básica en línea	61
3.9	Ejercicios resueltos	62
3.10	Ejercicios propuestos	72
3.11	Conclusiones	78
3.12	Glosario	78
3.13	Referencias	79
3.14	Referencias adicionales	80

4	Control Estadístico de Procesos aplicado con Python	82
4.1	Cartas de control para variables	85
4.1.1	Ejemplo Carta \bar{X}	86
4.1.2	Ejemplo Carta R	91
4.1.3	Ejemplo Carta S	96
4.1.4	Ejemplo Carta \bar{X} -S	102
4.2	Cartas de control para atributos	108
4.2.1	Ejemplo Carta P	109
4.2.2	Ejemplo Carta np	114
4.2.3	Ejemplo Carta C	118
4.2.4	Ejemplo Carta U	123
4.3	Preguntas de repaso	128
4.3.1	Ejercicios cartas para variables	129
4.3.2	Ejercicios cartas para atributos	134
4.4	Conclusiones	138
4.5	Glosario	139
4.6	Referencias	139

Índice de figuras

1.1	Mapa conceptual capítulo 1	1
1.2	Puntos fuera de los límites de control	17
1.3	Puntos con tendencia	17
1.4	Puntos marcando un patrón o periodicidad	18
1.5	Puntos acercándose al límite central	18
1.6	Puntos con estratificación	19
1.7	Puntos con acercamiento a los límites de control	19
2.1	Mapa conceptual capítulo 2	24
3.1	Mapa conceptual capítulo 3	36
3.2	Representación de la curva normal	50
3.3	QR repositorio de trabajo Media	54
3.4	QR repositorio de trabajo Varianza y Desviación estándar	58
3.5	Gráfico de caja y bigotes resultante de la librería Seaborn	60
3.6	Gráfico de caja y bigotes resultante de la librería Seaborn explicado	60
3.7	QR Herramienta complementaria en JavaScript	61
3.8	QR repositorio de ejercicios resueltos para esta sección . .	62
3.9	Ejercicio resuelto 1	63
3.10	Ejercicio resuelto 2	64
3.11	Ejercicio resuelto 3	65
3.12	Ejercicio resuelto 4	66
3.13	Ejercicio resuelto 5	67
3.14	Ejercicio resuelto 6	68
3.15	Ejercicio resuelto 7	69
3.16	Ejercicio resuelto 8	70

3.17 Ejercicio resuelto 9	71
3.18 Ejercicio resuelto 10	72
4.1 Mapa conceptual capítulo 4	82
4.2 Datos ejemplo Carta \bar{X} y R	85
4.3 Código ejemplo Carta \bar{X}	88
4.4 Gráfico ejemplo Carta \bar{X}	89
4.5 QR repositorio ejercicio Carta \bar{X}	90
4.6 Código ejemplo Carta R	93
4.7 Gráfico ejemplo Carta R	94
4.8 QR repositorio ejercicio Carta R	95
4.9 Datos ejemplo Carta S	97
4.10 Código ejemplo Carta S	99
4.11 Gráfico ejemplo Carta S	100
4.12 QR repositorio ejercicio Carta S	102
4.13 Datos ejemplo Carta \bar{X} -S	103
4.14 Código ejemplo Carta \bar{X} -S	105
4.15 Gráfico ejemplo Carta \bar{X} -S	106
4.16 QR repositorio ejercicio Carta \bar{X} -S	108
4.17 Datos ejemplo Carta P y np	109
4.18 Código ejemplo Carta P	111
4.19 Gráfico ejemplo Carta P	112
4.20 QR repositorio ejercicio Carta P	114
4.21 Código ejemplo Carta np	115
4.22 Gráfico ejemplo Carta np	116
4.23 QR repositorio ejercicio Carta np	118
4.24 Datos ejemplo Carta C	119
4.25 Código ejemplo Carta C	120
4.26 Gráfico ejemplo Carta C	121
4.27 QR repositorio ejercicio Carta C	122
4.28 Datos ejemplo Carta U	124
4.29 Código ejemplo Carta U	125
4.30 Gráfico ejemplo Carta U	126
4.31 QR repositorio ejercicio Carta U	128
4.32 QR repositorio ejercicios Cartas de Control	129

4.33 Datos ejercicio Carta \bar{X}	130
4.34 Datos ejercicio Carta R	131
4.35 Datos ejercicio Carta S	132
4.36 Datos ejercicio Carta \bar{X} -S	133
4.37 Datos ejercicio Carta P	134
4.38 Datos ejercicio carta np	135
4.39 Datos ejercicio Carta C	136

Índice de tablas

1.1	Definiciones de Control Estadístico de Procesos	6
1.2	Herramientas de análisis de datos	9
1.3	Ecuaciones de las cartas de control para variables	14
1.4	Ecuaciones de las cartas de control para atributos	16
3.1	Variables Administrativas y su clasificación	46
3.2	Ecuaciones de medidas de tendencia central	48
3.3	Ecuaciones de medidas de variabilidad	49
3.4	Resultado salida estadísticas básicas propiedad <i>Describe</i> .	59
3.5	Registro solución ejercicio 1	73
3.6	Registro solución ejercicio 2	73
3.7	Registro solución ejercicio 3	74
3.8	Registro solución ejercicio 4	74
3.9	Registro solución ejercicio 5	75
3.10	Registro solución ejercicio 6	75
3.11	Registro solución ejercicio 7	76
3.12	Registro solución ejercicio 8	76
3.13	Registro solución ejercicio 9	77
3.14	Registro solución ejercicio 10	77
4.1	Valores del factor A2 para diferentes tamaños de muestra .	87
4.2	Valores de los factores D3 y D4 para diferentes tamaños de muestra en la Carta R	92
4.3	Valores de los factores B3 y B4 para diferentes tamaños de muestra en la Carta S	98
4.4	Valores del factor A3 para diferentes tamaños de muestra en la Carta \bar{X} -S	104

4.5	Registro solución ejercicio 1 Carta \bar{X}	130
4.6	Registro solución ejercicio 2 Carta R	131
4.7	Registro solución ejercicio 3 Carta S	132
4.8	Registro solución ejercicio 4 Carta \bar{X} -S	134
4.9	Registro solución ejercicio 1 Carta P	135
4.10	Registro solución ejercicio 2 Carta np	136
4.11	Registro solución ejercicio 3 Carta C	137
4.12	Registro solución ejercicio 4 Carta U	138

Introducción

En un entorno empresarial altamente competitivo, la búsqueda continua de la mejora y la excelencia se han convertido en pilares fundamentales para el éxito de las industrias y organizaciones en cualquier sector productivo. En este contexto, el Control Estadístico de Procesos (por sus siglas CEP) se presenta como una poderosa herramienta para monitorear y optimizar la calidad de los procesos, identificando y reduciendo la variabilidad no deseada.

El libro *Programando la mejora continua: Control Estadístico de Procesos con Python para estudiantes de Administración* tiene como objetivo proporcionar una introducción práctica al CEP utilizando el lenguaje de programación Python. En cuatro capítulos estructurados de manera didáctica se abordarán los aspectos fundamentales para comprender y aplicar el CEP en el ámbito de la gestión empresarial.

El primer capítulo presenta una sólida base teórica del CEP, introduciendo conceptos clave como la variabilidad, las causas comunes y especiales, y las cartas de control. Se exponen técnicas y herramientas para la recolección y análisis de datos, así como la interpretación de las cartas de control.

El segundo capítulo se enfoca en el entorno de programación Python, destacando su versatilidad y potencial para el análisis de datos. Se exploran las principales características del lenguaje, así como las librerías más utilizadas en el ámbito del CEP, proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para implementar soluciones eficientes y automatizadas.

El tercer capítulo aborda los conceptos de estadística básica que son necesarios para comprender y analizar los datos recopilados en el control de procesos. Se presentan las medidas de centralidad y dispersión, la distribución de probabilidad normal, entre otros temas fundamentales y necesarios para el control de procesos.

Y el cuarto capítulo plantea la aplicación del CEP utilizando Python. Se desarrollan ejemplos prácticos de implementación de cartas de control y técnicas de análisis de datos en dicha herramienta, permitiendo a los estudiantes y demás grupos de interés, adquirir habilidades prácticas y aplicar de manera efectiva el CEP en un entorno empresarial.

El texto *Programando la mejora continua: Control Estadístico de Procesos con Python para estudiantes de Administración* es un recurso completo y accesible que combina el conocimiento teórico del CEP con la implementación práctica, utilizando lenguajes de programación como Python. Este libro fue diseñado para equipar a los estudiantes de Administración o a cualquier otro interesado con las habilidades necesarias para transformar la mejora continua y la calidad en los procesos empresariales, mediante el uso eficiente de herramientas de análisis de datos y programación.

Las capacidades que pretende generar este libro de apoyo son las listadas a continuación:

- Capacidad para realizar gráficos de control haciendo uso de programas y entornos informáticos.
- Conocer y aplicar tecnologías para la práctica de la Administración.
- Capacidad de comunicar los resultados y las conclusiones derivadas del ejercicio de análisis estadístico básico.
- Incorporar nuevas tecnologías y herramientas computacionales para la solución de problemáticas en actividades académicas y profesionales.
- Apoyar a las organizaciones en la aplicación del CEP en contextos amplios y multidisciplinarios que requieran la integración de metodologías y análisis para la toma de decisiones.

Referencias

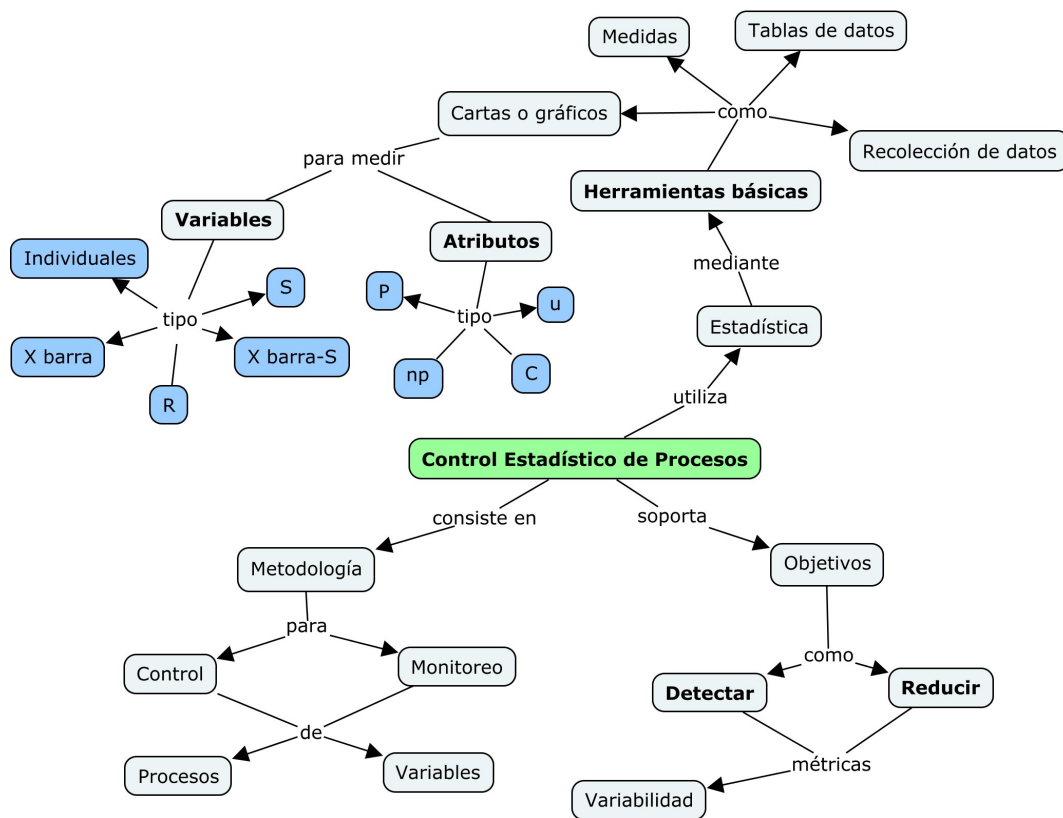
- Conover, R. W. (2011). *Statistical process control in manufacturing and service industries*. Wiley.
- Dean, R. B. (2013). *Statistical process control: Tutorial and applications*. CRC Press.
- Ge, Z. & Song, Z. (2013). *Multivariate statistical process control*. Springer-Verlag.
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (2010). *Statistical process control: Theory and applications*. Wiley.
- Pyzdek, T. & Black, W. H. (2010). *Six sigma for dummies*. Wiley.
- Pyzdek, T. & Black, W. H. (2006). *Statistical process control for the service industries*. McGraw-Hill.
- Pyzdek, T. & Keller, L. (2014). *Statistical process control for quality improvement*. McGraw-Hill.
- Pyzdek, T. & Keller, L. (1992). *The use of statistical process control in manufacturing*. ASQC Quality Press.
- Saaty, T. L. (2012). *Statistical methods for process improvement*. Springer.
- Siegal, D. J. (2016). *Statistical process control: A practical guide*. Springer.
- Siegal, D. J. (2006). *Statistical process control: A literature review*.

- Smith, G. M. (2018). *Fundamentals of statistical quality control*. Wiley.
- 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>
- Wheeler, D. J. (2013). *The statistical process control handbook*. SPC Press.

Capítulo 1

Control Estadístico de Procesos

Figura 1.1
Mapa conceptual capítulo 1.



Fuente: elaboración propia.

Presentación

Asegurar los estándares de los procesos organizacionales se ha convertido en un imperativo en las industrias actuales, razón por lo cual surgen herramientas estadísticas para apoyar esta labor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que todos los procesos -sin importar su naturaleza- están sujetos a variaciones que afectan los estándares, por lo cual se buscan métodos simples para medir estas variaciones; estos métodos son las cartas de control.

Contenido del capítulo

- Procesos.
- Herramientas de calidad.
- Variabilidad.
- Cartas de control.

Objetivo general

Desarrollar en los administradores la capacidad de evaluar críticamente y sintetizar las aplicaciones del Control Estadístico de Procesos (CEP) en sus organizaciones. Por medio de su contenido, los lectores analizarán fuentes de variabilidad, diseñarán y examinarán cartas de control, interpretarán resultados y formularán decisiones basadas en datos. El enfoque se centra en evaluar y optimizar la calidad, la eficiencia y los procesos de toma de decisiones empresariales. El objetivo final es capacitar a los administradores en la creación de estrategias innovadoras de mejora continua, integrando el CEP como una herramienta fundamental en la optimización de procesos y la ventaja competitiva organizacional.

Objetivos específicos

- Analizar críticamente los conceptos fundamentales del CEP, evaluando la interrelación entre variabilidad, causas comunes y especiales, y límites de control en diversos contextos organizacionales.

- Evaluar la eficacia de las principales herramientas del CEP, como las cartas de control para variables y atributos, sintetizando e interpretando los resultados para formular conclusiones sobre el estado del proceso.
- Diseñar estrategias de recolección y análisis de datos relevantes para el CEP, integrando técnicas estadísticas avanzadas y desarrollando soluciones personalizadas utilizando herramientas de *software* como Python.
- Crear soluciones innovadoras aplicando el CEP en casos prácticos del ámbito de la administración, diagnosticando áreas críticas de un proceso y formulando propuestas de mejora basadas en el análisis exhaustivo de datos.
- Formular un marco de toma de decisiones basado en el CEP, evaluando situaciones fuera de control, argumentando su impacto en la calidad del proceso y diseñando acciones correctivas o preventivas estratégicas.
- Desarrollar habilidades de toma de decisiones basadas en el CEP, identificando situaciones fuera de control, evaluando el impacto en la calidad del proceso y tomando acciones correctivas o preventivas.

Competencia

Al finalizar este capítulo, los administradores, estudiantes y demás público interesado estarán capacitados para definir los conceptos fundamentales del Control Estadístico de Procesos de manera efectiva.

Indicadores de logro

- El estudiante define los conceptos de control estadístico y de procesos.
- El estudiante identifica los tipos de cartas de control.
- El estudiante define las causas de variabilidad en los procesos.

Resultados de aprendizaje

- Comprender los fundamentos teóricos del CEP, incluyendo los conceptos de variabilidad, distribución de datos, límites de control y causas comunes y especiales de variación.

Conocimientos previos

No se requieren conocimientos previos para la comprensión de los conceptos presentados en este capítulo.

Julián Alberto Uribe Gómez

julian.uribego@gmail.com

Ingeniero Industrial, especialista, magíster en Gestión Tecnológica, docente e investigador de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Institución Universitaria ITM, de Medellín. Ha sido docente de pregrado y posgrado en varias instituciones de educación superior. Cuenta con más de 10 años de experiencia en industrias de procesos y servicios, gestionando proyectos de planeación, control, análisis de sistemas, estrategia e innovación en áreas relacionadas con simulación y optimización de sistemas, investigación en gestión hospitalaria y atención médica, desarrollo de sistemas, diseño experimental, análisis estadístico, analítica y ciencia de datos. También se ha desempeñado como asesor y consultor en empresas de construcción en áreas de sistemas y desarrollo, construyendo modelos y herramientas analíticas y tableros de control de gestión organizacional. Sus intereses de investigación abarcan la gestión tecnológica e innovación, simulación de sistemas, optimización, estadística, ciencia y analítica de datos, inteligencia artificial y transformación digital. Autor del libro *Fundamentos de control estadístico para Gestores y Administradores Tecnológicos* publicado por la Editorial ITM 2021.



Editorial | 25
ITM | Años



En un entorno empresarial competitivo, la mejora continua es esencial para el éxito. El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una herramienta clave para supervisar y optimizar la calidad y reducir la variabilidad no deseada. El libro *Programando la mejora continua* ofrece una introducción práctica a esta técnica mediante su aplicación en Python. A lo largo de sus cuatro capítulos, se abordan los aspectos esenciales para aplicar el CEP en la gestión empresarial: (1) fundamentos del CEP con conceptos clave y técnicas de recolección y análisis de datos, (2) programación en Python con características y librerías útiles para el CEP, (3) estadística básica con medidas de centralidad, dispersión y distribución normal, y (4) aplicación práctica mediante ejemplos de implementación de cartas de control y análisis de datos. Este libro combina teoría y práctica, y dota a los estudiantes de las habilidades necesarias para mejorar la calidad de los procesos empresariales mediante Python.

 @ITMFondoEditorial

 @editorial_itm



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación