

Aplicación de Gráficos de Control X-R con R Studio para el Monitoreo Estadístico del Peso Neto en la Producción de Golosinas

Application Of X-R Control Charts with R studio for Statistical Monitoring of Net Weight in Confectionery Production

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.08>

Fecha de recepción: 05/06/24. Fecha de Publicación: 09/06/2024

María Fernanda Acevedo

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
macevedo8@cuc.edu.co

Melissa Mendoza Salas

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
mmendoza66@cuc.edu.co

Sebastián Ahumada Granados

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
sahumada11@cuc.edu.co

Melvin Becerra-Torres

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
mbecerra@cuc.edu.co

Como citar en IEEE este artículo: Autor Grau-Ahumada y Otros, «Aplicación de Gráficos de Control X-R con R Studio para el Monitoreo Estadístico del Peso Neto en la Producción de Golosinas» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6. No. 1. pp. 51-59, 2024. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5858>

Resumen

En el laboratorio, se llevó a cabo una experiencia práctica con el objetivo de aplicar herramientas de Control Total de la Calidad, utilizando los programas RStudio y Microsoft Excel, para analizar una metodología de implementación del control del peso neto en una golosina de comercialización nacional. La actividad consistió en simular el control de calidad del producto mediante la variable peso, utilizando una balanza analítica para pesar cada muestra. Los datos recolectados se registraron en Excel, simulando subgrupos, y posteriormente se procesaron en RStudio para generar resultados gráficos. Estos resultados permitieron identificar los principales problemas de calidad en los productos, mediante el análisis de datos y representaciones gráficas realizadas en RStudio..

Palabras clave: Cartas de control, software R, límites de especificación, tolerancia, control estadístico, variabilidad.

Abstract

In the laboratory, a practical experiment was conducted with the aim of applying Total Quality Control tools using RStudio and Microsoft Excel to analyze a methodology for implementing net weight control in a nationally marketed confectionery product. The activity involved simulating product quality control through the weight variable, using an analytical balance to weigh each sample. The collected data was recorded in Excel, simulating subgroups, and subsequently processed in RStudio to generate graphical results. These results revealed the main quality issues in the predefined products through data analysis and graphical representations in RStudio.

Keywords: Control charts, R software, Specification limits, Tolerance, Statistical control, Variability.

Introducción

El control estadístico de calidad, tiene múltiples herramientas entre ellas tenemos los gráficos de control X-R conocidos como el gráfico de los promedios y el rango, que se utiliza comúnmente en el análisis de datos en la línea de producción para verificar en tiempo real el cumplimiento de los estándares del proceso de manera gráfica. [1] Se realizó un caso práctico a través de la verificación de una golosina que fueron adquiridos de manera aleatoria para verificar el cumplimiento del peso neto, evaluar la variabilidad en la producción y constatar el cumplimiento de las especificaciones del producto según normatividad, el gráfico de rango permite identificar de manera efectiva los valores mínimos y máximos mediante los límites superior e inferior, así como los patrones de los datos recopilados, proporcionando una visión clara y completa de la estabilidad y el rendimiento de un proceso. [2]. En este caso de estudio vamos a proporcionar una descripción detallada de la metodología utilizada, los procedimientos de medición y, los resultados obtenidos a través de las cartas de control X-R. Los hallazgos de este estudio son esenciales para la garantía de calidad del producto, este informe se enfoca en la evaluación de control estadístico en la producción de los dulces a través de la aplicación de las cartas de control X –R mediante la aplicación de Software Rstudio. El objetivo principal es determinar si el producto fabricado satisface los estándares de calidad al mantenerse bajo control estadístico, asegurando así la satisfacción del cliente y la calidad consistente del producto final. [3]

Estado del arte

Las cartas de control X-R representan una herramienta fundamental en el control estadístico de procesos, proporcionando una forma efectiva de monitorear y mejorar la calidad y el rendimiento del proceso a lo largo del tiempo, en el caso de estudio, que la variable de control es la masa de las golosinas, se mide una característica de calidad considerada una variable continua en este caso es ideal emplear los Gráficos de Control X-R [4] [5] [6]

Los gráficos de control están sustentados en las cartas de Shewhart, se considera que son los cimientos del control estadístico de calidad. Su implementación es clave para monitorear y mejorar la variabilidad de la variable de control, sin embargo, el desconocimiento de cómo detectar patrones anómalos, los puede convertir en una herramienta poco funcional [7] [8]

Para el control de una golosina se debe tener en cuenta que se debe cumplir con una normatividad legal que su incumplimiento puede acarrear en multas, de esta manera se hace obligatorio un seguimiento de vigilancia mediante las cartas de control [9]. Este caso de estudio plantea elementos clave y de igual manera, se debe realizar el cálculo de los índices Cp, Cpk y Cpm para encontrar la tendencia central y la variabilidad que existe en la masa de las golosinas. [9] [10]

Además de su aplicación en la industria manufacturera, estudios han demostrado que el control estadístico de procesos es una herramienta aplicable en cualquier tipo de sector económico, destacando su capacidad para identificar tendencias y variaciones no aleatorias en los datos, permitiendo mejorar el desempeño de los procesos que la conforman y, seguramente, aumentar la satisfacción del cliente. [11]

Estudios muestran que entre las diversas herramientas que se utilizan para efectuar un control de calidad y como ayudan a recopilar los datos dentro de los procesos de producción y darles solución. Una de las tendencias más destacadas en el estado actual es la integración de tecnologías avanzadas, para mejorar la capacidad predictiva de

los modelos de control. la automatización de los sistemas de control permite una respuesta más rápida a las fluctuaciones del proceso, los requerimientos, más comúnmente llamados especificaciones, pueden darse en forma de valor objetivo, es decir un valor que, en promedio, debe tener la característica de interés; o bien, en forma de límites de especificación, es decir, valores que especifican el máximo y/o mínimo valor que se considera aceptable para la característica a controlar. [12]

Metodología

El laboratorio se realizó mediante una investigación secuencial de orden cuantitativa.

Materiales utilizados:

- 120 unidades de producto (Golosina)
- Balanza analítica
- Software de Microsoft Excel
- Software/R

Desarrollo

En este laboratorio, se tomaron 120 unidades de una Golosina, como primer paso se determinó el contenido neto individual del producto que está declarado en el rotulo (5 gramos), el cual se estableció mediante la revisión de la norma NTC 2167 y la Tabla 1, la tolerancia para el producto seleccionado utilizado se estableció en un valor de 0,45 gramos, seguidamente, se calcularon los límites de especificación superior e inferior, que se establecieron en 5,45 y 4,55 g, respectivamente.

Tabla 1

Cantidad nominal de producto (Q_{nom}) en g o mL	Deficiencia tolerable (T) ^a	
	% de Q_{nom}	g o ml
0 a 50	9,0	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9,0
300 a 500	3,0	-
500 a 1 000	-	15,0
1 000 a 10 000	1,5	-
10 000 a 15 000	-	150
15 000 a 50 000	1,0	-
50 000 a 100 000	-	500
100 000 y más	0,5	-

Fuente: Industrias alimentarias. Alimentos preenvasados. Contenido neto. NTC 2167:2023

Conforme a lo estipulado en la norma NTC 2167, se inicia el proceso de medición de la masa del material de empaque, por medio de la apertura de 10 productos seleccionados con el fin de evaluar la masa de los empaques vacíos, seguidamente, se realiza el cálculo del promedio de las masas de los empaques vacíos obtenidos en la etapa anterior, esto con la finalidad de determinar la cantidad de producto empackado.

Tabla 2

Peso del Empaque	
0,11	0,13
0,12	0,12
0,12	0,11
0,13	0,12
0,12	0,12

A continuación, se llevó a cabo el pesaje individual de los 120 productos, considerando la inclusión de su respectivo material de empaque. Este valor se denomina "peso bruto".

Tabla 3

Datos 1	Datos 2	Datos 3	Datos 4
5,12	4,77	4,97	4,77
4,96	5,36	4,96	5,41
4,89	5,2	5,31	5,28
5,28	4,8	5,06	5,21
5,14	5,21	5,09	4,96
5,25	5,15	5,45	4,77
5,23	5,35	2,67	5,32
4,93	5,06	5,1	5,09
5,05	5,34	5,29	5,1
5,1	5,44	5,05	4,7
5,11	4,97	4,96	5,22
5,17	5,1	5,32	5,03
5,25	5,2	4,68	5,03
4,99	5,02	4,97	5,29
4,97	4,83	5,13	5,01
5,25	4,98	5,55	5,25
4,83	5,12	5,02	4,68
5,09	5,04	5,02	5,78
5,01	5,37	5,32	5,1
4,94	4,87	5,25	4,92
5,11	5,13	5,1	5,12
4,95	5,02	5,11	4,91
5,17	5,23	5,14	5,35
4,85	5,04	4,81	4,96
4,98	5,24	4,99	4,82
4,96	4,94	4,87	4,96
4,85	5,13	5,25	5,24
5,08	5,32	5,25	5,08
5,1	5,1	5,23	4,91
5,14	5,13	5,27	5,23

Posteriormente, se efectuó la sustracción del peso promedio del material de empaque a cada uno de los pesos brutos de los productos, lo que posibilitó la estimación del "peso neto" de cada producto. Este procedimiento se realiza con el propósito de obtener el peso real de los productos, excluyendo el peso del empaque.

Tabla 4

Datos 1	Datos 2	Datos 3	Datos 4
4,67	4,32	4,52	4,32
4,51	4,91	4,51	4,96
4,44	4,75	4,86	4,83
4,83	4,35	4,61	4,76
4,69	4,76	4,64	4,51
4,8	4,7	5	4,32
4,78	4,9	2,22	4,87
4,48	4,61	4,65	4,64
4,6	4,89	4,84	4,65
4,65	4,99	4,6	4,25
4,66	4,52	4,51	4,77
4,72	4,65	4,87	4,58
4,8	4,75	4,23	4,58
4,54	4,57	4,52	4,84
4,52	4,38	4,68	4,56
4,8	4,53	5,1	4,8
4,38	4,67	4,57	4,23
4,64	4,59	4,57	5,33
4,56	4,92	4,87	4,65
4,49	4,42	4,8	4,47
4,66	4,68	4,65	4,67
4,5	4,57	4,66	4,46
4,72	4,78	4,69	4,9
4,4	4,59	4,36	4,51
4,53	4,79	4,54	4,37
4,51	4,49	4,42	4,51
4,4	4,68	4,8	4,79
4,63	4,87	4,8	4,63
4,65	4,65	4,78	4,46
4,69	4,68	4,82	4,78

Con los datos anteriores del peso neto se procede a organizar los pesos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel siguiendo un criterio específico de ordenamiento, con el objetivo de facilitar su posterior importación al software R y poder elaborar los gráficos de control utilizando el siguiente código.

```
#instalar paquetes
install.packages("readxl")
install.packages("ggplot2")
install.packages("qcc")
#instalar librerías
library(readxl)
library(ggplot2)
library(qcc)
```

Importar el archivo

#crear grafico

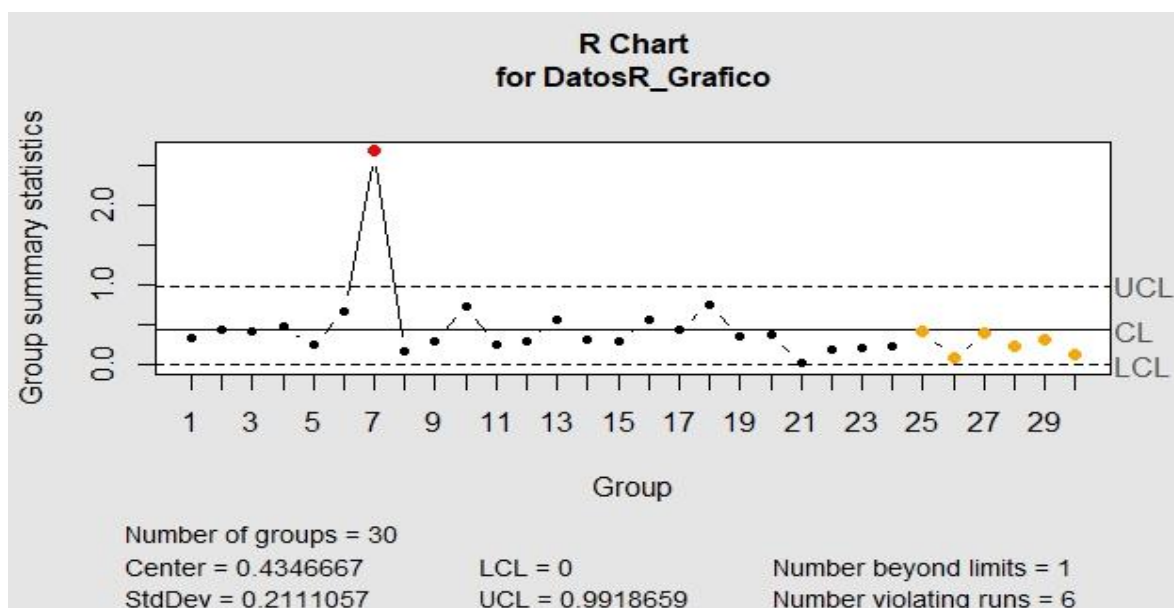
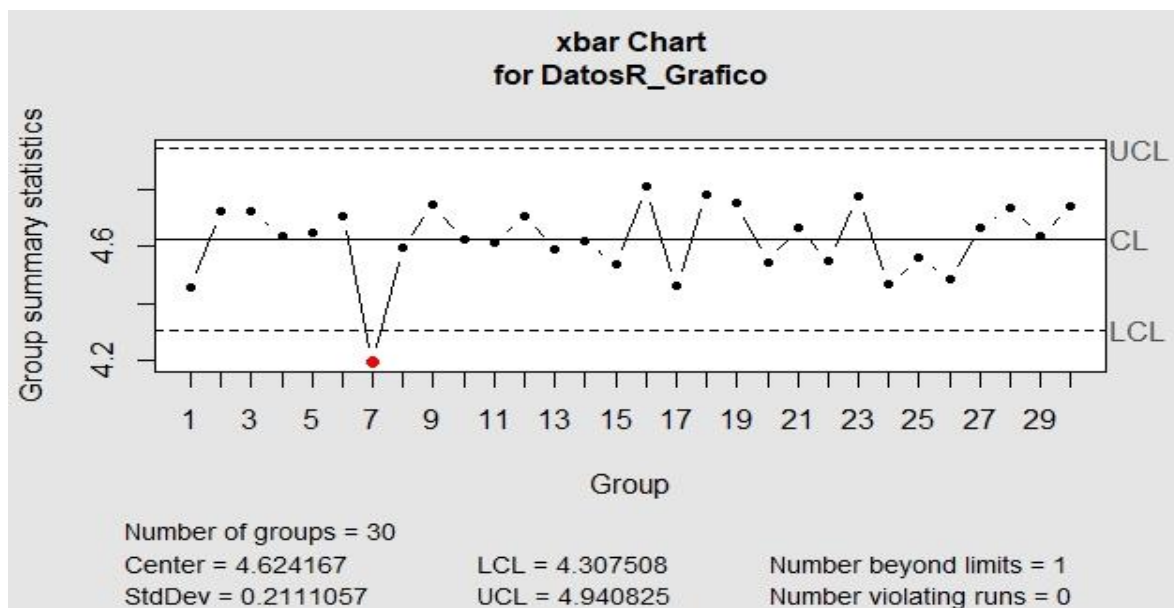
xbarra <- qcc (archivo, type = "xbar")

xrango <- qcc (archivo, type = "R")

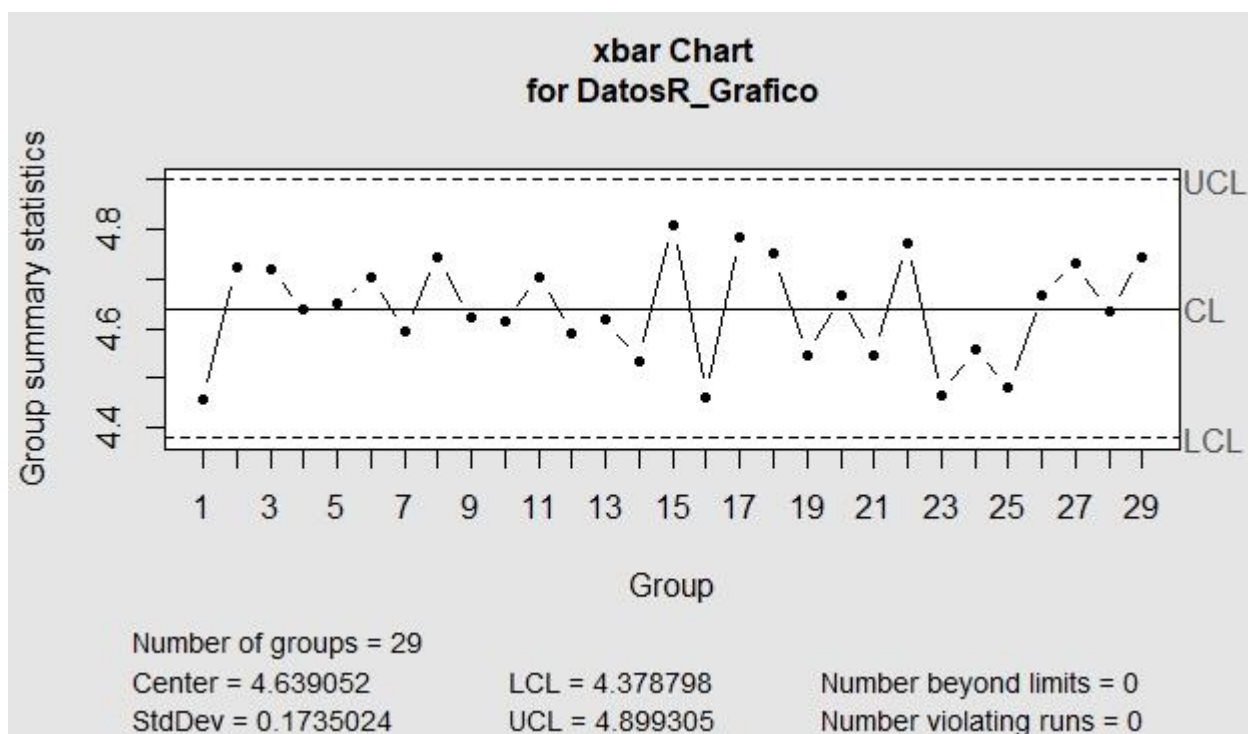
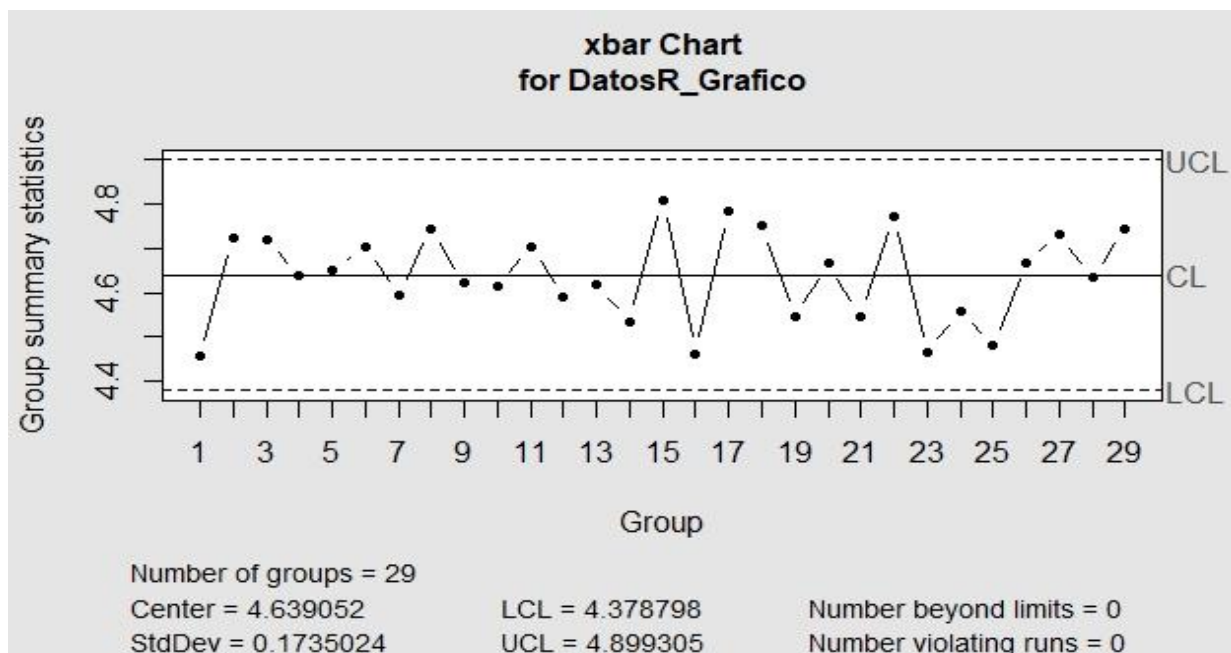
#Capacidad de proceso

process.capability(xbarra, spec.limits=c(3.64,4.36),confidence.level = 0.95)

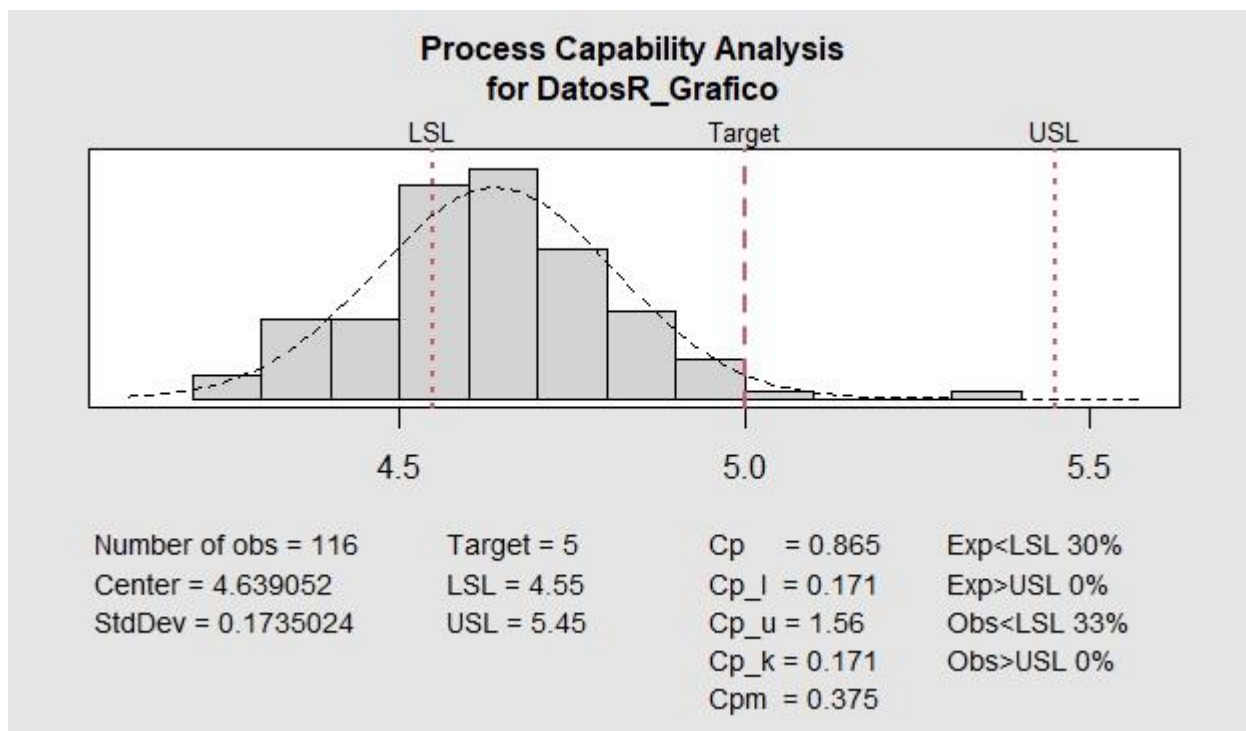
Resultados



Al analizar los gráficos de control se evidencia el incumplimiento en el subgrupo número 7 se procede analizar los datos y se evidencia que existió un producto que no estaba completo por esta razón los datos estaban muy por debajo de la media, se procede a eliminar el subgrupo por tener una causa asignable y se procede a volver a elaborar los gráficos de control



Al eliminar el subgrupo anómalo el grafico no presenta patrones asignables y parece estar en control sin embargo el promedio de los datos está muy por debajo, y vamos a proceder a calcular el CP y CPk



El análisis de la capacidad de procesos es esencial para evaluar si un proceso de fabricación o prestación de servicios cumple con las especificaciones del cliente y para identificar áreas de mejora. A continuación, se realizará un análisis de la capacidad de procesos basado en los valores de Cp, Cp_i, Cp_u y Cp_k proporcionados:

Cp: El valor de Cp se utiliza para medir la capacidad de un proceso en relación con la variación. Según la tabla de estadísticas, se considera que una capacidad adecuada debe ser mayor que 1.33. Sin embargo, en este caso, el valor de Cp es de 0.865, lo que indica que el proceso no cumple con las especificaciones del cliente. Esta baja capacidad sugiere que hay una variación significativa en el proceso que debe ser abordada para mejorar la calidad.

Cp_i: El índice de capacidad para la cola inferior (Cp_i) es un indicador de la capacidad del proceso con respecto al límite inferior de especificación. En este caso, el Cp_i es de 0.71, lo que confirma que el proceso no cumple con las especificaciones en la cola inferior. Esto significa que una proporción significativa de los resultados del proceso está por debajo del límite de especificación inferior.

Cp_u: El índice de capacidad para la cola superior (Cp_u) mide la capacidad del proceso con respecto al límite superior de especificación. Con un valor de 1.56, el Cp_u también indica que el proceso no cumple con las especificaciones en la cola superior, lo que sugiere que una proporción significativa de los resultados del proceso está por encima del límite de especificación superior.

Cp_k: El valor mínimo entre Cp_i y Cp_u es 0.171, lo que refleja la limitación más crítica en la capacidad del proceso, que es la cola inferior.

La calidad del proceso está fuertemente influenciada tanto por el promedio como por la desviación estándar. El Cp se basa únicamente en la desviación estándar y mide la variación del proceso. Para alcanzar un valor de Cp igual o superior a 1.33, es necesario reducir la variación en el proceso. Para lograr que Cp_i y Cp_u sean iguales al Cp, es fundamental mantener el proceso centrado, es decir, el valor promedio debe ser igual al objetivo (target). En este caso, la falta de centrado del promedio afecta negativamente los indicadores de capacidad y reduce el valor de Cp_k. Además de los índices de capacidad, es importante considerar otros indicadores, como los porcentajes de datos esperados y observados fuera de los límites de especificación. En este caso, se observa que hay un alto porcentaje de datos fuera de las especificaciones, tanto por debajo como por encima de los límites.

Conclusiones

En el análisis de los gráficos de control, se pudo constatar que tanto la carta de evaluación de la media muestra (carta X) como la carta R (rangos de las muestras) señalaron un proceso en un estado estable o bajo control. Esto implica que no se identificaron puntos que se desviaran de los límites de control ni patrones no aleatorios en las cartas, lo que sugiere que el proceso se encuentra operando de manera uniforme y sin la presencia de causas excepcionales de variabilidad. Es crucial resaltar que la incapacidad para cumplir con las especificaciones o estándares del producto no siempre se origina por ineficiencias inherentes al proceso. En ciertas ocasiones, factores como la tecnología empleada pueden restringir la capacidad de alcanzar ciertos niveles de calidad. Esto puede suceder cuando se establecen altos estándares de calidad para productos que utilizan tecnologías con limitaciones en su capacidad de producción.

En este laboratorio se evidencia que con los datos actuales no se está en capacidad de cumplir con las especificaciones y la tendencia de los datos, esta arrastrado por un sesgo por debajo de la especificación inferior, es interesante comprender que a pesar de que el gráfico de control cumplía y no presentaba ninguna tendencia los datos no están presentando un control estadístico y se corre el riesgo de ser multados por incumplimiento a la normatividad vigente

Referencias

- [1] F. Benavidez, Ed. , «Implementación de gráficos de control por variables (x-r) por el método r&r en el proceso de corte,» *Dialnet*, pp. 1-5, 2021.
- [2] R. L. Jhoseph Nicolas, «PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN,» *REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPN*, pp. 1-92, 2021.
- [3] G. G. A. T. P. A. Jiménez Méndez, «Aplicando Control Calidad en la Manufactura de Manteles,» *Universidad De La Costa*, pp. 1-12, 24 1 2023.
- [4] I. Durán Ramos, M.C. Meizoso Valdés, and R.M. Guer, «Control Estadístico de la Calidad de un Proceso Químico,» *SpringerLink*, pp. 1-50, 16 Mayo 2011.
- [5] J. P. d. I. Guerra, «Las siete herramientas de la calidad,» pp. 1-8, 2012.
- [6] Andrade, Mariela, Ed «Selección de cartas control para el análisis de vibraciones mecanicas utilizando el software minitab informe tecnico,» pp. 1-33, 2010.
- [7] A. R.-F. Rojas, «CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS,» *universidad pontifici*, pp. 1-76, 2006.
- [8] Troncoso-Palacio y E. , «Utilización de Herramientas de Calidad para la Mejora en los Procesos de Extrusión de Plásticos,» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones (BILO)*, vol. 1, nº 1, p. 1–7, 2019.
- [9] J. L. B. SUÁREZ, «ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD APLICABLES,» 2020. [En línea]. Available: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5592>. [Último acceso: 27 4 2024].
- [10] H. Zamorano, «Establecimiento de sistemas de control de calidad en el laboratorio de reproduccion y mejoramiento de camarones Texcumar S.A, San pablo, Ecuador.,» pp. 1-94, Diciembre 2005.
- [11] Y. C. G. G. I. M. Ortiz González, «Control estadístico de procesos en organizaciones del sector servicios,» *Dialnet*, pp. 1-8, 2018.
- [12] . E. Niebles Nuñez y Ed, *Estrategias Lean para el fomento a la competitividad en las mipymes de la industria metalmecánica*, Barranquilla: Ediciones Universidad Simon Bolivar, 2020.