



Sinergias educativas
ISSN: 2661-6561
compasacademico@icloud.com
Grupo Compás
Ecuador

Aplicación del control estadístico de procesos para reducir la cantidad de carátulas no conformes en el proceso de impresión de formato

Application of Statistical Process Control (SPC) to reduce non-conforming book covers in large format printing process.

Jorge Alberto Melendez Alvarez

Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, Lima, Perú,
jmelendez@ucvvirtual.edu.pe, ORCID: 0000-0001-5437-7741
<https://scholar.google.com/citations?hl=es&authuser=1&user=QNRWEqIAAAAJ>

Jessica Jesús Alvarez Chapilliquén

Maestra en Psicología Educativa, Universidad César Vallejo, Lima, Perú,
omajeco23@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7075-6167
https://scholar.google.es/citations?view_op=new_profile&hl=es

Benjamin Roldan Polo Escobar

Doctor en Gestión Pública y Gobernabilidad, Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Amazonas, Perú,
benjamín.polo@untrm.edu.pe, ORCID: 0000-0001-50569957
<https://scholar.google.es/citations?user=vNVEuPoAAAAJ&hl=es>

Resumen

El objetivo de la siguiente investigación se centra en explicar de qué manera el control estadístico de proceso mejora la calidad de impresión en una industria gráfica. El tipo de investigación es descriptivo-aplicativo, porque busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, además es aplicativa, ya que a la variable dependiente se le aplica un estímulo, el cual vendría a ser la variable independiente: el control estadístico del proceso. En primer lugar, se presenta la realidad problemática, recopilada a través del organizador gráfico “Espina de Ishikawa”; posteriormente con ayuda del diagrama de Pareto se logra determinar los principales problemas, para luego identificar las causas y proponer posibles oportunidades de mejora. Luego de la aplicación de las mejoras se obtuvo una reducción de la cantidad de productos defectuosos o no conformes de 49,4%.

Palabras claves: Control estadístico de procesos, Cartas de control, Control de calidad, productos no conformes.

Abstract

The objective of the following investigation focuses on explaining how statistical process control reduces the amount of defective products. The type of research is descriptive-applicative, because it seeks to specify important properties and characteristics of any phenomenon that is analyzed, it is also applicative, since a stimulus is applied to the dependent variable, which would become the independent variable: the control Statistical process. In the first place, the problematic reality is presented, compiled through the graphic organizer “Ishikawa’s diagram”; Later, with the help of the Pareto diagram, it will be possible to determine the main problems, to then identify the causes and propose possible opportunities for improvement. After applying the improvements, a 49.4% reduction in the number of defective or non-conforming products was obtained.

Key words

Statistical processes control, Control Charts, Quality Control, Non-conforming products

1. Introducción

Actualmente la industria gráfica se ha visto afectada por las nuevas tecnologías de impresión. Existen procesos que no son estrictamente dependientes de la tecnología, como lo es la impresión de formato, mediante rodillos, mantillas, tintas y muchos más agentes que se han reducido considerablemente al contar con una impresora digital en casa. El ritmo cada vez más intenso de competencia en el mercado hace que las empresas opten por mejorar sus procesos para asegurar la calidad del producto que ofrecen al menor costo posible, de manera que puedan permanecer en el mercado (Ostadi et al. 2021 p. 2). Actualmente las empresas tienen poco control sobre el aumento de costos de los insumos, no obstante, la presión sobre la calidad del producto va en aumento, por estos motivos las empresas optan por optimizar el costo de sus procesos y aumentar o mantener la calidad de sus productos (Ostadi et al. 2021 p. 2).

La eficiencia de un proceso se puede medir en base a distintos factores como la calidad y el costo. La calidad de un producto depende de la variación que se presenta dentro del proceso en un tiempo determinado, ya que las variaciones generalmente producen fallas en el proceso, las cuales tienen causas con variaciones comunes y especiales, estas causas desencadenan productos defectuosos (Abbas et al., 2019, p. 1313). Las empresas manufactureras siguen una línea de gestión del control de calidad e implementan la producción ajustada que tiende a reducir al mínimo los productos que no cumplan con los estándares de calidad deseados (Celano et al. 2016 p. 1497). Todas las decisiones se basan en supuestos, si se toma en cuenta las suposiciones incorrectas se toman malas decisiones, por tal motivo se usan diversas herramientas debidamente fundamentadas para identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones relacionadas a las acciones correctivas pertinentes (Kujawińska y Rogalewicz 2018 p. 47).

El control estadístico de procesos (CEP) un método importante para lograr la estabilidad de un proceso, mediante la toma de datos de prueba de calidad y un posterior análisis de estos con diversas herramientas que maneja el CEP para atacar todas las causas que puedan desencadenar en fallas o problemas de las variables que afectan la calidad (Date y Tanaka, 2021, p. 307). Los métodos de Control estadístico de procesos (Barros Bastidas & Turpo Gebera, 2017) pueden aumentar significativamente la eficiencia organizacional si se aplican de manera adecuada, ya que tiene como principal objetivo obtener información crítica sobre los procesos que puedan ayudar a identificar las variables que afectan la calidad, así como identificar las causas de las de las anomalías; esta metodología ayuda a mejorar a las empresas a través del uso de herramientas poderosas como los gráficos de control, los cuales permiten evaluar la capacidad de un proceso y los estándares de especificación (Ostadi et al. 2021 p. 2).

En las grandes industrias, los gráficos de control son las herramientas estadísticas prometedoras de gran eficiencia que se utilizan para dar seguimientos a los procesos (Abbas et al., 2019, p. 1313). Los gráficos buscan mejorar la calidad del producto reduciendo al mínimo los productos no conformes, mediante la señalización oportuna de variaciones especiales en la etapa del proceso que se está analizando (Abbas et al., 2019, p. 1313). Una vez identificadas las causas raíces de las variaciones, se procede a tomar medidas correctivas para evitar que sigan alterando el producto terminado del proceso.

1.1. El control estadístico de procesos (CEP)

El control estadístico de procesos (CEP) se define como un compendio de herramientas o técnicas estadísticas empleadas para resolver problemas y atacar las causas raíces, de manera que se pueda mejorar el proceso, mediante la reducción de la variabilidad (Restrepo, 2018 p. 2). El CEP se encuentra orientado a la optimización de procesos, mediante la minimización de reprocesos y desperdicios, porque permite identificar las causas especiales de la variación, haciendo uso de las cartas de control (Restrepo, 2018 p. 1).

Abtew et al. (2018), lo define como un conjunto de herramientas de mejora de la calidad sumamente relevante para controlar, administrar, analizar y mejorar el desempeño de un proceso al eliminar las causas que producen la variación (p. 160).

Esta herramienta o técnica forma parte de la gestión de calidad total (TQM), el cual es un sistema de gestión que se centra en la satisfacción del cliente a través de la entrega de productos conformes que cumplan sus expectativas y una adecuada atención al cliente (Abtew et al., 2018, p. 161).

Los datos obtenidos de las pruebas de calidad de producto forman la parte inicial del control de procesos, de allí se identifican las variables que afectan la calidad del producto y se establecen los límites de control de calidad para cada variable (Date y Tanaka 2021 p. 308). Entre las diferentes herramientas del CEP, se encuentran los gráficos de control, los cuales son dispositivos gráficos que ayudan en el control del proceso y facilitan la identificación de los puntos fuera de los límites de control, descartando la necesidad de usar complicadas pruebas estadísticas (Abtew et al., 2018, p. 161).

Los gráficos de control estadísticos se utilizan comúnmente para detectar cambios en un proceso, mediante señales estadísticas que se muestran en dichos gráficos, estos gráficos ayudan a tomar acciones correctivas sobre las causas especiales de los puntos fuera de control, de esta manera el proceso se mantiene estable (He et al., 2018, p. 191-192). Los gráficos de control forman parte de una metodología de mejora continua, es decir, no es un proyecto de una sola vez, por lo que el compromiso de la gerencia, la actitud hacia el trabajo en equipo y capacitación del personal en todos los niveles de organización (Ostadi et al, 2021, p. 2).

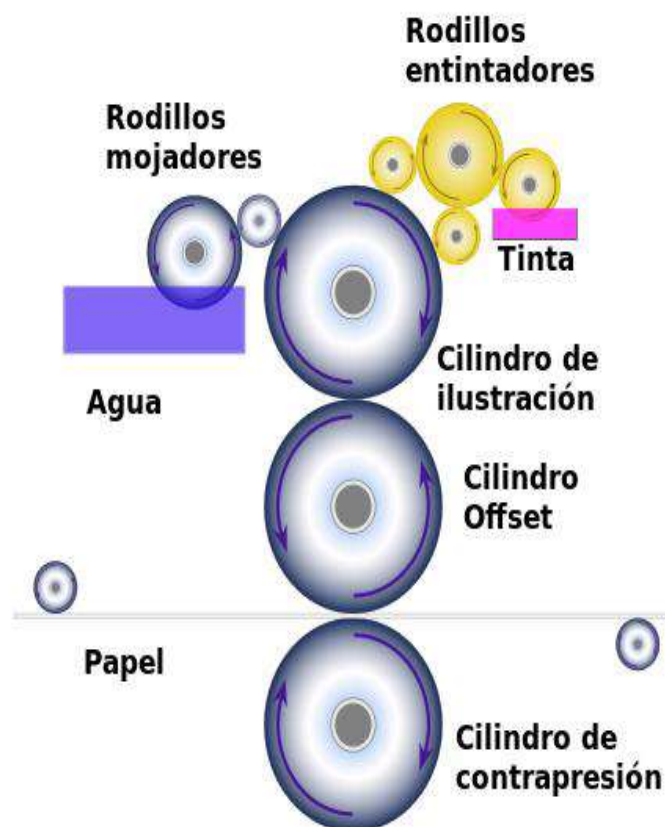
Para medir la mejora de la aplicación de los gráficos de control tradicionales, se comparan las nuevas observaciones con las tomadas antes de la aplicación de SPC, para detectar el cambio en el proceso (He et al., 2018, p. 191). Dependiendo de las muestras de control de calidad, se obtiene una media real del proceso y una desviación típica del proceso a partir de expresiones dadas por ecuaciones, dependiendo del tipo de gráfica que se use; sin embargo, en la realidad la media y la desviación normal del proceso son desconocidas. Habrá ciertos puntos que se encuentran dentro de los límites y otros fuera, por lo que se debe de analizar los puntos fuera de los límites de control para identificar las causas asignables (Moya et al., 2021, p. 141).

1.2. Impresión de formato: prensa plana

La impresión offset es uno de los tantos métodos de impresión tradicional que busca reproducir documentos e imágenes sobre papel o materiales similares, generalmente llamados sustratos. Cabe resaltar que la prensa plana es un tipo de impresora llana, sin zonas sobresalientes, es por ello que es necesario aplicar productos químicos necesarios para la

impresión. La zona de la impresora que porta la placa impresora y que además se trata con aditivos, es decir el cuerpo impresor, permite la aceptación de la tinta y que se rechace el agua. No obstante, la zona no impresora (sin imagen), es tratada de modo que acepte el agua y repela la tinta. Cabe mencionar también que la prensa plana o impresión de formato plano es un proceso plano-gráfico, en el que las zonas que se imprimen están en el mismo plano que las que no se imprimen. (Andrade, 2019, p. 18).

Se hace uso del principio químico de la inmiscibilidad entre el agua y el aceite, en tal sentido, se emplean placas de impresión planas y tintas oleosas, además de una solución de mojado durante el proceso. (Aguirre et al., 2019) Las tintas oleosas usadas en el proceso de impresión offset son traslúcidas, esto supone que no son opacas, por lo que cuando se imprime una tinta sobre otra, los colores se suman. La plancha está dividida en dos zonas, la hidrófila e hidrófoba. La primera tiene afinidad con el agua, por lo que repele la tinta; y, por el contrario, la segunda tiene afinidad con la tinta y rechaza al agua. El proceso en sí, consiste en que el diseño que se encuentra grabado en la plancha metálica se transfiere a una película de caucho denominada mantilla que se coloca en el rodillo porta-mantilla, para así luego pasar al papel, la mantilla es elástica por lo que otorga alta calidad a la impresión. (Ramos, 2020, p. 25).



2. Materiales y métodos

El enfoque de la presente investigación fue descriptivo-aplicativo. Es descriptivo, debido a que busca las propiedades y características de cualquier fenómeno observado; y es aplicativo, porque se le aplica un estímulo; el control estadístico del proceso, que es la variable

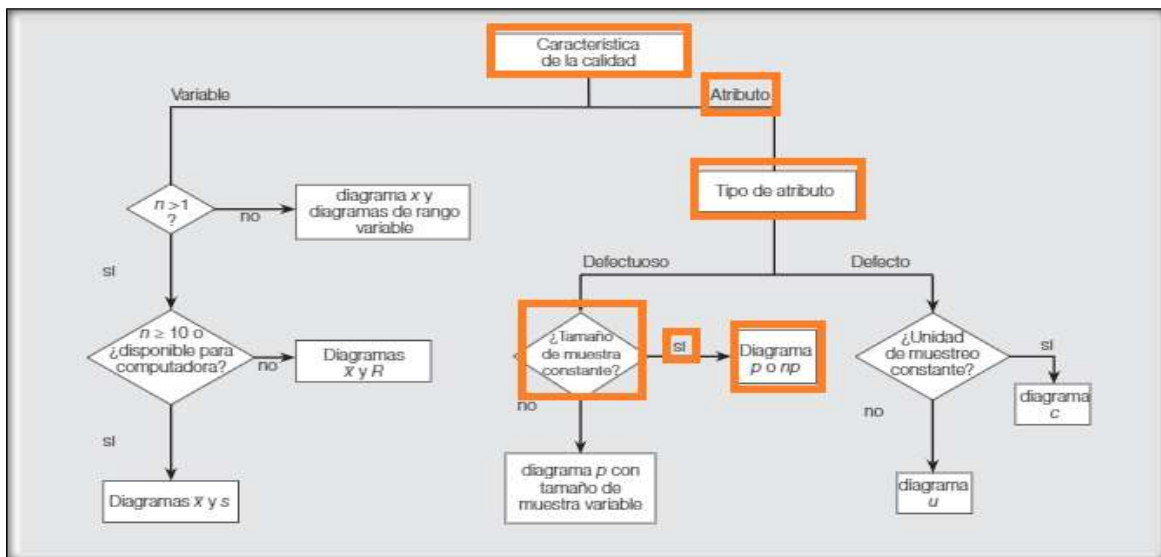
independiente (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). El diseño fue preexperimental, aplicable a un solo grupo, cuyo grado de control es mínimo.

Se tomó como población al conjunto de carátulas de la orden de trabajo que se realizó a base de la investigación, cuya producción total fue de 2 700 000 pliegos de carátulas del Ministerio de Educación producidas en el mes de octubre del año 2019 en el área de prensa plana.

Se utilizó como instrumento de recolección de datos, los registros de muestreo, en los cuales se identificó el número de carátulas defectuosas de cada muestra tomada por día durante un mes. Con la data obtenida se pudo realizar la gráfica de los diagramas de control “p” y “np”.

Para consolidar la data se utilizó una tabla adaptada en Excel, en el cual se completó durante cada día se obtuvieron los datos de 3 paletas, en los 26 días del mes de octubre. Se tomaron 78 muestras en total.

Después de obtenida la data se utilizaron las herramientas de control estadístico del proceso: “Gráfico p” y “Gráfico np”, como se observa en la siguiente imagen, las características de calidad que se analizaron son atributos, los cuales se comparan con muestras patrón en inspecciones visuales, además lo que se está evaluando son los pliegos defectuosos, ya que de éstos depende que las paletas que los contienen sean aceptadas o rechazadas. Por último, el tamaño de muestra que se toma de cada una de las paletas es constante, por los motivos expuestos se utilizó el diagrama “p”.



Se eliminaron los “outliers” o puntos fuera de control y se calcularon los límites de control. Una vez identificados los puntos que estaban fuera de los límites de control se procedió a analizar las causas especiales de cada uno de ellos, con ayuda de diagramas de Ishikawa.

Una vez obtenidas las causas raíces se establecieron acciones correctivas y se volvió a realizar los muestreos para verificar el impacto que tuvo el análisis obtenido de las cartas de control.

Para medir la validez y confiabilidad de la muestra y los indicadores propuestos por el investigador, se utilizaron los datos obtenidos a lo largo de la investigación para luego procesarlos en el software SPSS 23 mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

De la siguiente tabla, se puede inferir que el coeficiente de correlación de Pearson indica que se tiene la validez y confiabilidad alta para todas las mediciones que se obtuvieron de los indicadores y también se valida la muestra obtenida según la regla de decisión que manifiesta que si los valores oscilan entre 0.90 y 1 se comprueba que hay una alta confiabilidad.

Correlaciones

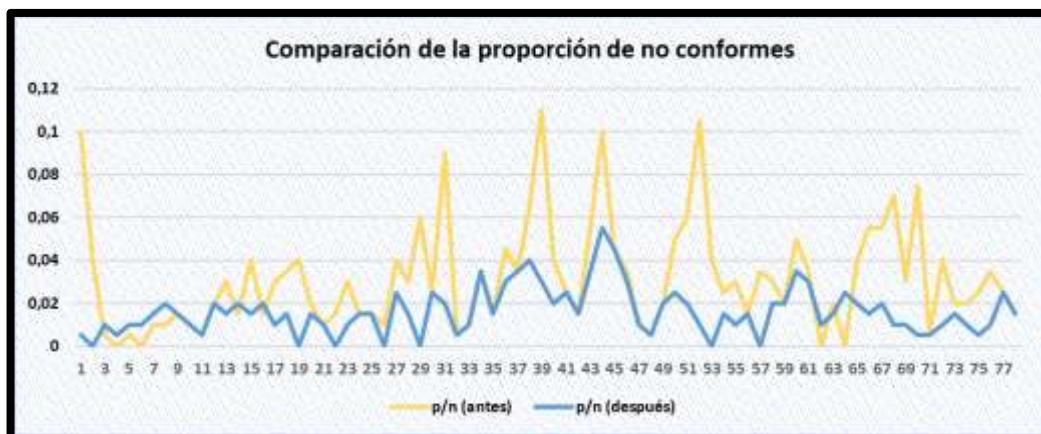
		P.RECH. ANTES	P.ACEP. ANTES	P.RECH. DSPS	P.ACEP. DSPS
P.RECH.ANTES	Correlación de Pearson	1	-,131	,485*	,379
	Sig. (bilateral)		,524	,012	,056
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,007	-,001	,002	,001
	Covarianza	,000	,000	,000	,000
	N	26	26	26	26
P.ACEP.ANTES	Correlación de Pearson	-,131	1	-,118	-,046
	Sig. (bilateral)	,524		,566	,825
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,001	,005	,000	,000
	Covarianza	,000	,000	,000	,000
	N	26	26	26	26
P.RECH.DSPS	Correlación de Pearson	,485*	-,118	1	,176
	Sig. (bilateral)	,012	,566		,390
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,002	,000	,002	,000
	Covarianza	,000	,000	,000	,000
	N	26	26	26	26
P.ACEP.DSPS	Correlación de Pearson	,379	-,046	,176	1
	Sig. (bilateral)	,056	,825	,390	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,001	,000	,000	,001
	Covarianza	,000	,000	,000	,000
	N	26	26	26	26

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

3. Resultados

Una vez realizadas las acciones correctivas para atacar las causas especiales se volvió a realizar los muestreos para validar el impacto que tuvo la herramienta del CEP “cartas de control” en la cantidad de productos defectuosos.

En el siguiente cuadro, se presenta la comparación del antes y después (una vez aplicadas las



acciones correctivas) de las proporciones de los productos defectuosos en cada una de las observaciones. Se consideran 78 observaciones, debido a que se realizan tres observaciones al día (3 turnos de la planta) por 26 días.

Se observa claramente que existe una disminución en la mayoría de las 78 observaciones; sin embargo, para realizar la comparación del antes y después se calculará el promedio de las proporciones de rechazos o no conformes para cada mes y se realizará la comparación respectiva.



Según el cuadro y el gráfico anteriores, hubo una disminución en el promedio de la proporción de rechazos del mes de octubre al mes de noviembre. La disminución fue de 0,0318 a 0,016; es decir, la proporción de rechazos de un mes a otro disminuyó en un 49,4%.

Para el procesamiento de datos se utilizó IBM SPSS Statistics versión 23, en cuanto a la correlación entre las variables Control Estadístico de Procesos y Productos no conformes se utilizó el análisis de rangos de Wilcoxon. Para ellos se tuvieron dos hipótesis:

H0: El control estadístico en el proceso de impresión de formato NO disminuye la proporción de rechazos.

H1: El control estadístico en el proceso de impresión de formato disminuye la proporción de rechazos.

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
PROPORCIÓN POR DÍA - NOV - PROPORCIÓN POR DÍA - OCT	22 ^a	13,32	293,00
Rangos negativos	2 ^b	3,50	7,00
Rangos positivos	2 ^c		
Empates			
Total	26		

a. PROPORCIÓN POR DÍA - NOV < PROPORCIÓN POR DÍA - OCT

b. PROPORCIÓN POR DÍA - NOV > PROPORCIÓN POR DÍA - OCT

c. PROPORCIÓN POR DÍA - NOV = PROPORCIÓN POR DÍA - OCT

Estadísticos de prueba^a

	PROPORCIÓN POR DÍA - NOV - PROPORCIÓN POR DÍA - OCT
Z	-4,091 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

De las tablas se puede inferir que el estadístico Z forma parte de la zona de rechazo según su distribución. Además, se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la proporción de rechazos antes y después es de 0,000, teniendo como resultado y, de acuerdo a la regla de decisión, que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta que el control estadístico en el proceso de impresión de formato disminuye la proporción de rechazos.

4. Discusión

Habiéndose ejecutado el control estadístico en el proceso de impresión de formato para reducir la cantidad de productos defectuosos, se cumplió con los objetivos propuestos a lo largo de la investigación, mediante las cartas de control que identifica las causas especiales de variación, posteriormente a ello se hizo un exhaustivo análisis (diagramas de Ishikawa, análisis Pareto) para elaborar propuestas de mejora que, en su medición en el tiempo, ayudó a disminuir la proporción de productos no conformes en el proceso de impresión de prensa plana.

En el estudio de investigación, se puede validar que hubo una disminución en el promedio de la proporción de rechazos del mes previo a las medidas correctivas y del mes posterior. La disminución fue de 3,18% a 1,6%; en otras palabras, la proporción de rechazos de un mes a otro disminuyó en un 49,4%. Además, gracias a la verificación del nivel de significancia de la hipótesis nula (menor a 0,05), en la prueba de Wilcoxon se verifica el rechazo de la hipótesis nula, lo que establece una relación entre la implementación del Control Estadístico de Procesos y la reducción de la cantidad de productos defectuosos o no conformes.

En línea con la presente investigación, Moya et al. (2021) sostiene que los gráficos de control son una herramienta efectiva incluso cuando los datos tienen una leve asimetría; por su parte, Abteu et al. (2018), sostuvo que entre las siete herramientas del CEP, los gráficos de control son una herramienta valiosa del CEP, debido a que proporcionan indicaciones de cuándo tomar acción, selección de las acciones correctivas, además afirma que los gráficos de control ayudan a mejorar el desempeño del proceso logrando una uniformización de los atributos del producto resultando de dicho proceso (p. 170-171). Además, mejoró el nivel de conocimiento y comprensión de los trabajadores sobre cómo, cuándo y dónde aplicar las herramientas del CEP.

Ostadi et al. (2021), en su estudio obtuvo como resultado que el CEP se puede utilizar con éxito para evitar el cuello de botella del proceso estudiado y para mejorar y mantener una calidad constante a lo largo del tiempo. Además, sostiene que el CEP y herramientas como las cartas de control nos permiten tener el proceso bajo control y un proceso que se comporta de manera uniforme puede ofrecer una calidad constante con costos de optimización bajos y nulos (p.25).

5. Conclusiones

Se concluye que la aplicación del control estadístico del proceso mejora la proporción de rechazos o no conformes en el área de impresión de formato o prensa plana. Después de realizado en control estadístico para hallar las causas y especiales y una vez se haya iniciado con la implementación de las mejoras propuestas el porcentaje de rechazos disminuyó de 3,18% a 1,61%, lo cual indica una disminución en un 49,4% del total de rechazos del mes anterior. De esta manera se podrá llegar al nivel mínimo de calidad impuesto por la empresa.

Además, se recomienda a la empresa continuar aplicando el control estadístico de procesos (Diagramas de control), ya que colabora con el análisis de las causas individuales de variación de los puntos que se encuentran fuera de los límites y al hallar esas oportunidades de mejora se pueden realizar propuestas y según la capacidad de respuesta a la implementación de mejoras de las áreas relacionadas implementar estas propuestas y mejorar la calidad de los pliegos impresos en el área de planas.

Referencias

Aguirre Cardona, L. A., López Jaimes, J. E., & Villamizar Gómez, D. F. (2019). Revisiones y reflexiones en la educación física: un camino de lo conceptual a lo investigativo en la escuela.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana editores, S. A.

Abbas, T., Zaman, B., Atir, A., Riaz, M. y Akbar Abbasi, S. (2019). On improved dispersion control charts under ranked set schemes for normal and non-normal processes. *Quality and Reliability Engineering International*, 35 (5), pp. 1313-1341. <https://doi.org/10.1002/qre.2531>

Barros Bastidas, C., & Turpo Gebera, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: Una revisión sistemática. *Espacios*, 38(45). <http://www.revistaespacios.com/a17v38n45/17384511.html>

Celano, G., Castagliola, P., Chakraborti, S. y Nenes, G. (2016). The performance of the Shewhart sign control chart for finite horizon processes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84 (5-8), pp. 1497-1512. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7745-3>

He, S., Jiang, W., Deng, H. (2018). A distance-based control chart for monitoring multivariate processes using support vector machines. *Annals of Operations Research*, 263 (1-2), pp. 191-207. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2186-4>

Date, K. y Tanaka, Y. (2021). Quality-Oriented Statistical Process Control Utilizing Bayesian Modeling. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 34 (3), art. no. 9406895, pp. 307-311. <https://doi.org/10.1109/TSM.2021.3073954>

Ostadi, B., Taghizadeh-Yazdi, M. y Mohammadi-Balani, A. (2021). Process capability studies in an automated flexible assembly process: A case study in an automotive industry. *Iranian Journal of Management Studies*, 14 (1), pp. 1-37. <https://doi.org/10.22059/IJMS.2020.222198.672415>

Abteu, M., Kropi, S., Hong, Y. y Pu, L. (2018). Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement. *Autex Research Journal*, 18 (2), pp. 160-172. <https://doi.org/10.1515/aut-2017-0034>

Kujawińska, A. y Rogalewicz, M. (2018). Adaptive methods of process state evaluation: The development of an application for engineering purposes. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 565, pp. 47-56. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60834-1_6

Moya Fernández, P., Álvarez-Verdejo, E. y Blanco-Encomienda, F. (2021). Effect of non-compliance with the normality hypothesis on the mean control charts. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa* 31, pp. 128-143. <https://doi.org/10.46661/REVMETODOSCUANTECONEMPRESA.4307>

Restrepo Tamayo, L. (2018). Control charts to optimize the process of painting on aluminum sheets. *Espacios*, 39 (22), pp. 34-43. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048184696&partnerID=40&md5=f54c919b53c2eb78e5f31a8ee54f3535>

Garayar, D. “Propuesta de mejora de la disponibilidad de las prensas de una empresa de Servicios Gráficos aplicando la metodología TPM”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. <http://hdl.handle.net/10757/628112>

Andrade, L. (2020). La calidad en el proceso de impresión de la Industria Gráfica de Ambato. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31400>

Ramos, A. (2017). MEJORA DE LA GESTIÓN DE CALIDAD EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET EMPLEANDO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA EMPRESA EDITORA Y COMERCIALIZADORA CARTOLÁN E.I.R.L. DE LA CIUDAD DE LIMA. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.