

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS: UN CASO DE ESTUDIO

**APPLICATION OF STATISTICAL PROCESS CONTROL: A CASE
STUDY**

Judith Guadalupe Montero Mora
Universidad Veracruzana

Bartolo Alberto Flores Guzmán
Universidad Veracruzana

Jesús Hernández Suárez
Universidad Veracruzana

José Juan Muñoz León
Universidad Veracruzana

Aplicación del Control Estadístico de Procesos: un caso de estudio

Judith Guadalupe Montero Mora¹

jmontero@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4855-3248>

Universidad Veracruzana

Bartolo Alberto Flores Guzmán

bartoloalbertofg@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-3152-1530>

Universidad Veracruzana

Jesús Hernández Suárez

jeshernandez@uv.mx

<https://orcid.org/0009-0008-3867-2546>

Universidad Veracruzana

José Juan Muñoz León

juanmunoz@uv.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3557-8251>

Universidad Veracruzana

RESUMEN

El control estadístico de procesos (CEP) es una metodología que utiliza herramientas estadísticas para monitorear, controlar y mejorar un proceso de producción o de servicios con el fin de garantizar que funcione de manera estable y eficiente. Dentro de sus principales objetivos se encuentra detectar variaciones anormales en el proceso, reducir la variabilidad y mantener la calidad del producto o servicio dentro de límites aceptables. El objetivo de esta investigación fue aplicar el CEP para identificar si el proceso de aplicación de adornos de una empresa maquiladora de ropa se encuentra bajo control estadístico. Se analizaron datos de producción correspondientes a un bimestre en el año 2024. Los procesos analizados fueron los relacionados con el proceso de aplicación de adornos mediante técnicas como sublimado, fusionado y tampografía. Las variables analizadas fueron las frecuencias de defectos en el sublimado, en la tela, en el material y se consideró también el operario. Para identificar si el proceso se encontraba en control estadístico se utilizó la carta de control U de Laney, se propone esta carta debido a que se encontró que existía sobredispersión en los datos, se utilizó también un diagrama de Pareto para identificar la causa principal en los defectos. La U de Laney se aplicó en la evaluación de los defectos en el sublimado, tela, material y operario. Los resultados mostraron que el proceso de aplicación de adornos no se encontraba en control estadístico y que el operario fue la causa principal en la frecuencia del número de defectos detectados.

Palabras clave: calidad, control estadístico de procesos, U de Laney

¹ Autor principal

Correspondencia: jmontero@uv.mx

Application of Statistical Process Control: A Case Study

ABSTRACT

Statistical Process Control (SPC) is a methodology that uses statistical tools to monitor, control, and improve a production or service process, with the goal of ensuring it operates in a stable and efficient manner. Its main objectives include detecting abnormal variations in the process, reducing variability, and maintaining product or service quality within acceptable limits. The objective of this research was to apply SPC to determine whether the embellishment application process in a garment manufacturing company was under statistical control. Production data corresponding to a two-month period in 2024 was analyzed. The evaluated processes included embellishment techniques such as sublimation, fusing, and pad printing. The variables analyzed were the frequencies of defects found in sublimation, fabric, and material, as well as the operator responsible. To assess whether the process was statistically controlled, the Laney U control chart was used, selected due to the presence of overdispersion in the data. A Pareto chart was also used to identify the main cause of the defects. The Laney U chart was applied to evaluate defects related to sublimation, fabric, material, and operator. The results showed that the embellishment application process was not under statistical control, and that the operator was the main cause of the frequency of detected defects.

Keyword: quality, statistical process control, laney u chart.

Artículo recibido 15 marzo 2025

Aceptado para publicación: 18 abril 2025



INTRODUCCIÓN

Marco contextual

Introducción al control estadístico de procesos CEP

El avance de la tecnología en el sector industrial ha permitido a las empresas satisfacer la demanda de sus clientes de manera más eficiente. En este contexto, la calidad se ha convertido en un requisito indispensable para la supervivencia y el crecimiento para todas las empresas, ya sean empresas públicas o privadas, que producen bienes y/o servicios, cuyo objetivo es brindar a los clientes productos que satisfaga plenamente sus necesidades (Solórzano et al., 2013). La calidad se ha convertido en uno de los principales factores, que tiene énfasis en la reducción de costos por fallas en los procesos, impactando en buenos resultados económicos, productivos y la satisfacción de los clientes (Gómez et al., 2018).

Por otro lado, cuando una empresa se enfrenta a la situación de que sus productos son rechazados por los clientes, pone en riesgo su estabilidad y consigo la imagen y confianza pública. Actualmente, existen diversas herramientas a las cuales las empresas pueden acceder para llevar a cabo diagnósticos y mejorías en sus procesos, una de las principales herramientas es el uso del control estadístico de calidad. El uso de ésta permite poder identificar los productos más competitivos que saldrán al mercado para la satisfacción de los clientes. Asimismo, la aplicación de métodos estadísticos para el control de los procesos trae consigo la estabilidad y reducción de variabilidad, porque para que un producto cumpla con los requerimientos del cliente debe ser fabricado bajo un proceso estable o repetible (Vázquez, 2006).

Cabe destacar, dentro de las herramientas más utilizadas para monitorear procesos se encuentra el control estadístico de procesos (CEP), es una rama de la calidad que consiste en la recolección, análisis e interpretación de los datos, establecimiento de calidad, control de calidad de productos, servicios y diagnósticos de defectos. El uso del CEP genera costos menores gracias a dos razones: la inspección por muestreo y la reducción de rechazo, las muestras tomadas son mucho menor que la población, disminuyendo consecuentemente los costos y representan de una mejor forma las características de la población. De igual manera, permite conocer el comportamiento del proceso para después hacer previsiones sobre su desempeño. Dentro del CEP existen herramientas para monitorizar el proceso y



mejorarlo, el monitoreo requiere de hacer muestreo periódicamente y tamaños de muestra adecuado (Hernández et al., 2016).

Así mismo, llevar a cabo la reducción de variación de los procesos es uno de los objetivos clave del control estadístico, existen diversos motivos de variación que es importante resaltar, en ellos destacan las 6M del Diagrama de Ishikawa, es decir, dentro de un proceso interactúan maquinaria, materiales, mano de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos, cada uno de estos elementos aporta variabilidad, el resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de estos elementos (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009). Según Shewhart, la variabilidad puede clasificarse en: causas especiales (que pueden ser eliminadas a través del CEP) y causas comunes. Dentro del CEP se emplean diversas herramientas que facilitan el monitoreo y la mejora de los procesos. De las herramientas más usadas son: hoja de verificación, histogramas, estratificación, lluvia de ideas, análisis de Pareto, análisis de causa-efecto, diagrama de dispersión, cartas de control e índices de capacidad (Herrera et al., 2018).

El proyecto se desarrolló en una empresa maquiladora de ropa ubicada en el Estado de Veracruz, dedicada a la fabricación de diversas prendas, tales como ropa deportiva, cubre colchones, cortinas, entre otras. La aplicación del CEP se centró en el proceso de aplicación de adornos, que comprende actividades de fusionado, sublimado o tampografía. Este proyecto se centró en realizar un análisis detallado del proceso de aplicación de adornos utilizando datos obtenidos durante el periodo abril-mayo 2024, para verificar que las operaciones se realicen conforme a los estándares establecidos e identificar posibles fallos y proponer mejoras para la reducción de variabilidad y optimización del proceso.

MARCO TEÓRICO

Cartas de control

Las cartas de control, también conocidas como gráficos de control, son una herramienta fundamental en el control estadístico de procesos. Permiten observar y analizar el comportamiento de los procesos a lo largo del tiempo, proporcionando información clave para determinar si estos operan dentro de los límites establecidos por la empresa. Además, facilitan la identificación de variaciones debidas a causas comunes o especiales, lo que resulta esencial para decidir las acciones correctivas y de mejora pertinentes (Gutiérrez et al., 2009).



Propósitos de las cartas de las cartas de control:

1. Monitorear los procesos: Detectar cualquier cambio en el comportamiento del proceso a lo largo del tiempo.
2. Identificar desviaciones: Señalar variaciones que se encuentren fuera de los límites de control establecidos para su corrección.
3. Facilitar la toma de decisiones informadas: Apoya la implementación de acciones de mejora basadas en la información obtenida.

Tipos de cartas de control

El CEP emplea diversas cartas de control, las cuales se clasifican según las características de los datos en estudio en dos grupos principales: cartas de control para variables y cartas para atributos.

Cartas de control para variables. Se usan para medir características de calidad de tipo continuo. El nombre de cada carta hace referencia al estadístico que se representa en ella. Entre las cartas de control para variables más comunes se encuentran (Gutierrez et al., 2009):

- \bar{X} (de medias): Representa la media de las muestras.
- R (de rangos): Emplea el rango de los datos.
- S (de desviaciones estándar): Se basa en la desviación estándar de los datos.
- X (de medias individuales): Se utiliza para el monitoreo de datos individuales.

Cartas de control para atributo. Evalúan características de calidad en términos de defectos o no conformidades. Entre las cartas de control para atributos más utilizadas se encuentran (Gutiérrez et al., 2009):

- p : Mide la proporción de unidades defectuosas.
- np : Registra el número de unidades defectuosas sin la necesidad de calcular una proporción.
- C : Cuenta el número de defectos.
- u : Determina el número de defectos por unidad.

Carta U de Laney

La carta U (tradicional) se utiliza cuando el tamaño de subgrupo no es constante, en esta carta se analiza la variación de la cantidad promedio de defectos por artículo, unidad o lote. De igual forma un subgrupo lo forman varias unidades. Esta es la expresión para cada subgrupo:

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

Donde c_i es la cantidad de defectos en el subgrupo i y n_i es el tamaño del subgrupo i . Para el cálculo de los límites de control es necesario estimar la media y desviación estándar del estadístico u_i bajo el supuesto de que c_i sigue una distribución Poisson. Dada esta explicación las estimaciones quedan de la siguiente forma:

$$u_{u_i} = \bar{u} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}}$$

$$\sigma_{u_i} = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde n es el tamaño del subgrupo. Los límites de control quedan de la siguiente forma:

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$\text{Línea central} = \bar{u}$$

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Cuando n no es el mismo en todos los subgrupos, se sustituye por el número promedio del subgrupo \bar{n} (Gutierrez et al., 2009).

Sin embargo, en muchos casos los datos presentan sobredispersión lo que hace que esta carta no sea la adecuada. Para abordar este problema, Laney (2002) propuso una modificación en la carta U tradicional, incorporando un factor de corrección basado en la desviación estándar normal observada.

La carta U de Laney introduce un factor de corrección σ_2 para ajustar los límites de control cuando los datos presentan sobredispersión o subdispersión.

Primero, se calcula el índice Z_i con la siguiente expresión:



$$Z_i = \frac{U_i - \bar{u}}{\frac{\sqrt{\bar{u}}}{n_i}}, \quad \text{donde} \quad U_i = \frac{D_i}{n_i}$$

Después, se obtiene el parámetro de corrección σ_2 con la siguiente expresión:

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum(Z_i - \bar{Z})^2}{n - 1}}$$

Por último, se ajustan los límites de control con la siguiente expresión:

$$LCS = \bar{u} + 3\sigma_2 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LCI = \bar{u} - 3\sigma_2 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Con estos ajustes, la carta U de Laney se adapta a dos escenarios: en caso de sobredispersión, se muestra un mayor número de puntos fuera de los límites de control, y en caso de subdispersión, exhibe muy pocos puntos fuera de los límites de control (Minitab, LLC, 2024).

ANTECEDENTES

Hernández y Da Silva (2016) aplicaron el CEP en una empresa brasileña de productos de limpieza. En su estudio, seleccionaron un producto de alta demanda, tanto a nivel nacional como internacional, en las áreas de limpieza, higiene y uso personal. Establecieron como variables: el peso, la incidencia de piezas rotas y las alteraciones en las piezas fabricadas. El análisis se dividió en dos escenarios: uno con control riguroso del proceso y el otro con condiciones operativas normales. Se realizaron 10 muestreos de 10 observaciones cada uno, totalizando 100 muestras, y se utilizaron gráficos de control junto con los índices de capacidad de proceso (C_p y C_{pk}) para evaluar el peso. Los resultados evidenciaron errores y variaciones en el peso en las piezas rotas cuando no se aplicaba un control riguroso; en cambio, bajo control estricto no encontraron fallas.

Andrade (2018) realizó una investigación en un sistema de bombeo hidráulico en La Esperanza, Ecuador, el cual presentaba paradas inesperadas. El estudio se centró en analizar las fallas de seis bombas y en calcular la eficiencia de cada una de ellas. Las variables analizadas fueron códigos de error durante tres meses de operación, donde cada código se asociaba a fallas específicas según el manual de

las bombas. Entre las herramientas del CEP usadas incluyeron el diagrama de Pareto para identificar defectos de variadores de velocidad, el diagrama causa-efecto para analizar paradas súbitas e indeseadas y los índices de capacidad para calcular la eficiencia de la bomba, motor y variador de velocidad. Los resultados revelaron que los cortes de suministro eléctrico eran la causa principal de las paradas no deseadas, y la solución de estas fallas incrementó la eficiencia de los sistemas de bombeo en más de un 70%.

Herrera et al. (2018) realizaron una investigación en Barranquilla, Colombia, en el que, tras aplicar cartas de control tradicionales, proponen el uso de cartas de control multivariadas para evaluar de manera más precisa el proceso. Para ello, emplearon la carta T^2 Hotelling, la cual permitió medir tres características de un resorte de compresión de acero inoxidable: el diámetro de la boca inferior, superior y el peso. En total fueron 68 mediciones distribuidas en dos grupos, efectuadas en distintos periodos, se calculó un índice de capacidad multivariado. Los resultados mostraron que el proceso no se encontraba en control, situación atribuida a cambios de proveedores del acero inoxidable, concluyeron que se debe ajustar el procedimiento de compra de materia prima.

Gómez et al. (2019) realizaron una investigación en una empresa cubana de producción, que al encontrarse en sus primeras etapas operativas presentaba procesos inestables y altos costos. El estudio analizó diversos costos relacionados con la prevención, fallas internas, calibración de instrumentos, fallas externas y el mapeo del proceso de producción. Para identificar y abordar estos costos, se usaron herramientas del CEP como diagrama de Pareto (para detectar defectos en los costos de la calidad), hojas de verificación (para evaluar elementos clave definidos por expertos) y el diagrama de causa-efecto (para identificar las fuentes de no conformidades en la línea de producción). La implementación de este procedimiento permitió reducir significativamente los costos de calidad y detectar oportunidades de mejora.

Teiler et al., (2021) optimizaron tres procesos en el Instituto Modelo de Cardiología (IMC) en la ciudad de Córdoba, Argentina, donde se presentaban fallas que afectaban la eficiencia del servicio, especialmente en la gestión de los stocks para la distribución de medicamento. El estudio se llevó a cabo en 3 periodos durante siete meses, abarcando desde la recepción hasta la dispersión de las dosis a los pacientes. Se utilizaron cartas de control, específicamente la Carta U para medir los defectos encontrados

en la distribución de insumos. Como resultado, se logró optimizar los procesos, utilizando de manera más eficiente los recursos e insumos, lo que redujo las diferencias en el stock. Los autores concluyeron que estas herramientas representan una solución de alto impacto y de bajo costo para las organizaciones de salud.

Romero et al. (2018) evaluaron la capacidad de un proceso de elaboración de barras de jabón en Colombia, donde el producto final se comercializa a 200 gramos sin envoltura. Para monitorear el peso de los lotes de producción, se implementaron cartas de control y se calcularon los índices de capacidad (C_p , C_{pk} y C_{pm}) a partir de datos históricos recopilados durante cuatro meses. En este periodo, se analizaron 10 lotes mensuales, cada uno compuesto por 126 barras. Los resultados indicaron que el proceso presentaba variabilidad en los pesos, atribuible a factores como errores en la balanza, características de la materia prima, viscosidad y humedad del jabón. A pesar de ello, se concluyó que el proceso es generalmente capaz de cumplir con las especificaciones, aunque un pequeño porcentaje de barras se encuentra fuera del rango establecido.

Zambrano et al. (2024) evaluaron el proceso de cardiología intervencionista en el Hospital de Especialidades del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social en Guayaquil, Ecuador. El estudio se estructuró en tres etapas: recolección de datos, control de procesos e interpretación de las cartas de control. Evaluaron 276 casos durante cuatro meses, de los cuales 181 correspondieron a procedimientos diagnósticos y 95 a tratamientos. Entre las variables medidas incluyeron sexo, peso, talla, edad, número de imágenes, etcétera. Para la evaluación, se utilizaron la carta R (para medidas dosimétricas) y la carta \bar{X} (para procedimientos de diagnóstico). Los resultados indicaron que el proceso se encontraba controlado y que existían menos patrones de inestabilidad cuando se diferenciaban los procedimientos de diagnóstico y tratamiento.

METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en una empresa maquiladora de ropa ubicada en el estado de Veracruz. Dicha empresa se especializa en la producción de una amplia variedad de prendas, tales como ropa deportiva, ropa para bebé, cortinas, fundas para colchón, etcétera. El análisis se centró en el proceso de aplicación de adornos, etapa en la que se decoran y estampan las prendas mediante técnicas como el

sublimado, el fusionado y tampografía. El proceso se evaluó mediante el CEP durante el periodo de abril - mayo de 2024.

Diseño estadístico

La empresa maquiladora de ropa cuenta con departamento de inspección encargado de revisar cada lote y registrar la información necesaria para el control de calidad durante el proceso de aplicación de adornos. En este proceso se aplican adornos mediante técnicas como estampado y tampografía, usando métodos de sublimado o fusionado. La inspección de las unidades terminadas se realiza a diario, de acuerdo con la producción del día. Asimismo, los datos son recabados al momento de la inspección y se registran en formatos físicos, para luego conformar la base de datos. El procedimiento para la recolección de los datos es el siguiente:

1. Inspección. Los lotes con las unidades terminadas se inspeccionan en el área de calidad, del número total de unidades se toma una muestra para la inspección y se registra la información, hay que resaltar que tienen sus criterios para determinar el el número de unidades que serán evaluadas.
2. Aceptación o rechazo. Una vez inspeccionado los lotes, definen si son aceptados o rechazados. Dentro de las estrategias y criterios que sigue la empresa un lote aceptado no debe presentar ningún defecto. En caso de que la muestra inspeccionada contenga muchas unidades defectuosas, la empresa decide tomar una muestra más grande o inspeccionar el lote completo para garantizar que cumpla con los requisitos de producción.
3. Registro. Como se señaló previamente, la información registrada se lleva a cabo en formatos físicos, específicamente en tablas impresas en hojas tamaño oficio. La información que se recopila es la siguiente: Fecha, corte, estilo, número, talla, cantidad presentada, muestra, número de defectos, condición y defectos. La recopilación de estos registros es utilizada tanto para las auditorías internas como para llevar un control adecuado dentro de su sistema.

Descripción de la base de datos

La base de datos tiene información de los formatos físicos, con datos de producción correspondientes a un periodo de abril y mayo de 2024. Estos datos fueron recopilados en tiempo real de cada uno de los lotes de producción. La base de datos fue inicialmente integrada en el software Excel (Microsoft



Corporation, 2021) y, posteriormente, se realizó la limpieza y depuración utilizando el lenguaje de programación R Studio versión 4.4.2 (R Core Team, 2024).

Originalmente, la base de datos constaba de 10 variables; sin embargo, en la última variable, que clasificaba los defectos, se observó una gran variabilidad, lo que sugirió la necesidad de recodificarla. Como resultado, se añadieron 4 nuevas variables que corresponden a diferentes tipos de defectos, en los que se reordenaron los defectos originales. Finalmente, la base de datos quedó con un total de 5,446 observaciones y 14 variables, siendo esta la base utilizada para realizar los análisis.

Variables y escala de medición

En la Tabla I se describen las variables de la base de datos final con las nuevas variables agregadas.

Tabla 1. Descripción de las variables		
Variable	Tipo	Descripción
Fecha	Cualitativa	Fecha de cada uno de los lotes registrados
Estilo	Cualitativa	Estilo de las prendas del lote de producción
Talla	Cualitativa	Talla de las prendas del lote de producción.
Tamaño de Muestra	Cuantitativa	Número de prendas que se seleccionó para la inspección
Número de defectos	Cuantitativa	Numero de defectos que se detectaron durante la inspección.
Sublimado	Cuantitativa	Frecuencias de los defectos que están relacionados al sublimado
Tela	Cuantitativa	Frecuencias de todos los defectos que están relacionados a la tela
Operario	Cuantitativa	Frecuencias de todos los defectos que forman parte del operario
Material	Cuantitativa	Frecuencias de todos los defectos que forman parte del material

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se estructuró en dos fases: análisis preliminar y la aplicación del diagrama de Pareto y cartas de control. A continuación, se describe cada una de las fases, herramientas estadísticas y de control utilizadas.



Análisis descriptivo

Dentro de la fase preliminar se realizaron análisis descriptivos y representaciones gráficas con la finalidad de conocer la estructura y comportamiento de los datos e identificar patrones. Las herramientas y pruebas estadísticas que se emplearon son las siguientes.

- **Gráfico de barras.** Son herramientas útiles para resumir datos cualitativos, en donde las barras se ordenan de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia. Generalmente, el orden de las barras va de mayor a menor frecuencia (Triola, 2009). En este estudio, se utilizó este gráfico para analizar la variable de defectos por talla y estilo de las prendas, lo que identificó las categorías con mayor número de defectos.
- **Series de tiempo.** Un gráfico de series de tiempo representa datos medidos a través de un periodo definido (días, meses, años). Este tipo de gráfico es útil para identificar patrones y tendencias a lo largo del tiempo (Triola, 2009). Se utilizó una serie de tiempo para analizar y medir la frecuencia de la variable de defectos en el periodo de abril y mayo 2024.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras que identifica las causas ordenadas por orden de importancia. Su principal objetivo es localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. Este diagrama está respaldado por el llamado *principio de Pareto* conocido como “Ley 80-20” en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), el nombre del principio se determinó en honor del economista italiano Wilfredo Pareto (Gutierrez et al., 2009). La aplicación en este estudio se enfocó a las 4 variables que se añadieron a la base original y que están relacionadas a los 4 tipos de defectos como sublimado, tela, operario y material. Posteriormente, se realizó otro diagrama específicamente para la categoría de defectos con más relevancia.

Test para detectar sobredispersión y exceso de ceros

La aplicación de las cartas de control se realizó para las variables: número de defectos, sublimado, tela y operario. Sin embargo, antes de su implementación, se llevó a cabo una prueba para evaluar sobredispersión. Esta prueba fue necesaria debido a que se observó variación en las frecuencias de las cuatro variables de estudio y esto puede afectar su distribución. La distribución de Poisson es una distribución discreta que modela el número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo o espacio fijo, y se utiliza dado que nuestros datos son conteos de defectos (Fávero et al., 2021).

Un supuesto clave de la distribución Poisson es que la media y varianza son iguales:

$$Var(x) = \lambda \text{ y } E(x) = \lambda$$

Preliminarmente, cuando en los datos la varianza es mayor que la media, la distribución Poisson ya no es una buena representación de los datos, dando un indicador de que existe sobredispersión, pero esta no es la única prueba.

Cameron y Triverdi propusieron la **prueba CT** para evaluar la sobredispersión dada por $Var(Y|x) = E((Y|x))$, basada en la siguiente prueba:

$$var(y|x) = E(y|x) + \phi[E(y|x)]^2$$

En donde el parámetro de significancia ϕ indica si existe sobredispersión bajo el siguiente juego de hipótesis:

$$H_0: \phi = 0$$

$$H_1: \phi > 0$$

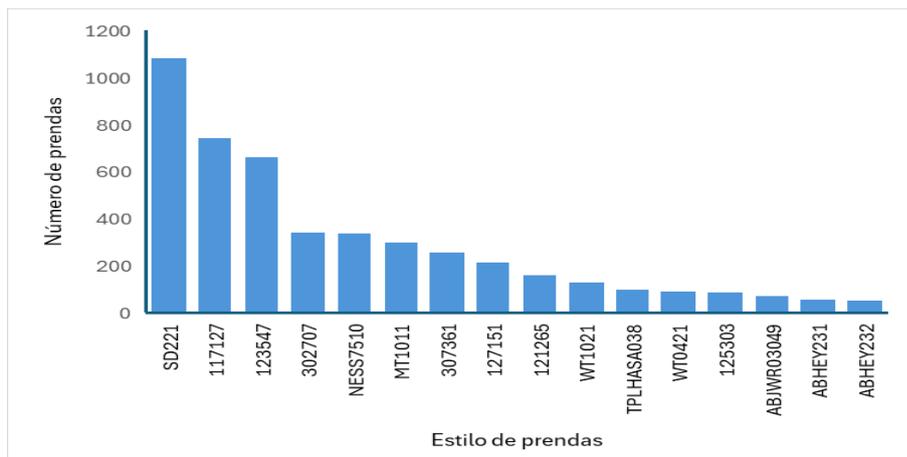
Si se rechaza H_0 se puede comprobar que existe sobredispersión. Por otro lado, si se desea conocer si existe sobredispersión bajo un nivel de significancia se debe ajustar un modelo de regresión Poisson *a priori*, para que posteriormente con la estimación del modelo se realiza una prueba T de Student para evaluar el *P – valor* de la variable predictora. En el caso de que el valor de $p \geq \alpha$, se asume que no existe sobredispersión en los datos bajo un nivel de significancia. Por el contrario, si $p \leq \alpha$ existe sobredispersión en los datos (Fávero et al., 2021).

Las variables en estudio presentaron sobredispersión por lo que aplicar la carta U tradicional no es recomendado, derivado de esto se aplicó la carta U de Laney para para las cuatro variables, sublimado, tela, operario y material.

RESULTADOS

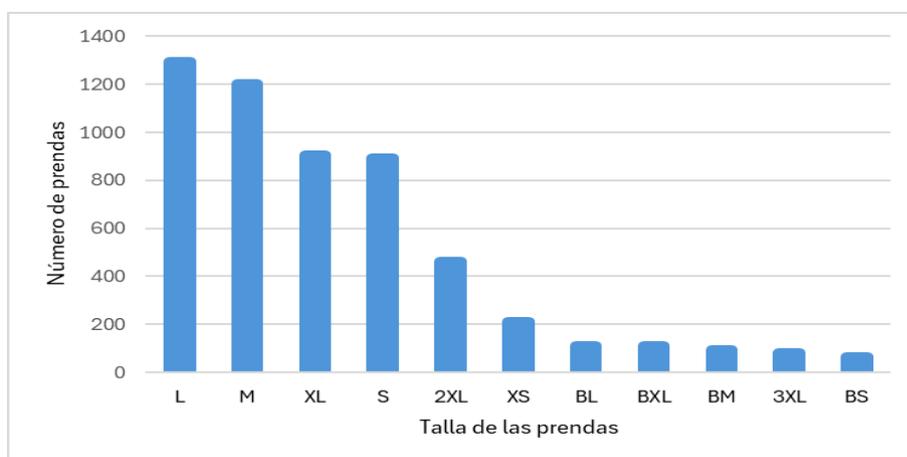
En esta sección se presentan los resultados descriptivos y representaciones gráficas para visualizar el comportamiento de los datos y estadísticas descriptivas para las variables de interés como sublimado, tela, operario y material.

Figura 1. Estilo de prendas con una producción superior a 50 unidades



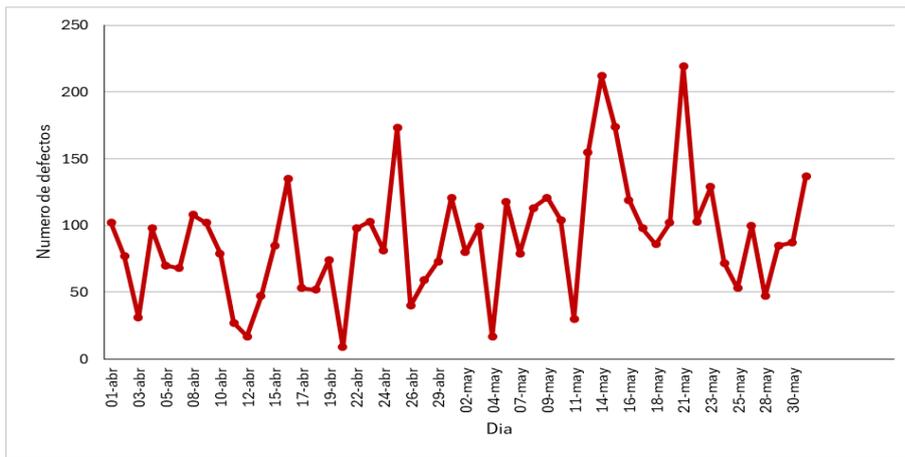
En la Figura 1 se muestran los estilos de prendas que más se fabricaron. El estilo SD221 alcanzó una producción superior a 1,000 unidades. Le siguen los estilos 117127 y 123547, con una producción superior a 600 unidades. Por otro lado, se observa una proporción considerable de estilos de prendas por debajo de 300 unidades.

Figura 2. Tallas de prendas con mayor producción



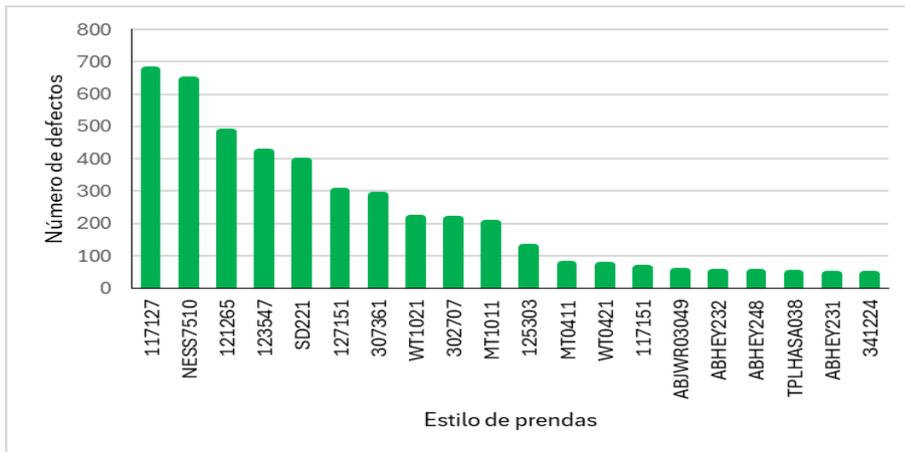
Las tallas L y M registraron una producción superior a las 1,200 unidades, reflejando más demanda en el mercado. Por otro lado, una proporción considerable de tallas como 3XL y tallas infantiles como BL, BM y BS registraron una producción debajo de las 200 unidades, reflejando una demanda más específica o limitada, Figura 2.

Figura 3. Evolución del número de defectos durante abril-mayo 2024



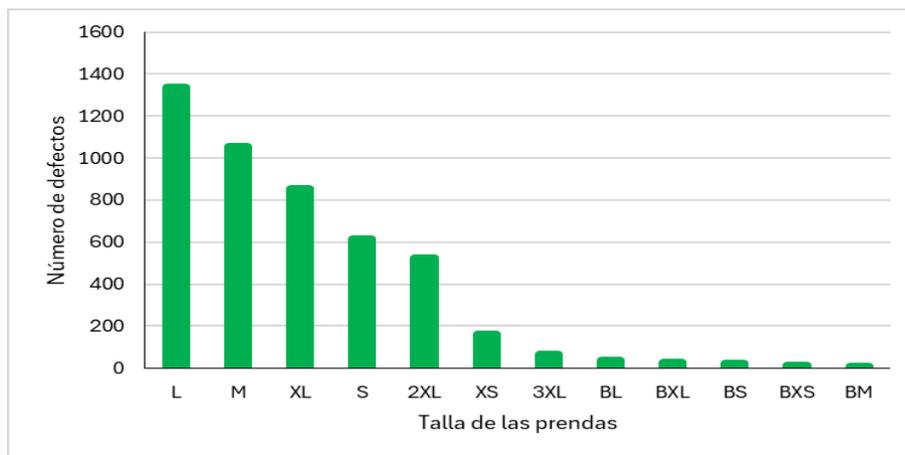
En la Figura 3 se observa que en el mes de mayo se presentó un mayor número de defectos, en específico los días 14 y 21.

Figura 4. Número de defectos encontrados por estilo de prenda



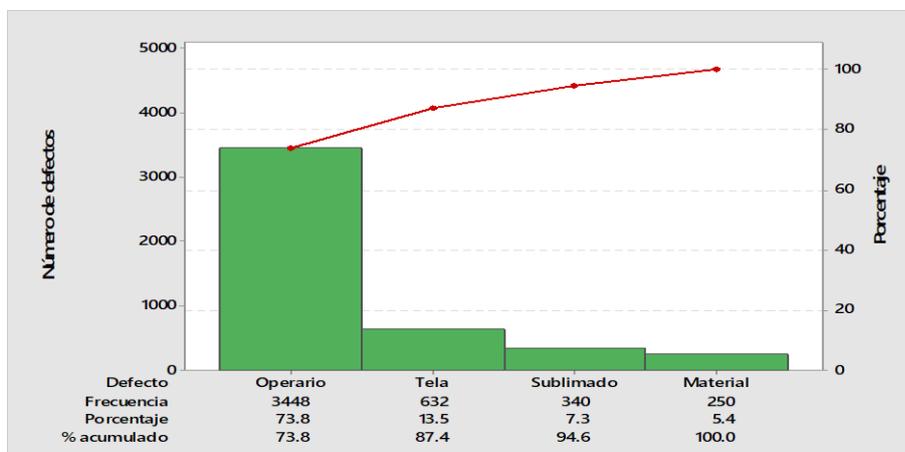
En la Figura 4 se muestra la suma de las frecuencias de la variable número de defectos para cada estilo, se observa que algunos estilos presentan mayor número de defectos que otros, por ejemplo, los estilos 117127 y NESS7510 concentran una mayor cantidad de defectos. Por otro lado, hay varios estilos que presentan una cantidad de defectos inferior a 100 registros.

Figura 5. Número de defectos encontrados por tallas de las prendas



La Figura 5 muestra la suma de las frecuencias del número de defectos para cada talla, en las tallas L y M se concentran una mayor cantidad de ocurrencia superando los 1,000 defectos. Por otro lado, hay tallas que presentan una cantidad inferior a los 100 defectos, por ejemplo, las tallas BL, BXL, BS, BXS Y BM.

Figura 6. Diagrama de Pareto para los tipos de defecto



En la Figura 6 se presenta un Diagrama de Pareto para los cuatro tipos de defecto, en este Diagrama se realizó con las cuatro variables que representan los defectos de sublimado, tela, operario y material. Los defectos de operario tienen mayor ocurrencia, concentrando una parte considerable de los defectos del proceso 73.8%. Los defectos de tela también tienen una alta frecuencia y junto con los defectos de operario representan más del 80% del total de defectos. Siguiendo el Principio de Pareto (80-20), se observa que solo dos de los cuatro tipos de defectos generan la mayor parte del impacto en la calidad

del producto. Esto indica que los esfuerzos de mejora deben enfocarse principalmente en reducir los defectos de operario y tela.

Se aplicó la prueba de sobredispersión, para comprobar que la carta U de Laney es la adecuada. En la Tabla 3 se muestran las pruebas que se realizaron a cada variable para detectar la presencia de sobredispersión. Comparando el valor p y un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ bajo las siguientes hipótesis:

$$H_0: \text{No existe sobredispersión}$$

$$H_1: \text{Existe sobredispersión}$$

Se rechaza la hipótesis nula H_0 en las cuatro variables, es decir, existe sobredispersión en los datos de las variables, esto debido a que los valores de $p < 0.05$. Por esta razón, se justifica el uso de la carta U de Laney, permitiendo una mejor representación de los datos.

Tabla 2. Prueba para detectar sobredispersión en los datos			
Variable	Valor Z	P valor	Conclusión
Sublimado	3.2103	0.001334	sobredispersión
Tela	5.2945	< 0.001	
Operario	7.4422	<0.001	
Material	2.4091	0.01603	

La Figura 7 representa una carta U de Laney para monitorear los defectos de sublimado. Se espera que en las muestras de tamaños desiguales se encuentren entre 0 y 0.81 defectos por unidad con un promedio de 0.256. Los puntos azules representan los defectos de las muestras que están dentro de los límites de control; sin embargo, hay varias muestras marcadas de color rojo que no están dentro de los límites de control, debido a que existe variación en los defectos de sublimado. Se debe seguir monitoreando los defectos de forma constante para identificar y eliminar las posibles causas de variación.

Figura 7. Gráfico U de Laney para los defectos de sublimado

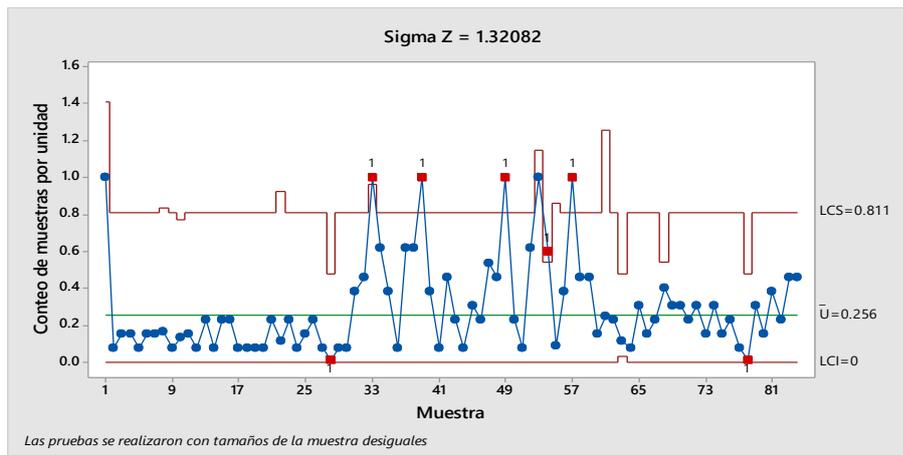
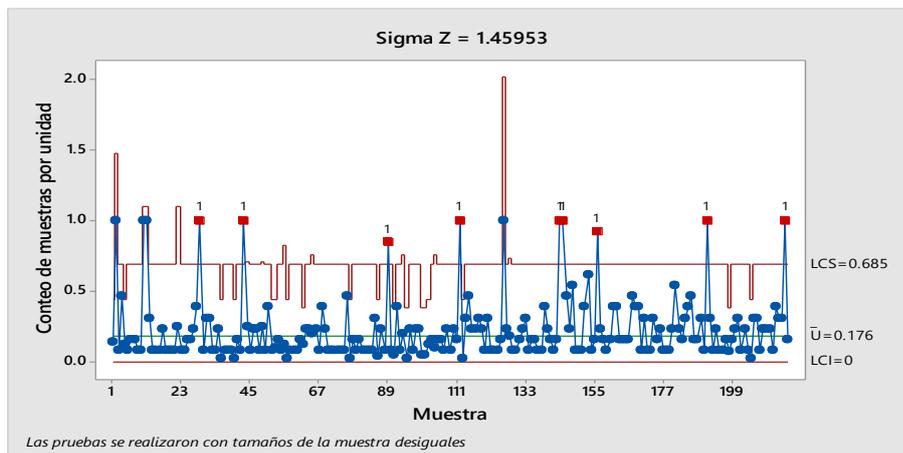
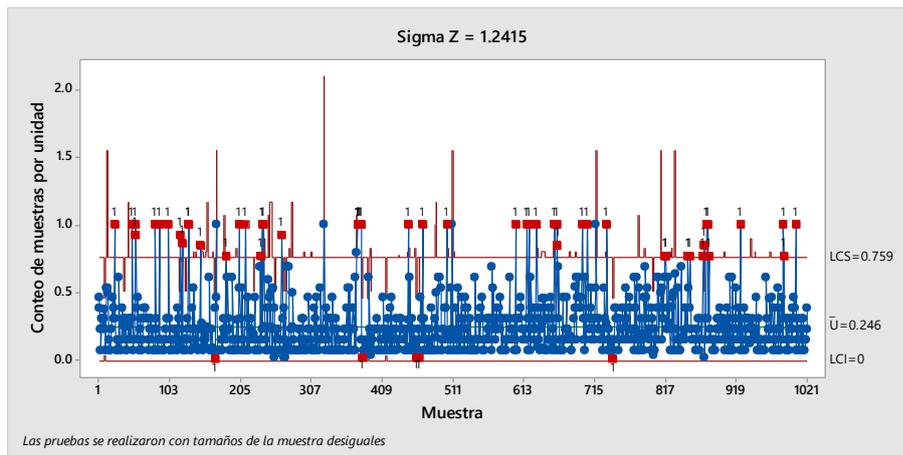


Figura 8. Gráfico U de Laney para los defectos de tela



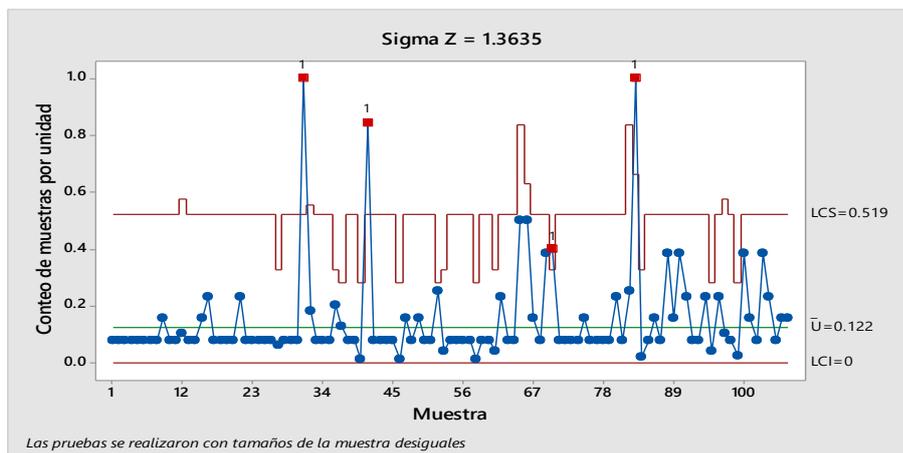
En la Figura 8 se espera que en las muestras de tamaños desiguales se encuentren entre 0 y 0.68 defectos de tela por unidad con un promedio de 0.17. La mayoría de las marcas de color azul se encuentran dentro de los límites de control, sin embargo, hay puntos marcados en color rojo que están fuera de los límites de control, debido a la variabilidad en los defectos de tela. Esto es un indicador para seguir monitoreando los defectos de manera constante a través del tiempo para identificar y eliminar las causas de variación.

Figura 9. Gráfico U de Laney para los defectos de operario



La carta U de Laney, Figura 9, en donde se espera que en las muestras de tamaños desiguales se encuentren entre 0 y 0.75 defectos de operario con un promedio de 0.24. Hay muchos puntos de defectos marcados en color azul que están dentro de los límites de control, sin embargo, existen puntos fuera de los límites de control marcados en color rojo, esto debido a la variación en los defectos de operario. Es necesario monitorear de forma constante a través del tiempo para identificar y eliminar las causas de variación.

Figura 10. Gráfico U de Laney para los defectos de material



En la Figura 10 se muestra un gráfico U de Laney en donde se espera que en las muestras de tamaño desigual se encuentre entre 0 y 0.12 defectos de material por unidad. La mayoría de las muestras marcadas con un punto azul están dentro de los límites de control, sin embargo, también existen varios puntos de marcados de color rojo que están fuera de los límites de control, esto debido a la variación

que existe en los defectos de material, por lo tanto, se debe seguir monitoreando de manera constante a través del tiempo para identificar y eliminar las causas de variación.

Estos resultados confirman la necesidad de implementar estrategias para llegar a las causas de los defectos que se generan en el área de las telas, de los materiales utilizados, dentro del operario y por último en el área de sublimado.

CONCLUSIONES

La calidad es fundamental para el crecimiento y operación de las empresas, y en el sector maquilador es clave para satisfacer las crecientes exigencias del mercado y mantener la competitividad a nivel nacional e internacional. La falta de control de calidad eficiente puede derivar en el aumento de costos, la pérdida de los clientes y el deterioro del posicionamiento de la empresa. Por ello, la implementación de herramientas de control de la calidad se presenta como una estrategia clave para garantizar la estabilidad de los procesos y la mejora continua en la producción.

En este estudio se benefició de aplicar herramientas del Control Estadístico de Procesos para detectar y reducir la variabilidad en los procesos de producción. Dichas herramientas permiten visualizar y monitorear el desempeño de los procesos, facilitando un enfoque sistemático en la toma de decisiones. Se aplicó el CEP en una empresa maquiladora de ropa, focalizándose en el proceso de aplicación de adornos mediante el uso de gráficos de control U de Laney y Diagrama de Pareto para evaluar la presencia de cuatro tipos de defectos: sublimado, tela, operario y material.

Los resultados del Diagrama de Pareto evidenciaron que los defectos relacionados con el operario representan el 73.8% de las fallas en el proceso de aplicación de adornos. Además, el análisis mediante las cartas de control U de Laney indicó que ninguno de estos tipos de defectos se encuentra bajo control, lo que evidencia la variabilidad significativa que debe ser corregida.

Con base en estos hallazgos, se recomienda a la empresa la implementación de acciones correctivas orientadas a mejorar el control de calidad. Entre las medidas propuestas se destacan la implementación de programas de capacitación para reducir los errores humanos y optimizar las técnicas operativas, así como el establecimiento de estrategias efectivas para revisar y mejorar los estándares de calidad de la materia prima, especialmente en lo referente a telas y otros materiales. Asimismo, resulta fundamental

la realización de inspecciones más rigurosas y un monitoreo continuo que permita detectar y corregir problemas en tiempo real.

La aplicación del Control Estadístico de Procesos en la empresa maquiladora ha evidenciado una variabilidad significativa en los defectos del proceso de aplicación de adornos, lo que pone en riesgo la estabilidad del proceso y la calidad del producto final. Sin embargo, mediante la adopción de estrategias de mejora y acciones correctivas, la empresa puede optimizar sus procesos, mejorar su desempeño y garantizar la satisfacción de sus clientes. La gestión de la calidad debe considerarse una inversión estratégica para fortalecer la competitividad y asegurar el éxito a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Cedeño, R. J. (2018). Gestión energética de una estación de bombeo mediante el uso del control estadístico de procesos. Estudio de caso: Acueducto "La esperanza"- Refinería del pacifico. Revista Politécnica, 40. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292018000100007
- Choez Zavala, F. N., & Veléz Moreira, E. M. (2020). La gestión de la calidad y el servicio al cliente como factor de competitividad en las empresas de servicios. Dominio de las ciencias, 6(3), 264-281. Obtenido de <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>
- Fávero, L., Freitas Souza, R., Belfiore, P., Luis Corrêa, H., & C. Haddad, M. (13 de june de 2021). Count data regression Analysis: concepts, overdispersion detection, Zero-inflation identification, and aplicacions with R. Practical Assessment, Research, and Evaluation, 26(13). doi: <https://doi.org/10.7275/44nn-cj68>
- Gómez Avilés, B., Plaza Macías, N., Rodríguez Orquiza, Y., & Pascual Yoanni, S. (2019). Procedimiento para implementación del sistema de costos de la calidad en empresa cárnica cubana. ECA Sinergia, 10(3), 48-62. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5885/588561531004/588561531004.pdf>
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma (Vol. 2). Ciudad de México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>



- Hernández Pedrera Carlos, & Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química* (1), 130-145. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543786011>
- Hernández Sapieri, R., Fernández Colorado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. VI). Ciudad de México, México: McGraw-Hill. Recuperado el 2 de Enero de 2025, de <https://www.mheducation.com.mx/>
- Herrera Acosta, R., Hernández Alvear, K., Figueroa Gélvez, E., & De la Osa De Ávila, J. (2018). Aplicación del control estadístico multivariado para medir la capacidad del proceso de fabricación de resortes de compresión en acero inoxidable. *Prospectiva*, 16(2), 49-58. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-82612018000200049&script=sci_arttext
- Laney, D. (2002). Improved Control Charts for Attributes. *Quality Engineering*, 14(4), 531-537. doi: <https://doi.org/10.1081/QEN-120003555>
- Martínez Ruiz, H. (2012). *Metodología de la investigación* (Vol. 1). (P. Guerrero Rosas, & G. Olguín Sarmiento, Edits.) D.F, México: Cengage Learning. Recuperado el 3 de Enero de 2025, de <http://www.latinoamerica.cengage.com>
- Microsoft Corporation. (2021). *Microsoft Office 2021*. Microsoft Corporation. Obtenido de <https://www.microsoft.com>
- Minitab. (2024). Revisión General de la carta U de Laney. Minitab, LLC. All Rights Reserved. Recuperado el 28 de Enero de 2025, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/attributes-charts/laney-u-chart/before-you-start/overview/>
- Montgomery, D. C. (2009). *Control estadístico de calidad* (Tercera ed.). John Wiley & Sons.
- R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Obtenido de <https://www.R-project.org/>
- Romero Vega, L. E., Váldez Luna, L. C., Pastor de Moya, J. G., & Herrera Acosta, R. J. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *Ingeniería y desarrollo*, 36(2), 455-468. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-34612018000200455&script=sci_arttext



- Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (Vol. 4). Ciudad de México, Mexico: McGraw-Hill. Recuperado el 2025 de Enero de 2025, de <https://www.mheducation.com.mx>
- Solórzano Barrera, G., & Aceves López, J. (2013). Importancia de la calidad del servicio al cliente para el funcionamiento de las empresas. *Pacioli* (82), 5-13. Obtenido de <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/no82/pacioli-82.pdf>
- Teiler, J., Traverso, M., & Bustos Fierro, C. (2021). Optimización de procesos relacionados con la gestión del inventario de una farmacia hospitalaria mediante el uso de la metodología Lean six sigma. *OFIL*, 31(1), 58-63. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1699-714X2021000100013&script=sci_abstract&tlng=en
- Triola F., M. (2009). Estadística (Vol. 10). (R. Fuerte Rivera, Ed., & L. Pineda Ayala, Trad.) México, México: Pearson. Recuperado el 28 de Enero de 2025, de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>
- Vázquez, E. j. (2006). Análisis y mejoramiento de la calidad. Ciudad de México: LIMUSA.
- Zambrano Mora, R. D., Marquez Perez, V. E., González López, N. A., & Toasa Tapia, W. J. (15 de septiembre de 2024). Cartas de control estadístico de los niveles de referencia diagnosticos de un centro hospitalario en el Ecuador. *Journal Scientific*, 24.

