

Estudio del nivel de uso del Control Estadístico de Procesos (CEP) en empresas manufactureras del Valle de Toluca

M.A.S.C. Luis Alberto López Montenegro

Universidad Autónoma del Estado de México

llopezm028@alumno.uaemex.mx

Dra. Eva Martha Chaparro Salinas

Universidad Autónoma del Estado de México

bebachaparro@yahoo.com.mx

Dr. en Adm. Julio Alvarez Botello

Universidad Autónoma del Estado de México

julioalvarezbotello@yahoo.com

RESUMEN:

El objetivo de la presente investigación fue Identificar, analizar y proponer un método de implementación eficiente del Control Estadístico de Procesos (CEP) en empresas de manufactura del Valle de Toluca, para este fin se desarrollo una investigación de tipo cualitativo, con alcance interpretativo y diseño de investigación-acción. Se desarrollo un añálisis para las empresas de la zona del valle de Toluca en cuanto al uso e implementación de herramientas de control estadístico de procesos y generándose un modelo de implementación de Control Estadístico de Procesos y una metodlogía para su implementación en organizaciones que deseen realizarlo.

Palabras clave: Control de procesos, Estadística, Organizaciones.

Study of the level of use of Statistical Process Control (SPC) in manufacturing companies in the Toluca Valley

ABSTRACT:

The objective of this research was to identify, analyze and propose an efficient implementation method of Statistical Process Control (CEP) in manufacturing companies in the Toluca Valley. For this purpose, qualitative research was developed, with an interpretive scope and action research design. An analysis was developed for companies in the Toluca valley area regarding the use and implementation of statistical process control tools and generating an implementation model of Statistical Process Control and a methodology for its implementation in organizations that wish to carry it out.

KEYWORDS: Process control, Statistics, Organizations.

INTRODUCCIÓN

Marco conceptual

La calidad y sus orígenes

Para tener una calidad conforme a las necesidades, se deben incluir elementos como la disponibilidad, mantenimiento, seguridad, fiabilidad y facilidad de uso, precio, etc., de esta manera se genera o transforma un buen producto o servicio acorde a lo necesitado. (Besterfield, 2009)

La calidad es un concepto que ha adquirido mucha importancia en el ámbito de la industria, es un concepto complejo, pero su significado es percibido de distintas maneras. A través del tiempo, precursores e investigadores de la calidad también llamados Gurús de la Calidad han dado su propia definición al término, como lo son: William Deming (1989), Kaoru Ishikawa (1985) Joseph Juran (1990), Philip Crosby (1987).

Control y aseguramiento de la calidad

La norma ISO 9000:2015 define al control de la calidad como *parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad*, así mismo se garantiza que para que este control sea cumplido se aplica un aseguramiento de la calidad, la misma norma define este término como “parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplen los requisitos de calidad” dentro de una organización. (International Organization for Standardization ISO 9000, 2015)

Las industrias se enfocaron en el cumplimiento de normas, reduciendo el porcentaje de no conformidad en la producción. (Cortes et al., 2004).

Las herramientas de la calidad en el uso del control estadístico de procesos (CEP)

El CEP puede considerarse como un conjunto de herramientas para resolver problemas que se puedan presentar en cualquier proceso. Los autores Gutiérrez y De la Vara (2009) definen a las herramientas más utilizadas del CEP como: **Diagrama de flujo o flujograma, Histogramas, Hoja de control o lista de**

verificación, Diagrama de causa-efecto o Ishikawa, Diagrama de dispersión, Diagrama de Pareto, Gráficos de control. (López,(2016).

Control estadístico de procesos (CEP)

Soriano *et al.* (2017) en su artículo basado en diversos autores definen al Control Estadístico de Procesos (CEP) como el conjunto de técnicas estadísticas enfocadas a un control de procesos, monitoreo y análisis debido a la variación en las características o parámetros de calidad presentadas de un producto o servicio. Así mismo un proceso se entiende como el conjunto de actividades que transforma entradas en salidas o resultados, es la agrupación y utilización de herramientas, máquinas, materiales, métodos y personas para generar un producto o servicio. (Alfaro, 2013)

Para Soriano *et al.* (2017) algunos beneficios de CEP es la reducción de la variación de un proceso para lograr un mejor rendimiento de calidad en los procesos, reducción en tiempos para resolver problemas de calidad, reducción del desperdicio, retrabajos y por ende reducción en costos.

Shewhart define al CEP como una *herramienta para conseguir y mantener un estado de control de calidad un proceso dinámico, continuo y autocorrectivo.* (Shewhart, 1931)

El gráfico de control

Se puede definir al grafico de control como la representación de la estabilidad por medio de especificaciones que administran la distribución probabilística de una variable de calidad. Es una gráfica de mediciones de tiempo de características de procesos. (Carro & González, 2012)

De acuerdo a los autores Pérez *et al.* (2012), Carro (2012), Alfaro (2013) y Gutiérrez (2009) las gráficas de control se clasifican en dos grupos gráficos de control para variables y gráficos de control para atributos: Los **gráficos de control por variables**. En este tipo de gráficos se analizan las características del producto o servicio que son susceptibles de ser medidas. Dentro de los gráficos de control por variables están:

- Gráfica de rango (Gráfica R)
- Gráfica de media (Gráfica \bar{X})
- Gráfica de medias y rangos (Gráfica $\bar{X} - R$)
- Gráfica de media y desviación estándar (Gráfica $\bar{X} - S$)
- Gráfica de grupos individuales (Gráfica X)

Los **gráficos de control por atributos**. Este tipo de gráficos se aplican a características de calidad que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o por lo menos en una escala numérica. Dentro de los gráficos de control por atributos están:

- Gráfica p (porcentaje de unidades o procesos defectuosos)
- Gráfica np (número de unidades o procesos defectuosos)

- Gráfica c (número de defectos por área de oportunidad)
- Gráfica u (porcentaje de defectos por área de oportunidad)

Marco referencial

La utilización del CEP en las industrias

En esta sección se realizó una recopilación de artículos científicos de investigaciones sobre la utilización del CEP en las industrias para obtener un conocimiento amplio de la aplicación de esta herramienta estadística mostrada en la Figura 1.

Figura 1:

Investigaciones previas al uso del CEP

UBICACIÓN	AÑO	AUTOR	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
India	2008	Rai	Implementation of statistical process control in an Indian tea packaging company	Se analizó un proceso de empaque de té en la industria donde presentaba una variación en el peso de los paquetes de té de 50 gramos, la tasa de producción de paquetes era de 60 paquetes por minuto por lo que inspeccionar el 100% de los paquetes era demasiado costoso. Se utilizaron los gráficos de control \bar{X} - R para determinar las causas de variabilidad en el pesado del proceso, estableciendo que la causa principal es en la perilla de llenado que utilizan los operadores y se aplicó una capacitación a los trabajadores en la aplicación del CEP.
India	2012	Mahanti y Evans	Critical success factors for implementing statistical process control in the software industry	Se estudió la implementación del CEP en varias industrias de la India. Se encuestaron 30 empresas, se analizó a través de un software mediante líderes de calidad y gerentes de calidad. Los resultados mostraron que el factor más importante para la implementación exitosa del CEP es mediante el compromiso de la dirección, seguido de una selección adecuada de los gráficos de control, una medición adecuada del proceso y la disponibilidad de los datos del proceso.
Guajarat, India	2016	Doshi y Desai	Statistical process control: An approach for continuous quality improvement in automotive SMEs - Indian case study	Se implementaron cartas de control para 4 procesos en una industria automotriz, los procesos fueron la fabricación de conductos de aire acondicionado, fabricación de radiadores, fabricación de cartón corrugado y fabricación de pernos. El proceso se trabajó desde el concepto de CEP y la aplicación en los procesos, hasta la identificación de oportunidades de mejora.
Jordania	2009	Fouad y Al-Shobaki	Developing and implementing statistical process control tools in a Jordanian company	Se emplearon 3 herramientas del CEP, se aplicó un Diagrama de Pareto para identificar los problemas más significativos que causaban la variabilidad del proceso determinado que la temperatura era el principal factor, posteriormente se utilizó un Histograma para analizar la tendencia y capacidad de la temperatura. Se emplearon gráficos de control (media y rangos \bar{X} - R y gráfica de control de desviación estándar y promedio de muestra \bar{X} - S) logrando observar las causas asignables que afectaban al proceso determinando una deficiencia en el sistema de refrigeración, falta de

UBICACIÓN	AÑO	AUTOR	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
				mantenimiento de los reactores químicos y errores en el proceso de muestreo y especificación del tamaño de muestra correcto.
Colombia	2007	Mosquera <i>et al.</i>	Aplicación del control estadístico multivariante en un proceso de extrusión de película plástica	Los autores aplicaron un estudio de control estadístico en un proceso de extrusión de película plástica, desarrollaron una gráfica de control de T^2 de Hotelling en un total de 20 muestras. Determinaron que la principal variabilidad en el proceso de extrusión de película es la resistencia al rasgado. Analizaron que las condiciones de la maquinaria empleada en el proceso es el problema por resolver debido a que se trabajaba con velocidades de halado demasiadas altas, imposibilitando la adecuada adaptación del plástico antes de su estiramiento.
Colombia	2018	Romero <i>et al.</i>	Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón	Implementaron el uso de la herramienta de control estadístico utilizando una gráfica de control EWMA en una industria de pastillas de jabón, recolectaron datos durante 4 meses seleccionando 40 lotes (10 lotes por cada mes), fueron sometidos a un control para determinar la variabilidad en el peso de cada pastilla en el proceso. Se utilizó un gráfico de control para el promedio y desviación estándar (Gráfica $\bar{X} - S$) y el gráfico de control EWMA para verificar el comportamiento de los subgrupos cuando se tiene una variación en la constante de sensibilidad.
Brasil	2016	C. Hernández y Da Silva	Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad	Realizaron un estudio en un proceso que realiza productos de limpieza, establecieron las variables críticas las cuales fueron el peso, piezas rotas y alteración del color de las piezas fabricadas. El gráfico utilizado fue el gráfico de control por atributos. Al evaluar los datos en los primeros 3 días se pudo constatar que el proceso no estaba bajo control, observando una formación de conglomerados en la materia prima durante su almacenamiento y se solicitó un tamizado del sulfato de sodio y de la parafina para eliminar conglomerados para resolver el problema.
México	2009	Díaz <i>et al.</i>	Estudio de la variabilidad de proceso en el área de envasado de un producto en polvo	Se implementó una carta de control $\bar{X} - R$ en el proceso de envasado en polvo. El proceso en un inicio reflejaba una pérdida de 0.7 gramos por cada bolsa de pesado. Las causas especiales que se detectaron fueron la introducción de nuevos trabajadores, materiales o métodos, la atención de los trabajadores en el proceso y los materiales utilizados. Por medio de la gráfica de rangos (Gráfica R) se mostraron puntos arriba del límite superior donde se pudieron detectar las causas de variabilidad en el proceso: la temperatura, fatiga del trabajador, rotación del operario, fluctuación de voltaje y presión.
México	2011	Lara <i>et al.</i>	Control estadístico de procesos en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo. Metodología y resultados	Realizaron un estudio en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo aplicando el uso del CEP, en primer lugar, emplearon un diagrama de Causa efecto para definir las variables críticas que afectan al proceso de entrada y salida. Una vez calculadas estas variables críticas, utilizaron una carta de control de rangos móviles individuales para controlar cada una de las variables dentro de los límites establecidos. Los autores hacen énfasis en que el CEP es un concepto de mejora continua, por lo que cada cierto tiempo se tienen que medir los resultados de las gráficas del proceso, evaluar si se tiene que cambiar los valores de los límites superiores e inferiores y precisar si se tiene que agregar o cambiar otra variable crítica que pueda afectar el proceso.

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo, alcance y diseño de la investigación

Estudios previos de investigaciones servirán de base para referir al tipo de investigación como el realizado por Mahanti y Evans (2012), Fouad y Al-Shobaki (2009) realizaron una investigación tipo cualitativa.

El presente trabajo se establece como **investigación cualitativa**, (Hernández *et al.*, 2010), Para la determinación del tipo de alcance de investigación interpretativo se partió de la observación de lo realizado por Mahanti & Evans (2012), Fouad & Al-Shobaki (2009) y Doshi & Desai (2016).

De esta forma, estas investigaciones servirán como referencias de apoyo para análisis previos, estableciendo la investigación cualitativa de tipo **interpretativo, considerando** lo mencionado por el autor Durán (2021). Mahanti y Evans (2012) aplicaron una investigación-acción donde estudiaron los antecedentes, metodologías de calidad y estadísticas de las empresas en la India. De manera que, el plan de acción que se quiere realizar para el tipo de investigación cualitativo es de tipo **Investigación-Acción**, debido a que se realiza para identificar el problema de estudio determinando sus posibles soluciones. (Hernández *et al.*, 2010)

Objetivos de la investigación

Los objetivos de investigación son enunciados breves que determinan a que se aspira en la investigación, son las guías o metas de estudio (Hernández *et al.*, 2010). En el presente trabajo se propusieron los siguientes objetivos para la realización de la investigación.

Objetivo General

Identificar, analizar y proponer un método de implementación eficiente del Control Estadístico de Procesos (CEP) en empresas de manufactura del Valle de Toluca.

Objetivos Específicos

1. Describir la importancia del uso de herramientas de calidad en las empresas del Valle de Toluca.
2. Analizar los beneficios y las deficiencias en el nivel del uso del CEP.
3. Proponer un método de implementación del CEP en las empresas manufactureras del Valle de Toluca.
4. Describir el impacto de la aplicación del CEP en la sustentabilidad y responsabilidad social en las empresas manufactureras del Valle de Toluca.

Preguntas de la investigación

Las preguntas de investigación son la orientación a las respuestas que se buscan con el estudio, por lo que se plantearon las siguientes preguntas para el estudio de investigación

1. ¿Qué importancia tiene el uso de herramientas de calidad en las empresas manufactureras del Valle de Toluca?
2. ¿Cuáles son los beneficios y las deficiencias en el uso del CEP en las empresas manufactureras del Valle de Toluca?
3. ¿Qué necesidad tienen las empresas manufactureras del Valle de Toluca al implementar un CEP?
4. ¿Qué impacto tendrá la aplicación del CEP en la sustentabilidad y la responsabilidad social en las empresas manufactureras del Valle de Toluca?

Levantamiento de datos

Población de la Investigación

La población con la que se trabajará para el estudio de investigación del CEP son los trabajadores de las empresas manufactureras del Valle de Toluca, en específico al jefe, líder, gerente o persona experta en el CEP que represente a la empresa manufacturera, recordando que de acuerdo con los datos de INEGI 2021 existe un total de 11,067 empresas manufactureras en la ZMVT.

Muestra de la Investigación

Para el estudio de la muestra cualitativa, Hernández *et al.* (2010) la define como un grupo de personas, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se tendrán de recaudar los datos, que obligatoriamente sea representativo de la población que se estudia. Para ello, la elección del número de casos debe implicar los factores:

- a) Capacidad de recolección y análisis (número de muestras a utilizar de forma realista y a los recursos disponibles).
- b) Naturaleza del fenómeno bajo observación (frecuencia y accesibilidad de los casos)
- c) Entendimiento del fenómeno (Número de casos que respondan a las preguntas de investigación)

La muestra de investigación se realizó por conveniencia de manera intencionada y conforme a las posibilidades, para la obtención de información del estudio. Se entrevistaron a expertos en el tema del CEP pertenecientes a 11 empresas manufactureras del Valle de Toluca.

Definir el tamaño de muestra desde un inicio va contra la naturaleza de la investigación cualitativa, De esta manera, en un principio se tenían presupuestadas 9 empresas manufactureras a entrevistar, pero con la marcha, la disponibilidad de contacto de las empresas y la saturación de la muestra se optó por parar el muestreo a un total de 11 empresas manufactureras. (Martin-Crespo y Salamanca, 2007; Martínez-Salgado, 2012)

Instrumento

El instrumento seleccionado es una entrevista semiestructurada la cual Hernández *et al.* (2010) la determina como una reunión, mediante preguntas y respuestas, para trabar conversación e intercambiar información respecto a un tema. Las entrevistas semiestructuradas son la guía de preguntas previamente realizada donde el entrevistador tiene la libertad de agregar preguntas adicionales. El levantamiento a efectuar en empresas manufactureras es a personas líderes de calidad, gerentes o posiciones especializadas en CEP para garantizar la calidad de la información como se muestra en la figura 2.

Figura 2:

Instrumento de implementación para la recolección de datos del CEP

Guía de entrevista para el jefe, líder, gerente o persona experta en el CEP
<p>Presentación del entrevistado, puesto, empresa y tiempo de tener contacto con el Control Estadístico.</p> <p>Objetivo de la entrevista: Conocer el nivel de uso del Control Estadístico de Procesos en empresas manufactureras del Valle de Toluca.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿La empresa implementa el Control Estadístico en la organización? y ¿Cuáles fueron los motivos por los que decidieron implementarlo? 2. ¿Cuáles herramientas estadísticas han implementado? ¿Cuáles piensa implementar? 3. ¿Qué tanto ha cumplido el Control Estadístico con las expectativas en su implementación en el proceso/servicio/producto? 4. ¿Cuáles son los principales resultados positivos y negativos en la implementación del Control Estadístico? 5. ¿Cuáles han sido los principales beneficios al aplicar un Control Estadístico con respecto a los temas de Medio Ambiente y Responsabilidad Social? 6. ¿Cuál es su opinión general sobre el uso de Control Estadístico? ¿Recomendaría usted su implementación a otras organizaciones en sus procesos/servicios/productos? ¿En qué condiciones?

Fuente: Elaboración propia

Para la validación o rigor de un instrumento cualitativo Hernández *et al.* (2010) menciona que se deben de seguir una serie de criterios explicados a continuación con el propósito de efectuar un trabajo de calidad con la confiabilidad de la metodología de investigación:

El primer criterio para la **validación es la dependencia**. En esta actividad cuatro investigadores participaron para la recolección de los datos iniciales, se realizaron 4 entrevistas de manera online mencionando en un principio el objetivo de la implementación de la entrevista seguida de las preguntas semiestructuradas para determinar la obtención y análisis de los datos, adquiriendo una consistencia en los resultados.

El segundo criterio por seguir es **la credibilidad**. Para cumplir con este criterio los investigadores que aplicaron el instrumento inicial antes mencionado grabaron las entrevistas, posteriormente se analizaron y codificaron los datos en el software Atlas.ti, una vez realizado se discutió entre investigadores los datos para tener concordancia y seguir con la aplicación del instrumento.

Para el tercer criterio **transferencia**, grado de similitud entre el contexto del estudio y otros contextos, se aplicó el instrumento a diferentes giros manufactureros y no solo a uno, debido a esto los datos obtenidos generaron una repetitividad contribuyendo al conocimiento del nivel de uso del CEP.

El último criterio correspondiente a la **confirmación o confirmabilidad**, evidencia de la mitigación de sesgos y tendencias del investigador, la cantidad que se tomó como muestra para la aplicación de las entrevistas (instrumento) llegó a la saturación de los datos obtenidos confirmando que no generaron un sesgo o tendencia apreciado de los puntos de los analistas que hicieron la revisión.

Análisis de datos

La entrevista implementada a expertos en el tema del CEP se realizó a 11 empresas manufactureras del Valle de Toluca, industrias que respondieron y quisieron participar en el estudio y pertenecientes a los giros farmacéutica, farmoquímica, alimenticia, automotriz, petroquímica, plásticos, vidriera. Se obtuvo la saturación de la muestra con datos repetitivos en empresas por lo que decidió no seguir con la aplicación de más entrevistas.

Hoy en día, para el análisis de los datos se han desarrollado diferentes programas para facilitar el estudio de investigaciones cualitativas. Una de estas aplicaciones a utilizar en esta investigación es el software Atlas.ti, que es una herramienta que separa los datos en unidades significativas, codifica los datos y construye ideas relacionadas a temas y categorías que se desean resaltar y estudiar. (Hernández *et al.*, 2010). El procedimiento que se utilizó del software Atlas.ti fue que se agregaron los datos (audios de las entrevistas), una vez agregados se catalogó cada segmento de los audios mediante códigos y comentarios, por último, el programa generó redes (figuras y datos) por separado para una mejor visualización.

La perspectiva del CEP en las empresas manufactureras estudiadas (figura 2.2) muestra que las organizaciones tienen una idea uniforme y están en sintonía, como se implementa y los beneficios que generan, analizando que a nivel general se utiliza para identificar el comportamiento de las variables que ocurren en los procesos, controlarlos y encontrar soluciones a la oportunidad de mejora. Cada empresa

aplica el CEP en sus procesos dependiendo del giro, recurso y la necesidad por la que se requiere su implementación, por lo que aplican herramientas estadísticas a su conveniencia, de las 11 empresas analizadas la herramienta estadística más utilizada es la carta de control con un 73% (figura 2.4) de forma que procuran que cada variable a estudiar esté dentro de los límites inferior y superior establecidos. Otras herramientas utilizadas dentro de las compañías son el diagrama de Pareto y los histogramas, con un porcentaje de uso del 45.5% y 36.3% respectivamente.

En la actualidad, las compañías se ayudan de softwares para facilitar la captura de datos, ahorro de tiempos, ayudarse en el análisis y solución a la oportunidad de mejora; dependiendo del tamaño de la empresa es el nivel de aplicación y normatividad con la que las empresas implementan el CEP en sus procesos, es por eso que la mayoría de las empresas implementan el software MINITAB para la captura de sus procesos y softwares sofisticados específicos, pero las pequeñas empresas aún no cuentan con la ayuda de la tecnología y siguen efectuando sus actividades a mano.

El monitoreo del CEP en las empresas manufactureras (figura 2.5), se realiza de manera diaria para el chequeo de los límites pertenecientes a las gráficas de control, no obstante, el monitoreo del análisis de resultados se efectúa de manera semanal, mensual o anual por medio de reuniones, protocolos, reportes, muestreos, etc. dependiendo del comportamiento y naturaleza de cada proceso o producto. El objetivo principal de este monitoreo es el tener una visualización y estudio del producto o proceso a nivel general, por lo que para la resolución de las oportunidades de mejora se utiliza el diagrama 80/20 (Pareto) con un porcentaje de uso del 45.5% o el diagrama de Ishikawa con un 27.3%, el uso de las herramientas depende de la gravedad, cantidad, tiempo y prioridad de variables o problemas a resolver.

La capacitación juega un papel fundamental para el logro de tareas y proyectos, debido a que es la actividad por el cual el personal adquieren los conocimientos, herramientas, habilidades y actitudes, la figura 2.6 demuestra que existe una gran oportunidad de mejora dentro del tema ya que el 81.8% de las empresas analizadas requieren de una capacitación de herramientas estadísticas, si bien es cierto, muchas organizaciones están capacitando a su personal aún falta mucho por mejorar. Conforme va pasando el tiempo van surgiendo nuevas aplicaciones y actualizaciones para hacer los procesos óptimos, por lo que la tecnología debe de ir de la mano con la capacitación para aprovechar cada uno de los beneficios que estas herramientas generan.

Las 11 empresas manufactureras analizadas al aplicar un CEP muestran (figura 2.7) las ventajas del nivel de uso de la siguiente manera:

- Proporciona información y visión detallada en características de producción y calidad del proceso.
- Localizar la variación de los parámetros o áreas de oportunidad en tiempos más cortos y se toman acciones para mitigar o eliminar los problemas.
- Implementación de medidas de acción/prevención para evitar la concurrencia de problemas.

- Incremento en la eficiencia y optimización en los procesos o productos.
- Cumplimiento en los estándares que el cliente demanda.

En contraste, al implementar el CEP las desventajas (figura 2.8) encontradas dentro de las 11 empresas manufactureras fueron:

- Su aplicación demanda una inversión de costos y tiempo para su planeación, formación, implementación y resolución.
- Fuerte resistencia al cambio o implementación de tecnologías por parte del personal.
- Exige una formación en el personal (capacitación) para que éstas puedan aplicarse e interpretarse de manera adecuada y producir los objetivos que la industria requiere.
- Falta de actualización de las herramientas estadísticas (recursos y tecnología).

A su vez, los beneficios y su porcentaje de uso que el CEP genera en temas de medio ambiente y responsabilidad social (figura 2.9) muestran:

- Reducción en desperdicios, scrap y merma generados por los procesos (45.5%).
- Prevención de accidentes y eventos incapacitantes en beneficio de los trabajadores (9.1%).
- Disminución o eliminación de tiempos y retrabajos (36.4%).
- Disminución en el gasto energético, uso de gas y el uso del agua, ayudando a reducir la huella de carbono, huella híbrida y reducción de las emisiones del CO₂ (54.5%).
- Disminución en el uso de empaques, materiales y materia prima (36.4%).
- Disminución y ahorro de en costos (dinero) (45.5%).
- Sobresalir con la competencia y generar una confiabilidad hacia los clientes (9.1%).

RESULTADOS

Los resultados del presente trabajo están referidos a la obtención de los datos obtenidos de las entrevistas semiestructuradas a 11 empresas manufactureras del Valle de Toluca, pertenecientes a los giros: farmacéutica, farmoquímica, alimenticia, automotriz, petroquímica, plásticos, vidriera.

A nivel general se logró observar que las empresas manufactureras están en la misma sintonía dándole un alto grado de importancia al aplicar un CEP. La figura 2.2 muestra la forma en cómo cada organización representa a esta herramienta estadística, de manera que, se puede conjuntar al término describiéndola como una herramienta necesaria para medir el comportamiento y optimización de(los) proceso(s), encontrando respuesta(s) para obtener beneficios administrativos, operativos, económicos y sustentables en la organización.

De lo anterior, se puede mencionar que la implementación de un control estadístico varía mucho en cuanto al tamaño, giro, recursos y la tecnología disponible de la organización, demostrando que dentro de una industria alimenticia intervienen variables como peso, temperatura, humedad, etc. contrario a una industria

farmacéutica o farmoquímica donde se estudia un proceso en general ya que sus actividades están muy sistematizadas, además esta herramienta identifica el comportamiento de las variables en todas las organizaciones, de manera que se requiere de un control y la búsqueda de una solución a la oportunidad de mejora.

Por otro lado, la herramienta estadística más utilizada dentro de las industrias independientemente del giro es la carta de control, seguida del diagrama de Pareto y los histogramas. Las empresas se ayudan de los softwares para la captura, visualización y análisis de sus procesos, determinado que el software MINITAB es el más utilizado, simultáneamente, se diagnosticó que este tipo de herramientas se monitorean diariamente para supervisar el proceso o producto y para su análisis o mitigación de sus problemas auxiliándose de herramientas como un diagrama 80/20 (Pareto) y del diagrama de Ishikawa.

La capacitación se encuentra dentro de las actividades del marco normativo para las organizaciones, por lo que la implementan este tipo de actividades para la formación o actualización de sus trabajadores, pero el término implementar no significa que se realice de forma correcta. Para el tema de capacitación en herramientas estadísticas el nivel mostrado se encuentra muy por debajo de lo accesible por lo que existe una gran oportunidad de mejora en este punto (figura 2.6), si bien es cierto, muchas organizaciones se encuentran en proceso de realizar dicha actividad aún falta mucho por mejorar.

Por último, una vez analizadas las ventajas, las desventajas y los beneficios en temas de medio ambiente y responsabilidad social al aplicar un control estadístico en el apartado análisis de datos, se enfatizar que prevalece más lo positivo que lo negativo, manifestando que su implementación conduce a beneficios administrativos, operativos, económicos, sociales y sustentables que no solo ayudan a las empresas en sus procesos y productos, sino que también están en favor de los clientes y sus partes interesadas.

En resumen, el nivel de uso del CEP en las empresas manufactureras del Valle de Toluca se encuentra en proceso de aplicación, debido a que unas empresas destacan sobre otras por su tamaño, giro, recursos, tiempo y el nivel de importancia que le dan a estas herramientas, de manera que las principales oportunidades de mejora encontradas son:

- Generar el impulso de capacitación para formar el conocimiento en el control estadístico.
- Mitigar la resistencia al cambio por parte de los trabajadores.
- Impulsar la utilización de aplicaciones (softwares) y tecnología para el control estadístico.

De acuerdo con los autores Soriano *et al.* (2017) y Rohani *et al.* (2010) refieren en sus artículos que el principal fracaso al implementar el CEP es primordialmente por:

- factores organizacionales como lo es la cultura y sociedad.
- falta de compromiso y apoyo de la alta dirección.
- falta de formación o capacitación en técnicas estadísticas.
- falta de conocimiento de las herramientas estadísticas y el gráfico de control.

En conclusión, los resultados obtenidos del estudio de las empresas manufactureras del Valle de Toluca coinciden con cada uno de los resultados de los autores Soriano *et al.* (2017) y Rohani *et al.* (2010) exceptuando uno que no se había considerado en el estudio y es de suma importancia, el compromiso y apoyo de la alta dirección.

PROPUESTAS DE MEJORA

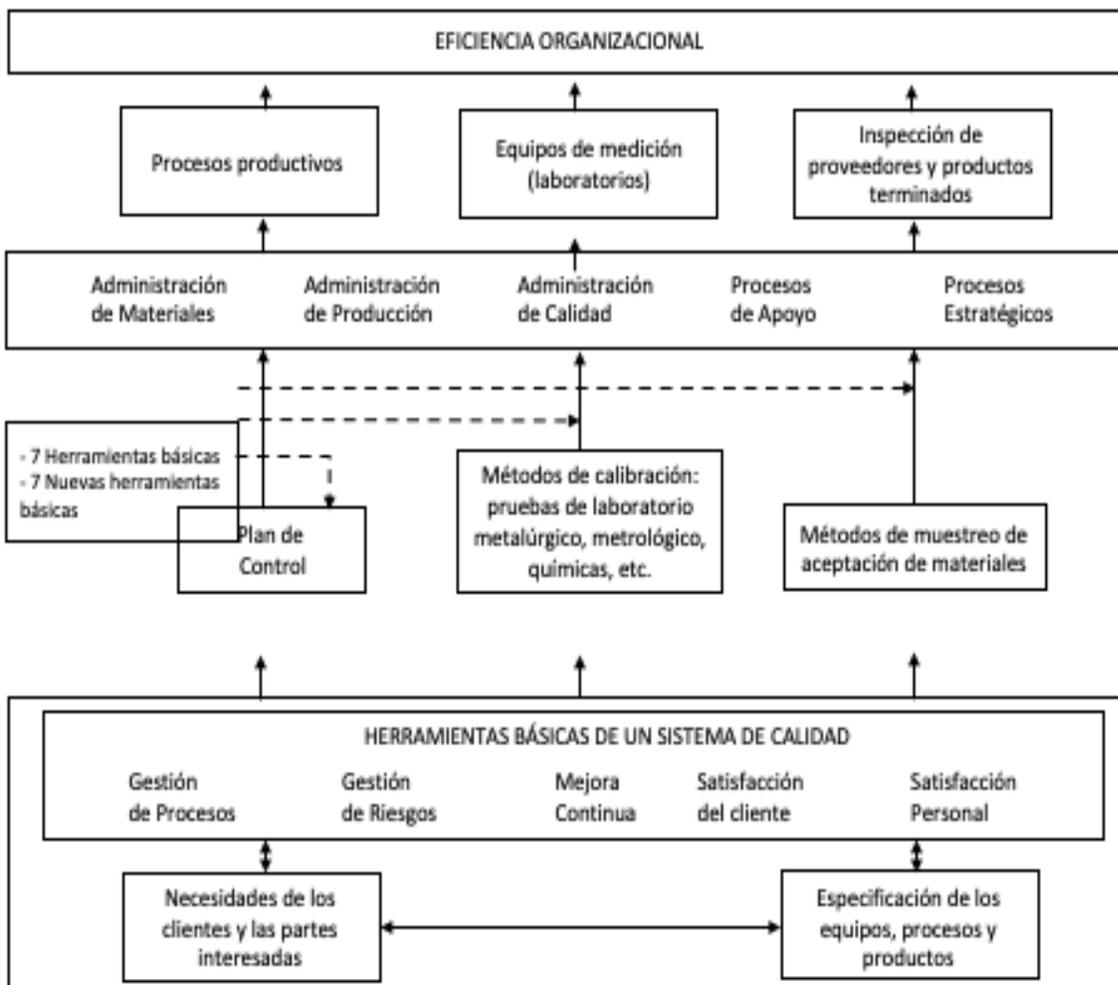
En este capítulo las propuestas de mejora se evaluarán en dos enfoques: la creación de un modelo de implementación del CEP y una metodología de CEP que dictamina los pasos a seguir para una buena implementación del control estadístico con base en las necesidades del cliente y las especificaciones de las partes interesadas ya sea tanto del producto, como del equipo o proceso.

Modelo de implementación del CEP

El modelo es la ejemplificación de un conjunto de elementos representativos que definen al fenómeno, por tal motivo la creación de este modelo de implementación (Figura 3) tiene como objetivo principal que cualquier tipo de industrias sin importar el tamaño o giro pueda desarrollar el CEP a partir de las necesidades del cliente en conjunto con las especificaciones de los materiales equipo, procesos o productos para que a través de la utilización de herramientas estadísticas de calidad se pueda lograr una eficiencia y mejoramiento en la calidad. Es por esto que, se propone y explica el modelo a continuación:

Figura 3

Modelo de implementación del CEP



Fuente: Elaboración propia

Descripción general del modelo

El modelo está estructurado de forma que su visualización y entendimiento sea interpretado de forma vertical de abajo hacia arriba. La primera parte se conforma con el recuadro que incluye las necesidades de los clientes y las partes interesadas, las especificaciones de los equipos, procesos y productos, y la conjunción de las 5 herramientas básicas de un sistema de calidad (gestión de procesos y riesgos, mejora continua, satisfacción del cliente y satisfacción personal). Las partes del recuadro están interrelacionadas entre sí, cada elemento define una a la otra y al encontrar problemática en una de ellas afecta a las otras dos de forma significativa dentro de la organización.

Una vez asentadas las primeras partes del modelo se define un plan de control acorde a la elección del proceso a analizar: para un proceso productivo se realiza un plan de control, para un equipo de medición se ejecutan métodos de calibración acorde al giro o necesidad de la empresa y para la inspección de

proveedores y productos terminados se efectúan métodos de muestreo de aceptación de materiales. En esta parte es donde se involucran las 7 herramientas estadísticas de calidad, las 7 herramientas nuevas de calidad y el método Taguchi, la elección es con base en la disposición y el costo-beneficio de los involucrados para la recolección, análisis e interpretación de los datos.

Posteriormente se genera el involucramiento de las administraciones de material, producción y validación, los procesos de apoyo y procesos estratégicos para que en conjunto administren el sistema de control en función de sus roles y responsabilidades pertinentes y se pueda cumplir con el objetivo principal, la eficiencia organizacional de calidad en la industria.

Metodología del CEP

En este apartado, se describe la metodología del CEP basada del modelo antes descrito, recordando que el objetivo principal del modelo y por consiguiente la metodología es la obtención de la eficiencia organizacional en la calidad ya sea del proceso productivo, calibración de equipos, proveedores y productos terminados, todo esto con el apoyo de herramientas estadísticas para beneficio de la empresa y sus partes interesadas. A continuación, se detalla cada paso propuesto de la metodología:

A. OBJETIVO DE LA IMPLEMENTACIÓN

- 1.1 Definir el proceso, material o producto a analizar
- 1.2 Definir el objetivo principal de aplicación del CEP
- 1.3 Definir el alcance
- 1.4 Análisis costo-beneficio
- 1.5 Involucramiento a la alta dirección y líderes del proyecto en la incorporación del CEP

B. CONDICIONES DEL PROCESO

- 2.1 Capacitación de las herramientas del CEP a la alta dirección y líderes del proyecto
- 2.2 Determinar el responsable de la gestión

C. PREPARACIÓN

- 3.1 Establecer un plan de CEP
- 3.2 Capacitar a los empleados en CEP
- 3.3 Definir un plan de control determinando la herramienta estadística

D. PLAN DE CONTROL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

- 4.1 Determinar el tipo de gráfico de control acorde al proceso a estudiar.

- 4.2 Determinar las bases, tamaño y frecuencia de la muestra
- 4.3 Construir el gráfico de control
 - 4.3.1 Registrar los datos
 - 4.3.2 Calcular mediciones estadísticas: promedio, rangos, etc.
 - 4.3.3 Trazar la línea central en la gráfica
 - 4.3.4 Calcular los límites inferior y superior en la gráfica de control
- 4.4 Establecer un sistema para documentar y revisar las desviaciones
- 4.5 Documentar los resultados y las desviaciones.
- 4.6 Recalcular los límites de control de la gráfica cuando sea necesario

E. PLAN DE CONTROL EN LABORATORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

- 5.1 Utilizar herramientas estadísticas para la recolección y análisis de datos
- 5.2 Preparación del instrumento
- 5.3 Elección de puntos de calibración
- 5.4 Ejecución de la calibración
- 5.5 Establecer un sistema para documentar los datos
- 5.6 Documentar los resultados y las desviaciones.

F. PLAN DE CONTROL EN PROVEEDORES Y PRODUCTO TERMINADO

- 6.1 Elección del lote a inspeccionar
- 6.2 Determinar el tamaño de la muestra
- 6.3 Inspección de los productos de la muestra
- 6.4 Establecer un sistema para documentar y revisar las desviaciones
- 6.5 Documentar los resultados y las desviaciones.
- 6.6 Aceptación o rechazo del lote (criterios)

G. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

- 7.1 Interpretar y analizar los datos obtenidos
- 7.2 Aplicar las acciones correctivas necesarias para un control del proceso

H. SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO

- 8.1 Establecer un sistema de control estadístico para monitorear y controlar los parámetros del proceso (registro de alteraciones significativas, ajustes al proceso o cambios operativos)
- 8.2 Definir los roles y responsabilidades del sistema

8.3 Revisar el sistema periódicamente y de ser necesario hacer mejoras al sistema para una mejora continua

El diagrama de flujo de la figura 3.6 es una guía que se desarrolló para ayudarse en la visualización de forma que se dictaminen los pasos de manera clara y concisa la metodología del CEP.

Figura 4

Metodología del CEP

1.1 Definir el proceso, materia o producto a analizar

3.2 Empleados

Capacitación
CEP

2.1 Alta dirección y líderes

1.2 y 1.3 Establecer objetivo y alcance

3.1 Establecer un plan de CEP

3.3 Definir un plan de control determinando la herramienta estadística

Equipo de medición
(laboratorio)

Plan de
Control

Proveedores y producto
terminado

6. Muestreo de Aceptación

5. Calibración

4. Producción

6.1 Elección del lote

5.3 Elección de puntos de
calibración

4.1 Determinar el tipo de gráfico

6.2 Determinar bases, tamaño
del lote y frecuencia de muestra

5.4 Ejecución de la calibración

4.6 y 4.7 Trazar línea central,
límites inferior y superior

6.3 Inspección de los productos

MEJORA CONTINUA

7.1 Documentar, interpretar y analizar los datos obtenidos

7.2 Identificar las situaciones fuera de control

7.3 Aplicar acciones correctivas

NO

¿Se logró el
objetivo?

SI

8. Sistema de eficiencia organizacional (monitoreo)

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Una vez descrito el modelo propuesto de implementación del CEP y su metodología se demostró que las organizaciones buscan constantemente desarrollar técnicas o métodos para mejorar la calidad de los productos, para ello el control estadístico es una herramienta que busca que toda la organización logre no solo la calidad de los productos sino una eficiencia organizacional.

Mediante el análisis del estudio de control estadístico de las empresas en el Valle de Toluca se pudo lograr cada uno de los objetivos trazados al inicio del estudio y contestar a cada una de las preguntas de investigación.

¿Qué importancia tiene el uso de herramientas de calidad en las empresas manufactureras del Valle de Toluca?

Se observó que existe una brecha muy grande en la implementación de la herramienta entre los tamaños de la empresa. Las empresas grandes implementan metodologías y hacen uso de herramientas tecnológicas como lo son softwares específicos u otros instrumentos, enfocándose en sus metas trazadas para lograr la excelencia en la calidad y posicionarse en lo más alto del mercado internacional; contrario a las pequeñas empresas que tratan de controlar sus procesos e ingresar en el mercado de su competencia, enfocándose lo mayor posible en la calidad pero sin hacer uso de tecnologías beneficiosas, es aquí donde éstas empresas se preguntan, ¿qué le conviene a la empresa? Invertir en nuevas tecnologías y herramientas para mejorar los procesos entrando al mercado de competencias o enfocarse en la lucha por la supervivencia de la empresa.

El modelo sugerido no está enfocado en problemáticas puntuales que se encontraron en el estudio de campo, sino que se pretende que al aplicar este modelo y esta metodología sirva como guía para que se reduzcan o eliminen problemáticas aplicando un control estadístico de forma adecuada y conforme a las posibilidades de la institución.

Finalmente, si se logra la implementación del modelo y metodología por parte de las empresas, se recomienda realizar un estudio de la funcionalidad del modelo y localizar sus oportunidades de mejora para la obtención de una mejora continua.

REFERENCIAS

- Alfaro, A. (2013). *Desarrollo e implementación de una carta control por variables para corridas cortas de producción en los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza* [Universidad Nacional Autónoma de México UNAM]. https://repositorio.unam.mx/contenidos/desarrollo-e-implementacion-de-una-carta-control-por-variables-para-corridas-cortas-de-produccion-en-los-laboratorio-333104?c=81a6z7&d=false&q=*.*&i=1&v=1&t=search_1&as=0
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. (8va ed.). Pearson Educación. <https://doi.org/10.1016/b978-84->

8086-229-5.50026-6

- BRC Global Standards. (2018). *BRC Food 8 Norma de Seguridad Alimentaria (Inocuidad de los Alimentos)*. 8. https://cdn.scsglobalservices.com/files/program_documents/brc_food_standard_8_0.pdf
- Carro, R., & González, D. (2012). Control estadístico de procesos. *Universidad Nacional del Mar de la Plata*. <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1617>
- Cortes, E., Navarro, J., Jiménez, J., & Vargas, M. (2004). Control estadístico de la calidad: una breve reseña histórica. *Researchgate*, 20. https://www.researchgate.net/publication/28083116_Control_estadistico_de_la_calidad_una_breve_resena_historica
- Crosby, P. B. (1987). *La calidad no cuesta* (11a ed.). McGraw Hill Book Company.
- Deming, W. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad* (2da ed.). Diaz de Santos.
- Díaz, E., Díaz, C., Flores, L., & Heyser, S. (2009). Estudio de la variabilidad de proceso en el área de envasado de un producto en polvo. *Información Tecnológica*, 20(6), 105–113. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4105it.08>
- Doshi, J., & Desai, D. (2016). Statistical process control: An approach for continuous quality improvement in automotive SMEs - Indian case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 19(3), 387–407. <https://doi.org/10.1504/IJMQM.2016.079783>
- Durán, L. (2021). El enfoque interpretativo: Una nueva manera de ver la contabilidad. *Actualidad Contable FACES*, 24(42), 95–112. <https://doi.org/10.53766/accon/2021.42.03>
- Flández, C. (2018). *Plan de Control de Proceso*. Ingeniería de Automoción. <https://ingenieriadeautomocion.wordpress.com/2018/03/28/plan-de-control-de-proceso/>
- Fouad, R., & Al-Shobaki, S. (2009). Developing and implementing statistical process control tools in a Jordanian company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 17(4), 337–344. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2009.023951>
- Gutiérrez, P., & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis SIGMA* (2da ed.). McGraw Hill Book Company.
- Hernández, C., & Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, 36(1), 1–11. <https://www.redalyc.org/journal/4455/445543786011/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). McGraw Hill Book Company.
- IATF 16949. (2016). *Norma de sistemas de administración de calidad automotrices: Requerimientos de sistemas de administración de calidad para organizaciones con partes automotrices para producción y servicios relevantes*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Censos económicos 2019 Micro, pequeña,*

- mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos INEGI.*
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Censos económicos 2019 Zonas metropolitanas.*
- International Organization for Standardization ISO 9000. (2015). *Norma Internacional ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario.* www.iso.org
- International Standard ISO 10017. (2021). *ISO 10017:2021 Quality management — Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2015.*
- International Standard ISO 11462-1. (2001). *ISO 11462-1:2001 Guidelines for Implementation of Statistical Process Control (SPC) Part 1 Elements of SPC.*
- International Standard ISO 22000. (2018). *ISO 22000:2-18 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain.*
- International Standard ISO 7870-1. (2019). *ISO 7870-1:2019 Control charts.*
- Ishikawa, K. (1985). *¿Qué es el control total de calidad?* (11a ed.). Grupo Editorial Norma.
- Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R. (1990). *Manual de Control de Calidad* (2da ed.). Editorial Reverté.
- Lara, C., Melo, R., Herrera, D., & Valdez, J. (2011). Control estadístico de procesos en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo . Metodología y resultados. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 26(2), 57–74.
- Mahanti, R., & Evans, J. (2012). Critical success factors for implementing statistical process control in the software industry. *Benchmarking: An International Journal*, 19(3), 374–394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/14635771211244309>
- Martin-Crespo, C., & Salamanca, A. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*, 27, 1–4. papers2://publication/uuid/A346E589-7B95-4A7C-A290-D2E6A93E5731
- Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3), 613–619. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000300006>
- Mosquera, J., Olaya, J., & Escobar, R. (2007, diciembre). Aplicación del control estadístico multivariante en un proceso de extrusión de película plástica. *Scientia Et Technica*, 13(37), 333–338. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903757>
- Orejuela, C., & Barcia, K. (2010). Elaboración de un Plan de Control de Procesos Operativos en Empresas Industriales. *Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción*, 9.
- Organización Internacional de Estándares ISO. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2015.*
- Pérez, E., Sellés, M., & Gisbert, V. (2012). Los gráficos de control por atributos. *Área de Innovación y Desarrollo, S.L.*
- Rai, B. (2008). Implementation of statistical process control in an Indian tea packaging company.

International Journal of Business Excellence, 1(1-2), 160-174.
<https://doi.org/10.1504/IJBEX.2008.017572>

- Rohani, J., Yusof, S., & Mohamad, I. (2010). The development of a survey instrument for measuring a relationship between statistical process control success factors and performance. *Jurnal Mekanikal*, 30, 1-16.
- Romero, L., Valdes, L., Pastor, J., & Herrera, R. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *Ingeniería y Desarrollo*, 2(36), 455-468.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10514>
- Ruiz, F. (2006). Muestreos de aceptación. *Universidad Pontificia. Madrid*, 1-41.
<https://web.cortland.edu/matresearch/aceptacion.pdf>
- Shewhart, W. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. MACMILLAN.
- Soriano, F., Oprime, P., & Lizarelli, F. (2017). Impact analysis of critical success factors on the benefits from statistical process control implementation. *Production*, 27(00), 1-13. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.204016>
- Velézquez, G., & Vásquez, M. (2008). La clasificación de la industria manufacturera en Venezuela: una aproximación desde la perspectiva multivariante de los costos. *Gestión y Gerencia*, 1(1), 36-50.
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA). (2017). *VDA 4.1 Gestión de la Calidad en la Industria Automotriz. Evaluación de Métodos de gestión de calidad* (1st ed.). November.
<https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2012.51>
- Verband der deutschen Automobilindustrie e.V (VDA). (2016). *VDA 6 Gestión de la calidad en la Insustria del Automóvil*.