

MAESTRÍA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA



**TECNOLÓGICO
DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

**T
E
S
C
I**

**“LA BÚSQUDA DE LA MEJORA CONTINUA A TRAVÉS DEL CONTROL
ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA**

PRESENTA:

ING. LUCERO YARELY DE LA O FRANCO

DIRECTOR(A) DE TESIS:

MTRA. VERÓNICA MUÑOZ PONCE

AUTORIZACIÓN



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA, ESTADOS UNIDOS MEXICANOS



"2025. Bicentenario de la vida municipal en el Estado de México".

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli

Dirección Académica
Subdirección de Apoyo y Desarrollo Académico
Departamento de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico

Cuautitlán Izcalli, Estado de México a 29 de enero de 2025
TESCI/DIDT/15/I/25

**DIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
COORDINACIÓN DE POSGRADO**

**INGENIERA
LUCERO YARELY DE LA O FRANCO
P R E S E N T E**

Por este conducto me permito informarle que puede proceder a la digitalización del Trabajo de Tesis titulado:

"LA BÚSQUEDA DE LA MEJORA CONTINUA A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD"

Ya que la comisión encargada de revisar el trabajo que se presenta para efectos de titulación, ha dado su autorización conforme a lo estipulado en el Lineamiento para la operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.

Sin nada más que agregar, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

**DRA. ERIKA EMILIA CANTERA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



c.c.p. Archivo
Departamento de Titulación
Expediente del alumno



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar agradecimiento a todas las personas involucradas, directa o indirectamente, a la construcción de este proyecto de tesis y que formaron parte de este camino, dejando una huella imborrable en mi vida personal y profesional.

A mis padres y hermanos, por su apoyo total y por siempre ser mi mayor fuente de fortaleza emocional. Su confianza en mí y mis capacidades ha sido un estímulo invaluable para superar cada uno de los desafíos académicos y laborales.

A mi directora de tesis, la Mtra. Muñoz Ponce V. por su tiempo, guía, paciencia, dedicación y consejos durante este proceso. Su experiencia y aliento fueron primordiales para conseguir este resultado.

A la Dra. Erika Emilia Cantera jefa de Coordinación de Posgrados, por su disposición, apertura y compromiso al escuchar, acompañar y atender con diligencia las necesidades de los estudiantes.

A mis compañeros de línea de investigación en posgrado, por compartir ideas y vivencias que enriquecieron mi forma de pensar y debatir. Gracias por su compañerismo en los momentos de aprendizaje y desafío.

A mis amigos y colegas, por entender mis ausencias durante esta etapa.

De igual manera, deseo ampliar estos agradecimientos al Programa de Becas COMECYT Modalidad Beca de Posgrado, Estudios de Maestría, cuyo respaldo económico hizo posible desarrollar y culminar la presente investigación.

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli por otorgarme matrícula dentro del programa en Ingeniería Administrativa. Este reconocimiento representa la prueba física de años de arduo trabajo y dedicación en la ingeniería práctica, y me llena de orgullo y satisfacción poder llevar el desarrollo de este proyecto en mi camino profesional.

Por último, a todos los profesionales, y a quienes no lo son, que con su ejemplo y apoyo han sido una inspiración constante en mi vida. Gracias por contribuir a mi crecimiento, tanto profesional como personal.

DEDICATORIA

A mi hermosa familia,

Por su amor ilimitado y por convertirse en el pilar principal durante los momentos de mayor desafío. A mis padres, quienes me acompañaron siempre y me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia; y a mis hermanos, por su cariño, apoyo y consejo.

A mis maestros y mentores,

Quienes despertaron en mí la curiosidad en la ingeniería y que me inspiraron a mejorar nuestro entorno, así como siempre ayudar al mayor número de personas posibles con el poco o mucho conocimiento que poseemos.

ÍNDICE

Introducción.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO CONTEXTUAL.....	3
Planteamiento del problema	4
Justificación	6
Objetivos.....	8
Hipótesis	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Empresas.....	11
2.2 Departamentos de Calidad.....	16
2.3 Calidad.....	17
2.3.1 Control de Calidad	17
2.3.2 Mejora Continua.....	18
2.3.3 Gestión de la Calidad Total	19
2.3.4 Seis Sigma.....	20
2.3.5 Otros factores clave para la calidad.....	21
2.4 Siete herramientas básicas	22
2.5 Control Estadístico de Procesos (CEP)	24
2.5.1 Implementación del CEP.....	28
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	34
CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
Estudio de capacidad y estabilidad.....	44
Discusión de resultados	77
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS .	84

***La búsqueda de la mejora continua a través del Control Estadístico de Procesos en
el Departamento de Calidad***

VI

REFERENCIAS 90

ANEXOS 94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama del Sistema de Gestión de Calidad	18
Figura 2	Línea de tiempo. Evolución del CEP.	25
Figura 3	Componentes de variación	41
Figura 4	Gráfica R por Inspectores	42
Figura 5	Gráfica X-barra por Inspectores	42
Figura 6	Medición por partes	42
Figura 7	Comparación de la variabilidad de cada Inspector (operadores)	43
Figura 8	Comparación de la medición media de los Inspectores (operadores)	43
Figura 9	Número de paros en las líneas de producción durante el periodo de análisis.....	45
Figura 10	Número de detecciones en las líneas de producción durante el periodo de análisis.....	45
Figura 11	Estudio de estabilidad para la variable de sobrepeso	48
Figura 12	Histograma del estudio de capacidad para la variable de sobrepeso.....	52
Figura 13	Inestabilidad en cartas de control en la variable "peso"	78
Figura 14	Inestabilidad en cartas de control en las variables del laboratorio	79
Figura 15	PPM fuera de especificación a corto y largo plazo de cada código.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación que existe entre las 7HB.....	24
Tabla 2 Estudio R&R para variable de peso de cada inspector.....	40
Tabla 3 Resultados de análisis del estudio R&R largo aplicado a los inspectores de calidad	41
Tabla 4 Registros de las mediciones de la variación, comparada con el estándar en porcentaje, para establecer su monitoreo de estabilidad y capacidad	46
Tabla 5 Índice de inestabilidad en las cartas de control de los pesos	49
Tabla 6 Índice de inestabilidad en las cartas de control de las pruebas de laboratorio	50
Tabla 7 Resumen de los datos de capacidad del proceso de la variable “sobrepeso”.	50
Tabla 8 Resumen de los datos de capacidad del proceso por peso.	53
Tabla 9 Resumen de los datos de capacidad del proceso por variable en código.	57
Tabla 10 Resumen de los datos de capacidad por variables químicas registradas en el laboratorio	75
Tabla de Anexo 1 El estudio de capacidad del instrumento y operador completo.....	95
Tabla de Anexo 2 Factores para la construcción de las cartas de control	96
Tabla de Anexo 3 Calidad de corto y largo plazo en términos de Cp, ZL y PPM.....	97
Tabla de Anexo 4 Valores del Cp y su interpretación.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

7HB	Siete herramientas básicas
CEP	Control Estadístico de Procesos
Cont	Contenido
Cp	Capacidad potencial
Cpi	Capacidad de proceso en especificación inferior
Cpk	Capacidad real
Cpm	Índice de capacidad de proceso centrado
Cps	Capacidad de proceso en especificación superior
Cr	Razón de capacidad potencial
Desv.Est.	Desviación estándar de un proceso
DOE	Diseño de experimentos
E	Especificación
EI	Especificación inferior
ES	Especificación superior
HCl	Ácido clorhídrico
Insp	Inspector
K	Factor de corrección utilizado en cálculos de capacidad de proceso
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
M	Medida
P	Peso
Ppi	Desempeño del proceso en especificación inferior
PPM fuera	Partes por millón fuera de las especificaciones
PPM L	Partes por millón fuera de las especificaciones a largo plazo
Pps	Desempeño del proceso en especificación superior
Q	Cuartil
R	Rango medio

R&R	Repetitividad y reproducibilidad
STD	Estándar
TQC	Control total de calidad
TQM	Gestión de la calidad total
X	Media de las medias
Zc	Valor de índice Z mínimo entre Zic y Zsc
Zic	Índice Z de proceso en especificación inferior a corto plazo
Zil	Índice Z de proceso en especificación inferior a largo plazo
Zl	Valor de índice Z mínimo entre Zil y Zsl.
Zm	Índice Z que representa la habilidad para controlar la tecnología
Zsc	Índice Z de proceso en especificación superior a corto plazo
Zsl	Índice Z de proceso en especificación superior a largo plazo

TABLA DE SIMBOLOS 1

$\alpha = 66.7$	Producto 1 en presentación de 66.7 gramos
$\alpha = 83.4$	Producto 1 en presentación de 83.4 gramos
$\beta = 66.7$	Producto 2 en presentación de 66.7 gramos
$\gamma = 100$	Producto 3 en presentación de 100 gramos
$\delta = 100$	Producto 4 en presentación de 100 gramos
$\varepsilon = 66.7$	Producto 5 en presentación de 66.7 gramos
$\varepsilon = 83.4$	Producto 5 en presentación de 83.4 gramos
$\zeta = 16.7$	Producto 6 en presentación de 16.7 gramos
$\zeta = 66.7$	Producto 6 en presentación de 66.7 gramos
$\omega = 66.7$	Producto 7 en presentación de 66.7 gramos
$\omega = 83.4$	Producto 7 en presentación de 83.4 gramos
$\theta = 137.5$	Producto 8 en presentación de 137.5 gramos
$\iota = 66.7$	Producto 9 en presentación de 66.7 gramos
$\iota = 83.4$	Producto 9 en presentación de 83.4 gramos
$\kappa = 66.7$	Producto 10 en presentación de 66.7 gramos
$\kappa = 83.4$	Producto 10 en presentación de 83.4 gramos
$\lambda = 66.7$	Producto 11 en presentación de 66.7 gramos
$\lambda = 83.4$	Producto 11 en presentación de 83.4 gramos
$\mu = 66.7$	Producto 12 en presentación de 66.7 gramos
$\nu = 66.7$	Producto 13 en presentación de 66.7 gramos
$\nu = 83.4$	Producto 13 en presentación de 83.4 gramos
$\xi = 66.7$	Producto 14 en presentación de 66.7 gramos
$\xi = 83.4$	Producto 14 en presentación de 83.4 gramos
$\omicron = 100$	Producto 15 en presentación de 100 gramos
$\omicron = 112$	Producto 15 en presentación de 112 gramos
$\omicron = 125$	Producto 15 en presentación de 125 gramos
$\pi = 100$	Producto 16 en presentación de 100 gramos
$\pi = 112$	Producto 16 en presentación de 112 gramos

$\pi = 125$	Producto 16 en presentación de 125 gramos
$\rho = 66.7$	Producto 17 en presentación de 66.7 gramos
$\rho = 83.4$	Producto 17 en presentación de 83.4 gramos
$\varsigma = 100$	Producto 18 en presentación de 100 gramos
$\varsigma = 112$	Producto 18 en presentación de 112 gramos
$\varsigma = 125$	Producto 18 en presentación de 125 gramos
$\sigma\sigma = 121$	Producto 19 en presentación de 121 gramos
$\sigma\sigma = 75$	Producto 19 en presentación de 75 gramos
$\tau = 83.4$	Producto 20 en presentación de 83.4 gramos
$\ddot{a} = 66.7$	Producto 21 en presentación de 66.7 gramos
$\ddot{a} = 83.4$	Producto 21 en presentación de 83.4 gramos
$\ddot{e} = 100$	Producto 22 en presentación de 100 gramos
$\ddot{e} = 112$	Producto 22 en presentación de 112 gramos
$\ddot{e} = 125$	Producto 22 en presentación de 125 gramos
$\ddot{i} = 100$	Producto 23 en presentación de 100 gramos
$\ddot{i} = 82.5$	Producto 23 en presentación de 82.5 gramos
$\ddot{o} = 121$	Producto 24 en presentación de 121 gramos
$\ddot{o} = 82.5$	Producto 24 en presentación de 82.5 gramos
$\ddot{u} = 100$	Producto 25 en presentación de 100 gramos
$\ddot{u} = 11$	Producto 25 en presentación de 11 gramos
$\ddot{u} = 300$	Producto 25 en presentación de 300 gramos
$\ddot{u} = 376$	Producto 25 en presentación de 376 gramos
$\ddot{u} = 56.4$	Producto 25 en presentación de 56.4 gramos
$\ddot{u} = 79.9$	Producto 25 en presentación de 79.9 gramos
$\ddot{u} = 799$	Producto 25 en presentación de 799 gramos
$F = 100$	Producto 26 en presentación de 100 gramos
$G = 66.7$	Producto 27 en presentación de 66.7 gramos
$G = 83.4$	Producto 27 en presentación de 83.4 gramos
$H = 66.7$	Producto 28 en presentación de 66.7 gramos

H = 83.4	Producto 28 en presentación de 83.4 gramos
-----------------	--

RESUMEN

En este estudio se presenta al Control Estadístico de Procesos (CEP) como herramienta estratégica para la evaluación de la calidad de producción que ofrece una empresa internacional real, esto debido a la necesidad de determinar si existe un correcto desenvolvimiento de las tareas a realizar en la empresa o si están ocurriendo desviaciones importantes a corregir.

A través de la implementación de cartas de control $\bar{X} - R$ y el análisis de datos de variables físicas y químicas en el proceso productivo real, se muestra la capacidad del sistema para cumplir con los estándares de calidad establecidos.

Los resultados obtenidos indican que, si bien el proceso presenta una tendencia estable, la variabilidad observada con una media de 359,583.92 partes por millón fuera de especificaciones supera los límites, lo que se traduce en una disminución de la consistencia del producto final y un mayor riesgo de generar defectos.

Con base en estos hallazgos, se concluye que es necesario implementar medidas correctivas para reducir la variabilidad del proceso y mejorar su capacidad. Se proponen las siguientes acciones:

- **Monitoreo continuo de las variables ambientales:** Implementar un sistema de seguimiento constante de las condiciones ambientales para identificar y mitigar cualquier factor externo que pueda afectar la calidad del producto final.
- **Evaluación comparativa de materias primas:** Realizar un análisis comparativo del desempeño de materias primas provenientes de diferentes proveedores para optimizar la selección y garantizar la consistencia en la calidad de los insumos.
- **Empoderamiento de los operadores de línea:** Involucrar a los operadores de línea en un programa de control de calidad visual y táctil, proporcionándoles las herramientas y capacitación necesarias para identificar y reportar cualquier desviación en las características físicas del producto.

La implementación de un sistema de CEP robusto permitirá a la organización monitorizar de manera continua el desempeño del proceso, identificar oportunamente las causas de variación y tomar acciones correctivas para garantizar la calidad y la eficiencia de la producción.

Palabras clave.

Calidad, Desviaciones, Industria, Mejora continua, Metodología, Variabilidad.

ABSTRACT

This study presents Statistical Process Control (SPC) as a strategic tool for evaluating the production quality offered by a real international company. This is due to the need to determine whether tasks are being correctly performed within the company or if significant deviations requiring correction are occurring.

Through the implementation of \bar{X} -R control charts and the analysis of physical and chemical variable data in the actual production process, the system's ability to meet established quality standards is demonstrated.

The results obtained indicate that while the process exhibits a stable trend, the observed variability, with an average of 359,583.92 parts per million outside of specifications, exceeds the limits, resulting in decreased consistency of the final product and an increased risk of defects.

Based on these findings, it is concluded that corrective measures are necessary to reduce process variability and improve its capability. The following actions are proposed:

- Continuous monitoring of environmental variables: Implementing a system for constant monitoring of environmental conditions to identify and mitigate any external factors that may affect the quality of the final product.
- Comparative evaluation of raw materials: Conducting a comparative analysis of the performance of raw materials from different suppliers to optimize selection and ensure consistency in the quality of inputs.
- Empowerment of line operators: Involving line operators in a visual and tactile quality control program, providing them with the necessary tools and training to identify and report any deviations in the physical characteristics of the product.

The implementation of a robust SPC system will enable the organization to continuously monitor process performance, promptly identify the root causes of variation, and take corrective actions to ensure the quality and efficiency of production.

Keywords.

Continuous improvement, Deviations, Industry, Methodology, Quality, Variability

Introducción

Actualmente muchas empresas e industrias manejan el término de Mejora Continua como un concepto esencial dentro de su actuar y gestión diaria, las organizaciones saben que el mercado actual es competitivo, y para satisfacer las demandas cambiantes de los clientes, las empresas se deben adaptar a los cambios tecnológicos y adoptar metodologías o técnicas internas que les permitan mantenerse o inclusive sobresalir en el mercado.

En el ambiente industrial se vive el constante avance de los sistemas de gestión, los encargados de la calidad en este contexto ya no consideran simplemente el hecho de estar dentro de un estándar, se deben ver y analizar los procesos dinámicos que implica la revisión constante de los datos obtenidos, los métodos, los procesos y los resultados del producto final, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y alcanzar niveles superiores de eficiencia y satisfacción del cliente.

La mejora continua de la calidad se ha convertido en una filosofía empresarial que busca abarcar todos los aspectos de una organización, desde la recepción de materia prima y sus implicaciones de tiempos, almacenamiento y reportes; el análisis de la entrega, su validación para continuar con el proceso inicial y su verificación; el proceso intermedio: la medición de variables físicas, químicas y sensoriales (si aplica); el seguimiento del producto: recopilación de datos continuos, informes del proceso e informes finales; el mantenimiento preventivo y correctivo junto con la adaptación del sistema al producto manejado en producción. La esencia de esta filosofía radica en el compromiso constante de buscar formas de hacer que las cosas sucedan de la manera más eficaz y eficiente posibles, lo que conduce a productos y servicios de mayor calidad y, en última instancia, a la satisfacción total del cliente.

La mejora continua de la calidad se basa en la idea de que ningún proceso o producto es perfecto y siempre hay margen para la mejora, desde el análisis físico hecho al producto y a la maquinaria, hasta la comunicación efectiva entre trabajadores y el entendimiento del rol que cada uno tiene sobre la calidad del proceso.

A través de la recopilación y el análisis de datos antes, durante y al término del proceso de producción; es fácil lograr la identificación de problemas y la implementación de soluciones. Las organizaciones pueden perfeccionar poco a poco sus operaciones y aumentar la competitividad en el mercado. Además, esta filosofía fomenta la participación de los empleados en la identificación de problemas y en la generación de soluciones, lo que contribuye a un ambiente de trabajo colaborativo. Además de fortalecer la creatividad y toma de decisiones del personal.

En este contexto, es primordial vislumbrar los principios y las herramientas que históricamente han respaldado la mejora continua de la calidad, como los son: el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) de Deming y la aplicación de técnicas como el Control Estadístico de Procesos (CEP) y Seis Sigma. Estas metodologías son capaces de proporcionar la estructura y el enfoque para llevar a cabo mejoras sistemáticas y medibles.

CAPÍTULO 1.

MARCO CONTEXTUAL

Planteamiento del problema

En las organizaciones internacionales la búsqueda constante de la excelencia en calidad es un objetivo crucial en un entorno altamente competitivo como el que se vive hoy en día. Sin embargo, a pesar de la creciente importancia de la mejora continua de la calidad, muchas empresas se enfrentan a desafíos persistentes en su implementación efectiva, el personal implicado en la toma de decisiones respecto a la calidad sabe que los tiempos y movimientos sin organización afectan directamente la medición de la calidad diaria del proceso.

Uno de los principales problemas radica en la falta de comprensión y conciencia sobre los principios y las prácticas que respaldan la mejora continua de la calidad en diversas industrias. Esto resulta en una falta de dirección estratégica y en la incapacidad de aprovechar plenamente su potencial.

Además, existe una disparidad en la aplicación de metodologías de mejora continua, como el Control Estadístico de Procesos (CEP) y Seis Sigma, en diferentes organizaciones de talla mundial. Esto plantea interrogantes sobre la efectividad de estas herramientas en entornos empresariales variados, se debe analizar la herramienta a utilizar para alcanzar el máximo beneficio posible.

La resistencia al cambio de las personas implicadas en el proceso es otro aspecto crítico del problema. Muchos empleados y líderes organizacionales pueden mostrar resistencia a adoptar nuevas prácticas y procesos de mejora, lo que ralentiza o impide la implementación exitosa de los métodos y la tecnología disponible para hacer más eficiente la toma de decisiones comprometidas con la calidad.

La falta de recursos y capacitación adecuados representa otro obstáculo importante. Las organizaciones, a menudo, carecen de los recursos necesarios, así como del personal capacitado y tecnología adecuada para implementar y mantener programas de mejora continua de calidad. Un estudio de caso práctico nos dará luz sobre la situación actual y el camino a seguir para llegar a la meta.

Por último, la medición y el seguimiento de los resultados de la mejora continua pueden ser deficientes en muchas organizaciones. Esto dificulta la reevaluación de la efectividad de las iniciativas de mejora y la toma de decisiones informadas y fundamentadas.

Lo que se busca con el presente estudio es identificar y abordar el problema central, que muchas veces se encuentra en la falta de una implementación efectiva y coherente de la mejora continua de la calidad en las organizaciones, debido a la falta de comprensión, resistencia al cambio, recursos limitados y medición inadecuada de resultados. Resolver estos desafíos es esencial para el éxito a largo plazo y la competitividad de las organizaciones en un mercado en constante evolución.

Justificación

La investigación sobre el enfoque de mejora continua a través de un CEP en los controles de calidad es importante y necesario por las implicaciones que tienen los departamentos encargados de la misma en la eficiencia y en las buenas prácticas de la producción a nivel industrial. Esta investigación y estudio pretenden recabar y ofrecer soluciones reales durante el desarrollo de las actividades de control del producto y de los procesos de manufactura, así como resolver la problemática de la afectación por falta de análisis que generan las malas prácticas; por otro lado, se pretende determinar si se cumple con el mínimo necesario aprobatorio para pasar al siguiente proceso y así buscar la mejora de velocidad de respuesta y comunicación al tener presente que existen protocolos de actuación en donde se pueden consultar los departamentos implicados en cada paso de la Calidad del producto.

Se establecerá una forma de evaluación en la que se puede basar el departamento de calidad para determinar si existe un correcto desenvolvimiento de las tareas a realizar o si existen desviaciones importantes a corregir, siempre basados en muestreos, puesto que la revisión al 100% es incosteable, es tediosa y causa fatiga, puede llegar a ser destructiva y el manejo a grandes escalas puede dañar el producto.

Se debe tener en cuenta que:

- Al no analizar correctamente el proceso, la empresa incurre en una serie de tropiezos que llegan a afectar el producto para el consumidor final.
- La falta de comunicación efectiva es una de las principales problemáticas que el equipo de Calidad afronta por el rechazo al cambio que la mejora continua implica sobre los demás departamentos.
- Sin una correcta verificación del sistema actual no se puede hablar de correcciones para resolver las problemáticas futuras o inclusive prevenirlas.

En pocas palabras, el estudio de la calidad a través de un Control Estadístico de Procesos es justificado debido al impacto en el mejoramiento del sistema de calidad y su repercusión en la producción, la medición de la eficiencia de los tiempos y movimientos y el

análisis enfocado en la mejora continua y su adopción como parte del deber diario en planta. La investigación del tema puede proporcionar información valiosa para dar luz a la falta de visibilidad directa de los beneficios que recibe la producción desde el departamento de Calidad cuando se tiene la organización y la cultura de mejora continua, además de los beneficios a largo plazo que se obtienen en la relación costo-beneficio para la empresa.

Objetivos

Establecer la mejora continua a través del Control Estadístico de Procesos (CEP) en el departamento de calidad para garantizar la calidad de la producción, al permitir la detección, predicción, corrección y prevención eficaz de posibles desviaciones en los procesos.

Objetivos particulares:

1. Supervisar y registrar regularmente datos de los procesos en un periodo de seis meses para detectar tendencias, desviaciones y anomalías, e implementar un sistema CEP para que todo sea desarrollado en tiempo real.
2. Proponer medidas preventivas que a mediano plazo contribuyan y justifiquen la mejora continua en la elaboración de los productos.
3. Concientizar al personal, iniciando por la alta dirección, sobre la importancia de la aplicación del CEP en el proceso y peticiones de clientes internos y externos.
4. Reducir los costos al implementar nuevos programas que nos permitan un control.

Hipótesis

Hipótesis general.

El Control Estadístico de Proceso de esta investigación logrará analizar si los procesos y productos cumplen con los requisitos y estándares de calidad en común acuerdo con los clientes.

Hipótesis específicas.

H1. Implementar el CEP llevará al desarrollo de la mejora continua.

H2. El personal será capaz de adoptar la cultura de la mejora continua basada en normas y controles estadísticos, lo cual los involucrará más y serán más comprometidos con el trabajo.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1 Empresas

Para diseñar la investigación propuesta, la denominación de “empresa” debe ser estudiada desde su concepto general, la literatura coincide en señalar el término como una entidad que reúne individuos, recursos materiales y financieros con el propósito de generar productos o servicios destinados a satisfacer demandas específicas en el mercado, todo con la meta de obtener ganancias económicas. Además, las empresas pueden tener una variedad de estructuras y tamaños, desde pequeñas empresas familiares, hasta grandes corporaciones multinacionales y su funcionamiento involucra la gestión eficiente de recursos humanos, tecnológicos y financieros para alcanzar sus metas y mantener su viabilidad a largo plazo en un entorno empresarial competitivo.

A lo largo de la historia, el concepto de empresa ha experimentado cambios significativos en su percepción y función, lo cual refleja una evolución en la comprensión de las empresas:

En el auge de las Corporaciones en el siglo XX, las empresas se desarrollan con una creciente separación entre propiedad y gestión. Surgieron teorías de gestión y enfoques más científicos en su administración.

A finales del siglo XX y durante el siglo XXI, la globalización y los avances tecnológicos, cambiaron radicalmente la forma en que las empresas operan. Se volvieron más interconectadas, abrazando la digitalización, la comunicación instantánea y la apertura a nuevos mercados internacionales.

En tiempos más recientes, ha surgido una mayor conciencia sobre la responsabilidad social corporativa y la sostenibilidad. Las empresas están siendo llamadas a no solo buscar beneficios económicos, sino también a considerar su impacto en la sociedad y en el medio ambiente.

En México las definiciones legales reflejan la variación dependiendo del marco legal y el propósito específico de la regulación en distintos sectores como el marítimo, laboral y fiscal.

En el ámbito laboral, la Ley Federal del Trabajo considera a la empresa como la unidad económica que tiene objetivos propios:

Artículo 16. Para los efectos de las normas de trabajo, se entiende por empresa la unidad económica de producción o distribución de bienes o servicios y por establecimiento, la unidad técnica que como sucursal, agencia u otra forma semejante, sea parte integrante y contribuya a la realización de los fines de la empresa. (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2022)

Dentro de esta definición se incluyen desde pequeños negocios, hasta grandes corporaciones, mostrándose como los cimientos para regular las relaciones laborales, los derechos y obligaciones de empleadores y trabajadores dentro de un contexto empresarial.

Desde la perspectiva fiscal, el Código Fiscal de la Federación define a la empresa como la actividad organizada para la producción, comercialización o prestación de servicios, ya sea por personas físicas o morales: “Se considera empresa la persona física o moral que realice las actividades a que se refiere este artículo (16), ya sea directamente, a través de fideicomiso o por conducto de terceros [...]”. (Última Reforma DOF 12-11-2021)

Esta definición es crucial para establecer las bases fiscales, como el pago de impuestos, obligaciones contables y demás aspectos tributarios relacionados con la actividad empresarial.

Los elementos esenciales de cualquier empresa, tales como los recursos humanos, técnicos y materiales, se encuentran estructurados y ordenados en distintas categorías con el objetivo de generar o negociar bienes y servicios.

Según un estudio legal llevado a cabo por la UNAM, estos elementos se dividen en tres categorías fundamentales:

- **Elementos tangibles o físicos:** ocupan espacio en la empresa y son visibles y tangibles. Incluyen materias primas, bienes móviles e inmuebles, así como los productos finales creados por la empresa.

- **Elementos intangibles o no físicos:** tienen existencia legal; ejemplos son la clientela, los derechos de propiedad intelectual y jurídicos como los de propiedad industrial y autoría.
- **Elementos relacionados con el personal:** refieren al personal, procesos y conceptos que ayudan a lograr los objetivos empresariales. Desde la estructura organizativa hasta la misión, visión, capital humano, roles como el CEO (Chief Executive Officer), la rentabilidad, cultura organizacional, planificación, toma de decisiones, control de gestión y evaluación del desempeño laboral.

Las empresas se categorizan siguiendo criterios precisos que permiten distinguir entre negocios en diversas industrias.

La clasificación común de las empresas se basa en su actividad económica, estructura legal, tamaño, alcance geográfico, origen del capital y nivel tecnológico. Para estos criterios fundamentales se da lugar a los tipos principales de empresas en México:

1. **Empresa comercial:** Actúan como intermediarios entre productores y consumidores, comprando y vendiendo productos.
2. **Empresa de servicios:** Ofrecen servicios en diferentes áreas, desde consultoría hasta entretenimiento y salud.
3. **Empresa industrial:** Centradas en la fabricación y procesamiento de bienes a gran escala.
4. **Empresa manufacturera:** Se dedican a la producción de bienes, transformando materias primas en productos terminados.
5. **Empresa multinacional:** Tienen operaciones en varios países, aunque su sede principal puede estar en uno solo.
6. **Empresa privada:** Propiedad de particulares o entidades privadas.
7. **Empresa pública:** Su capital está en manos del Estado o del gobierno.

- 8. Empresa socialmente responsable:** Tienen un enfoque ético y compromiso con el impacto social y ambiental.
- 9. Empresa sustentable:** Priorizan prácticas ecológicamente responsables y sostenibles en sus operaciones.
- 10. Empresa transnacional:** Similar a la multinacional, pero con una integración más profunda entre las sedes en diferentes países.
- 11. Empresa unicornio:** *Startups* con un rápido crecimiento y valoración en el mercado superior a mil millones de dólares.
- 12. Pequeña empresa:** Son negocios de menor escala en términos de ingresos, personal o alcance.

Estas clasificaciones ofrecen una comprensión más clara de la naturaleza de las empresas, su impacto y su papel en la economía y la sociedad. Todas presentan la común característica de perseguir una variedad de objetivos, pero en general, de una u otra manera, siempre buscarán asegurar su crecimiento y sostenibilidad a largo plazo revelados en:

- **Objetivos de Rentabilidad y crecimiento:** Buscan generar ganancias y expandir sus operaciones, aumentando sus ingresos y su presencia en el mercado.
- **Objetivos de Satisfacción del cliente:** Quieren ofrecer productos o servicios que satisfagan las necesidades y expectativas de sus clientes para asegurar lealtad y recomendaciones.
- **Objetivos de Eficiencia operativa:** Buscan maximizar la productividad y reducir costos, optimizando sus procesos internos y la gestión de recursos.
- **Objetivos de Innovación y adaptación:** Pretenden innovar en productos, procesos o servicios para mantenerse competitivos y adaptarse a cambios en el mercado y la tecnología.

- **Objetivos de Responsabilidad social y ambiental:** Muchas empresas buscan contribuir al bienestar de la sociedad y el medio ambiente, adoptando prácticas sostenibles y éticas.

Para alcanzar estos objetivos, es frecuente que las empresas empleen estrategias y acciones específicas, tales como: la planificación estratégica, estableciendo metas claras y diseñando planes para alcanzarlas, identificando oportunidades y riesgos; la gestión eficiente manejando los recursos, gestionando personal, finanzas, tecnología y otros activos de manera óptima; la inversión en tecnología e innovación, destinando los recursos a la investigación, desarrollo e implementación de nuevas tecnologías y procesos; el marketing y atención al cliente, estrategia para llegar a su audiencia y brindar un servicio al cliente de calidad; o el compromiso con la comunidad y el entorno, creando e implementando políticas y acciones que demuestren su responsabilidad social y ambiental.

Para Zacarias Torres, como para muchos otros autores estratégicos, los objetivos y su alcance suponen un factor determinante para las empresas: “La administración estratégica encuentra una primera crítica de consideración en este apartado encargado de la formulación de objetivos... son los resultados específicos que una empresa intenta lograr para cumplir con su misión básica”. (2014, pp. 159)

Al conseguir estos objetivos, las empresas no solo aseguran su propia viabilidad, sino que también contribuyen al desarrollo económico y social en sus comunidades y más allá.

De aquí que, el departamento de calidad juega un papel crucial en la consecución de la misión de la empresa y los objetivos que ésta conlleva para su realización, ya que está centrado en asegurar que los productos o servicios cumplen con los estándares establecidos y satisfacen las expectativas de los clientes. En otras palabras, actúa como un defensor de la excelencia en la empresa, asegurando que los estándares de calidad sean mantenidos, mejorados y que la organización opere de manera eficiente, lo que contribuye directamente a alcanzar los objetivos de la empresa por medio de alguna estrategia o acción específica.

2.2 Departamentos de Calidad

Todas las empresas tienen la responsabilidad de mejorar sus productos y servicios. La norma ISO 9001 define los estándares para establecer un Sistema de Gestión de Calidad, que es una manera estratégica de aplicar soluciones de calidad en cualquier tipo de empresa, independientemente de su área de trabajo, tamaño o características.

La plataforma ISOTOOLS refiere que la Política de Calidad surge de una serie de esfuerzos coordinados y dirigidos hacia un objetivo particular, que en este caso, es la mejora constante de los procesos, definiendo así a los Departamentos de Calidad:

...es aquella área que se ocupa de asegurar el cumplimiento de la política de la empresa en este campo. Es decir, verifica que los objetivos que se han planteado en las etapas previas se cumplan dentro de los plazos previstos y con los recursos que han sido asignados. (Grupo ESGinnova, 2016)

Los departamentos de calidad desempeñan un papel esencial en la garantía de la seguridad, la calidad y la conformidad con los estándares y regulaciones de los productos que se producen y comercializan. Estos departamentos se dedican a supervisar y controlar la calidad en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción y procesamiento, hasta la distribución y el consumo final.

A nivel industrial, tienen la responsabilidad de proporcionar datos y métricas que respaldan la toma de decisiones fundamentadas en las empresas. Esto ayuda a la dirección a identificar áreas de mejora y asignar recursos de manera más efectiva. Para toda industria es imperante tener un departamento que se mantenga al pendiente del aseguramiento de la satisfacción del cliente, además de mantener y dar seguimiento a métricas que poseen el propósito de garantizar que los productos cumplan con estándares y regulaciones específicas, evitando sanciones legales y problemas de cumplimiento.

Otra razón clave a considerar sobre la existencia de los departamentos de calidad, además de las ya mencionadas, es la reducción de costos; la calidad deficiente puede dar lugar a productos defectuosos, devoluciones de clientes y costos de reparación; los departamentos de calidad trabajan en la prevención de defectos y en la mejora de los

procesos, lo que puede resultar en ahorros significativos a largo plazo. Y la mejora continua, se recopilan y analizan datos, se identifican áreas de mejora y lideran proyectos para optimizar los procesos y productos.

2.3 Calidad

La norma ISO 9000 define la calidad como “el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. En esencia, la calidad se refiere a la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, cumplir con los estándares y requisitos establecidos, y ser consistente en su desempeño o resultados.

Cuando se habla de calidad, existen diversos temas clave que son fundamentales para comprender y gestionar la aptitud en productos y servicios.

2.3.1 Control de Calidad

El control de calidad es un campo en constante evolución con muchas contribuciones a lo largo del tiempo. En lugar de atribuirse a una sola persona, se considera un esfuerzo colectivo que ha ido desarrollándose a lo largo de las décadas. El término se refiere a las actividades y procesos diseñados para garantizar que un producto o servicio cumpla con los estándares y especificaciones establecidos, implicando de esta manera: la inspección, la medición y el monitoreo de procesos con la finalidad del descubrimiento y la corrección de defectos.

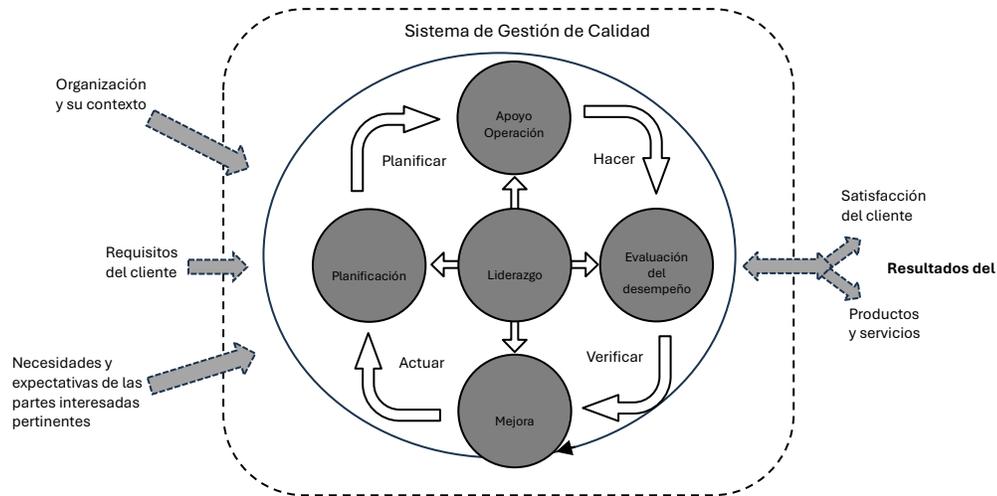
Algunos hitos importantes en la historia del control de calidad incluyen a:

Frederick W. Taylor: a menudo considerado el padre de la administración científica, a finales del siglo XIX realizó investigaciones y desarrolló métodos para mejorar la eficiencia y la calidad en los procesos industriales. Si bien se centró en la eficiencia, su trabajo influyó en la gestión de la calidad.

Walter A. Shewhart: estadístico de Bell Telephone Laboratories, en la década de 1920, introdujo el concepto de control estadístico de procesos (CEP) y creó el famoso ciclo de mejora continua conocido como el Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). Este enfoque sentó las bases para el control de calidad moderno.

Figura 1

Diagrama del Sistema de Gestión de Calidad



Nota. Elaboración propia a partir de la representación de la estructura de la Norma Internacional con el ciclo PHVA. Obtenida de la Norma ISO 9001:2015

W. Edwards Deming: estadístico y consultor de gestión, desempeñó un papel principal en la promoción del control de calidad en Japón después de la Segunda Guerra Mundial. Sus enseñanzas y métodos influyeron en la transformación de la industria japonesa y, posteriormente, en la aplicación del control de calidad en todo el mundo.

Joseph M. Juran: influyente experto en calidad que desarrolló conceptos como la trilogía de Juran, que se centra en la planificación de la calidad, el control de la calidad y la mejora de la calidad. Sus ideas y técnicas ayudaron a popularizar la gestión de la calidad en muchas organizaciones.

2.3.2 Mejora Continua

Es un concepto central en la gestión de la calidad que se refiere a la búsqueda constante de maneras de mejorar los procesos y productos. Se apoya en la retroalimentación de los clientes y en la recopilación y análisis de datos.

Tiene sus raíces en la industria manufacturera japonesa después de la Segunda Guerra Mundial. Figuras como W. Edwards Deming y Joseph M. Juran, desempeñaron un papel fundamental en la introducción de principios de mejora continua en la gestión de empresas japonesas. Este movimiento contribuyó al éxito de la industria japonesa y al concepto de calidad total.

La palabra japonesa "Kaizen" se traduce comúnmente como "cambio para mejor" o "mejora continua". Kaizen se convirtió en un término ampliamente utilizado para describir el proceso de mejora continua en los negocios. Su filosofía se centra en la participación de todos los niveles de una organización en la identificación y solución de problemas, así como en la búsqueda constante de mejoras.

A medida que las empresas japonesas alcanzaron el reconocimiento internacional por sus prácticas de mejora continua, las organizaciones en Occidente comenzaron a adoptar conceptos y técnicas similares en la década de 1980. La gestión de la calidad total (Total Quality Management) y las metodologías como Seis Sigma y Lean Manufacturing incorporan principios de mejora continua.

La mejora continua se apoya en una variedad de herramientas y técnicas, como el ciclo PHVA, diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa (o diagramas de espina de pescado), y muchas otras. Estas herramientas ayudan a las organizaciones a identificar problemas, establecer objetivos de mejora, implementar cambios y realizar un seguimiento constante.

Se ha vuelto tan importante que organismos de estandarización, como la ISO, han desarrollado normas relacionadas con la mejora continua, como la norma ISO 9001 para sistemas de gestión de calidad. La certificación en estas normas es un indicativo de que una organización sigue procesos de mejora continua.

2.3.3 Gestión de la Calidad Total

Es una filosofía de administración que acentúa el compromiso de todos los empleados en la mejora continua de la calidad. Incluye aspectos como liderazgo, enfoque en el cliente, participación de los empleados y procesos de mejora constante.

El término "Total Quality Management" o TQM, por sus siglas en inglés, se popularizó en Occidente en la década de 1980, y se convirtió en un enfoque ampliamente adoptado en las empresas estadounidenses y europeas. Autores como Philip Crosby, Tom Peters y Kaoru Ishikawa contribuyeron a difundir y promover las ideas del TQM.

En 1990 la gestión de la calidad total se convirtió en una disciplina ampliamente reconocida en la gestión empresarial. Organizaciones de todo el mundo buscaron implementar sistemas de gestión de calidad basados en los principios del TQM y buscaron la certificación ISO 9000 como un estándar internacional de calidad.

Para el siglo XXI, la gestión de la calidad evolucionó con la introducción de enfoques como Seis Sigma, Lean Manufacturing y otros métodos de mejora de procesos que complementan y amplían los principios del TQM.

2.3.4 Seis Sigma

El Six Sigma o seis sigma, comúnmente simbolizadas con 6σ , es una metodología que se centra en la reducción de la variabilidad en los procesos para mejorar la calidad y la eficiencia. Se basa en la definición, medición, análisis, mejora y control (DMAIC) de procesos.

Originado en Motorola en la década de 1980, el ingeniero Bill Smith desarrolló el enfoque con la intención de mejorar la calidad y reducir la variabilidad en la producción de productos electrónicos. Posteriormente, Motorola implementó Six Sigma en su proceso de fabricación y logró mejoras significativas en la calidad y la eficiencia.

Sin embargo, fue en la década de 1990 cuando el concepto se popularizó a nivel mundial, en gran parte gracias a la labor de Jack Welch, el entonces CEO de General Electric (GE). Welch adoptó Six Sigma como parte fundamental de la cultura empresarial de GE y atribuyó gran parte del éxito de la empresa a esta metodología de mejora de procesos, impulsando así la adopción de Six Sigma en numerosas organizaciones en todo el mundo.

2.3.5 Otros factores clave para la calidad

Satisfacción del Cliente

La satisfacción del cliente es un pilar clave en cuando se habla de calidad. Se vuelve esencial para el éxito y la sostenibilidad de cualquier empresa. Puesto que, no solo contribuye a la retención de clientes y a su lealtad, sino también mejora la reputación de la marca, impulsa el crecimiento y la rentabilidad, y proporciona una fuente constante de retroalimentación para la mejora continua.

Las organizaciones que comprenden y satisfacen las necesidades y expectativas de sus clientes al centro de su estrategia suelen cosechar beneficios significativos a largo plazo.

Cultura de Calidad

Implica la promoción de la calidad en todos los niveles de una organización y la adopción de la calidad como un valor central en la toma de decisiones y en la forma en que se realizan las tareas. Al fomentar la atención al detalle y la prevención de errores, la cultura de calidad contribuye a la reducción de defectos y problemas, lo que disminuye los costos de retrabajo y mejora la calidad. Su propósito principal es el involucramiento; por lo tanto, aumenta la satisfacción y el compromiso de los empleados, lo que a su vez influye en la calidad de su trabajo.

A lo largo del tiempo la adopción de esta cultura ha comprobado ser fundamental para una organización debido al alto impacto en la mejora continua, la satisfacción del cliente, la eficiencia operativa (promueve la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos) y la competitividad.

En el siglo XIX y principios del XX, la calidad se basaba principalmente en la inspección de productos acabados para detectar defectos. La calidad se veía como responsabilidad de un departamento de control de calidad.

Para la década de 1920, Walter A. Shewhart desarrolló el CEP, que introdujo la idea de controlar y mejorar la calidad a través del monitoreo de procesos y la reducción de la variabilidad. Treinta años más tarde, la filosofía de la gestión de la calidad total enfatizó la participación de todos los empleados en la mejora de la calidad, no solo un departamento.

Esto incluyó la atención a la calidad en la toma de decisiones y la importancia de satisfacer al cliente, reconociendo que es el cliente quien define la calidad.

2.4 Siete herramientas básicas

Se debe destacar que persiste una controversia entre varios autores sobre cuáles herramientas conforman exactamente las herramientas básicas. Las siete herramientas básicas surgieron en Japón en los años tempranos de la década de 1960, en conjunto con el concepto de los Círculos de Calidad (los cuales evolucionaron y modificaron el nombre de los grupos enfocados en su uso a medida que la filosofía de la calidad avanzaba), que desempeñaron un papel central en la filosofía de gestión de la calidad total promovida por el Dr. Kaoru Ishikawa. Estas herramientas consisten en un conjunto de estadísticos ampliamente utilizadas en la industria para abordar una variedad de problemas relacionados con la calidad y la producción.

Las siete herramientas básicas para el control de calidad y cuya finalidad es establecer una condición de control estadístico, supervisar el proceso y emitir alertas cuando se desvíe del control y evaluar la capacidad del proceso, son:

1. **Hoja de Verificación:** Un formato para recopilar datos de manera sistemática, nos permite un primer panorama de la información.
2. **Estratificación:** Clasificación o agrupación de datos para identificar las fuentes de variabilidad en los problemas.
3. **Diagrama de Pareto:** Ayuda a priorizar y enfocarse en los problemas más importantes. Aplica la ley 80-20 donde se reconoce que el 20% de lo implicado es lo que causa el 80% de efectos.
4. **Diagrama de Ishikawa o de Causa-Efecto:** Representa la relación entre las características de calidad y sus posibles causas a manera de gráfico, existiendo tres maneras de representarlo: por seis s, por flujo de proceso o por estratificación.

5. **Histograma:** Gráfico de barras que muestra la distribución de datos, clasificados por grupos y escala numérica (frecuencia).
6. **Diagrama de Dispersión:** Permite comparar dos factores que se manifiestan juntos en un proceso, representados por un plano cartesiano que muestra su relación o la falta de esta. Con la correlación lineal es posible saber la fuerza de correspondencia entre los elementos.
7. **Gráficos de Control de Shewhart:** Utilizados para monitorear procesos y detectar desviaciones, es decir, observa y analiza las variables y establece límites.

Hay dos categorías principales de gráficos de control: aquellos diseñados para variables y los destinados a atributos. Los primeros se aplican a características de calidad de naturaleza continua que requieren medición con instrumentos. Los gráficos más comunes para variables continuas incluyen los de promedios (\bar{x}), rangos (R), desviaciones estándar (S) y medidas individuales (X).

Por otro lado, muchas características de calidad no se miden con instrumentos; en estos casos, se determina si un producto es conforme o no conforme basándose en atributos específicos. La variabilidad y tendencia central de estas características se evalúan mediante gráficos de control para atributos, que incluyen proporción o fracción de artículos defectuosos (p), número de artículos defectuosos (np), número de defectos (c) y número de defectos por unidad (u).

Tabla 1.

Relación que existe entre las 7HB.

Relación entre las 7 Herramientas Básicas	Estratificación	Diagrama de Pareto	Diagrama Causa-Efecto	Hoja de verificación	Histograma	Diagrama de Dispersión	Gráficos de Control
Estratificación	X	X	X	X			
Diagrama de Pareto	X	X	X	X		X	
Diagrama Causa-Efecto	X	X	X			X	
Hoja de verificación	X	X		X	X	X	X
Histograma				X	X		X
Diagrama de Dispersión		X	X	X		X	X
Gráficos de Control				X	X	X	X

Nota. Elaboración propia a partir de Escamilla, Tejeda y Flores en artículo: Errores Comunes al Utilizar las 7 Herramientas Básicas de la Calidad.

En el análisis de la relación entre las siete herramientas básicas de la calidad el M.C. Miguel E. y sus colaboradores mencionan que según el Dr. Kaoru Ishikawa, el uso adecuado de las herramientas puede abordar satisfactoriamente hasta el 95% de los problemas relacionados con la calidad y la productividad en una empresa (2023).

2.5 Control Estadístico de Procesos (CEP)

...aquellas herramientas que requieren de un nivel superior de conocimiento se utilizan con bastante menor frecuencia, encontrándose en este grupo las técnicas más duras, cuantitativas o de tipo estadístico (por ejemplo, el control estadístico de

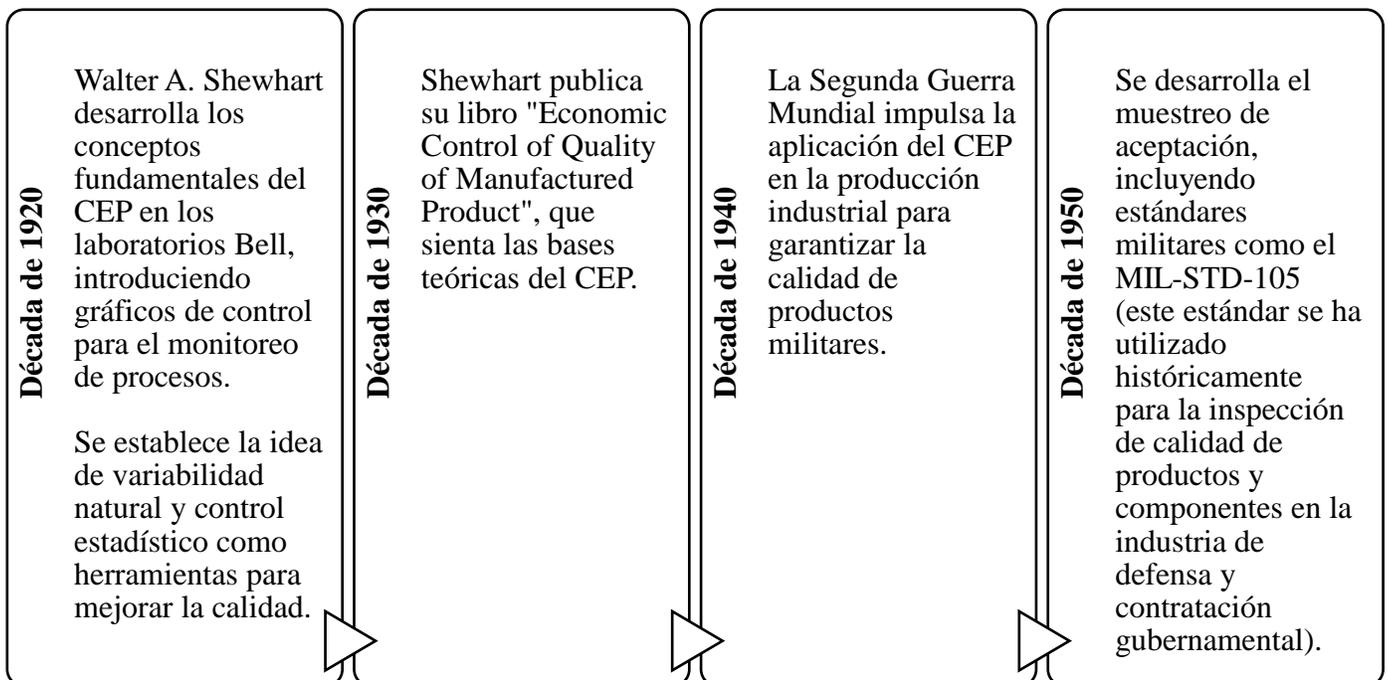
proceso o la metodología 6σ). En cambio, las técnicas más blandas o cualitativas, que podríamos denominar de «recogida de opinión» e «interacción» (como las encuestas o los grupos de mejora) son claramente las más difundidas. (Heras, Marimon, & Casadesús, 2009)

El CEP se centra en el uso de herramientas estadísticas para monitorear durante las actividades de control de los productos y de los procesos de manufactura, ayudando así a identificar tendencias y variaciones para prevenir defectos.

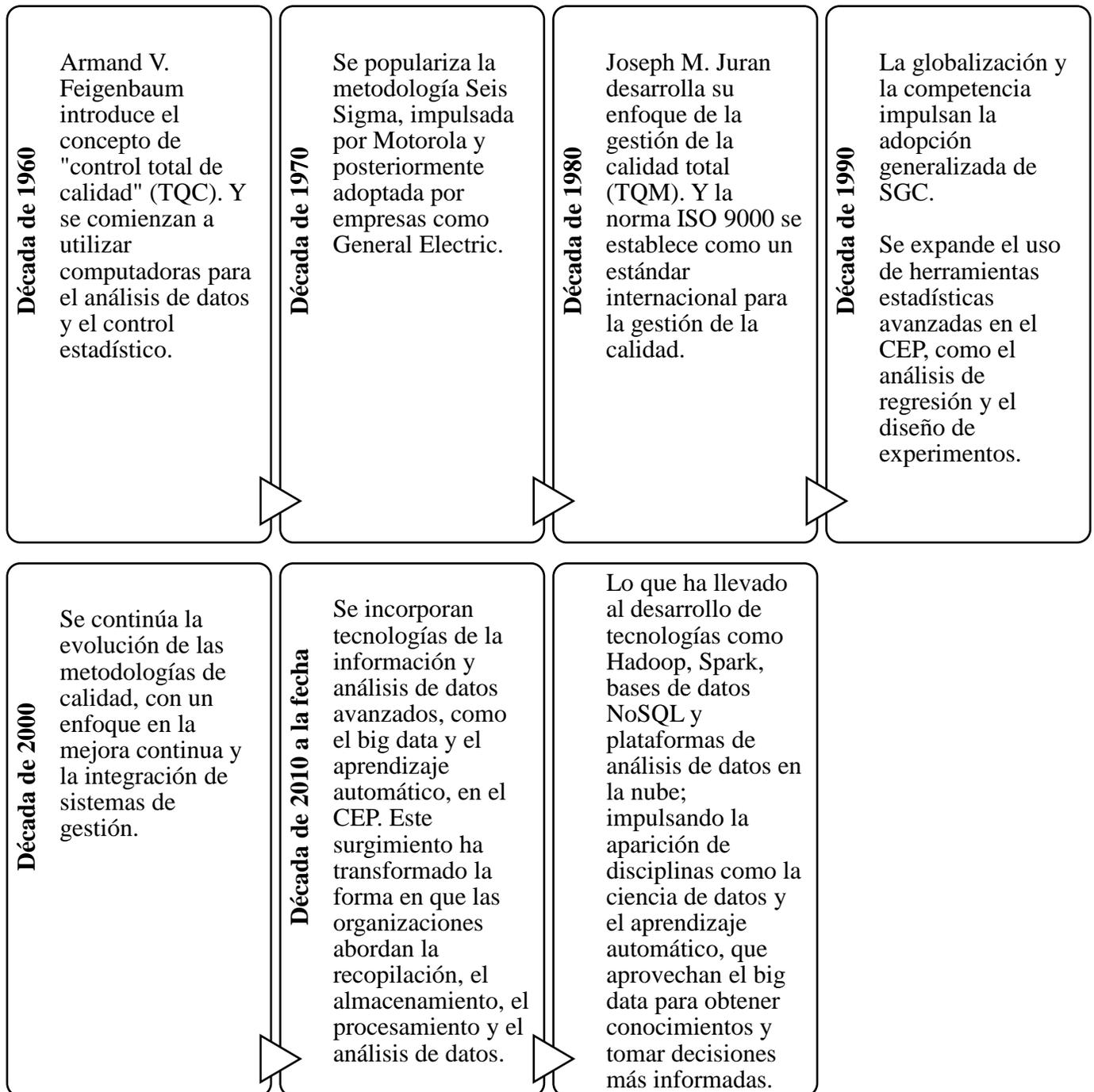
El control estadístico de procesos ha evolucionado a lo largo del tiempo, y su desarrollo ha sido marcado por diversas etapas y aportaciones clave a la calidad. A continuación, se destacan grosso modo las etapas más importantes en la construcción del CEP y sus contribuciones a la calidad:

Figura 2

Línea de tiempo. Evolución del CEP.



Continuación de la Figura 2.



Nota. Elaboración propia.

Estas etapas y contribuciones han llevado al desarrollo y la evolución del control estadístico de procesos, lo que ha permitido a las organizaciones mejorar la calidad de sus productos y servicios a lo largo de los años, lo que las vuelve más competitivas.

En el libro *Quality Costing*, se valora el hecho de que grandes empresas han contribuido a la evolución continua del control de datos, y se debe tener en consideración que el costo de la ausencia de calidad se convierte en pérdidas de tiempo/actividades, falta de valor agregado y en que el rango de las ineficiencias en la fabricación puede llegar aproximadamente hasta el 20% de las ventas anuales de las empresas, aunque muchos de los datos publicados en los costos de calidad son extensos e incuantificables.

La pregunta se plantea entre "lograr calidad o supervisar calidad". La creciente demanda de especificaciones más estrictas para los proveedores, con sanciones severas por incumplimiento, se enfrenta a la variabilidad natural de los procesos, lo que hace que todas las empresas deban reconocer la importancia de este asunto.

En el enfoque convencional de inspección, la norma era que los elementos defectuosos quedaran excluidos; sin embargo, en la nueva perspectiva, el objetivo es realizar las tareas de manera correcta desde el principio, poniendo un fuerte énfasis en la prevención. Esto significa que ya no será necesario llevar a cabo inspecciones prolongadas y extensas.

El 85% de los desafíos de calidad pueden abordarse mediante la gestión, mientras que el 15% restante requiere intervenciones en el entorno operativo. Dicho de otra manera, "el análisis realizado por Kaouru Ishikawa, demuestra que los trabajadores son únicamente responsables del 15% de los errores, mientras la gestión llevada a cabo por la gerencia es la responsable del 85% de los errores o irregularidades". (JL Alzueta. 2012)

Los métodos estadísticos de control de calidad son útiles para identificar problemas en el área operativa, permitiendo su detección y solución.

La frase "lo que se puede medir se puede controlar" es una máxima comúnmente atribuida a Peter Drucker, un influyente escritor y consultor de gestión. Aunque Drucker no necesariamente formuló esta expresión de manera literal, sus obras y teorías sobre la gestión

hacen hincapié en la importancia de la medición y el control de aspectos relevantes en la administración de una organización.

En el contexto de Control Estadístico de Procesos (CEP), alcanzar la estabilidad del proceso significa que el proceso de fabricación ha alcanzado un estado en el cual las variaciones observadas son aleatorias y predecibles dentro de ciertos límites. Cuando un proceso es estable, se dice que está bajo "control estadístico". Cuando el proceso se vuelve estable, es posible predecir y tomar decisiones fundamentadas sobre cómo mejorarlo y mantenerlo dentro de los límites de calidad deseados.

En otras palabras, las fluctuaciones en el proceso son el resultado de causas comunes o inherentes, y no de problemas específicos o factores externos. Al lograr la estabilidad del proceso, es más factible mantener una producción consistente y de alta calidad, ya que las variaciones son predecibles y se pueden gestionar de manera más efectiva.

Es esencial considerar la implementación de un sistema de control siempre que se tenga la sospecha de que podría llevar a mejoras en la calidad o ahorros significativos de tiempo y recursos. Además, es imperativo aplicar dicho control cuando la ausencia de éste pueda tener graves implicaciones para la salud del consumidor. (Montgomery, 1991)

2.5.1 Implementación del CEP

Recopilación y análisis de datos

Clasificación de datos:

Uno de los tipos de datos corresponde a una característica de interés que puede ser medida, como el diámetro, espesor, presión, temperatura, concentraciones, entre otros. Estos datos se denominan observaciones por mediciones y se refieren a las características de calidad que pueden medirse en un artículo específico, así como al número de artículos que cumplen o no con ciertas cualidades. A estas observaciones las denominaremos "variables" y para analizar este tipo de características se requieren herramientas específicas.

Si, en cambio, solo estamos interesados en registrar la presencia o ausencia de una cualidad o descripción de un artículo, como aceptar o rechazar, nos referiremos a estas observaciones como "atributos". Para este tipo de características se utilizan instrumentos de medición basados en comparaciones.

Recopilación de datos:

Mantener un registro de los datos por medio de un sistema de puntuación facilita el seguimiento de los eventos desde el inicio hasta el final. En procesos de manufactura, se debe mantener un registro de lo que ocurre para mejorar la calidad del producto y reducir los costos. La adquisición de información se conoce como recopilación de datos, y esta práctica nos ayuda a obtener información completa o parcial sobre un problema, la cual será útil para futuros análisis de datos.

Existen cuatro técnicas principales de recopilación de datos:

1. Evaluación de parámetros.
2. Tabulación de frecuencias.
3. Creación de diagramas de localización.
4. Generación de reportes.

La recopilación de datos se lleva a cabo en momentos específicos, como cuando se identifican causas a través de un diagrama de causas y efectos o cuando se necesita registrar una causa particular o la gravedad de un problema. La forma en que se recopilan los datos puede también contribuir a organizar la información en formatos más significativos para la presentación de informes a la alta dirección.

Análisis del sistema de medición

Realizar un análisis del sistema de medición para la obtención de los datos, ayuda a responder ante mediciones confiables y precisas, necesarias para el control de calidad y la toma de decisiones en los procesos industriales:

- I. **Definición del Objetivo:** se define qué se va a medir, por qué y los estándares de calidad que se deben alcanzar.
- II. **Selección de Característica por Medir:** identifica la característica o atributo que se va a medir. Asegúrese de que sea relevante para el proceso y esté alineada con los objetivos.
- III. **Selección de Muestra Representativa:** se selecciona una muestra representativa de elementos o productos que reflejen la variabilidad real del proceso. Es esencial que esta muestra sea representativa de la población total.
- IV. **Seleccionar y Calibrar el Equipo de Medición:** se escoge el instrumento o equipo de medición más adecuado para la característica a evaluar. Asegurando su previa calibración y capacidad de proporcionar mediciones precisas y confiables.
- V. **Realizar las Mediciones:** se llevan a cabo las mediciones utilizando el equipo seleccionado en la muestra representativa. Se realizan múltiples mediciones en cada elemento para evaluar la repetibilidad del sistema.
- VI. **Análisis de Repetibilidad:** Evalúa la repetibilidad del sistema de medición. Esto implica analizar la variabilidad de las mediciones cuando se repiten en el mismo elemento bajo las mismas condiciones.
- VII. **Análisis de Reproducibilidad:** Evalúa la reproducibilidad del sistema de medición. Mide la variabilidad introducida por diferentes operadores, equipos o condiciones de medición.
- VIII. **Cálculo de la Capacidad del Sistema de Medición:** Utiliza herramientas estadísticas como el ANOVA (Análisis de Varianza) para calcular la contribución de la repetibilidad y la reproducibilidad a la variación total.
- IX. **Cálculo de Estadísticos de Estabilidad y Precisión:** Calcula índices de estabilidad (como el coeficiente de correlación) y de precisión (como el error estándar de la medición) para evaluar la confiabilidad del sistema.

- X. **Interpretación de Resultados:** Evalúa si el sistema de medición cumple con los estándares de precisión y confiabilidad requeridos para su uso. Se comparan los resultados con los límites aceptables y determina si es necesario realizar ajustes o mejoras.
- XI. **Acciones Correctivas o Mejoras:** En caso de que la precisión o confiabilidad sean insatisfactorias, se deben identificar las causas y realizar mejoras en el sistema de medición, incluyendo calibración, entrenamiento de operadores, ajustes en el equipo, etc.
- XII. **Documentación y Reporte:** Se registran todos los datos, cálculos, conclusiones y acciones tomadas en un informe detallado. Esto servirá como referencia para futuras mediciones y mejoras en el sistema de medición.

Muestreo

Antes de tomar medidas relacionadas con el control de calidad, es esencial disponer de datos. Los datos son fundamentales para mantener los estándares de operación del equipo y controlar los valores característicos de materiales, piezas y procesos en nuestros productos, como tamaño, peso, intensidad, etc. Además, la eficiencia, rendimiento y costos también se pueden considerar como datos, y estos indican la situación de los procesos de un producto, aunque no necesariamente reflejan la calidad del lote.

En muchos casos, los datos se obtienen a través del muestreo, donde una muestra se toma de una población o lote para representar cierto proceso. La finalidad de esto es comprender la naturaleza de cada lote completo y determinar las condiciones de la línea de producción o el método futuro del proceso.

El lote siempre es finito y es el objeto de inspección y evaluación de calidad. Por lo tanto, la recolección de datos de las muestras tomadas tiene como propósito adquirir conocimiento y tomar decisiones basadas en estos datos. Debido a la variabilidad que existe, se pueden medir de diversas maneras, y al evaluar un lote, es necesario estimar la distribución de la frecuencia, que incluye el valor medio y la dispersión.

Sin embargo, por razones económicas y técnicas, medir todo el lote completo a menudo no es factible, por lo que se toman muestras de una parte y se estima el valor medio y la dispersión. Al realizar el muestreo, es importante que este sea preciso, confiable, rápido y económico.

Existen varios tipos de muestreo, incluyendo el muestreo al azar (tomar muestras al azar del lote completo), el muestreo de 2 etapas (dividir el lote en grupos heterogéneos y tomar muestras de ellos), el muestreo estratificado (dividir el lote en grupos homogéneos y tomar muestras de cada uno) y el muestreo agrupado (dividir el lote en grupos heterogéneos y tomar una muestra de uno de ellos, con atención a la proporción de unidades en cada grupo). También existe el muestreo seleccionado, donde se toma una muestra muy representativa de una parte específica del lote para encontrar el valor medio del lote.

Gráficas de control de variables

En todas las gráficas de control de variables, se emplean dos elementos fundamentales: las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión. El propósito es mantener el proceso bajo control estadístico para asegurar la entrega de productos con la calidad necesaria. El aseguramiento de calidad abarca la integración del control estadístico en todas las áreas de la empresa, y el inspector de calidad es responsable de elaborar las gráficas \bar{x} según lo especificado en los planes de control correspondientes. Además, debe graficar los subgrupos necesarios por turno en las diversas gráficas utilizadas para supervisar el proceso. En este sentido, el supervisor de producción desempeña un papel importante al contribuir a mantener la estabilidad del proceso y asegurar que se mantenga bajo control estadístico.

La gráfica $\bar{x} - R$ es una herramienta esencial de control estadístico que permite visualizar y analizar el comportamiento del proceso, lo que facilita la adopción de medidas correctivas necesarias para satisfacer los requisitos del cliente.

Por otro lado, la gráfica $\bar{x} - S$ es una herramienta de control estadístico que se utiliza para examinar y analizar el comportamiento de la materia prima adquirida por la empresa,

con el fin de tomar las medidas correctivas adecuadas y garantizar la satisfacción de los requisitos del cliente.

Capacidad del proceso

Medida que evalúa la capacidad de un proceso de producción o servicio para mantenerse dentro de los límites de especificación y producir productos o servicios que cumplan con los requisitos del cliente. En otras palabras, se refiere a la capacidad de un proceso para fabricar productos o brindar servicios de manera consistente y confiable, sin exceder los límites de tolerancia o especificaciones establecidos.

La capacidad del proceso se puede calcular utilizando diversas métricas y fórmulas, como el índice de capacidad del proceso (C_p), el índice de capacidad del proceso ajustado (C_{pk}), y otros indicadores estadísticos. Estas métricas comparan la variabilidad inherente del proceso con las tolerancias o especificaciones del cliente. Cuanto mayor sea el valor de estas métricas, mayor será la capacidad del proceso para producir productos o servicios dentro de los límites establecidos.

Evaluar y mejorar la capacidad del proceso es fundamental en la gestión de la calidad y la mejora continua, ya que garantiza que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad, reduciendo la variabilidad y minimizando la probabilidad de producir productos defectuosos. Además, una mayor capacidad del proceso generalmente conduce a una mayor satisfacción del cliente y a la reducción de costos asociados con la retrabajos, desechos y reclamaciones.

CAPÍTULO 3.

MARCO

METODOLÓGICO

Para establecer la mejora continua a través del Control Estadístico de Procesos (CEP) en el departamento de calidad se ha planeado la realización de la revisión sistemática de datos primarios de proceso y salida del producto en una empresa internacional que opera dentro de la industria alimenticia, basándose únicamente en la información proporcionada por el área de calidad, es decir, los inspectores del departamento se han dado a la tarea de reunir y filtrar los datos de mayor impacto físico químico en los procesos de sus veintiocho productos con la finalidad del análisis que se presenta en este proyecto de tesis, teniendo en consideración la convergencia de variables cuantitativas y cualitativas.

En el campo de la Ingeniería los estudios mixtos han ido multiplicándose rápidamente alrededor del mundo. Según Sampieri (2014), la metodología de investigación mixta incorpora un enfoque que combina las fortalezas de los métodos cuantitativos y cualitativos para brindar una comprensión más profunda y completa de un fenómeno de estudio. Esta metodología se ha convertido en una herramienta valiosa para investigadores en diversos campos, debido a sus múltiples ventajas:

1. Triangulación: La metodología mixta permite contrastar y enriquecer los hallazgos obtenidos a través de diferentes métodos, logrando una mayor solidez y confiabilidad en las conclusiones. Esta triangulación potencia la correlación de los datos hacia una comprensión más integral del problema de investigación.

2. Complejidad y profundidad: Actualmente los fenómenos de estudio suelen multidimensionales, requiriendo un enfoque integral que capture sus diversas facetas. La metodología mixta, al combinar datos cuantitativos y cualitativos, permite abordar esta complejidad desde diferentes ángulos, ofreciendo una visión más profunda y matizada del fenómeno.

3. Indagación y definición: La investigación mixta posibilita tanto la exploración del tema de estudio para generar nuevas ideas y comprensiones, como la explicación de las relaciones causales entre variables.

4. Adaptabilidad: La metodología mixta no se limita a un diseño rígido, sino que permite adecuar las necesidades específicas de cada investigación. Esta flexibilidad la hace útil para abordar una amplia gama de problemas de investigación en diferentes contextos.

La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permite compensar las debilidades de cada uno y aprovechar sus fortalezas. Los datos cuantitativos aportan rigurosidad y generalización, mientras que los datos cualitativos brindan profundidad, detalle y comprensión del contexto.

En palabras de Sampieri dentro del libro Metodología de la Investigación (2014), "la investigación mixta no busca sustituir a los métodos cuantitativos o cualitativos, sino más bien complementarlos y fortalecerlos". Perfilándose como una herramienta invaluable para investigadores que buscan obtener una comprensión profunda, completa y confiable de fenómenos complejos en diversos campos del conocimiento.

Siguiendo esta metodología, para la investigación que se presenta en esta tesis, se ha realizado una recopilación exhaustiva de información cuantitativa relevante para la producción hacia la obtención de los valores entre los cuales se hallan las características de los productos reales contra las buscadas por departamento de calidad y a su vez, se encuentran relacionados con los distintos aspectos cualitativos vinculados a producción. Triangulando así la información hacia una agudeza estadística más integral del problema de investigación.

En años anteriores la información de la capacidad de los procesos manejados en la empresa fue inexistente e irrelevante tanto para la dirección como para la producción, es por esto que se busca que la estructura de los datos utilizados garantice la obtención de resultados representativos y confiables que permitan optimizar el sistema y mejorar la calidad del producto final, comenzando con la estratificación y digitalización de la información de las hojas de verificación disponibles en el departamento de calidad, con el propósito de homologar las características que nos aportan valor a los productos.

Para el análisis del sistema de última etapa de la producción, se ha considerado supervisar y registrar regularmente datos de los procesos en un periodo de seis meses para detectar tendencias, desviaciones y anomalías, e implementar un sistema CEP para que todo

sea desarrollado en tiempo real, en otras palabras, las variables de salida son las correspondientes al periodo comprendido entre octubre del 2023 y abril del 2024. La selección de este periodo responde a la ausencia de modificaciones significativas en el personal y en el proceso durante dicho lapso, lo que garantiza la obtención de resultados con evidencia contundente del comportamiento del sistema.

Cabe destacar que el sistema de la última etapa se caracteriza por su alta complejidad y volumen de producción. Se trata de un proceso masivo que genera millares de piezas por día, requiriendo el muestreo y medición de decenas de estas partes de cada una de las categorías existentes dentro del repertorio de la empresa, se tiene un total de veintiocho productos diferentes, y cada uno ramifica su presentación de diferentes maneras, es decir, finalmente estamos tratando con una gama de ciento ocho productos que salen al mercado. Consecuente a todo el producto diario generado por la empresa, concientizar al personal iniciando por la alta dirección, sobre la importancia de la aplicación del CEP en el proceso representa una iniciativa a través de proponer medidas preventivas a mediano plazo, que contribuirán y justificarán la mejora continua en la elaboración de los productos.

Atendiendo a lo anterior, históricamente se ha demostrado que el 85% de los desafíos de calidad pueden abordarse mediante la gestión, mientras que el 15% restante, requiere intervenciones en el entorno operativo. Dicho de otra manera, JL Alzueta señala en su tesis del 2012 que “el análisis realizado por Kaouru Ishikawa, demuestra que los trabajadores son únicamente responsables del 15% de los errores, mientras la gestión llevada a cabo por la gerencia es la responsable del 85% de los errores o irregularidades”.

El periodo de análisis de este nuevo programa busca conocer el desenvolvimiento operativo actual de la empresa, para después implementar el control y la futura mejora de los productos que comprenden un total de 510 subgrupos, cada uno compuesto por entre diez y doce registros de producción en calidad; es decir, se examina el comportamiento de poco más de 5100 datos. Esta estructura manejada permite realizar un análisis detallado del comportamiento del sistema en propiedades físicas: peso bruto, peso neto y dimensiones de los productos; y propiedades químicas: humedad, pH, prueba de ceniza y contenido de grasa,

entre otras; las cuales genera el departamento de producción delegando sus mediciones constantes al quipo de calidad durante el periodo elegido.

CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los métodos estadísticos de control de calidad son útiles para identificar problemas en el área operativa, permitiendo su detección y solución. Por lo que, en un principio se sometió a los responsables de las mediciones, a un estudio de repetitividad y reproducibilidad largo para demostrar la precisión de los datos plasmados en las hojas de medición. De esta manera se evalúa experimentalmente qué parte de la variabilidad que observamos es aplicable al error de medición de peso.

Para realizar el estudio R&R para la variable de salida del proceso, es decir, el peso final de los productos para su empaque y posterior envío, se utilizaron diez partes (muestras del producto con mayor registro de elaboración histórica de la empresa) con tres inspectores que realizaban regularmente la inspección. Cada uno realizó dos veces el registro de peso en gramos, controladas por el evaluador; en la tabla dos se muestran los datos obtenidos y en la tabla tres los resultados de las 60 corridas:

Tabla 2

Estudio R&R para variable de peso de cada inspector

No. De Partes	Inspector 1			Inspector 2			Inspector 3		
	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango
M1	111.5	111.3	0.2	111.3	111.3	0	111.2	111.5	0.3
M2	112.6	112.7	0.1	112.6	112.6	0	112.8	112.7	0.1
M3	112.80	112.80	0	113.00	113.00	0	112.80	112.70	0.1
M4	114.00	114.00	0	113.90	113.85	0.05	114.20	113.90	0.3
M5	112.50	112.50	0	112.50	112.30	0.2	112.30	112.40	0.1
M6	112.30	112.50	0.2	112.50	112.40	0.1	112.30	112.50	0.2
M7	112.90	112.90	0	112.80	112.80	0	112.90	113.10	0.2
M8	112.50	112.50	0	112.50	112.60	0.1	112.60	112.60	0
M9	112.00	112.10	0.1	111.90	112.00	0.1	112.00	112.00	0
M10	113.00	113.00	0	112.80	112.80	0	112.90	112.80	0.1
Total	1126.1	1126.3		1125.8	1125.6		1126	1126.2	
Suma	2252.4			2251.4			2252.2		
Promedio	112.62			112.57			112.61		
Rango Promedio			0.06			0.05			0.14

Tabla 3

Resultados de análisis del estudio R&R largo aplicado a los inspectores de calidad

	Desv.Est. (σ)	Var. Estudio (5.15σ)	Análisis de tolerancias
Repetibilidad	0.075262136	0.3876	3.876
Reproducibilidad	0.018355806	0.094532399	0.945323992
Gage R&R total	0.077468217	0.39896132	3.989613196

La variación de los instrumentos de medición (balanzas) muestran una desviación estándar de 0.0752, por lo que su valor extendido calculado es de 0.38, mientras que los inspectores se desvían de la media un 0.01835, traducido a un valor extendido operacional calculado de 0.0945. Esto nos da un análisis de tolerancias global del 3.9896%, concluyendo que la relación de precisión y tolerancia manejados en el departamento de calidad tiene un excelente proceso de medición, el cual se refleja en el siguiente informe de R&R del sistema de medición (Xbara/R). El comportamiento gráfico es apreciable en las figuras tres a ocho.

Figura 3

Componentes de variación

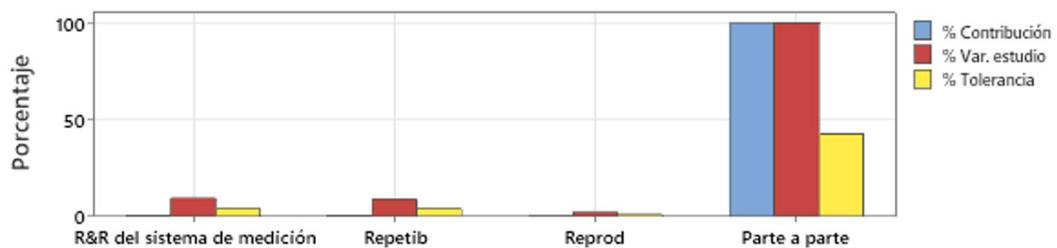


Figura 4

Gráfica R por Inspectores

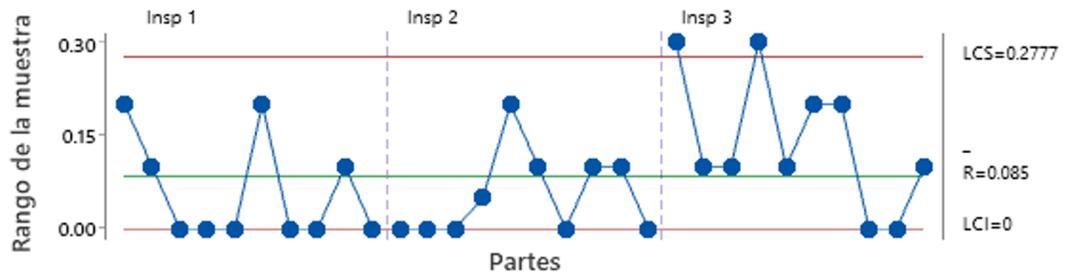


Figura 5

Gráfica X-barra por Inspectores

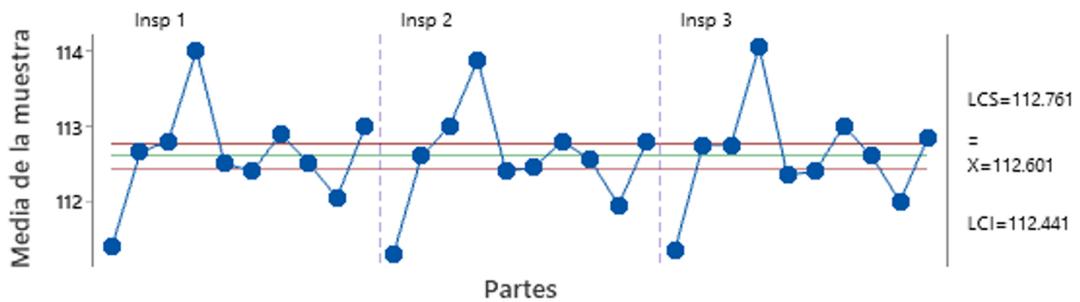


Figura 6

Medición por partes

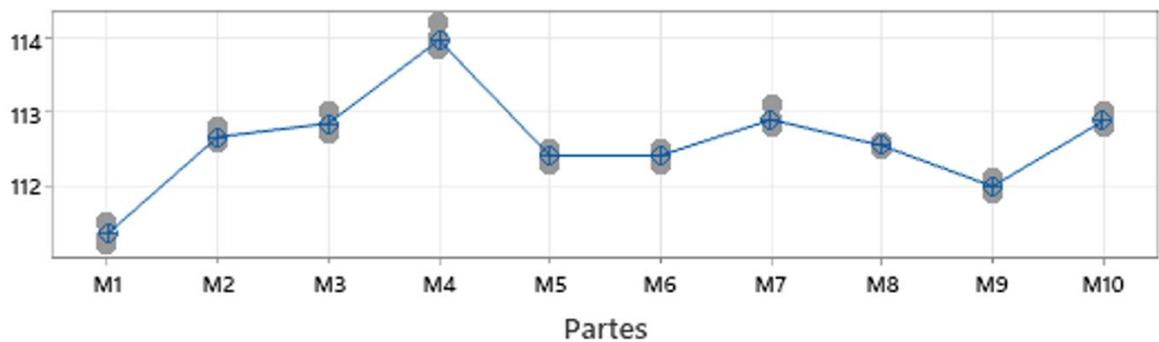


Figura 7

Comparación de la variabilidad de cada Inspector (operadores)

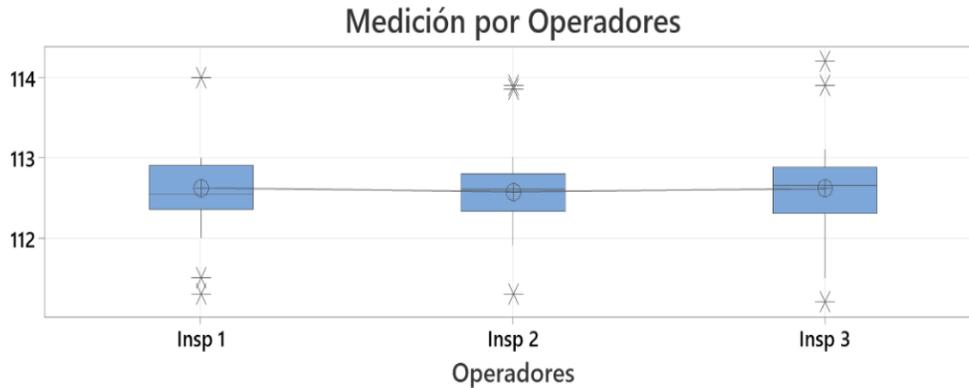


Figura 8

Comparación de la medición media de los Inspectores (operadores)



El estudio de capacidad del instrumento y operador completo puede consultarse en apartado de Tabla de Anexo 1 para los inspectores del departamento de calidad en el registro del producto con mayor registro de elaboración histórica de la empresa denominado ζ , con la presentación de 112 g. bajo la tolerancia manejada por la empresa de ± 10 .

Con esto se concluye que el sistema de medición manejado en el departamento de calidad tiene un excelente desempeño en el proceso de medición, obteniendo que el porcentaje de Repetibilidad y Reproducibilidad es de 3.989% y el cociente entre la variación de medición y la variación total es igual a 9.34% $< 10\%$, de acuerdo con el criterio, el sistema de medición se considera aceptable para el control del proceso. Con un número de categorías

distinguibles n_c de $15.06 > 4$ por lo que afirmamos que la resolución del sistema de medición es adecuada.

La evaluación del sistema de medición por parte del departamento de calidad nos asegura que los inspectores utilizan el instrumento de la misma manera para medir el peso del producto y el sistema de medición es aceptable tanto para controlar el proceso como para distinguir productos no conformes. De manera que el estudio R&R pasa.

Estudio de capacidad y estabilidad.

A través de los procesos de producción de todas las empresas, por la propia naturaleza de las mismas, la manufactura siempre está sujeta a variaciones ineludibles que surgen de una multitud de factores, en el caso específico del presente caso de estudio, las variaciones naturales las obtenemos del mantenimiento de las máquinas, la pericia de los operadores responsables de turno, la eficiencia del trabajo, las temperaturas y velocidades de operación, tiempo de trabajo de las maquinas (fatiga), la calidad de la materia prima utilizada y las condiciones ambientales en las que se desarrolla el proceso.

En las figuras nueve y diez, es posible apreciar los paros y las detecciones de metales que se manifestaron en los productos dentro del periodo del estudio por distintas causas, es posible apreciar que las paqueteras con mayor carga de trabajo y mayores problemas están en las líneas doce a quince. Por tanto, las variaciones inherentes al proceso pueden afectar gravemente la estabilidad y capacidad del sistema. El código, es la manera en que se refiere a los diferentes productos manejados en la empresa.

Con el objetivo de visualizar la variabilidad del proceso a lo largo del tiempo, una vez aprobada la calidad de la confiabilidad de las mediciones brindada por el estudio R&R, y teniendo en cuenta la cantidad de veces que se detuvo la producción, se procede a ilustrar la aplicación práctica del control de calidad. Para abordarlo se presenta el estudio de caso centrado en la variable de “sobrepeso”, el cual cuenta con un alto valor de importancia por parte de la directiva y representa una tendencia significativa en los pedidos de los clientes debido a las exportaciones. Se proyecta un estudio de estabilidad y capacidad sobre las variaciones de este producto en porcentaje, utilizando las cartas de control X-S como herramienta principal, con tamaño de subgrupo igual a doce, hasta completar veintinueve subgrupos repartidos en un periodo de tiempo suficiente como para que se manifieste una variación de largo plazo del proceso. Los datos registrados por el departamento de calidad se encuentran en la tabla cuatro y los resultados obtenidos se muestran en la figura once.

Tabla 4

Registros de las mediciones de la variación, comparada con el estándar en porcentaje, para establecer su monitoreo de estabilidad y capacidad

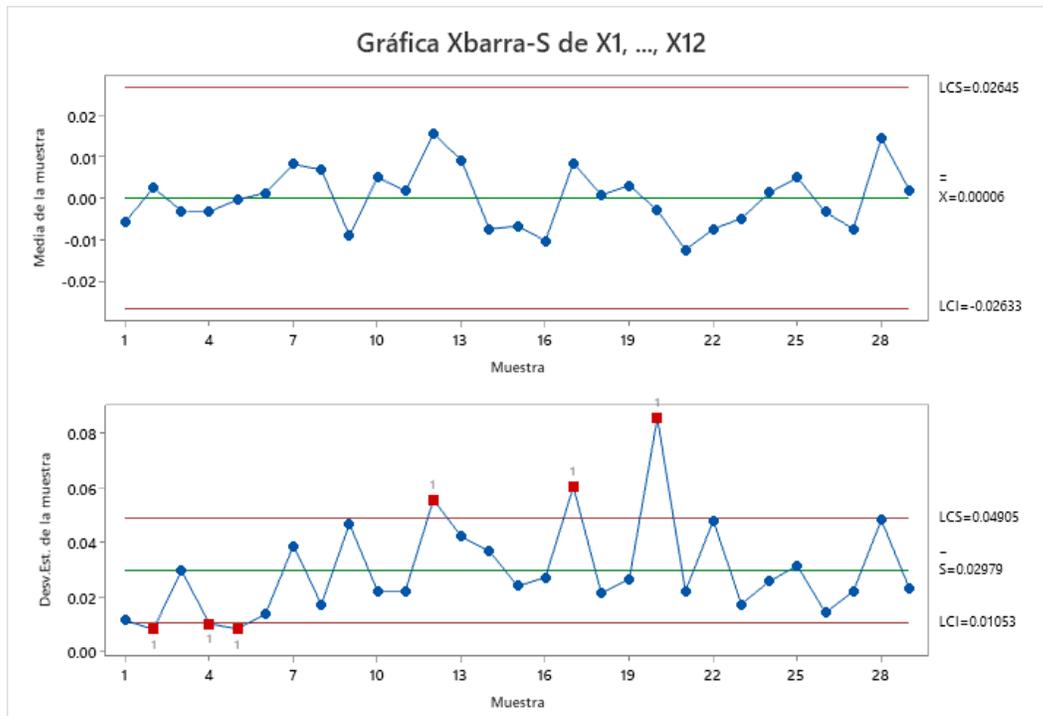
No. Del subgrupo	Subgrupo											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
1	-0.002	0.003	-0.015	-0.03	0.003	0.008	-0.007	0.011	-0.019	-0.007	-0.006	-0.007
2	-0.002	0.008	-0.013	0.004	0.003	0.007	0.004	0.003	0.018	-0.009	0.009	-0.002
3	0.007	-0.009	-0.003	0.013	-0.01	-0.006	6E-04	0.038	0.008	-0.088	1E-04	0.013
4	0.002	0.001	-0.005	0.004	0.007	-0.009	-0.033	-0.004	0.004	-3E-04	-0.003	-0.003
5	-2E-04	0.002	-0.008	0.003	0.006	6E-04	-8E-04	0.02	-0.003	-0.005	-0.016	-0.003
6	0.007	-0.013	-0.007	0.003	9E-04	0.03	0.014	-0.005	-0.006	-0.012	0.019	-0.016
7	-0.004	0.002	0.029	-0.005	0.044	-0.009	-0.005	0.096	0.033	-0.029	-0.058	0.004
8	0.003	0.008	0.023	0.01	0.003	-0.002	0.002	0.01	0.036	0.017	-0.038	0.01
9	0.005	-0.018	-0.043	-8E-04	-0.038	-0.068	0.004	-0.07	0.057	-0.026	-6E-04	0.09
10	-0.009	0.054	-0.004	0.044	-6E-04	-0.003	-0.013	0.006	-0.018	8E-04	-0.011	0.013
11	0.009	-0.024	-0.007	0.009	0.008	0.036	4E-04	0.032	0.023	-0.011	-0.016	-0.039

12	0.016	0.077	-0.081	0.049	-0.035	0.028	-0.033	0.031	-0.01	-0.01	0.13	0.024
13	0.019	-0.035	-0.015	-0.008	0.117	-0.042	0.027	-0.023	0.026	-0.007	0.023	0.028
14	0.013	0.025	-0.059	-0.008	0.008	-0.05	0.047	0.036	-0.064	-0.003	-2E-04	-0.033
15	-0.029	-0.06	-0.007	-0.02	-0.012	0.005	0.01	-0.026	0.025	0.004	0.015	0.015
16	0.007	-0.002	-0.08	-0.013	0.016	-0.012	-0.015	-0.021	-0.005	-0.012	-0.019	0.035
17	-0.019	0.023	0.064	-0.01	-0.024	0.073	-0.146	0.044	0.061	-0.026	0.047	0.013
18	0.028	-0.026	0.019	0.025	0.002	-0.027	-0.013	0.003	-0.027	0.003	-0.009	0.03
19	-0.009	-0.003	-0.013	0.038	0.02	-0.048	0.011	-0.018	0.052	-0.013	0.013	0.006
20	-0.011	-0.017	-0.01	-1E-04	-0.199	0.147	0.029	0.007	0.003	-0.096	0.09	0.022
21	-0.006	-0.042	-0.052	-0.007	8E-04	-0.01	-0.03	-0.024	-0.015	0.01	1E-04	0.028
22	0.013	0.013	-0.13	0.07	-0.016	-0.013	-0.024	0.027	0.004	0.014	-0.045	-0.002
23	-0.041	-7E-04	-0.019	-0.001	-0.01	0.009	0.006	-0.022	0.026	-0.006	0.01	-0.011
24	-0.045	0.023	-0.028	0.007	-0.007	0.04	-0.021	0.007	-0.005	0.017	-0.012	0.038
25	-0.013	-0.025	-0.016	0.017	-0.011	0.021	-0.022	0.027	0.075	0.009	0.033	-0.037
26	0.012	-0.03	0.015	-0.028	-0.005	0.01	7E-04	-0.006	-0.006	0.003	0.006	-0.01
27	-0.013	-6E-04	-0.023	7E-04	-0.067	0.002	-0.002	0.009	0.012	-0.016	0.017	-0.006
28	-0.023	-0.012	0.013	0.158	0.031	-0.011	-0.022	-0.002	0.003	0.006	0.023	0.01
29	0.052	-0.005	-0.013	-0.007	0.016	-0.006	0.011	-0.022	0.028	-0.037	0.003	0.003

Una vez completados los subgrupos determinados anteriormente, y antes del estudio de capacidad, se verifica estadísticamente que los datos no rechazan su procedencia de una distribución normal. Con el análisis de la estabilidad del proceso aseguramos un mejor diagnóstico de la situación actual. La Tabla de Anexo 2 puede consultarse para la obtención de los siguientes gráficos de las cartas de control.

Figura 11

Estudio de estabilidad para la variable de sobrepeso



Si estas variaciones no se monitorean y controlan de manera adecuada, se puede derivar en un impacto negativo sobre la calidad del producto final. Emanado de esto último, se revisó cuidadosamente el conjunto de datos históricos capturados para detectar posibles errores, inconsistencias o valores atípicos.

Aunque los resultados preliminares indican que la tendencia central del proceso está bajo control según la Carta X, la variabilidad en la dispersión del proceso, según la Carta S, es mayor de lo deseable proporcionándonos un índice de inestabilidad de 20.69%. Esto significa que tenemos un impacto en la consistencia y calidad del producto resultante.

Se continúa con una estratificación por peso de los productos para determinar cuál es la que está dispersando más los datos, a continuación, se presenta una tabla con los índices de inestabilidad obtenidos por producto.

Nota. El número de observaciones varía entre productos por la planeación de producción en el periodo de seis meses

Tabla 5

Índice de inestabilidad en las cartas de control de los pesos

Variable	Inestabilidad (St) en cartas de control	
	Medias	Rangos
P11.00	0.00%	0.00%
P16.70	0.00%	60.00%
P56.40	36.36%	9.09%
P66.70	3.36%	9.24%
P75.00	0.00%	0.00%
P79.90	20.00%	0.00%
P82.50	0.00%	5.26%
P83.40	1.15%	5.75%
P100.00	2.00%	6.00%
P112.00	3.85%	12.50%
P121.00	0.00%	0.00%
P125.00	7.69%	0.00%
P137.50	0.00%	0.00%
P300.00	0.00%	0.00%
P376.00	0.00%	0.00%
P799.00	0.00%	0.00%

Su implementación y continua observación permite a los inspectores y analistas de calidad la detección temprana de posibles problemas que podrían afectar la calidad final del producto o servicio. Esta detección oportuna facilita la toma de medidas correctivas antes de que las variaciones se traduzcan en productos o servicios defectuosos.

Al analizar los registros de las propiedades químicas de los productos finales, obtenemos los siguientes índices de inestabilidad presentados en la tabla seis:

Tabla 6

Índice de inestabilidad en las cartas de control de las pruebas de laboratorio

Variable	Inestabilidad (St) en cartas de control	
	Medias	Rangos
HUMEDAD	1.96%	0.00%
PH	7.84%	3.92%
%CENIZA HCl	78.72%	17.02%
%Cont. Grasa	31.91%	17.02%

Por otro lado, en cuanto al estudio de la capacidad de los procesos para las distintas variables, se comienza con la más general: sobrepeso; las especificaciones y tolerancias del departamento de producción fueron respetadas, se establecieron las designadas por la alta dirección como lo aceptable para el proceso en formato de porcentaje, es decir, nuestro objetivo es: cero variaciones negativas de peso y solo se permite el 10% de variación positiva.

Con un total de 510 registros en las hojas de verificación se ha obtenido la información del comportamiento de los datos resumido en la tabla siete.

Tabla 7

Resumen de los datos de capacidad del proceso de la variable “sobrepeso”.

Variable	SOBREPESO				
Conteo total	510	Cp	0.9850	PPM L	76,762.00685
Media	-0.00066	Cr	101%	% Curva dentro de E. a Corto Plazo	99.45246174
Error estándar de la media	0.00146	Cpi	0.9784	PPM fuera de especificaciones	5,475.38
Desv.Est. Largo plazo	0.0330348	Cps	0.9917		

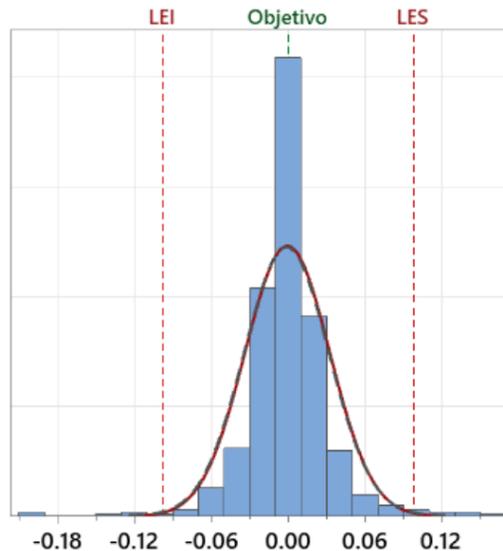
Desv.Est. Corto plazo	0.0331635	Cpk	0.9784
Suma	-0.33751	K	-0.6735%
Mínimo	-0.19878	Tao	0.03304
Q1	-0.01313	Cpm	0.98866
Mediana	-0.0007	Pp	0.9889
Q3	0.01208	Ppi	0.9822
Máximo	0.15825	Pps	0.9955
Rango	0.35702	Ppk	0.9822
Asimetría	-0.39	Zic	2.93515
Curtosis	8.17	Zsc	2.97496
EI	-0.098	Zc	2.93515
ES	0.098	Zil	2.94659
LRI	-0.1002	Zsl	2.98655
LRS	0.0984	Zl	2.9466
Target	0	Zm	-0.01144

El propósito de obtener índices de capacidad a corto plazo como Cp y Cpk, así como sus equivalentes a largo plazo Pp y Ppk, radica en evaluar la capacidad del proceso de producción para cumplir con las especificaciones del cliente, se asegura el hecho de cumplir con las especificaciones de la dirección de la empresa. Las Tablas de Anexo 3 y 4 han sido ocupadas para la obtención de los resultados y su interpretación.

Estos índices proporcionan una medida cuantitativa de la capacidad del proceso para mantenerse dentro de los límites de tolerancia establecidos. Mostrando el comportamiento en el histograma de la figura doce.

Figura 12

Histograma del estudio de capacidad para la variable de sobrepeso.



El histograma es una herramienta gráfica que nos representa la distribución de los datos del proceso. El comportamiento de las frecuencias con la que ocurren diferentes valores visualizados en la figura doce nos permite identificar cualquier sesgo, tendencia o variabilidad en los datos. Mismos que se analizan en la sección de Resultados.

En el estudio de Estabilidad, yendo de lo más general a lo particular, se presenta el resumen del análisis obtenido en calidad sobre la capacidad que tiene producción para la elaboración de cada producto que sale al mercado, estos resúmenes son plasmados en tres tablas con diferente propósito: por la variable de “peso” es mostrado en la tabla ocho los datos cualitativos se han categorizado en los pesos que la empresa maneja en sus productos y lo cuantitativo se ha manejado con los datos proporcionados por los registros del departamento de calidad. Más adelante y con el debido tiempo que le ha tomado a la producción hacerlo, se ha estratificado la información por producto y así se ha diseñado y plasmado en la tabla nueve que es manejada por código.

En cuanto a las variables manejadas a nivel químico en el laboratorio, el resumen del comportamiento de los datos se presenta en la tabla diez.

Tabla 8

Resumen de los datos de capacidad del proceso por peso.

Variable	P11.00	P16.70	P56.40	P66.70	P75.00	P79.90	P82.50	P83.40	P100.0	P112.0
<i>Media</i>	10.227	17.57	56.857	66.623	75.01	79.862	82.735	83.283	100.06	111.97
<i>Error estándar de la media</i>	0.805	1.03	0.55	0.158	0.476	0.97	0.385	0.215	0.3	0.19
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.518	6.239	4.946	5.112	5.575	5.899	4.699	5.378	5.641	4.994
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.5479	6.2826	4.9616	5.1063	5.5854	5.9410	4.7077	5.3877	5.6536	4.9859
<i>Mínimo</i>	1.68	7.37	46.73	56.71	65.24	70.91	72.60	73.41	90.04	102.03
<i>Q1</i>	5.27	11.66	53.83	63.39	70.01	74.96	79.90	78.92	95.42	109.02
<i>Mediana</i>	9.51	17.48	56.71	66.51	75.28	79.75	82.83	83.37	100.22	111.63
<i>Q3</i>	14.63	24.09	60.92	69.83	79.71	86.08	85.54	87.67	104.47	115.43
<i>Máximo</i>	19.94	26.61	66.11	76.71	84.95	89.80	92.38	93.39	109.94	121.99
<i>Rango</i>	18.26	19.24	19.38	20.00	19.71	18.89	19.78	19.98	19.90	19.96
<i>Asimetría</i>	0.29	-0.05	-0.16	0.04	-0.08	0.18	-0.12	-0.03	-0.05	0.03
<i>Curtosis</i>	-1.02	-1.36	-0.54	-0.72	-1.06	-1.20	-0.38	-1.01	-1.05	-0.66
<i>EI</i>	6.00	11.70	51.40	61.70	70.00	74.90	77.50	78.40	95.00	107.00
<i>ES</i>	16.00	21.70	61.40	71.70	80.00	84.90	87.50	88.40	105.00	117.00
<i>LI</i>	-6.33	-1.15	42.02	51.29	58.29	62.17	68.64	67.15	83.14	96.99
<i>LS</i>	26.78	36.29	71.70	81.96	91.74	97.56	96.83	99.42	116.98	126.95
<i>Target</i>	11.00	16.70	56.40	66.70	75.00	79.90	82.50	83.40	100.00	112.00
<i>Cp</i>	0.30	0.27	0.34	0.33	0.30	0.28	0.35	0.31	0.29	0.33
<i>Cr</i>	3.31	3.74	2.97	3.07	3.35	3.54	2.82	3.23	3.38	3.00
<i>Cpi</i>	0.25	0.31	0.37	0.32	0.30	0.28	0.37	0.30	0.30	0.33
<i>Cps</i>	0.35	0.22	0.31	0.33	0.30	0.28	0.34	0.32	0.29	0.34
<i>Cpk</i>	0.25	0.22	0.31	0.32	0.30	0.28	0.34	0.30	0.29	0.33
<i>K</i>	-0.15	0.17	0.09	-0.02	0.00	-0.01	0.05	-0.02	0.01	-0.01
<i>Tao</i>	5.57	6.30	4.97	5.11	5.58	5.90	4.70	5.38	5.64	4.99
<i>Cpm</i>	0.30	0.26	0.34	0.33	0.30	0.28	0.35	0.31	0.30	0.33

<i>Pp</i>	0.30	0.27	0.34	0.33	0.30	0.28	0.35	0.31	0.30	0.33
<i>Ppi</i>	0.26	0.31	0.37	0.32	0.30	0.28	0.37	0.30	0.30	0.33
<i>Pps</i>	0.35	0.22	0.31	0.33	0.30	0.28	0.34	0.32	0.29	0.34
<i>Ppk</i>	0.26	0.22	0.31	0.32	0.30	0.28	0.34	0.30	0.29	0.33
<i>Zic</i>	0.76	0.93	1.10	0.96	0.90	0.84	1.11	0.91	0.90	1.00
<i>Zsc</i>	1.04	0.66	0.92	0.99	0.89	0.85	1.01	0.95	0.87	1.01
<i>Zc</i>	0.76	0.66	0.92	0.96	0.89	0.84	1.01	0.91	0.87	1.00
<i>Zil</i>	0.77	0.94	1.10	0.96	0.90	0.84	1.11	0.91	0.90	1.00
<i>Zsl</i>	1.05	0.66	0.92	0.99	0.90	0.85	1.01	0.95	0.88	1.01
<i>Zl</i>	0.77	0.66	0.92	0.96	0.90	0.84	1.01	0.91	0.88	1.00
<i>Zm</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>PPM L</i>	5.52E+05	5.45E+05	5.52E+05	5.50E+05	5.53E+05	5.53E+05	5.46E+05	5.52E+05	5.53E+05	5.47E+05
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	6.18E+01	5.90E+01	6.60E+01	6.73E+01	6.54E+01	6.38E+01	6.86E+01	6.57E+01	6.48E+01	6.82E+01
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	3.82E+05	4.10E+05	3.40E+05	3.27E+05	3.46E+05	3.62E+05	3.14E+05	3.43E+05	3.52E+05	3.18E+05

Continuación de Tabla 8.

Variable	P121.00	P125.00	P137.50	P300.00	P376.00	P799.00
<i>Media</i>	119.97	125.84	136.78	299.66	375.84	799.05
<i>Error estándar de la media</i>	0.706	0.618	1.06	0.541	0.718	0.578
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	4.294	5.895	4.744	5.248	4.425	5.423
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	4.32407	5.91217	4.80726	5.26268	4.45505	5.43941
<i>Mínimo</i>	111.09	115	129.16	290.44	366.2	789.05
<i>Q1</i>	117.19	121.45	132.02	295.68	373.94	795.21
<i>Mediana</i>	120.48	126.28	137.64	299.38	375.45	798.88
<i>Q3</i>	122.59	131.23	139.88	304.06	378.76	803.66
<i>Máximo</i>	129.95	134.87	144.8	310	385.31	808.77
<i>Rango</i>	18.86	19.87	15.64	19.56	19.11	19.72
<i>Asimetría</i>	-0.34	-0.19	0.08	0.12	-0.26	-0.03
<i>Curtosis</i>	0.08	-1.07	-0.88	-0.86	0.21	-0.88
<i>EI</i>	116	120	132.5	295	371	794
<i>ES</i>	126	130	142.5	305	381	804
<i>LI</i>	107.088	108.155	122.548	283.916	362.565	782.781
<i>LS</i>	132.852	143.525	151.012	315.404	389.115	815.319
<i>Target</i>	121	125	137.5	300	376	799
<i>Cp</i>	0.3854	0.2819	0.3467	0.3167	0.3741	0.3064
<i>Cr</i>	258%	354%	285%	315%	266%	325%
<i>Cpi</i>	0.3060	0.3293	0.2968	0.2952	0.3621	0.3095
<i>Cps</i>	0.4648	0.2345	0.3966	0.3382	0.3861	0.3033
<i>Cpk</i>	0.3060	0.2345	0.2968	0.2952	0.3621	0.3033
<i>K</i>	-20.60%	16.80%	-14.40%	-6.80%	-3.20%	1.00%
<i>Tao</i>	4.41581	5.95455	4.79833	5.25900	4.42789	5.42323
<i>Cpm</i>	0.37743	0.27990	0.34734	0.31692	0.37640	0.30732
<i>Pp</i>	0.3881	0.2827	0.3513	0.3176	0.3766	0.3073

<i>Ppi</i>	0.3082	0.3302	0.3007	0.2960	0.3646	0.3104
<i>Pps</i>	0.4681	0.2352	0.4019	0.3392	0.3887	0.3043
<i>Ppk</i>	0.3082	0.2352	0.3007	0.2960	0.3646	0.3043
<i>Zic</i>	0.91812	0.98779	0.89032	0.88548	1.08641	0.92841
<i>Zsc</i>	1.39452	0.70363	1.18987	1.01469	1.15824	0.91003
<i>Zc</i>	0.91812	0.70363	0.89032	0.88548	1.08641	0.91003
<i>Zil</i>	0.92455	0.99067	0.90219	0.88796	1.09379	0.93122
<i>Zsl</i>	1.40429	0.70568	1.20573	1.01753	1.16610	0.91278
<i>Zl</i>	0.9245	0.7057	0.9022	0.8880	1.0938	0.9128
<i>Zm</i>	-0.00643	-0.00205	-0.01187	-0.00248	-0.00738	-0.00275
<i>PPM L</i>	5.52E+05	5.49E+05	5.53E+05	5.53E+05	5.39E+05	5.52E+05
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	6.60E+01	6.02E+01	6.53E+01	6.52E+01	7.06E+01	6.58E+01
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	2.06E+05	2.59E+05	2.11E+05	2.15E+05	1.65E+05	2.09E+05

Tabla 9

Resumen de los datos de capacidad del proceso por variable en código.

Variable	$\alpha = 66.7$	$\alpha = 83.4$	$\beta = 66.7$	$\gamma = 100$	$\delta = 100$	$\varepsilon = 66.7$	$\varepsilon = 83.4$
Media	66.468	82.611	65.08	99.55	100.11	65.53	82.91
Error estándar de la media	0.47	0.667	0.656	1.47	2.11	1.61	1.06
Desv.Est. Largo plazo	4.677	5.661	3.938	6.901	6.996	6.253	6.557
Desv.Est. Corto plazo	4.629	5.444	3.510	6.905	7.139	6.615	6.525
Mínimo	57.07	73.78	57.782	90.66	90.83	56.73	73.58
Q1	63.194	77.26	61.26	92.24	92.95	61.33	75.92
Mediana	66.422	83.763	65.537	98.53	101.5	63.77	83.15
Q3	69.696	86.779	67.511	105.85	107.17	71.79	89.49
Máximo	76.61	92.805	73.722	109.71	109.92	76.16	93.28
Rango	19.54	19.025	15.94	19.04	19.09	19.43	19.7
Asimetría	0.06	0	0.13	0.14	-0.1	0.28	-0.12
Curtosis	-0.75	-1.27	-0.48	-1.52	-1.67	-1.17	-1.51
EI	61.7	78.4	61.7	95	95	61.7	78.4
ES	71.7	88.4	71.7	105	105	71.7	88.4
LI	52.43	65.62	53.266	78.847	79.122	46.771	63.239
LS	80.49	99.59	76.894	120.25	121.09	84.289	102.58
Target	66.7	83.4	66.7	100	100	66.7	83.4
Cp	0.360	0.306	0.474	0.241	0.233	0.252	0.255
Cr	281%	340%	236%	414%	420%	375%	393%
Cpi	0.343	0.257	0.321	0.219	0.238	0.193	0.23
Cps	0.3767	0.3544	0.6286	0.2631	0.2283	0.3109	0.2805
Cpk	0.3433	0.2578	0.3210	0.2196	0.2283	0.1930	0.2304
K	-4.64%	-15.78%	-32.40%	-9.00%	2.20%	-23.40%	-9.80%
Tao	4.682	5.715	4.258	6.915	6.996	6.361	6.575
Cpm	0.355	0.291	0.391	0.241	0.238	0.261	0.253
Pp	0.356	0.294	0.423	0.241	0.238	0.266	0.254
Ppi	0.339	0.248	0.286	0.219	0.243	0.204	0.229

<i>Pps</i>	0.372	0.340	0.560	0.263	0.233	0.328	0.279
<i>Ppk</i>	0.339	0.248	0.286	0.219	0.233	0.204	0.229
<i>Zic</i>	1.030	0.773	0.962	0.658	0.715	0.578	0.691
<i>Zsc</i>	1.130	1.063	1.885	0.789	0.684	0.932	0.841
<i>Zc</i>	1.030	0.773	0.962	0.658	0.684	0.578	0.691
<i>Zil</i>	1.019	0.743	0.858	0.659	0.730	0.612	0.687
<i>Zsl</i>	1.118	1.022	1.681	0.789	0.698	0.986	0.837
<i>Zl</i>	1.019	0.743	0.858	0.659	0.699	0.612	0.687
<i>Zm</i>	0.0105	0.0296	0.1045	-0.0004	-0.014	-0.03352	0.00337
<i>PPM L</i>	544,499	552,243.5	549,652.0	545,200	547,362	536,572.2	547,830
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	69.09	62.11	67.26	59.00	59.71	56.83	59.88
<i>PPM fuera de especificación</i>	183,047	249,711.6	222,028.8	270,160	260,570	281,485.5	263,268

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\zeta = 16.7$	$\zeta = 66.7$	$\omega = 66.7$	$\omega = 83.4$	$\theta = 137.5$	$\iota = 66.7$	$\iota = 83.4$
<i>Media</i>	17.57	68	64.735	82.592	136.78	67.186	82.63
<i>Error estándar de la media</i>	1.03	1.07	0.866	0.799	1.06	0.451	0.813
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	6.239	5.684	4.243	5.759	4.744	5.294	4.943
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	6.513	5.737	4.313	5.5513	4.85735	5.10582	5.11248
<i>Mínimo</i>	7.37	58.21	57.95	73.451	129.16	56.817	74.605
<i>Q1</i>	11.65	62.19	60.907	77.239	132.03	64.583	78.908
<i>Mediana</i>	17.48	69.48	65.109	83.463	137.64	66.814	82.02
<i>Q3</i>	24.09	72.92	68.053	87.847	139.88	70.648	85.627
<i>Máximo</i>	26.61	76.12	72.802	92.694	144.8	76.602	92.807
<i>Rango</i>	19.24	17.91	14.852	19.244	15.63	19.785	18.202
<i>Asimetría</i>	-0.05	-0.39	0.07	0	0.08	-0.03	0.22
<i>Curtosis</i>	-1.36	-1.29	-0.78	-1.32	-0.88	-0.69	-0.56
<i>EI</i>	11.7	61.7	61.7	78.4	132.5	61.7	78.4
<i>ES</i>	21.7	71.7	71.7	88.4	142.5	71.7	88.4
<i>LI</i>	-1.147	50.948	52.006	65.315	122.548	51.304	67.801
<i>LS</i>	36.287	85.052	77.464	99.869	151.012	83.068	97.459
<i>Target</i>	16.7	66.7	66.7	83.4	137.5	66.7	83.4
<i>Cp</i>	0.255	0.290	0.386	0.3002	0.3431	0.3264	0.3260
<i>Cr</i>	374%	341%	255%	346%	285%	318%	297%
<i>Cpi</i>	0.3004	0.366	0.234	0.2517	0.2937	0.3582	0.2758
<i>Cps</i>	0.2113	0.2149	0.5383	0.3487	0.3925	0.2947	0.3762
<i>Cpk</i>	0.2113	0.2149	0.2346	0.2517	0.2937	0.2947	0.2758
<i>K</i>	17.40%	26.00%	-39.3%	-16.1%	-14.40%	9.720%	-15.40%
<i>Tao</i>	6.299	5.830	4.675	5.81541	4.79833	5.31626	5.00261
<i>Cpm</i>	0.264	0.285	0.356	0.28660	0.34734	0.31350	0.33316
<i>Pp</i>	0.267	0.293	0.392	0.2894	0.3513	0.3148	0.3372
<i>Ppi</i>	0.313	0.3695	0.238	0.2426	0.3007	0.3454	0.2853
<i>Pps</i>	0.220	0.2170	0.547	0.3362	0.4019	0.2842	0.3891

<i>Ppk</i>	0.220	0.2170	0.238	0.2426	0.3007	0.2842	0.2853
<i>Zic</i>	0.901	1.097	0.703	0.75513	0.88114	1.07446	0.82739
<i>Zsc</i>	0.634	0.644	1.614	1.04623	1.17760	0.88409	1.12861
<i>Zc</i>	0.634	0.644	0.703	0.75513	0.88114	0.88409	0.82739
<i>Zil</i>	0.940	1.108	0.715	0.72790	0.90219	1.03627	0.85576
<i>Zsl</i>	0.661	0.650	1.641	1.00851	1.20573	0.85266	1.16731
<i>Zl</i>	0.662	0.651	0.715	0.7279	0.9022	0.8527	0.8558
<i>Zm</i>	-0.0279	-0.0061	-0.0116	0.02722	-0.02105	0.03143	-0.02837
<i>PPM L</i>	542,836	543,897	548,713	551,547	552,955.6	552,893.9	553,321.4
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	58.32	58.62	60.22	61.61	65.04	65.12	63.58
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	269,521	272,186	256,621	383,856	349,606	348,804	364,216

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\kappa = 66.7$	$\kappa = 83.4$	$\lambda = 66.7$	$\lambda = 83.4$	$\mu = 66.7$	$v = 66.7$	$v = 83.4$
<i>Media</i>	66.406	83.732	66.402	84.563	66.293	66.905	83.346
<i>Error estándar de la media</i>	0.407	0.751	0.347	0.762	0.57	0.687	0.613
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.149	5.9601	4.587	5.852	5.955	1.536	4.461
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.21622	6.01397	4.49251	6.111	5.86852	1.634	4.55174
<i>Mínimo</i>	56.742	73.407	57.353	73.644	56.709	65.088	73.408
<i>Q1</i>	63.238	77.532	63.884	79.383	60.833	65.765	81.141
<i>Mediana</i>	66.101	84.599	66.609	85.884	65.756	66.576	82.409
<i>Q3</i>	69.867	89.457	68.951	88.929	71.759	68.209	87.196
<i>Máximo</i>	76.627	92.62	76.496	93.386	76.637	69.309	92.714
<i>Rango</i>	19.884	19.213	19.143	19.742	19.928	4.22	19.306
<i>Asimetría</i>	0.06	-0.19	-0.02	-0.36	0.11	0.89	-0.06
<i>Curtosis</i>	-0.65	-1.32	-0.28	-1.04	-1.17	1.95	-0.28
<i>EI</i>	61.7	78.4	61.7	78.4	61.7	61.7	78.4
<i>ES</i>	71.7	88.4	71.7	88.4	71.7	71.7	88.4
<i>LI</i>	50.959	65.8517	52.641	67.007	48.428	62.297	69.963
<i>LS</i>	81.853	101.6123	80.163	102.119	84.158	71.513	96.729
<i>Target</i>	66.7	83.4	66.7	83.4	66.7	66.7	83.4
<i>Cp</i>	0.3195	0.2771	0.3710	0.2727	0.2840	1.0196	0.3662
<i>Cr</i>	309%	358%	275%	351%	357%	92%	268%
<i>Cpi</i>	0.3007	0.2955	0.3489	0.3362	0.2609	1.0614	0.3622
<i>Cps</i>	0.3383	0.2587	0.3931	0.2093	0.3071	0.9778	0.3701
<i>Cpk</i>	0.3007	0.2587	0.3489	0.2093	0.2609	0.9778	0.3622
<i>K</i>	-5.880%	6.6400%	-5.9600%	23.260%	-8.1400%	4.10%	-1.0800%
<i>Tao</i>	5.15739	5.96934	4.59667	5.96645	5.96889	1.5496	4.46133
<i>Cpm</i>	0.32316	0.27920	0.36258	0.27934	0.27923	1.0755	0.37358
<i>Pp</i>	0.3237	0.2796	0.3633	0.2848	0.2799	1.0851	0.3736

Ppi	0.3047	0.2982	0.3417	0.3510	0.2571	1.1296	0.3696
Pps	0.3427	0.2611	0.3850	0.2186	0.3027	1.0406	0.3776
Ppk	0.3047	0.2611	0.3417	0.2186	0.2571	1.0406	0.3696
Zic	0.90219	0.88660	1.04663	1.00851	0.78265	3.1843	1.08662
Zsc	1.01491	0.77619	1.17930	0.62788	0.92136	2.9335	1.11034
Zc	0.90219	0.77619	1.04663	0.62788	0.78265	2.9335	1.08662
Zil	0.91396	0.89462	1.02507	1.05314	0.77128	3.3886	1.10872
Zsl	1.02816	0.78321	1.15500	0.65567	0.90798	3.1217	1.13293
Zl	0.9140	0.7832	1.0251	0.6557	0.7713	3.1217	1.1087
Zm	-0.01178	-0.00702	0.02156	-0.02779	0.01137	-0.1882	-0.02210
PPM L	552,420.8	552,332.4	542,889.2	542,205.4	552,528.9	77,000	538,488.83
% Curva dentro de E. a Corto Plazo	65.61	62.19	69.54	58.16	62.36	99.45	70.62
PPM fuera de especificaciones	343,885.8	378,130.81	304,625.71	418,441.09	376,375.60	5,545.7	161,454.89

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\xi = 66.7$	$\xi = 83.4$	$\sigma = 100$	$\sigma = 112$	$\sigma = 125$	$\pi = 100$	$\pi = 112$
<i>Media</i>	67.068	83.997	99.658	111.57	132.7	100.94	113.14
<i>Error estándar de la media</i>	0.612	0.995	0.647	0.376	0.768	0.753	0.379
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	4.975	4.558	5.135	4.723	1.8806	5.429	5.011
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	4.89878	4.3959	5.25731	4.61881	1.97646	5.49202	5.00508
<i>Mínimo</i>	57.808	75.433	90.458	102.12	130.44	90.78	102.03
<i>Q1</i>	64.155	80.924	95.936	109.05	130.49	97.49	109.7
<i>Mediana</i>	66.928	83.328	99.868	111.36	133.04	101.41	113.14
<i>Q3</i>	70.04	88.288	102.967	114.63	134.54	105.2	117.79
<i>Máximo</i>	76.705	90.025	109.31	121.99	134.7	109.86	121.98
<i>Rango</i>	18.898	14.592	18.852	19.87	4.27	19.08	19.95
<i>Asimetría</i>	0.05	-0.47	-0.03	-0.02	-0.37	-0.29	-0.12
<i>Curtosis</i>	-0.57	-0.88	-0.77	-0.28	-2	-0.87	-0.79
<i>EI</i>	61.7	78.4	95	107	120	95	107
<i>ES</i>	71.7	88.4	105	117	130	105	117
<i>LI</i>	52.143	70.323	84.253	97.401	127.0582	84.653	98.107
<i>LS</i>	81.993	97.671	115.063	125.739	138.3418	117.227	128.173
<i>Target</i>	66.7	83.4	100	112	125	100	112
<i>Cp</i>	0.3402	0.3791	0.3170	0.3608	0.8433	0.3035	0.3330
<i>Cr</i>	299%	273%	308%	283%	113%	326%	301%
<i>Cpi</i>	0.3653	0.4244	0.2953	0.3298	2.1419	0.3605	0.4089
<i>Cps</i>	0.3152	0.3339	0.3387	0.3919	-0.4554	0.2464	0.2571
<i>Cpk</i>	0.3152	0.3339	0.2953	0.3298	-0.4554	0.2464	0.2571
<i>K</i>	7.3600%	11.9400%	-6.8400%	-8.6000%	154.0000%	18.8000%	22.8000%
<i>Tao</i>	4.98859	4.59693	5.14638	4.74253	7.92633	5.50978	5.13904
<i>Cpm</i>	0.33410	0.36256	0.32385	0.35143	0.21027	0.30249	0.32431
<i>Pp</i>	0.3350	0.3657	0.3246	0.3529	0.8862	0.3070	0.3326

Ppi	0.3597	0.4093	0.3024	0.3225	2.2511	0.3647	0.4084
Pps	0.3104	0.3220	0.3468	0.3832	-0.4786	0.2493	0.2568
Ppk	0.3104	0.3220	0.3024	0.3225	-0.4786	0.2493	0.2568
Zic	1.09578	1.27323	0.88600	0.98943	6.42563	1.08157	1.22675
Zsc	0.94554	1.00162	1.01611	1.17563	-1.36608	0.73925	0.77122
Zc	0.94554	1.00162	0.88600	0.98943	-1.36608	0.73925	0.77122
Zil	1.07899	1.22795	0.90711	0.96761	6.75316	1.09412	1.22530
Zsl	0.93106	0.96599	1.04031	1.14969	-1.43571	0.74784	0.77031
Zl	0.9311	0.9660	0.9071	0.9676	-1.4357	0.7478	0.7703
Zm	0.01449	0.03562	-0.02110	0.02183	0.06963	-0.00858	0.00091
PPM L	550,627.94	546,943.08	552,851.58	547,873.45	61,779.28	550,811.88	552,166.85
% Curva dentro de E. a Corto Plazo	66.79	68.31	65.17	67.98	3.96	61.18	62.05
PPM fuera de especificaciones	204,430.75	195,979.35	210,223.40	195,589.54	776,935.18	248,750.28	243,315.03

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\pi = 125$	$\rho = 66.7$	$\rho = 83.4$	$\zeta = 100$	$\zeta = 112$	$\zeta = 125$	$\sigma = 121$
<i>Media</i>	124.11	66.468	83.154	99.656	111.59	125.54	121.24
<i>Error estándar de la media</i>	1.23	0.799	0.656	0.839	0.324	0.877	0.404
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.915	5.422	4.7302	5.437	4.984	5.618	1.563
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.24815	5.37318	4.87764	5.28613	4.951	5.58334	1.6175
<i>Mínimo</i>	115.13	57.239	73.618	90.365	102.18	115.8	118.62
<i>Q1</i>	119.11	62.67	79.943	95.642	108.52	120.73	119.87
<i>Mediana</i>	123.88	66.539	83.326	99.149	111.26	125.36	121.39
<i>Q3</i>	128.58	70.937	86.28	103.039	114.85	129.94	122.6
<i>Máximo</i>	133.84	76.612	93.382	109.882	121.82	134.73	123.42
<i>Rango</i>	18.71	19.373	19.764	19.517	19.65	18.93	4.8
<i>Asimetría</i>	-0.02	-0.06	0.08	0.2	0.06	0.03	-0.38
<i>Curtosis</i>	-1.19	-0.74	-0.34	-0.78	-0.66	-1.02	-0.97
<i>EI</i>	120	61.7	78.4	95	107	120	116
<i>ES</i>	130	71.7	88.4	105	117	130	126
<i>LI</i>	106.365	50.202	68.9634	83.345	96.638	108.686	116.551
<i>LS</i>	141.855	82.734	97.3446	115.967	126.542	142.394	125.929
<i>Target</i>	125	66.7	83.4	100	112	125	121
<i>Cp</i>	0.3176	0.3102	0.3417	0.3153	0.3366	0.2985	1.0304
<i>Cr</i>	355%	325%	284%	326%	299%	337%	94%
<i>Cpi</i>	0.2610	0.2958	0.3249	0.2936	0.3090	0.3307	1.0799
<i>Cps</i>	0.3741	0.3246	0.3585	0.3370	0.3642	0.2663	0.9809
<i>Cpk</i>	0.2610	0.2958	0.3249	0.2936	0.3090	0.2663	0.9809
<i>K</i>	-17.800%	-4.6400%	-4.9200%	-6.8800%	-8.2000%	10.8000%	4.8000%
<i>Tao</i>	5.98158	5.42696	4.73659	5.44787	5.00084	5.64389	1.58132
<i>Cpm</i>	0.27863	0.30711	0.35187	0.30593	0.33328	0.29530	1.05397
<i>Pp</i>	0.2818	0.3074	0.3523	0.3065	0.3344	0.2967	1.0663

<i>Ppi</i>	0.2316	0.2931	0.3350	0.2855	0.3070	0.3287	1.1175
<i>Pps</i>	0.3319	0.3217	0.3697	0.3276	0.3618	0.2646	1.0151
<i>Ppk</i>	0.2316	0.2931	0.3350	0.2855	0.3070	0.2646	1.0151
<i>Zic</i>	0.78313	0.88737	0.97465	0.88080	0.92709	0.99224	3.23957
<i>Zsc</i>	1.12230	0.97373	1.07552	1.01095	1.09271	0.79881	2.94281
<i>Zc</i>	0.78313	0.88737	0.97465	0.88080	0.92709	0.79881	2.94281
<i>Zil</i>	0.69484	0.87938	1.00503	0.85635	0.92095	0.98612	3.35253
<i>Zsl</i>	0.99577	0.96496	1.10904	0.98289	1.08547	0.79388	3.04543
<i>Zl</i>	0.6948	0.8794	1.0050	0.8564	0.9209	0.7939	3.0454
<i>Zm</i>	0.08829	0.00799	-0.03038	0.02444	0.00614	0.00493	-0.10261
<i>PPM L</i>	552,542.7	552,820.2	548,905.84	552,962.58	551,504.54	552,929.94	75,659.17
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	62.38	65.21	67.58	65.03	66.29	62.80	99.49
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	261,568.6	216,930.5	324,189.67	349,699.76	337,118.18	371,984.80	5,147.60

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\sigma = 75$	$\tau = 83.4$	$\bar{a} = 66.7$	$\bar{a} = 83.4$	$\bar{e} = 100$	$\bar{e} = 112$	$\bar{e} = 125$
<i>Media</i>	75.009	82.977	67.587	83.236	100.36	111.54	126.38
<i>Error estándar de la media</i>	0.476	0.756	0.839	0.908	1.01	0.458	1.31
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.576	4.599	5.629	5.598	6.572	5.12	5.985
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.70275	4.80369	5.37574	4.64094	6.34824	5.15695	6.26754
<i>Mínimo</i>	65.237	73.53	57.096	73.822	90.04	102.6	115
<i>Q1</i>	70.006	79.558	64.257	78.366	94.23	108.32	122.54
<i>Mediana</i>	75.277	82.274	67.525	82.737	99.88	110.88	126.54
<i>Q3</i>	79.708	85.701	71.067	88.573	106.52	115.26	131.7
<i>Máximo</i>	84.949	92.394	76.317	92.764	109.94	121.86	134.87
<i>Rango</i>	19.712	18.864	19.221	18.942	19.9	19.26	19.86
<i>Asimetría</i>	-0.08	0.32	-0.06	0.03	-0.05	0.21	-0.45
<i>Curtosis</i>	-1.06	-0.24	-0.84	-1.21	-1.39	-0.72	-0.68
<i>EI</i>	70	78.4	61.7	78.4	95	107	120
<i>ES</i>	80	88.4	71.7	88.4	105	117	130
<i>LI</i>	58.281	69.18	50.7	66.442	80.644	96.18	108.425
<i>LS</i>	91.737	96.774	84.474	100.03	120.076	126.9	144.335
<i>Target</i>	75	83.4	66.7	83.4	100	112	125
<i>Cp</i>	0.2923	0.3470	0.3100	0.3591	0.2625	0.3232	0.2659
<i>Cr</i>	335%	276%	338%	336%	394%	307%	359%
<i>Cpi</i>	0.2928	0.3176	0.3650	0.3473	0.2814	0.2935	0.3393
<i>Cps</i>	0.2917	0.3763	0.2550	0.3709	0.2436	0.3529	0.1925
<i>Cpk</i>	0.2917	0.3176	0.2550	0.3473	0.2436	0.2935	0.1925
<i>K</i>	0.1800%	-8.4600%	17.7400%	-3.2800%	7.2000%	-9.2000%	27.6000%
<i>Tao</i>	5.57601	4.61841	5.69846	5.60040	6.58185	5.14062	6.14204
<i>Cpm</i>	0.29890	0.36087	0.29248	0.29760	0.25322	0.32421	0.27135
<i>Pp</i>	0.2989	0.3624	0.2961	0.2977	0.2536	0.3255	0.2785

<i>Ppi</i>	0.2994	0.3317	0.3486	0.2880	0.2719	0.2956	0.3553
<i>Pps</i>	0.2984	0.3931	0.2436	0.3075	0.2353	0.3555	0.2016
<i>Ppk</i>	0.2984	0.3317	0.2436	0.2880	0.2353	0.2956	0.2016
<i>Zic</i>	0.87835	0.95281	1.09511	1.04203	0.84433	0.88037	1.01794
<i>Zsc</i>	0.87519	1.12892	0.76510	1.11271	0.73091	1.05877	0.57758
<i>Zc</i>	0.87519	0.95281	0.76510	1.04203	0.73091	0.88037	0.57758
<i>Zil</i>	0.89831	0.99522	1.04583	0.86388	0.81558	0.88672	1.06600
<i>Zsl</i>	0.89509	1.17917	0.73068	0.92247	0.70603	1.06641	0.60485
<i>Zl</i>	0.8951	0.9952	0.7307	0.8639	0.7060	0.8867	0.6048
<i>Zm</i>	-0.01989	-0.04241	0.03442	0.17815	0.02489	-0.00635	-0.02727
<i>PPM L</i>	553,066.93	550,236.82	551,946.73	543,347.6	550,375.4	552,971.15	536,394.37
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	64.88	66.99	61.89	69.41	60.96	65.02	56.79
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	351,222.87	330,126.46	381,144.74	305,876.1	390,438.3	215,155.44	283,338.62

Continuación de Tabla 9.

Variable	İ = 100	İ = 82.5	ö = 121	ö = 82.5	ü = 56.4	ü = 79.9	ü = 799
<i>Media</i>	100.46	81.788	119.11	83.145	56.857	79.863	799.05
<i>Error estándar de la media</i>	1.01	0.817	1.13	0.42	0.55	0.97	0.578
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.4501	5.479	5.295	4.284	4.946	5.899	5.423
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.43446	5.64754	5.57814	4.41317	4.73627	6.07737	5.22669
<i>Mínimo</i>	90.5	72.602	111.09	72.667	46.735	70.909	789.05
<i>Q1</i>	96.68	78.044	114.27	80.225	53.828	74.959	795.21
<i>Mediana</i>	100.34	81.39	119.99	83.186	56.707	79.754	798.88
<i>Q3</i>	104.72	86.101	123	85.414	60.914	86.077	803.66
<i>Máximo</i>	109.14	91.364	129.95	92.376	66.11	89.798	808.77
<i>Rango</i>	18.64	18.762	18.86	19.709	19.375	18.889	19.72
<i>Asimetría</i>	-0.21	-0.04	0.17	-0.01	-0.16	0.18	-0.03
<i>Curtosis</i>	-1	-0.97	-0.81	-0.09	-0.54	-1.2	-0.88
<i>EI</i>	95	77.5	116	77.5	51.4	74.9	794
<i>ES</i>	105	87.5	126	87.5	61.4	84.9	804
<i>LI</i>	84.1097	65.351	103.225	70.293	42.019	62.166	782.781
<i>LS</i>	116.8103	98.225	134.995	95.997	71.695	97.56	815.319
<i>Target</i>	100	82.5	121	82.5	56.4	79.9	799
<i>Cp</i>	0.3067	0.2951	0.2988	0.3777	0.3519	0.2742	0.3189
<i>Cr</i>	327%	329%	318%	257%	297%	354%	325%
<i>Cpi</i>	0.3349	0.2531	0.1858	0.4264	0.3841	0.2722	0.3221
<i>Cps</i>	0.2785	0.3371	0.4117	0.3289	0.3197	0.2763	0.3157
<i>Cpk</i>	0.2785	0.2531	0.1858	0.3289	0.3197	0.2722	0.3157
<i>K</i>	9.2000%	-14.2400%	-37.8000%	12.9000%	9.1400%	-0.7400%	1.0000%
<i>Tao</i>	5.46948	5.52507	5.62220	4.33228	4.96707	5.89912	5.42323
<i>Cpm</i>	0.30472	0.30166	0.29644	0.38471	0.33554	0.28253	0.30732
<i>Pp</i>	0.3058	0.3042	0.3148	0.3890	0.3370	0.2825	0.3073

Ppi	0.3339	0.2609	0.1958	0.4392	0.3678	0.2804	0.3104
Pps	0.2777	0.3475	0.4337	0.3389	0.3062	0.2846	0.3043
Ppk	0.2777	0.2609	0.1958	0.3389	0.3062	0.2804	0.3043
Zic	1.00470	0.75927	0.55753	1.27913	1.15217	0.81664	0.96619
Zsc	0.83541	1.01141	1.23518	0.98682	0.95919	0.82881	0.94706
Zc	0.83541	0.75927	0.55753	0.98682	0.95919	0.81664	0.94706
Zil	1.00182	0.78262	0.58735	1.31769	1.10332	0.84133	0.93122
Zsl	0.83301	1.04253	1.30123	1.01657	0.91852	0.85387	0.91278
Zl	0.8330	0.7826	0.5873	1.0166	0.9185	0.8413	0.9128
Zm	0.00240	-0.02336	-0.02981	-0.02975	0.04067	-0.02469	0.03428
PPM L	553,358.27	551,719.36	533,757.15	548,063.69	549,871.88	553,221.93	550,548.26
% Curva dentro de E. a Corto Plazo	63.80	61.73	56.24	67.91	67.16	63.29	66.83
PPM fuera de especificaciones	228,146.67	240,335.10	287,571.48	183,744.54	207,462.94	226,134.89	208,851.67

Continuación de Tabla 9.

Variable	F = 100	G = 66.7	G = 83.4	H = 66.7	H = 83.4	ü = 100	ü = 11
<i>Media</i>	100.14	67.8	82.982	67.104	84.239	99.561	10.227
<i>Error estándar de la media</i>	0.739	1.24	0.646	0.562	0.804	0.885	0.805
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.279	5.096	5.128	5.023	5.145	5.666	5.518
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.17903	5.16956	5.28958	5.15708	4.68795	5.5446	5.5182
<i>Mínimo</i>	90.24	59.04	73.791	57.168	74.064	90.051	1.68
<i>Q1</i>	95.48	63.53	79.013	63.815	81.017	93.874	5.266
<i>Mediana</i>	101.2	68.06	82.307	67.162	83.277	100.705	9.509
<i>Q3</i>	103.21	72.35	86.09	70.509	88.128	103.591	14.626
<i>Máximo</i>	109.46	75.83	93.148	76.651	93.083	109.462	19.944
<i>Rango</i>	19.22	16.79	19.357	19.483	19.019	19.411	18.264
<i>Asimetría</i>	-0.05	-0.2	0.35	-0.01	0.06	-0.13	0.29
<i>Curtosis</i>	-0.94	-1.09	-0.67	-0.67	-0.68	-0.96	-1.02
<i>EI</i>	95	61.7	78.4	61.7	78.4	95	6
<i>ES</i>	105	71.7	88.4	71.7	88.4	105	16
<i>LI</i>	84.303	52.512	67.598	52.035	68.804	82.563	-6.327
<i>LS</i>	115.977	83.088	98.366	82.173	99.674	116.559	26.781
<i>Target</i>	100	66.7	83.4	66.7	83.4	100	11
<i>Cp</i>	0.3218	0.3224	0.3151	0.3232	0.3555	0.3006	0.3020
<i>Cr</i>	317%	306%	308%	301%	309%	340%	331%
<i>Cpi</i>	0.3308	0.3933	0.2887	0.3493	0.4152	0.2742	0.2553
<i>Cps</i>	0.3128	0.2515	0.3414	0.2971	0.2959	0.3270	0.3487
<i>Cpk</i>	0.3128	0.2515	0.2887	0.2971	0.2959	0.2742	0.2553
<i>K</i>	2.8000%	22.0000%	-8.3600%	8.0800%	16.7800%	-8.7800%	-15.4600%
<i>Tao</i>	5.28086	5.21337	5.14501	5.03922	5.21296	5.68298	5.57188
<i>Cpm</i>	0.31561	0.31969	0.32394	0.33074	0.31972	0.29327	0.29912
<i>Pp</i>	0.3157	0.3271	0.3250	0.3318	0.3239	0.2942	0.3020

<i>Ppi</i>	0.3246	0.3990	0.2978	0.3586	0.3783	0.2683	0.2553
<i>Pps</i>	0.3069	0.2551	0.3522	0.3050	0.2696	0.3200	0.3487
<i>Ppk</i>	0.3069	0.2551	0.2978	0.3050	0.2696	0.2683	0.2553
<i>Zic</i>	0.99246	1.17998	0.86623	1.04788	1.24553	0.82260	0.76601
<i>Zsc</i>	0.93840	0.75442	1.02428	0.89120	0.88759	0.98095	1.04617
<i>Zc</i>	0.93840	0.75442	0.86623	0.89120	0.88759	0.82260	0.76601
<i>Zil</i>	0.97367	1.19702	0.89353	1.07585	1.13489	0.80498	0.76604
<i>Zsl</i>	0.92063	0.76531	1.05655	0.91499	0.80875	0.95994	1.04621
<i>Zl</i>	0.9206	0.7653	0.8935	0.9150	0.8087	0.8050	0.7660
<i>Zm</i>	0.01777	-0.01089	-0.02729	-0.02379	0.07885	0.01763	-0.00003
<i>PPM L</i>	550,987.04	551,517.47	553,201.33	552,727.39	552,815.01	553,284.29	551,980.55
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	66.60	61.60	64.63	65.31	65.21	63.45	61.91
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	206,952.81	244,524.31	213,508.88	208,316.57	234,016.42	234,928.18	244,347.17

Continuación de Tabla 9.

Variable	$\bar{x} = 300$	$\bar{x} = 376$
<i>Media</i>	299.66	375.84
<i>Error estándar de la media</i>	0.541	0.718
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	5.248	4.425
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	5.389	4.5976
<i>Mínimo</i>	290.44	366.2
<i>Q1</i>	295.68	373.94
<i>Mediana</i>	299.38	375.45
<i>Q3</i>	304.06	378.76
<i>Máximo</i>	310	385.31
<i>Rango</i>	19.56	19.11
<i>Asimetría</i>	0.11	-0.26
<i>Curtosis</i>	-0.86	0.21
<i>EI</i>	295	371
<i>ES</i>	305	381
<i>LI</i>	283.916	362.565
<i>LS</i>	315.404	389.115
<i>Target</i>	300	376
<i>Cp</i>	0.3093	0.3625
<i>Cr</i>	315%	266%
<i>Cpi</i>	0.2882	0.3509
<i>Cps</i>	0.3303	0.3741
<i>Cpk</i>	0.2882	0.3509
<i>K</i>	-6.8000%	-3.2000%
<i>Tao</i>	5.25900	4.42789
<i>Cpm</i>	0.31692	0.37640
<i>Pp</i>	0.3176	0.3766

<i>Ppi</i>	0.2960	0.3646
<i>Pps</i>	0.3392	0.3887
<i>Ppk</i>	0.2960	0.3646
<i>Zic</i>	0.86472	1.05272
<i>Zsc</i>	0.99091	1.12232
<i>Zc</i>	0.86472	1.05272
<i>Zil</i>	0.88796	1.09379
<i>Zsl</i>	1.01753	1.16610
<i>Zl</i>	0.8880	1.0938
<i>Zm</i>	-0.02323	-0.04106
<i>PPM L</i>	553,220.0	542,266.9
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	64.59	69.70
<i>PPM fuera de especificaciones</i>	214,855	165,067.4

Tabla 10

Resumen de los datos de capacidad por variables químicas registradas en el laboratorio

Variable	% MOISTURE	pH	% CENIZA HCl	%Cont. Grasa
<i>Media</i>	1.8233	6.6005	0.04747	12.99
<i>Error estándar de la media</i>	0.0481	0.0349	0.00525	0.27
<i>Desv.Est. Largo plazo</i>	0.4737	0.3382	0.02676	1.374
<i>Desv.Est. Corto plazo</i>	0.474949	0.339123	0.0270266	1.38814
<i>Mínimo</i>	1.04	5.9594	0.00751	10.497
<i>Mediana</i>	1.8304	6.635	0.04558	13.144
<i>Máximo</i>	3.04	7.2147	0.09473	14.995
<i>Rango</i>	2	1.2553	0.08722	4.498
<i>Asimetría</i>	0.12	-0.17	0.25	-0.14
<i>Curtosis</i>	-0.9	-1.12	-0.92	-0.96
<i>EI</i>	1.56	6.26	0	10
<i>ES</i>	2.26	6.96	0.05	14
<i>LI</i>	0.4022	5.5859	-0.03281	8.868
<i>LS</i>	3.2444	7.6151	0.12775	17.112
<i>Target</i>	1.91	6.61	0.025	12
<i>Cp</i>	0.2456	0.3440	0.3083	0.4803
<i>Cr</i>	406%	290%	321%	206%
<i>Cpi</i>	0.1848	0.3347	0.5855	0.7180
<i>Cps</i>	0.3065	0.3534	0.0312	0.2425
<i>Cpk</i>	0.1848	0.3347	0.0312	0.2425
<i>K</i>	-24.7714%	-2.7143%	89.8800%	49.5000%
<i>Tao</i>	0.48157	0.33833	0.03494	1.69351
<i>Cpm</i>	0.24226	0.34483	0.23849	0.39366
<i>Pp</i>	0.2463	0.3450	0.3114	0.4852
<i>Ppi</i>	0.1853	0.3356	0.5913	0.7254

<i>Pps</i>	0.3073	0.3543	0.0315	0.2450
<i>Ppk</i>	0.1853	0.3356	0.0315	0.2450
<i>Zic</i>	0.55438	1.00406	1.75642	2.15396
<i>Zsc</i>	0.91947	1.06009	0.09361	0.72759
<i>Zc</i>	0.55438	1.00406	0.09361	0.72759
<i>Zil</i>	0.55584	1.00680	1.77392	2.17613
<i>Zsl</i>	0.92189	1.06298	0.09454	0.73508
<i>Zl</i>	0.5558	1.0068	0.0945	0.7351
<i>Zm</i>	-0.00146	-0.00274	-0.00093	-0.00749
<i>PPM L</i>	533,325.243	546,747.716	430,429.386	550,192.271
<i>% Curva dentro de E. a Corto Plazo</i>	56.16	68.38	43.63	60.87
<i>PPM fuera</i>	438,420.79	316,196.36	563,656.40	391,340.41

Discusión de resultados

Al supervisar y registrar regularmente datos de los procesos en un periodo de seis meses para detectar tendencias, desviaciones y anomalías, e implementar un sistema CEP para que todo sea desarrollado, nos llevó al análisis de las cartas de control revela información importante sobre los procesos evaluados.

Dentro del CEP general en la variable de sobrepesos, los resultados de la Carta X no detectan patrones especiales de observación, lo que sugiere que la tendencia central del proceso se mantiene estable y bajo control respecto a las especificaciones manejadas. Además, el índice de estabilidad St con valor de 0% indica que no hay evidencia de inestabilidad en los datos, lo que implica que la variabilidad del proceso se encuentra dentro de límites aceptables.

Por otro lado, la Carta S sí muestra cierta variabilidad en la dispersión del proceso, con 3 puntos situados fuera del límite inferior y otros 3 fuera del límite superior, el índice de inestabilidad St calculado nos proporciona un valor del 20.69%, lo cual nos representa que esta variabilidad en la dispersión está por encima de lo esperado, indicando que la dispersión del proceso está fluctuando más de lo deseado, en la variable de sobrepeso.

Como ya se había mencionado anteriormente, los resultados preliminares indican que la tendencia central del proceso está bajo control según la Carta X, sin embargo, la variabilidad en la dispersión del proceso según la Carta S, es mayor de lo deseable. Esto significa que tenemos un impacto en la consistencia del producto resultante.

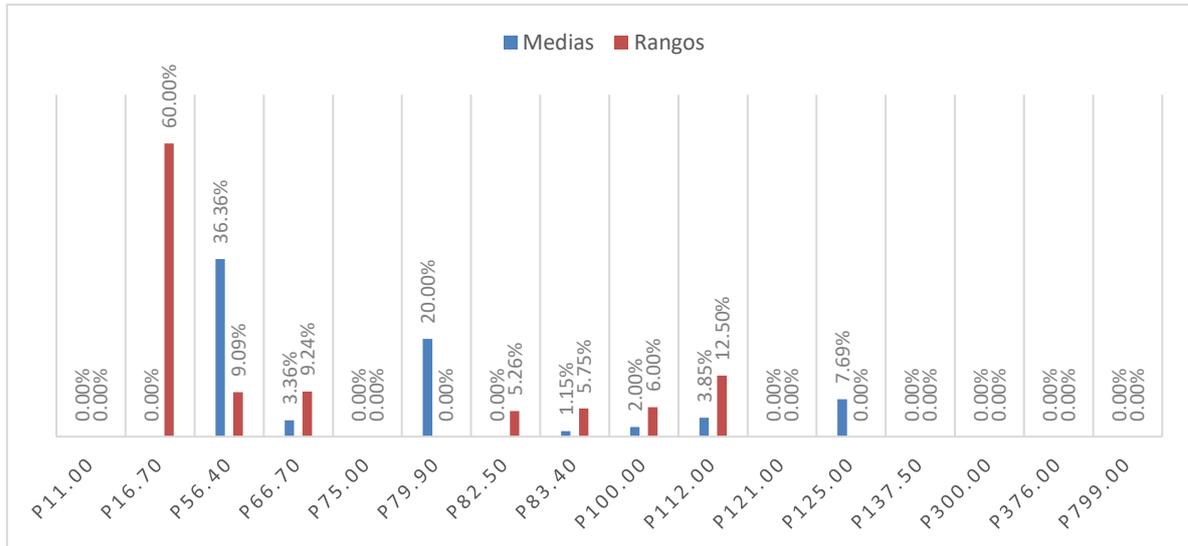
El análisis de la estabilidad de las variables de importancia, para los departamentos de producción y calidad, identifica las causas de la dispersión de los datos del sobrepeso para tomar medidas correctivas en los productos específicos que mejoren la permanencia global del comportamiento del proceso.

La estratificación de resultados propuesta para las medidas preventivas que a mediano plazo contribuyan y justifiquen la mejora continua en la elaboración por producto ayudó a determinar cuál es el que está dispersando más los datos se muestra en las siguientes figuras trece y catorce, ayudando a la visualización del comportamiento de la estabilidad en

cada uno de los pesos y de las variables medidas dentro del laboratorio. Por lo que el objetivo fue cumplido.

Figura 13

Inestabilidad en cartas de control en la variable "peso"



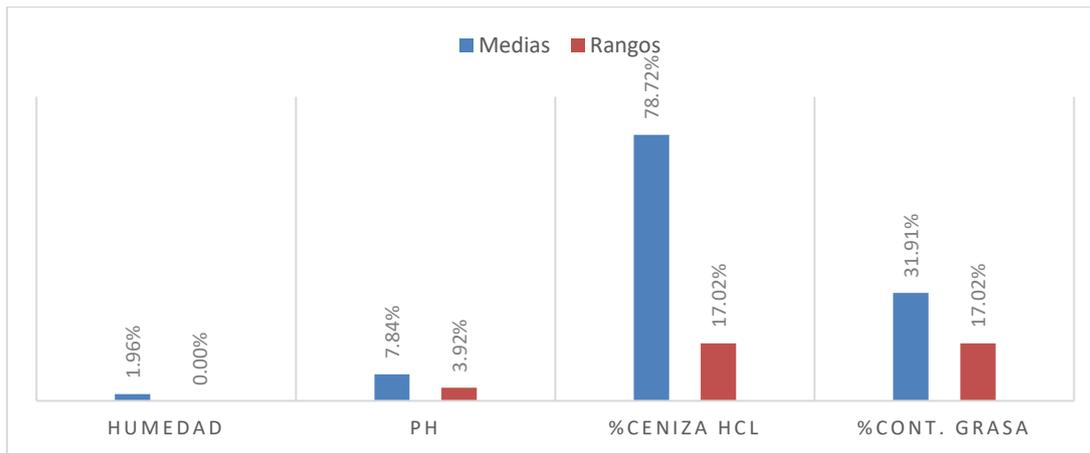
El análisis de estabilidad, realizado a través de cartas de control para las medias y los rangos de peso en gramos, indica que el proceso presenta inestabilidad en diversos puntos. El índice St, utilizado para evaluar la estabilidad del proceso, revela que los pesos que más contribuyen a esta inestabilidad son P16.70 y P56.40 sobrepasando el 20% permitido; y P79.90 justo en el límite. Estos hallazgos sugieren la necesidad de implementar acciones correctivas en las líneas de producción que intervienen en estos productos para controlar y reducir la variabilidad en el peso de los puntos críticos identificados.

Para futuras acciones y recomendaciones se tiene que la carta de control de rangos muestra una mayor variabilidad en los procesos, lo que sugiere la presencia de causas especiales de variación. Un análisis más detallado de los registros de producción y de los parámetros de proceso en estos puntos críticos revela que los paros y las detecciones en las líneas son las causantes de la mayoría de las alteraciones de los datos. Se recomienda continuar realizar un análisis más detallado para identificar las causas específicas de la inestabilidad en cada uno de los pesos críticos. Esto podría involucrar la revisión de registros de mantenimiento, datos de calibración de equipos, condiciones ambientales, y entrevistas

con los operadores, respaldado con herramientas como el análisis de la capacidad del proceso (Cp y Cpk) para la revisión del cumplimiento de las especificaciones y la identificación de oportunidades de mejora, complementando el estudio y garantizando la calidad del producto.

Figura 14

Inestabilidad en cartas de control en las variables del laboratorio



Los resultados respecto a los registros de la parte química de los productos finales muestran a simple vista, los siguientes puntos clave: alta variabilidad en las pruebas de HCl y de grasa, tanto las medias como los rangos presentan valores porcentuales elevados, lo que indica una gran inestabilidad en esta prueba; baja variabilidad en la humedad manejada en los productos y su nivel de pH, los valores de medias y rangos son cercanos a cero, sugiriendo un proceso muy estable para esta variable.

Una vez determinadas las categorías en donde es posible encontrar la inestabilidad de la variable de mayor impacto para la dirección (sobrepesos), se procede a enfocar la atención en determinar si el proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones evaluadas, tenemos que los valores de los índices de capacidad del proceso revelan información crucial sobre el desempeño del caso de estudio.

En cuanto a la distribución de los datos presentados por los inspectores, se observa que la variable de sobrepeso muestra una distribución cercana a una distribución normal, con una mediana próxima a cero y una asimetría ligeramente negativa. La curtosis, que es significativamente mayor que la de una distribución normal, sugiere una distribución con colas más pesadas y picos más altos, notable en el histograma de la figura doce.

Los resultados de C_p , con un valor de 0.985, sugiere que la variabilidad natural del proceso supera la mitad del ancho de especificación, indicando que el proceso no puede cumplir completamente con las especificaciones del cliente sin ajustes adicionales.

Al comparar estos índices con los límites de especificación, tanto C_p como C_{pk} están por debajo de 1 y muy cerca entre sí, lo que señala que la variabilidad del proceso es mayor que la mitad del ancho de especificación. Esto subraya la necesidad de ajustes adicionales que se concluyeron en la estabilidad para cumplir plenamente con las especificaciones de dirección.

Además, los índices de rendimiento del proceso, como C_{pi} , C_{ps} , P_p y P_{pk} , reflejan la poca capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Dado que C_p y C_{pk} están por debajo de 1, estos índices pueden no reflejar con precisión la capacidad real del proceso.

El índice K , que indica la relación entre la variación del proceso y la tolerancia de especificación, sugiere que la variación del proceso es menor que la tolerancia de especificación, lo que muestra un nivel controlado de variación dentro del proceso.

En síntesis, los resultados obtenidos a partir del estudio indican claramente la necesidad de mejoras en el proceso para garantizar una conformidad consistente con las especificaciones. El objetivo de concientizar al personal, iniciando por la alta dirección, sobre la importancia de la aplicación del CEP en el proceso y peticiones de clientes internos y externos fue cumplido conforme los resultados se formaban en los gráficos, puesto que es perceptible para todos que la implementación de los análisis estadísticos adicionales de cada uno de los pesos manejados en la empresa y sus estratificaciones por códigos identificaron cada una de las capacidades de la producción para realizar cada producto. Teniendo como resultado el siguiente resumen de los Estadísticos:

Medias y Medianas casi idénticas: Esto sugiere una distribución aproximadamente simétrica, es decir, los datos se distribuyen de manera relativamente uniforme a ambos lados de la media.

Desviaciones estándar: Tanto en corto como en largo plazo, la desviación estándar es relativamente baja (alrededor de 5 unidades). Esto indica que los datos tienden a estar agrupados cerca de la media, con poca dispersión. La media del error estándar de todos los

productos en sus distintas presentaciones está en un valor de 0.79482, lo que sitúa a los procesos a oscilar con el paso del tiempo entre 5.1443 y 5.1578 en sus desviaciones estándar.

Coefficiente de asimetría cercano a cero: Un valor negativo muy pequeño sugiere una ligera asimetría negativa, pero es prácticamente despreciable. Las asimetrías de los diferentes productos tienden ligeramente a la izquierda, al igual que los resultados de la variable de sobrepeso, sin embargo, la medición de mayor valor está con una asimetría a la derecha con un valor de 0.89 en el producto bajo el código $v = 66.7$.

Curtosis negativa: El hecho de que las mediciones del estadístico de curtosis estén alrededor de -0.8612 indica que la distribución de los datos en todos los códigos tiene la tendencia de mostrarse como "platicúrticos". Esto significa que las colas de tu distribución son más "achatadas" o menos pronunciadas que las de una distribución normal. Lo cual implica que hay menos valores muy alejados de la media en comparación con una distribución normal. La distribución tiene un comportamiento que suele ser más plano y menos "picudo" en el centro. Además de que los datos están más dispersos y menos concentrados en la media. Todo esto nos lleva a la conclusión de que los procesos de generación de datos son diferentes al que produce distribuciones normales. Además de asegurar que existen factores que están causando que los datos se dispersen más de lo esperado.

Target: El valor objetivo de las distintas presentaciones está muy cercano a la media y la mediana, lo que sugiere que el proceso está centrado en el valor deseado.

Si bien hasta ahora en el análisis se identificó un proceso estable y centrado en el objetivo, al incorporar los indicadores de capacidad C, P y Z, se evidencia que el proceso presenta serios problemas de calidad. La variabilidad excesiva y el descentramiento están causando que un alto porcentaje de los productos se encuentren fuera de las especificaciones.

Los indicadores de capacidad de proceso brindan una visión más detallada y cuantitativa del desempeño del proceso. Estos indicadores evalúan qué tan bien el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas. La interpretación generalizada tras la elaboración de las tablas ocho y nueve se describe a continuación:

La capacidad de proceso es Insuficiente: Los valores de **Cp**, **Cpk**, **Pp** y **Ppk** son significativamente menores a 1. Esto indica que el proceso no es capaz de producir productos que consistentemente cumplan con las especificaciones.

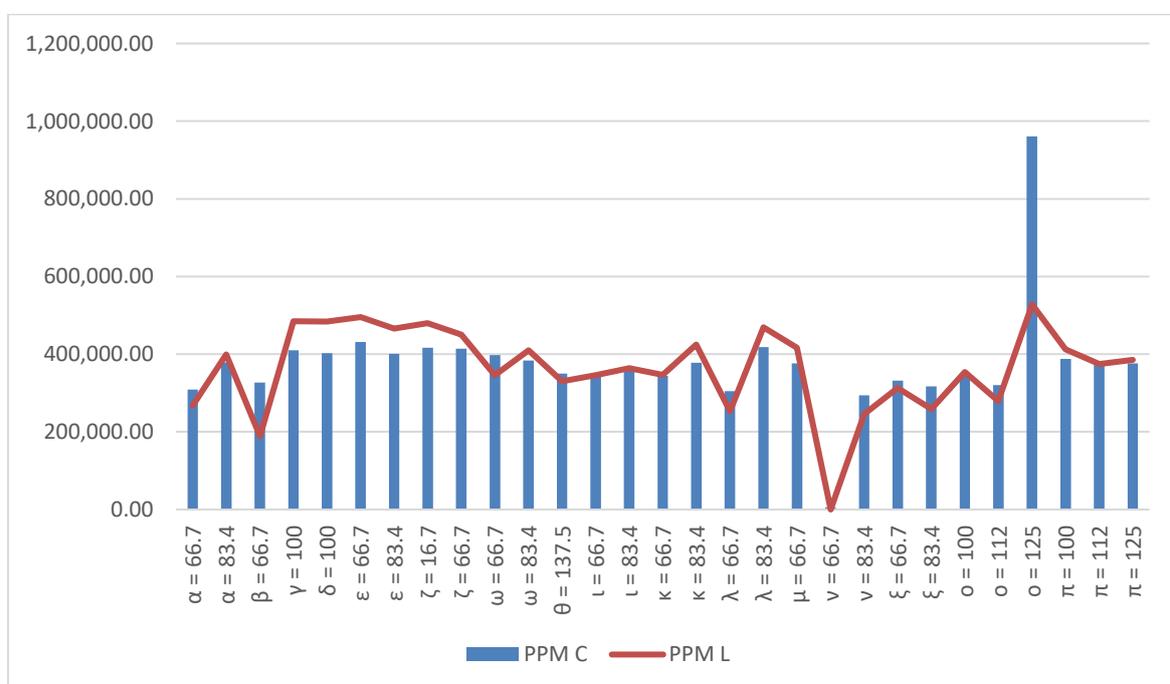
Los procesos se encuentran descentrados en su mayoría: El valor medio de **Cpm** también es bajo, lo que sugiere que la mayor parte de los procesos están descentrados y no se está produciendo en el punto central de la especificación que la directiva ha seleccionado con un gramaje aceptable bajo las especificaciones de +/- 5 g.

Se presenta una variabilidad Excesiva: Los valores de **Cr** y **Zc**, **Zl** indican que existe una variabilidad excesiva en cada proceso analizado, lo que contribuye a que los productos se salgan de los límites de especificación obedeciendo a los **LRI** y **LRS** que efectivamente, salen de las especificaciones.

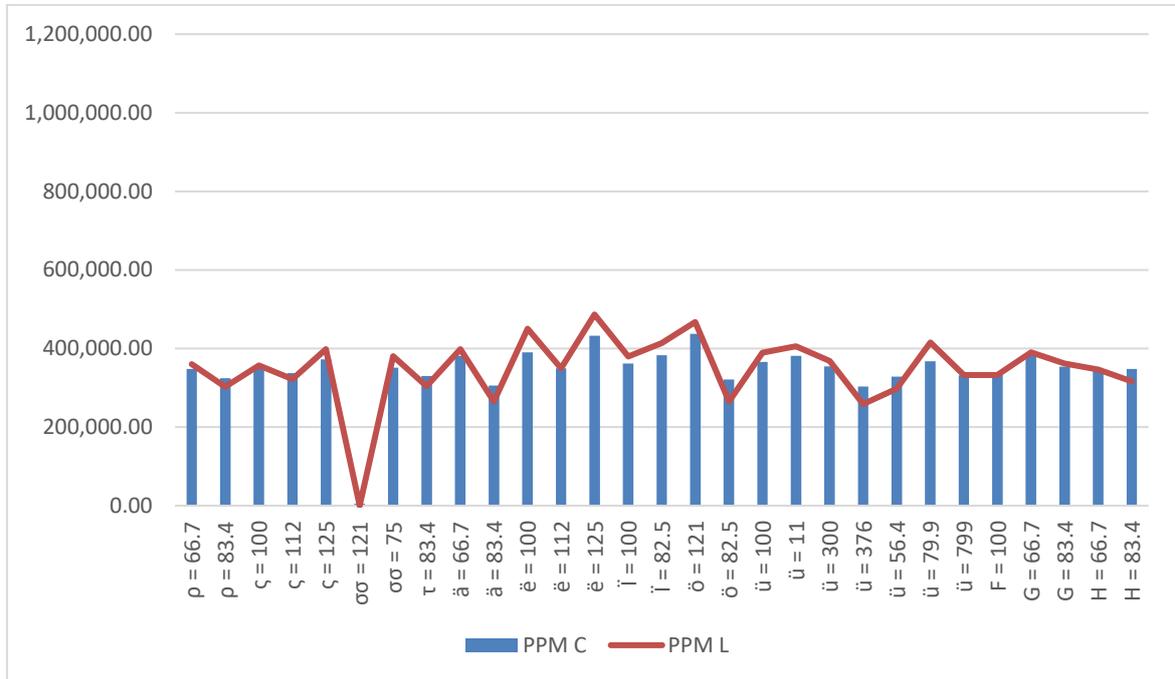
En la figura quince se visualiza el comportamiento de las partes por millón de los productos que se espera salgan de las especificaciones a corto y largo plazo.

Figura 15

PPM fuera de especificación a corto y largo plazo de cada código



Continuación de la figura 15



CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS

El haber supervisado y registrado regularmente los datos que arrojaron los procesos de producción en un periodo de seis meses para detectar tendencias, desviaciones y anomalías, e implementar un sistema CEP para que todo sea desarrollado en tiempo real nos lleva ahora a concluir que la capacidad global actual de la empresa entra en categoría 4, es decir, el C_p promedio de los procesos es menor a 0.67 y con descentrados aceptables debido a sus pequeños valores; la interpretación final es que los procesos no son adecuados para el trabajo y se requieren modificaciones serias para cumplir con las especificaciones planteadas desde un inicio. Sin embargo, en **Zm** apreciamos que el control que se tiene actualmente es capaz de mantenerse a largo plazo en caso de que la empresa desee seguir operando como lo hace, las variaciones del comportamiento a lo largo del tiempo son casi nulas presentando un “control aceptable” ya que los valores son inferiores a 1.5.

Esta información demuestra que la hipótesis general no se cumple en su totalidad ya que los procesos examinados no cumplen con los estándares de calidad establecidos en común acuerdo con los clientes, evidenciando que, si bien el CEP sí realiza la función de analizar los procesos y productos validando así con la hipótesis general, el mismo no garantiza a la empresa por sí mismo el cumplimiento de los requisitos de calidad cuando los procesos presentan deficiencias significativas.

Por lo tanto, es forzoso llevar a cabo modificaciones estructurales y correctivas en los procesos si se quiere que estos sean adecuados y alcancen las especificaciones planteadas; con lo anterior dicho, la primera hipótesis específica que cita “*Implementar el CEP llevará al desarrollo de la mejora continua*” no se cumple, pues su éxito depende de acciones complementarias para solucionar las deficiencias existentes en los procesos.

En palabras de Humberto Gutiérrez dentro su libro Control estadístico de la calidad: “*Una tarea básica para caracterizar y mejorar un proceso es evaluar su estado, ya que en función de esto se podrán recomendar estrategias diferentes*”.

Para este caso de estudio el proceso presenta una evaluación de estado estable e incapaz; se valida como estable porque la variación de los datos a través del tiempo es predecible en el futuro inmediato para cada variable de interés estudiada, sin embargo, los procesos tienen poca capacidad de cumplir con las especificaciones iniciales, traduciéndose en una calidad de categoría cuatro.

Los registros de los departamentos de Producción y Calidad revelan una alta variabilidad en las propiedades fisicoquímicas de los productos finales, lo cual se traduce en la incapacidad de estar dentro de las especificaciones y por ende en una disminución de la calidad, un aumento en la merma y una insatisfacción creciente por parte de los clientes en cuanto a los tiempos de entrega de sus productos.

Una alternativa que podría llegarse a considerar es la revisión de las especificaciones del producto y la posible ampliación de las tolerancias, permitiendo un rango más amplio de aceptación. Esto puede proporcionar flexibilidad al proceso sin comprometer la calidad final del producto. Además, es esencial establecer un plan de acción claro, con roles y responsabilidades definidos, para garantizar la implementación efectiva de las mejoras identificadas.

Los resultados de la tabla diez, es decir, el resumen de los datos de capacidad por variables químicas registradas en el laboratorio, también sitúan a la empresa en una categoría que requiere modificaciones serias, con lo cual se considera que el problema no está en los productos en sí mismos, si no en la materia prima con la que se elaboran, ya que los aspectos físicos son dependientes de los aspectos químicos finales. En los registros impresos es notable que entre más humedad se presenta en los productos (independientemente de su código asignado), el producto tiende a pesar más y aumentar el contenido del % de grasa; y viceversa, entre más seco sea el producto final menos peso es registrado.

Resumiendo, algunas posibles causas de inestabilidad son:

- **Variabilidad en las materias primas:** Si las materias primas utilizadas en las pruebas presentan variaciones en su composición, debido a diferentes proveedores o tiempo de almacenamiento, estas pueden afectar los resultados.
- **Cambios en las condiciones ambientales:** Factores como la temperatura, humedad o presión influyen en los resultados de las pruebas, especialmente en aquellas que son sensibles a estos factores.
- **Desgaste de los equipos:** El desgaste de los equipos de laboratorio con el tiempo estropea su precisión y exactitud.

Para comprobar la correlación de la capacidad ante estas posibles causas con el objetivo de prevenir la reaparición de problemas similares en el futuro, se podría considerar la medición del comportamiento de los productos finales con la intervención de materias primas de diferentes proveedores. Esto obligaría a la empresa a proceder con la revisión de los procesos de control de calidad y la implementación de sistemas de retroalimentación; para garantizar la posterior mejora continua y cumplir con el último objetivo del estudio que es reducir los costos al implementar nuevos programas que permitan un control. En última instancia, es crucial mantener un enfoque proactivo y orientado al progreso para garantizar que el proceso alcance y mantenga los estándares de calidad requeridos.

Como ya se mencionó, el establecer la mejora continua a través del Control Estadístico de Procesos (CEP) en el departamento de calidad apunta a que el proceso no está cumpliendo de manera consistente con las especificaciones dictadas por la dirección y el departamento de calidad, por lo que garantizar la calidad de la producción, al permitir la detección, predicción, corrección y prevención eficaz de posibles desviaciones en los procesos requiere de un mayor esfuerzo por parte de la empresa.

Por otro lado, el análisis de las líneas de producción ha comprobado que de las líneas doce a quince se presentan tasas significativamente mayores de paros y detecciones de metales, lo cual afecta significativamente en el tiempo de entrega del producto al cliente.

Las causas subyacentes a esta problemática se atribuyen principalmente a la falta de un procedimiento estandarizado para el reinicio de las líneas de producción luego de paradas no programadas, lo que conlleva a períodos prolongados de ajuste y puesta a punto. Se propone llevar a cabo una investigación exhaustiva de los registros de mantenimiento y recopilar los datos de calibración de equipos, esto como medidas preventivas que a mediano plazo contribuyan y justifiquen la mejora continua en la elaboración de los productos, así como realizar entrevistas con los operadores, a fin de identificar las variables críticas que influyen en la ocurrencia de paradas y la variabilidad de los productos.

La implementación de un plan de acción basado en los resultados de esta investigación permitirá reducir significativamente los paros de producción, optimizar los tiempos de configuración y garantizar la conformidad de los productos con las especificaciones de calidad exigidas, cumpliendo así con los procedimientos adecuados y con los plazos establecidos por el cliente para la entrega del producto.

Es obligatorio que la compañía comience a buscar la corrección antes que la mejora en lo detectado durante el análisis del control estadístico de procesos; dicho de otra manera, además de identificar áreas de progreso y establecer objetivos, mediante la dinámica continua de expresar opiniones, juicios fundados sobre el proceso (con los aciertos y errores), y la comunicación basada en datos; las empresas (independientemente de su giro), han de implementar acciones correctivas y asegurar la satisfacción del cliente, así como la eficiencia operativa y la rentabilidad a largo plazo.

Para lograr poco a poco la excelencia, se vuelve preciso:

- incorporar el CEP en la cultura organizacional para la evaluación inicial del estado de la empresa y su desarrollo posterior,
- invertir en el entrenamiento del personal y
- aprovechar el potencial de la tecnología.

Para, entonces sí, cumplir en un futuro con la totalidad de la segunda hipótesis específica que plantea que el personal será capaz de adoptar la cultura de la mejora continua basada en normas y controles estadísticos, lo cual los involucrará más y serán más comprometidos con el trabajo. Esta hipótesis, así como el tercer objetivo específico se cumplieron parcialmente puesto que la idea de una cultura de mejora ya es manejada por el personal y la dirección ante los resultados obtenidos, sin embargo, la capacidad de adopción total aún no se logra por falta del establecimiento de un programa que permita llevar a cabo las acciones correctivas inmediatas.

Actualmente, en el corazón de la industria moderna, la búsqueda constante de la perfección en eficiencia y satisfacción del cliente es el objetivo general de los procesos, así que el CEP del proceso en los departamentos de calidad se convierte en una guía invaluable.

La organización debe mostrar su compromiso con la mejora continua y el uso del control estadístico como una herramienta para alcanzar la excelencia. (Kotter, 1996)

Para mantenerse competitivo en el mercado, en lo concerniente a los productos, la búsqueda constante de la mejora en los procesos de calidad de una empresa es más que fundamental. El control estadístico de proceso funge como clave para alcanzar este objetivo.

Sin embargo, la recopilación de datos no es simplemente estadístico y frío. La calidad conlleva a la comunicación, siendo una herramienta que posibilita observar, comprender y

mejorar el comportamiento humano y de los procesos dentro del complejo ambiente de un departamento de calidad.

Mediante el análisis estadístico y su vigilancia constante, el caos se transforma en orden al descubrir patrones ocultos, tanto en el rendimiento individual, como colectivo. Las huellas de la mejora continua son estos patrones, que se convierten en pistas hacia la optimización de procesos y la eliminación de errores y mudas. A base de la recopilación, análisis y presentación de datos, los departamentos de calidad pueden descubrir áreas para mejorar, fijar objetivos y evaluar el avance para entender las variaciones y las causas de los problemas, lo cual lleva a tomar decisiones estratégicas, obteniendo así la evolución en camino a la excelencia.

Una de las ventajas indirectas obtenidas del control estadístico es la facilidad de la comunicación y colaboración entre equipos al crear un lenguaje común entre los diferentes departamentos. La mejora continua es un objetivo compartido, ya que la información fluye de forma transparente creando un entorno favorable para todos los involucrados.

Dentro de la cultura de la calidad, el promover el entendimiento y la utilización responsable de los datos en todas las áreas de la empresa genera un ambiente que favorece la toma de decisiones fundamentada. (Davenport & Patil, 2012)

Se debe considerar el control estadístico como una oportunidad para aprender y mejorar, no como un medio de control o castigo; de ahí surge el aprendizaje continuo. Contar con retroalimentación constante y oportuna es de vital importancia para que los departamentos de calidad puedan identificar oportunidades y tomar medidas anticipadas con las bases adecuadas.

Los empleados deben comprender el propósito del control estadístico y participar activamente en la recopilación y análisis de datos. (Deming, 1986)

El control estadístico no tiene el objetivo principal en sí mismo, sino que es un medio para lograr un fin más alto: la mejora constante de la calidad en beneficio de todos. Recurriendo a un proceso de calidad bien establecido, las compañías pueden detectar y solucionar posibles defectos en sus productos, aumentar la eficiencia de sus operaciones y conservar la satisfacción de sus clientes.

REFERENCIAS

- American Society for Quality (ASQ). (2022). *WHAT IS STATISTICAL PROCESS CONTROL?* <https://asq.org/quality-resources/statistical-process-control>
- Amsden, Butler. *Control Estadístico de Procesos Simplificado*. Ed. panorama, 1ª ed. 1993.
- Angelica M. M., “Métodos estadísticos para el control de la calidad y la mejora continua en la industria de la transformación” IPN Tesis 2010.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5866/A2.748.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Antony, J. (2014). *Six Sigma for service excellence: Leveraging data and people for breakthrough improvement*. McGraw-Hill. 136-159
- Arano C., Cano F. y Olivera G. (2012). *La importancia del entorno general en las empresas*. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad Veracruzana, 06201202, 62-65.
- Artículo. Universidad de Colima, 2023. “Economía y sociedad en APEC: Transiciones poscovid-19.” Coordinadores José Ernesto Rangel Delgado, Dagoberto Amparo Tello Daniel, Ricardo Lemus Delgado.
http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/economia-y-sociedad-digital_534.pdf#page=125
- Baez, Yolanda A; Limon, Jorge; Tlapa, Diego A y Rodriguez, Manuel A. *Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz*. Inf. tecnol. [online]. 2010, vol.21, n.1, pp.63-76. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000100011>
- Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. (n.d.). *Capítulo Sexto. La empresa*. En Manual de Introducción al Derecho Mercantil (pp. 99-107). <http://biblio.juridicas.unam.mx/>
- Campos, V. F. *TQC: Controle da Qualidade Total (estilo japonés)*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- Castillo, C., (2014). *Las transformaciones del concepto de empresa*. Revista latinoamericana de derecho social, 18.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-46702014000100133#fn9

- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2022, diciembre 27). *LEY FEDERAL DEL TRABAJO*. Orden Jurídico Nacional.
<https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo9059.html>
- Corona Cortez, R. E. (2015). *Los métodos estadísticos Como fuente de mejora de la calidad en las empresas de manufactura*. *NovaRUA*, 6(10), 16-25.
<https://doi.org/10.20983/novarua.2015.10.3>
- Dale, Plunkett, *Quality Costing*, 2nd Ed., Chapman & Hall, GB, 1995
- Davenport, T. H., & Patil, D. J. (2012). *Data scientist: The sexiest job of the 21st century*. *Harvard Business Review*, 90(10), (pp.70-82).
- Deming, W. E. (1986). *The importance of employee involvement in statistical control*. In *Out of the crisis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dr. Carlos H. P., “Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad” Artículo. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente 2015.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852016000100010&script=sci_arttext
- George, M. L., & George, M. (2003). *Lean six sigma for service* (p. 273). New York: McGraw-Hill.
- Gobierno de México. (2021). *Artículo 16. Servicio de Administración Tributaria*.
<https://sat.gob.mx/articulo/89363/articulo-16#:~:text=Se20considera20empresa20la20persona,o20totalmente2C>
- Harry, M., & Schroeder, R. (2006). *Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*. Crown Currency.
- Heras, I., Marimon, F., & Casadesús, M. (2009). *Impacto competitivo de las herramientas para la gestión de la calidad*. Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa, (pp 7-35).
- Hernández, Z. T. (2014). *Administración Estratégica*. Grupo Editorial Patria. (p. 159)
- ISO 9000. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario (Norma ISO 9000:2015)*. ISO - International Organization for Standardization.
<https://www.iso.org/obp/ui/es/#!iso:std:45481:es>
- ISO 9001:2015(es) *Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. (2015). ISO - International Organization for Standardization.
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- ISOTOOLS, Grupo ESGINNOVA. (2016, January 15). *¿Qué es el Departamento de Calidad Y cuáles son sus funciones?* Software

ISO. <https://www.isotools.us/2016/01/16/que-es-el-departamento-de-calidad-y-cuales-son-sus-funciones/>

Julen Irurita Alzueta. (2012). Tesis: *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*.

Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Boston, MA: Harvard Business School Press. (p. 123).

LeanSherpa. (2021, August 19). *Análisis de Sistemas de Medición (MSA): ¿Es fácil medir?*
Sitio web: <https://leansherpa.es/analisis-de-sistemas-de-medicion-msa/>

León, K., (2017). Control estadístico de procesos para mejorar la calidad en la línea de polos industriales, área de producción. Empresa nono fashion sac lima, 2017 [Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/9895>

López, M., Castrejón, J. F., Castañeda, M. J., Brambila, R., Brito, J., & Aguilar-Magaña, H. I. (2023). “*Errores Comunes al Utilizar las 7 Herramientas Básicas de la Calidad*”. *Conciencia Tecnológica*, (65), 73-84.

Montgomery D. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Ed. Iberoamérica. México. 1991.

Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons.

Pande, P. C., & Cady, R. C. (2000). *The Seis Sigma way: How to get it right first time and every time*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education. 50-78

Perspectiva desde la teoría de la complejidad (Tesis doctoral). Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España. (p.41).

Plataforma de navegación en línea (OBP). (2015). *ISO 9000:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad -Fundamentos y vocabulario. ISO - International Organization for Standardization*.

<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>

Pulido, H. G., & Salazar, R. D. (2013). *Control estadístico de calidad Y Seis Sigma* (3rd ed.). Mc Graw Hill Education. (pp. 432-441).

Pyzdek, T., & Chakravorty, S. (2003). *The Seis Sigma handbook: A complete guide to process improvement and statistical problem-solving*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

Robles, M., (2017). *Aplicación de control estadístico de procesos para verificar el desempeño del instrumento de medición de pozos geológicos, en pozo de simulación, en la empresa Geodata Control Perú SAC Cajamarca* [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/23620>

- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez Lizárraga, Marcos Alberto. *Factores críticos de éxito para la implementación del estándar ISO 9001 en empresas de manufactura en México*. Universidad Autónoma de Baja California 2020.
<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/8791>
- Sherman, Peter. (2024, March). *VOLVIENDO A LOS FUNDAMENTOS: VOLVER A LOS FUNDAMENTOS*. American Society for Quality (ASQ).
<https://asq.org/quality-progress/articles/volviendo-a-los-fundamentos-volver-a-los-fundamentos?id=07cb8161a84f49ae976425443504a08e>
- Torres, C., Alonso, T. (2023). *Control estadístico de procesos y análisis de problemas en el tratamiento térmico de piezas de acero en la empresa Aceros Chilca SAC, Lima – 2021* [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/32693>
- Torres, M., Villavicencio, C. (2018). *Propuesta de plan HACPP y control estadístico de procesos en una línea de leches saborizadas enlatadas* [Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3486>
- Vara Salazar, R. d. I. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. España: McGraw-Hill.
- Vázquez, P. (2023, February 13). *Que es Una empresa Y los elementos más importantes en Ella*. Blog del E-commerce. <https://www.tiendanube.com/mx/blog/que-es-una-empresa/>
- Vega, M., (2023). *Control estadístico de procesos para mejorar el proceso productivo de la refinación de aceite de pescado en la empresa Shekina Company S.A.C. Chimbote, 2022* [Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/142505>

ANEXOS

Tabla de Anexo 1

El estudio de capacidad del instrumento y operador completo

ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL INSTRUMENTO Y OPERADOR

ESPECIFICACIONES EI= 107 ES= 117
 TOLERANCIA= 107 - 117 = 10

No. De Partes	Inspector 1			Inspector 2			Inspector 3		
	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Rango
M1	111.5	111.3	0.2	111.3	111.3	0.0	111.2	111.5	0.3
M2	112.6	112.7	0.1	112.6	112.6	0.0	112.8	112.7	0.1
M3	112.80	112.80	0.0	113.00	113.00	0.0	112.80	112.70	0.1
M4	114.00	114.00	0.0	113.90	113.85	0.1	114.20	113.90	0.3
M5	112.50	112.50	0.0	112.50	112.30	0.2	112.30	112.40	0.1
M6	112.30	112.50	0.2	112.50	112.40	0.1	112.30	112.50	0.2
M7	112.90	112.90	0.0	112.80	112.80	0.0	112.90	113.10	0.2
M8	112.50	112.50	0.0	112.50	112.60	0.1	112.60	112.60	0.0
M9	112.00	112.10	0.1	111.90	112.00	0.1	112.00	112.00	0.0
M10	113.00	113.00	0.0	112.80	112.80	0.0	112.90	112.80	0.1
Total	1126.1	1126.3		1125.8	1125.65		1126	1126.2	
Suma	2252.4			2251.45			2252.2		
Promedio	112.62			112.5725			112.61		
Rango Promedio			0.06			0.055			0.14

Prom pieza
111.350
112.667
112.850
113.975
112.417
112.417
112.900
112.550
112.000
112.883

min= 111.35
max= 113.975

Suma de R	0.255
Promedio de R=	0.085

Max prom	112.62
Min prom	112.5725
Diferencia	0.0475

Ensayos	D4
2	3.27

LCS= 0.27795

Variacion del equipo (VE)= $\frac{0.3876}{0.07526214}$

Analisis de % en tolerancias
%VE= $\frac{3.876}{10}$

k1 ensayos y		
k2 operadores	2	3
k1	4.56	3.05
k2	3.65	2.7
n= no de partes		10
t= no de ensayos		2

R parte 2.625
 $\hat{\sigma}_{parte}$ 0.8254717
 Variacion parte 4.25117925
 $\hat{\sigma}_{total} = \sqrt{\sigma_{parte}^2 + \sigma_{R\&R}^2}$ 0.82909882

Variacion del operador (VO)= $\frac{0.0945324}{0.01835581}$

%VO= $\frac{0.94532399}{10}$

5.15/d2 5.15/1.128
5.15/d2* 5.15/1.414

$\frac{\hat{\sigma}_{R\&R}}{\hat{\sigma}_{total}}$ 9.34%

Variacion de medicion (EM)= $\frac{0.39896132}{0.07746822}$

%R&R=P/T= $\frac{3.9896132}{10}$

Var Total 4.26985891
EM/VarTotal= 9.34%

nc= 15.0693189

Tabla de Anexo 2

Factores para la construcción de las cartas de control

Tamaño de muestra, n	Carta X			Carta R	Carta S	Estimación de σ
	A2	d3	D3	D 4	c4	d2
2	1.880	0.853	0.000	3.269	0.798	1.128
3	1.023	0.888	0.000	2.574	0.886	1.693
4	0.729	0.880	0.000	2.282	0.921	2.059
5	0.577	0.864	0.000	2.114	0.940	2.326
6	0.483	0.848	0.000	2.004	0.952	2.534
7	0.419	0.833	0.076	0.924	0.959	2.704
8	0.373	0.820	0.136	0.864	0.965	2.847
9	0.337	0.808	0.184	1.816	0.969	2.970
10	0.308	0.797	0.223	1.777	0.973	3.078
11	0.285	0.787	0.256	1.744	0.975	3.173
12	0.266	0.778	0.284	1.716	0.978	3.258
13	0.249	0.770	0.308	1.692	0.979	3.336
14	0.235	0.763	0.328	1.672	0.981	3.407
15	0.223	0.756	0.347	1.653	0.982	3.472
16	0.212	0.750	0.363	0.637	0.984	3.532
17	0.203	0.744	0.378	0.622	0.985	3.588
18	0.194	0.739	0.391	1.609	0.985	3.640
19	0.187	0.734	0.403	1.597	0.986	3.689
20	0.180	0.729	0.415	1.586	0.987	3.735
21	0.173	0.724	0.425	1.575	0.988	3.778
22	0.167	0.720	0.434	1.566	0.988	3.819
23	0.162	0.716	0.443	1.557	0.989	3.858
24	0.157	0.712	0.452	1.548	0.989	3.898
25	0.153	0.708	0.460	1.540	0.990	3.931

Nota. Libro “Control estadístico de calidad y seis sigma” de H. Gutiérrez y R. de la Vara

Tabla de Anexo 3

Calidad de corto y largo plazo en términos de Cp, ZL y PPM.

CALIDAD DE CORTO PLAZO (SUPONIENDO UN PROCESO CENTRADO)			CALIDAD DE LARGO PLAZO CON UN MOVIMIENTO DE 1.5sigmas			
Índice Cp	Calidad en sigmas Zc	% de la curva dentro de especificaciones	PPM fuera de especifica ciones	Índic e ZL	% de la curva dentro de especifica ciones	PPM fuera de especifica ciones
0.33	1	68.27	317300	-0.5	30.23	697700
0.67	2	95.45	45500	0.5	69.13	308700
1	3	99.73	2700	1.5	93.32	66807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2	6	99.9999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Nota. Libro “Control estadístico de calidad y seis sigma” de H. Gutiérrez y R. de la Vara

Tabla de Anexo 4

Valores del Cp y su interpretación.

Valor del índice	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$2 > C_p \geq 1.33$	1	Adecuado.
$1 = C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 \leq C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Nota. Libro “Control estadístico de calidad y seis sigma” de H. Gutiérrez y R. de la Vara

GLOSARIO

Aseguramiento de Calidad: Verifica que existen todos los elementos necesarios para asegurar que la calidad se cumpla (instrumentos, condiciones de operación, etc.)

Asimetría: Mide el grado de asimetría de una distribución. Una distribución simétrica tiene una asimetría cercana a cero.

Brix: Unidad de medida que indica la cantidad de sólidos disueltos en un líquido, especialmente azúcares.

Capacidad potencial (Cp): Índice de capacidad de proceso que mide la capacidad de un proceso para producir productos dentro de las especificaciones.

Capacidad real (Cpk): Índice de capacidad de proceso que mide la capacidad de un proceso para producir productos dentro de las especificaciones.

Control de calidad: Inspección de productos.

Control por atributos: Condiciones de aspecto, visual, no medible, apariencia.

Control por variables: Condiciones medibles.

Curstosis: Mide el grado de apuntamiento o achatamiento de una distribución en comparación con una distribución normal.

Desempeño potencial (Pp): Índice que considera la variabilidad potencial total del proceso a largo plazo.

Desempeño real (Ppk): Índice que considera la variabilidad real total del proceso a largo plazo.

Desviación Estándar Corto plazo: Desviación estándar de un proceso a corto plazo, es decir, considerando un período de tiempo más corto.

Desviación Estándar Largo plazo: Desviación estándar de un proceso a largo plazo, es decir, considerando un período de tiempo extenso.

Desviación estándar: Mide la dispersión o variabilidad de los datos respecto a la media.

Diagrama de causa-efecto: Herramienta del CEP que nos ayuda a hacer un análisis de las causas potenciales del proceso en una forma ordenada y de fácil entendimiento.

Diagrama de Pareto: Herramienta del CEP que nos es básica para el análisis de problemas, identificando las causas por orden de importancia

Error estándar de la media: Es una medida de la precisión con la que la media muestral estima la media poblacional. Indica la variabilidad esperada de las medias muestrales si se tomaran múltiples muestras de la misma población.

Grafica X-R: Gráfica de promedios-rangos, es una herramienta de CEP que nos permite visualizar y analizar los comportamientos de un proceso para poder tomar acciones correctivas que garanticen los requerimientos del cliente.

Graficas de control de variables: Elementos gráficos que contienen medidas de tendencia central y medidas de dispersión.

Hito: m. Persona, cosa o hecho clave y fundamental dentro de un ámbito o contexto.

Lote: Grupo de objetos sobre el cual planeamos tener acción y que está basado sobre una muestra o dato.

Máximo: El valor más grande de un conjunto de datos.

Media: Promedio de un conjunto de datos. Se calcula sumando todos los valores y dividiéndolos entre el número total de valores. Representa el centro de la distribución de los datos.

Mediana: El valor que divide un conjunto de datos ordenados en dos partes iguales. Es decir, la mitad de los valores son menores que la mediana y la otra mitad son mayores.

Mínimo: El valor más pequeño de un conjunto de datos.

Muestra: Objeto que es tomado de una población de cierto proceso para su inspección y análisis.

Pareto: Manejo de 80/20, 80 vitales, 20 triviales.

PH: Medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución

Población (lote) finito: Partes que provienen de un proceso de fabricación bajo condiciones fijadas son considerados finitos.

Porcentaje de curva dentro de especificación a corto plazo: Porcentaje de la curva de distribución que cae dentro de los límites de especificación a corto plazo.

Rango: Diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de un conjunto de datos.

Razón de capacidad potencial (Cr): Índice de capacidad de proceso que mide la capacidad de un proceso para producir productos dentro de las especificaciones.

Redondeo: Sistema mediante el cual una cifra puede incrementarse o mantenerse. Ejemplo:
4.12652; 6 es el no. De redondeo; 5 no. De prueba, determina si 6 permanece o sube
a 7.

Siete herramientas básicas (7HB): Conjunto de técnicas gráficas utilizadas para resolver
problemas de calidad.

Tamaño de lote: Número de unidades del producto el cual se presenta para su análisis.

Tao: Variable independiente del índice Taguchi.

Target: Objetivo o valor deseado para una característica de calidad.