



**Universidad
de Holguín**

FACULTAD
INFORMÁTICA Y MATEMÁTICA

PROGRAMA DE MAESTRÍA MATEMÁTICA
APLICADA E INFORMÁTICA PARA LA
ADMINISTRACIÓN

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA DE CIGARROS “LÁZARO PEÑA”

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN
AL GRADO CIENTÍFICO
DE MÁSTER EN CIENCIAS

Autor: Ing. Madelin Hidalgo Díaz
Tutores: P.Aux, Lic. Matilde Riverón Hernández , M.Sc
Universidad de Holguín

HOLGUÍN 2019



AGRADECIMIENTOS

A mí querida familia que me apoyó siempre

A mí queridas amigas Maty e Irma por su apoyo y disposición de ayudarme siempre.

A los profesores de la maestría Leydis y Rosa Isabel por darme esta oportunidad.

A Lisandro por su ayuda incondicional y amor

A todos los de la empresa que me brindaron su apoyo

A Reol por empujarme a trabajar y soportarme

A todos los que no menciono y saben que les agradezco

Gracias

DEDICATORIA

A mis padres que nos enseñaron a sus seis hijos la importancia de la familia unida, nos inculcaron la honradez y la solidaridad, y se sacrificaron para que estudiáramos y nos preparamos para la vida.

“Siempre están presentes”

RESUMEN

La insuficiente utilización de métodos estadísticos en la evaluación y análisis de la calidad evidencian carencias del sistema de gestión de la calidad en el análisis de las fuentes de variabilidad del proceso de producción del cigarrillo “criollos” en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín. El objetivo de la investigación es la elaboración de un procedimiento para guiar el control estadístico de la calidad en el proceso de producción de los cigarrillos, con el empleo de técnicas de la estadística descriptiva, análisis de histogramas y cálculos de índices de capacidad que permiten determinar las variables claves del proceso, su comportamiento y trazar acciones en la mejora continua de la calidad. La aplicación del criterio de especialistas y los resultados de la aplicación del procedimiento permiten validar y valorar la pertinencia del procedimiento aplicado para corroborar la factibilidad de la propuesta.

ABSTRACT

The insufficient use of statistical methods in the evaluation and analysis of the quality evidences deficiencies of the quality management system in the analysis of the sources of variability of the production process of the “Criollos” cigarette in the cigar company “Lázaro Peña” of Holguin. The objective of the investigation is the elaboration of a procedure to guide the statistical quality control in the cigarette production process, with the use of descriptive statistics techniques, histogram analysis and calculations of capacity indices that allow to determine the key variables of the process, their behavior and plot actions in the continuous improvement of quality. The application of the criteria of specialists and the results of the application of the procedure allow validating and assessing the relevance of the procedure applied to corroborate the feasibility of the proposal.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS CON RELACIÓN A LA CONCEPTUALIZACIÓN Y APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD	8
1.1 CONTROL DE LA CALIDAD. ORIGEN Y EVOLUCIÓN	8
1.1.1 Enfoques de gestión de la calidad	10
1.2 EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD	14
1.2.1 Las técnicas estadísticas en las normas ISO 9000	17
1.2.2 Estadística descriptiva	18
1.3 ÍNDICES DE CAPACIDAD.....	25
1.4 INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE EL CONTROL DE LA CALIDAD.....	31
1.5 DIAGNÓSTICO DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA DE CIGARROS “LÁZARO PEÑA”	31
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CIGARRILLO EN LA EMPRESA DE CIGARROS “LÁZARO PEÑA”	37
2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ESTADÍSTICAS A UTILIZAR EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CIGARRILLOS.	37
2.2 APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO ELABORADO PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS ESTADÍSTICAS EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CIGARRILLOS. 45	
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
ANEXOS.....	I

Índice de figuras

Gráfico 1:	Procedimiento para el control estadístico de la calidad.....	..37
Gráfico 2:	Histogramas con situación aceptable e inaceptable respecto a las especificaciones de la variable.....	..41
Gráfico 3:	Caja y bigotes para el requisito peso.....	..47
Gráfico 4:	Cajas y Bigotes para el peso en los módulos de producción.....	..48
Gráfico 5:	Valores aberrantes o atípicos para módulo 10.....	..49
Gráfico 6:	Histogramas para módulo 10 con datos originales.....	..51
Gráfico 7:	Histogramas para módulo 10 con arreglo de dato atípico.....	..52
Gráfico 8:	Histograma de capacidad para el módulo 10.....	..54
Gráfico 9:	Gráfico multivary para peso.....	..57
Gráfico 10:	Resultado del análisis del peso de enero a abril de 2019.....	..60

Índice de tablas

Tabla 1:	: Distribución de los valores a los requisitos físicos.....	..34
Tabla 2:	Integrantes del grupo de trabajo de la empresa.....	..44
Tabla 3:	Distribución de puntos para la determinación del índice de calidad de la producción para el requisito peso.....	..45
Tabla 4:	Rangos establecidos para la caída de presión, dureza, pérdida por puntas y peso.....	..46
Tabla 5:	Resumen estadístico para peso (mg).....	..47
Tabla 6:	Estadísticos descriptivos para los módulos de producción.....	..50
Tabla 7:	Estadísticos descriptivos para los módulos de producción con los datos atípicos arreglados.....	..50
Tabla 8:	Índices de capacidad para módulo 10.....	..53
Tabla 9:	Porcentaje de observaciones fuera de especificaciones.....	..60
Tabla 10:	Producción de los módulos en cantidad de cajones.....	..61
Tabla 11:	Determinación de la cantidad estimada de cigarrillos fuera de especificaciones.....	..61

INTRODUCCIÓN

La economía cubana se enfrenta a mayores retos día a día debido al entorno variable en que se desenvuelve, provocado por las inestabilidades económico-financieras, fundamentadas en su mayoría por las crisis del panorama internacional. Las necesidades cambiantes de la actual sociedad han provocado fuertes sacudidas en la vida de las organizaciones, estimulando la búsqueda constante del logro de la calidad en los productos y servicios, con el objetivo de elevar su eficiencia y competitividad.

Como consecuencia en los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, en particular en el lineamiento 9 se plantea: “avanzar en el perfeccionamiento del sistema empresarial...”; en el lineamiento 109: “culminar el perfeccionamiento del sistema de normalización, metrología, calidad y acreditación, en correspondencia con los objetivos priorizados del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social, alcanzando a todos los actores económicos del país”, y en el lineamiento 175 : “aplicar los sistemas de gestión de la calidad en correspondencia con las normas establecidas y las exigencias de los clientes,...”, se indica la necesaria materialización práctica de vías para la adecuada implementación del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista que, junto a las políticas económicas y sociales, las estrategias, planes y programas de desarrollo, favorecerán el avance social y económico del país.

Desde el año 1987 con la aparición de las normas ISO 9000, punto de partida para los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC), en las organizaciones empresariales surgió la necesidad de implementarlas como modelo de gestión de la calidad, justificado ello en los beneficios que representa estar reconocidas por un órgano que las acredita como capaces de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. El reconocimiento de las certificaciones de calidad son realizadas por la Oficina Nacional de Normalización. Actualmente, la norma NC ISO 9001:2015. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos, constituye un enfoque normalizado de gran uso en el sistema empresarial cubano cuyo objetivo principal es favorecer la creciente satisfacción del cliente al certificar que el producto o servicio prestado cumple en gran medida con los estándares de calidad prefijados, siendo el eslabón fundamental para el mejoramiento continuo. Los requisitos

de referencia son: enfoque al cliente, liderazgo, compromiso de las personas, enfoque a procesos, mejora, toma de decisiones basada en la evidencia, y gestión de las relaciones. En esta norma hay 10 puntos, los tres primeros para definir el alcance, las referencias normativas y, la referencia a términos y definiciones. Del punto 4 al 10 se presentan los requisitos o criterios a establecer, para implementar y mantener en el sistema de gestión de la calidad de cualquier organización. Los puntos 8, 9 y 10 (Operación, Evaluación del desempeño, Mejora) son los requisitos donde se puede evidenciar una mayor necesidad de uso de datos cuantitativos para su gestión.

Entre los beneficios potenciales para una organización que la implemente se encuentra la capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados. Para ello emplea el enfoque a procesos, que incorpora el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos.

Al aplicar esta norma, para la evaluación de los datos, se continúa empleando las técnicas estadísticas que se encuentran registradas en el denominado Informe Técnico NC ISO-TR-10017: 2005. Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2005 donde se especifica: “el propósito de este Informe Técnico es ayudar a una organización a identificar las técnicas estadísticas que le puedan ser útiles en el desarrollo, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de la calidad, en cumplimiento con los requisitos de la Norma ISO 9001:2005”

La propuesta de técnicas estadísticas a utilizar se hace examinando aquellos requisitos de la Norma ISO 9001 que involucran el uso de datos cuantitativos, identificando y describiendo las que pueden ser útiles de aplicar a dichos datos. El listado de estas técnicas estadísticas no es exhaustivo, como tampoco establece cuales deben ser utilizadas, ni indica cómo implementarlas y no excluye el uso de cualquier otra técnica (estadística o no) que pueda ser considerada beneficiosa para la organización, dejando su elección a decisión de la empresa de acuerdo a las circunstancias y propósitos de uso. Las técnicas estadísticas o familias de técnicas, presentadas y descritas brevemente en el informe técnico, son: estadísticas descriptivas; diseño de experimentos; prueba de hipótesis; análisis de la medición; análisis de la capacidad del proceso; análisis de regresión; análisis de confiabilidad; muestreo; simulación; gráficos de control estadístico de procesos (CEP); fijación de tolerancias estadísticas; y análisis de series

de tiempo. De ellas en la norma NC ISO-TR-10017: 2005 se plantea “cabe destacar que las técnicas descriptivas (que incluyen los métodos gráficos) constituyen un aspecto importante de muchas de estas técnicas”.

Esta reciente norma solo hace referencia a que se puedan incluir técnicas estadísticas en la evaluación del desempeño, sin contener una correcta orientación de ¿cuál?, ¿cómo? y ¿para qué? usarlas en el SGC.

La gestión de la calidad ha sido investigada por diferentes autores. En revisión de la literatura científica, tanto nacional como internacional, así como las investigaciones realizadas por el título de Doctor en Ciencias Técnicas en la tesis doctoral de: Cruz Ros, S.(2001), Gómez Dorta, R.L. (2001), Godínez, C.L. (2004), Ferrari, S. (2007), Vilalta Alonso, J.A. (2008), Cuellar de la Cruz, M.E. (2009), Escoriza Martínez, T.de la M. (2010), Parra Suárez. A. (2018), y en las tesis por el grado de Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Holguín de Lorenzo Llanes, E.J. (2013), Nápoles Rojas, L.F (2013), Tamayo García, P.F. (2013), Ayala López, M.A (2011), Segura Leyva, I. (2011), se presentan metodologías que no consideran como objeto de estudio las técnicas estadísticas y sus aplicaciones al control de la calidad. Sin embargo, cuando estas son usadas adecuadamente, se convierten en poderosas herramientas para la toma de decisiones ya que permiten “medir, describir, analizar, interpretar y modelar la variabilidad”.

La variabilidad está presente en todos los procesos, aún bajo condiciones aparentemente estables. Esta puede observarse en las características cuantificables de los productos y los procesos y puede verse a la salida de diversas etapas en el ciclo de vida total de los productos, desde la investigación de mercado hasta el servicio al cliente y la disposición final.

Los análisis estadísticos pueden proporcionar un mayor entendimiento de la naturaleza, extensión y causas de la variabilidad, hacer estudio de la estabilidad de los procesos, sugerir estratificar los datos de acuerdo a las fuentes de variabilidad, verificar si hay exceso de variación, analizar el centrado del proceso, la repetibilidad y reproducibilidad de las mediciones: ayudan de forma general a la toma de decisiones, a mantener el proceso controlado y realizar acciones de mejora. Además debe proporcionar información sobre la satisfacción del cliente, la conformidad con los requisitos del

producto, las características y tendencias de los procesos y de los productos, incluyendo las oportunidades para llevar a cabo acciones preventivas.

La empresa de cigarrillos “Lázaro Peña” es una empresa en perfeccionamiento empresarial desde el año 2002, certificó el SGC desde el año 2005. Tiene la misión de la producción y comercialización de cigarrillos negros y rubios para el consumo nacional”. El enfoque de proceso en la empresa está formado por los procesos de apoyo, los operativos y los estratégicos. Los procesos operativos incluyen la realización del producto y la comercialización, y los procesos estratégicos están formados por la gestión de la dirección y el análisis y mejora.

El proceso de realización del producto, muestra que en esta empresa el proceso de producción está dividido en producción de hebra, de cigarrillos y de tabaco reconstituido, siendo en la producción de cigarrillos donde se realiza la elaboración del cigarrillo, encajetillado (encarteramiento), cefalonado, empaquetado y embalado.

La medición y seguimiento de la información relativa a la conformidad con los requisitos del producto se realiza según se establece dentro del documento sobre el proceso análisis de datos y mejora continua. Los datos resultantes de las mediciones se asientan en el sistema informático de la empresa denominado Sistema de Control de la Producción. El análisis de los datos resultantes de estos controles se plantea que debe hacerse mediante el uso de las que menciona como técnicas estadísticas los cálculos de: media, desviación estándar, moda, valor mínimo, y valor máximo

En la empresa se realiza la valoración de los requisitos físicos del cigarrillo solamente con el cálculo de la media y la desviación estándar, comparándose si el valor medio obtenido cumple con los límites de especificación de los requisitos, sin hacer uso de la variabilidad de los datos. Se limitan al cálculo de estadísticos simples y no cuentan con orientaciones que organicen y conduzcan a aplicaciones de otras técnicas estadísticas que permiten un mejor estudio del proceso de producción de cigarrillos.

Por omisión y/o desconocimiento de las potencialidades de las técnicas estadísticas la empresa no realiza un verdadero análisis de la variabilidad del proceso, que puede deberse como refiere Gutiérrez, Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007): “En un proceso industrial interactúan materiales, máquinas, mano de obra (personas), mediciones, medio ambiente, y métodos. Estos seis elementos (las 6M’s) determinan de manera global todo

proceso y cada uno aporta algo a la variabilidad (y a la calidad) de la salida del proceso”, aunque no necesariamente de igual manera.

Esta situación conduce a que no haya un estudio real del comportamiento de los módulos de producción y a la detección oportuna de la capacidad para cumplir los requisitos de los cigarrillos según las características o variables a controlar y con ello la existencia de producción fuera de especificaciones. De igual manera, no pueden detectar cuál de los módulos urge de mantenimiento, incluso si es necesario detener el proceso para una revisión del equipamiento o si la variabilidad es causada por la mano de obra, la materia prima u otros factores. Tampoco los encargados de gestionar el control estadístico de la calidad en la entidad poseen los conocimientos suficientes para su pleno manejo y aplicación.

Lo expuesto anteriormente conduce a plantear el siguiente **problema científico**: ¿Cómo perfeccionar el control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos para mejorar el sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña”?

Se plantea como **objeto de estudio**: el control estadístico de la calidad, y se formula como **objetivo general**: proponer un procedimiento para el control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos, como vía de mejorar el sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín, se define como **campo de acción**: el control estadístico de la calidad de la producción de cigarros en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín.

Para guiar la investigación se trazaron las siguientes **preguntas científicas**:

1. ¿Qué fundamentos teóricos y metodológicos sustentan la conceptualización y aplicación del control estadístico de la calidad?
2. ¿Cuál es el estado de la aplicación del control estadístico de la calidad de la producción de cigarros en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín
3. ¿Cómo mejorar el control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos del sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín?
4. ¿Cómo valorar la pertinencia de la propuesta de procedimiento para el control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín?

En la investigación se trazaron las siguientes **tareas científicas**:

1. Determinar los fundamentos teóricos y metodológicos con relación a la conceptualización y aplicación del Control Estadístico de la Calidad.
2. Realizar un diagnóstico del control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos del sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña” de Holguín.
3. Proponer un procedimiento que posibilite el control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos en la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña” de Holguín.
4. Valorar la pertinencia del procedimiento elaborado.

Para el desarrollo de la investigación fue necesario el empleo de **métodos científicos**:

En el orden teórico:

- Histórico-Lógico: permitió realizar la búsqueda de los referentes teórico-metodológicos e históricos para penetrar en la historia del problema, su evaluación a través de los años y estado actual
- Análisis y Síntesis: permitió estudiar, descomponer y sintetizar los fundamentos teóricos- metodológicos e históricos para sintetizar la situación problemática que permitió plantear el problema y el diseño de la investigación. Ese método proporcionó la redacción del sustento teórico de la investigación
- Inducción-Deducción: se empleó para realizar generalizaciones con respecto a las posiciones teóricas, llegar a nuevas conclusiones acerca del objeto de investigación y la formulación de las preguntas científicas.
- Modelación: para aplicar y evaluar los métodos estadísticos en el control de la calidad de la producción de cigarrillos criollos.

En el orden empírico:

Análisis documental: revisión de fuentes de información para identificar el estado actual del control estadístico de localización en la empresa de cigarrillos “Lázaro y la fundamentación del marco teórico conceptual.

Observación científica: para constatar dónde existen las mayores dificultades en el uso de técnicas estadísticas dentro del sistema de gestión de la calidad aplicado en la empresa

Encuesta: para conocer la opinión de los especialistas en cuanto a la factibilidad del uso del procedimiento elaborado para la aplicación de técnicas estadísticas al control de calidad en la empresa.

Entrevistas no estructuradas: para comprobar e identificar información relacionada a la aplicación de las técnicas estadísticas en el control de la calidad.

Estadísticos: para resumir el uso de las técnicas estadísticas en las normas ISO.

En este trabajo, se estudian por medio de la estadística, los requisitos físicos de calidad en el proceso de producción de los cigarrillos para la detección de fuentes de variabilidad del proceso, así como las tendencias de los mismos, exponiéndose un procedimiento que permite guiar y enriquecer el control estadístico de la calidad en el Sistema de Gestión de la Calidad, como vía de alcanzar la toma de decisiones científicamente fundamentadas.

La memoria escrita está estructurada en introducción, dos capítulos, las conclusiones emanadas de la investigación, las recomendaciones que se proponen; la bibliografía consultada y por último, un grupo de anexos que proporcionan lograr un mayor entendimiento del tema.

En el primer capítulo, se abordan los fundamentos teóricos, metodológicos e históricos con relación a la conceptualización y aplicación del control estadístico de la calidad, donde se presentan los elementos que sirvieron de base para el desarrollo de la investigación.

En el capítulo dos, se desarrolla un procedimiento para el uso de las técnicas estadísticas a emplear en el control estadístico de la calidad del proceso de producción de cigarrillos. En el proceso investigativo se empleó como herramienta fundamental para la elaboración de los análisis estadísticos el software propietario Statgraphics versión XV.

1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS, METODOLÓGICOS CON
RELACIÓN A LA CONCEPTUALIZACIÓN Y
APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA
CALIDAD

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS CON RELACIÓN A LA CONCEPTUALIZACIÓN Y APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

Este capítulo tiene como objetivo fundamental desarrollar un estudio del estado del arte tanto del objeto de la investigación, como su campo de acción a partir de considerar:

- El origen y evolución del control de la calidad.
- El control estadístico de la calidad, las técnicas estadísticas útiles al control de la calidad y el uso de las mismas para las normas ISO 9001:15, y
- Una caracterización del control estadístico de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña”.

1.1 Control de la calidad. Origen y evolución

La calidad de los productos comienza a tomarse en cuenta durante la década de 1910, por la apariencia de los productos dada por los compradores. Años después la calidad pasa a ser controlada mediante la inspección física del producto final, aparecen los inspectores de calidad, asimismo surgieron los departamentos de control de calidad cuyo objetivo era el control de la calidad de los productos.

El control estadístico de la calidad es aplicado en norteamérica en el año 1924, cuando en los laboratorios de la Bell Telephone se aplicaron por primera vez gráficos estadísticos para el control de calidad de productos manufacturados, diseñados por Walter A. Shewhart (1891-1967), conocido como el padre del control estadístico de la calidad. Definió el problema de calidad en términos de variación por causas normales o aleatorias y causas especiales o asignables e introdujo las gráficas de control como una herramienta de medición y análisis para distinguir entre las dos, enfatizaba en la importancia de poner el proceso de producción en un “estado de control estadístico”, por medio de experimentos diseñados cuidadosamente, como algo necesario para predecir el resultado futuro y administrar un proceso económicamente. Este primer momento del control estadístico es definido por algunos especialistas como control estadístico del proceso (CPE).

El Dr. William Edwards Deming (1900-1993), especialista en Estadística, se dedicó a trabajar sobre el control estadístico de la calidad. Fundamentó sus ideas en el mejoramiento de la calidad, la reducción de costos y la utilización del ciclo, denominado en la actualidad, como ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), conocido también como "círculo Deming". Él afirma que las variaciones del proceso afectan el cumplimiento de la calidad prometida, todo proceso es variable y cuanto menor sea la variabilidad del mismo, mayor será la calidad del producto resultante.

En 1954, el Dr. Joseph Moses Juran (1904-2008), experto en control de calidad, difunde el entusiasmo por los métodos estadísticos y los sistemas de control de calidad entre especialistas y dirigentes, convirtiendo el control de la calidad en instrumento de la dirección de la empresa y mandos intermedios. Desarrolló la "trilogía de Juran," un enfoque de la gestión que se compone de tres procesos: la planificación, el control y la mejora de la calidad.

El Dr. Kaoru Ishikawa (1915 – 1989) puso especial atención en el desarrollo del uso de métodos estadísticos prácticos y accesibles para la industria y favoreció el control estadístico de la calidad hacia el control del proceso; investigación de mercados-diseño-producción-ventas, a diferencia del control de calidad basado en la inspección de productos terminados. Al respecto refirió que es mejor dejar de producir artículos defectuosos desde el comienzo, controlar los factores del proceso que ocasionan productos defectuosos, ahorrará mucho dinero, que de otra manera se gastaría en inspección

En la década de 1970, la calidad comienza a verse como una estrategia competitiva y como consecuencia, la visión de la planeación estratégica para la calidad de los productos, como garantía de que respondan a requerimientos y necesidades del consumidor. Desde la década de 1980, la calidad fue vista como un compromiso total de la empresa, con un cambio de actitud en todos los niveles y actividades, con un mejoramiento continuo en todos los aspectos de la producción. Asimismo hay una visión más estratégica en la búsqueda de oportunidades de mercados dado que los consumidores son más exigentes. Surgen estándares mínimos de calidad en la producción mediante normas industriales.

Desde el año 1987 con la aparición de las normas ISO 9000, punto de partida para los Sistemas de Gestión de la Calidad SGC, en las organizaciones empresariales surgió la necesidad de implementarlas como modelo de gestión de la calidad justificado ello en los beneficios que representa estar reconocida por un órgano que las acredita como capaces de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. El reconocimiento de las certificaciones de calidad son realizadas por la Oficina Nacional de Normalización.

En resumen, el control de la calidad ha ido evolucionando y se ha perfeccionado. Comenzó con la inspección en los productos manufacturados y la evaluación de la conformidad por medio de observación; le continuó el control estadístico de la calidad donde parte de la gestión de la calidad está orientada a cumplir los requisitos de la calidad. Luego el aseguramiento de la calidad donde la gestión de la calidad está orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.

En la actualidad se utiliza la gestión de la calidad cuyas actividades coordinadas se utilizan para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad, obteniéndose como resultados: definir e implantar una política de la calidad, establecer objetivos de la calidad, decidir sobre el desarrollo, la implantación y el perfeccionamiento del sistema de la calidad, establecer planes de la calidad, y evaluar la marcha del sistema de gestión de la calidad.

1.1.1 Enfoques de gestión de la calidad

Las organizaciones han transitado desde la inspección hasta la gestión total de la calidad, incorporando a esta etapa todo lo positivo de las anteriores, desde la inspección de las características de calidad, el control de los procesos, los análisis con herramientas estadísticas, aplicación de planes de muestreos de aceptación y de auditorías de la calidad, hasta demostrar el cumplimiento de los principios de gestión de la calidad.

La evolución en las formas de conceptualizar y analizar la calidad, Torres, Treto y Santos (2003), Camisón et al. (2006), Pérez Campdesuñer (2006), González Reyes (2017), permite distinguir en la actualidad tres enfoques para la gestión de la calidad en las entidades: el enfoque de los teóricos o maestros de la calidad, los modelos y premios de calidad; y las normas.

Pérez Campdesuñer (2006) define la gestión de la calidad como un proceso dinámico, interactivo, eficiente y eficaz; consistente en planear, organizar, liderar y controlar las acciones en la organización, desarrollado por un órgano de dirección que cuenta con grupos de personas, recursos y su autoridad durante un ciclo de vida, para el logro de un conjunto articulado de atributos esenciales, que determinan el grado en que los procesos, logran propiciar la satisfacción de las necesidades de los clientes y la sociedad, basado en el conocimiento de las leyes y principios, de la sociedad, la naturaleza humana y la técnica, así como de información en general, sin afectar el entorno y contribuyendo a los intereses organizacionales.

A través de estos enfoques se ha desarrollado la gestión de la calidad, los cuales tienen puntos comunes y poseen también algunas diferencias esenciales.

El enfoque de las normas ISO

El enfoque normalizado es el modelo más extendido organizacionalmente y reconocido como el primer paso en demostrar la capacidad de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes para luego aspirar al logro de la excelencia por la calidad, con la aplicación necesaria de otros enfoques como el de los premios nacionales e internacionales.

Cuando por primera vez se publicaron la familia de normas ISO 9000 para el aseguramiento de la calidad, compuesta en aquel momento por la norma ISO 8402:1987, la norma ISO 9000:1987 y los tres modelos ISO 9001, 9002, 9003, y 9004 que planteaban los requisitos para los sistemas de calidad aplicable a empresas cuya actividad se enmarcaba en determinadas etapas del ciclo de vida del producto.

En las revisiones consecutivas del comité técnico ISO/ TC 176 de la familia de normas ISO 9000, 9001, 9004 y 19011 la más actualizada es la del 2015.

La familia de normas ISO 9000 se han elaborado para asistir a las organizaciones, de todo tipo y tamaño en la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces.

- La norma ISO 9000: Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. Describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.
- La norma ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que

necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos y servicios que cumplan los requisitos de sus clientes.

- La norma ISO 9004: Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. Proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es la mejora del desempeño de la organización y la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas.

Estas normas juntas forman un conjunto coherente de normas de sistemas de gestión de la calidad.

La implementación de los sistemas de gestión de la calidad requiere necesariamente de un conjunto de normas que sirvan de apoyo y explicación de cómo llevar a cabo los requisitos generales hasta los más específicos. Para los requisitos generales las normas que orientan cómo verificar el cumplimiento de los principios de gestión de la calidad (10014), para brindar orientación relativa a las auditorías de sistemas de gestión de la calidad (19011) y para establecer cómo documentar cualquier tipo de sistema de gestión (10013).

Consecutivamente están las normas para complementar requisitos específicos como el caso de la 10002 relacionada con la satisfacción al cliente y la 10017 para el empleo de técnicas del control estadístico de la calidad y en esta misma norma se especifican otras que profundizan en diferentes técnicas.

Una organización orientada a la calidad promueve una cultura que da como resultado comportamientos, actitudes, actividades y procesos para proporcionar valor mediante el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y otras partes interesadas pertinentes. La calidad de los productos y servicios de una organización está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes.

Un SGC comprende actividades mediante las cuales la organización identifica sus objetivos, determina los procesos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados, gestiona los procesos que interactúan. EL SGC posibilita a la alta dirección optimizar el uso de los recursos considerando las consecuencias de sus decisiones a largo y corto plazo, proporcionando los medios para identificar las acciones para abordar las consecuencias previstas y no previstas en la provisión de productos y servicios.

Principios de la gestión de la calidad

Enfoque al cliente: la meta es cumplir los requisitos del cliente y tratar de exceder las expectativas del cliente.

Liderazgo: los líderes en todos los niveles establecen la unidad de propósito y la dirección, y crean condiciones en las que las personas se involucran en el logro de los objetivos de la calidad de la organización.

Compromiso de las personas: las personas competentes, empoderadas y comprometidas en toda la organización son esenciales para aumentar la capacidad de la organización para generar y proporcionar valor.

Enfoque a procesos: cuando las actividades se entienden y gestionan como procesos interrelacionados que funcionan como un sistema coherente se alcanzan resultados análogos y previsibles de manera más eficaz y eficiente.

Mejora: las organizaciones con éxito tienen un enfoque continuo hacia la mejora.

Toma de decisiones basada en la evidencia: las decisiones basadas en el análisis y la evaluación de datos generan información con mayor probabilidad de producir los resultados deseados.

Gestión de las relaciones: Para el éxito sostenido, las organizaciones gestionan sus relaciones con las partes interesadas pertinentes.

Un SGC es un sistema dinámico que evoluciona en el tiempo mediante periodos de mejora. Cada organización tiene actividades de gestión de la calidad, planificadas formalmente o no. Esta norma internacional proporciona orientación sobre cómo desarrollar un sistema formal para gestionar estas actividades. Es necesario determinar las actividades existentes en la organización y su adecuación, relacionadas con el contexto de la organización. La norma ISO 9000, junto con las normas ISO 9004 e ISO 9001, puede utilizarse para ayudar a la organización a desarrollar un SGC cohesionado.

El SGC proporciona un marco de referencia para planificar, ejecutar, realizar el seguimiento y mejorar el desempeño de las actividades de gestión de la calidad, no necesita ser complicado; más bien es necesario que refleje de manera precisa las necesidades de la organización.

La planificación de un SGC no es un suceso singular, sino más bien un proceso continuo. Para una organización es importante realizar un seguimiento y evaluar de manera regular la implementación del plan y el desempeño del SGC.

La auditoría es un medio de evaluar la eficacia de un SGC, para identificar riesgos y para determinar el cumplimiento de los requisitos. Para que las auditorías sean eficaces necesitan recopilarse evidencias tangibles e intangibles. Se toman acciones para la corrección y mejora basadas en el análisis de la evidencia recopilada.

La norma ISO 9001 promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los requisitos del cliente, incorpora el ciclo planificar-hacer-verificar-actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos. El ciclo PHVA permite a una organización asegurarse de que sus procesos cuenten con recursos y se gestionen adecuadamente, y que las oportunidades de mejora se determinen y se actúe en consecuencia.

El enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones, con el fin de alcanzar los resultados previstos de acuerdo con la política de la calidad y la dirección estratégica de la organización. La gestión de los procesos y el sistema en su conjunto puede alcanzarse utilizando el ciclo PHVA con un enfoque global de pensamiento basado en riesgos dirigido a aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados.

1.2 El control estadístico de la calidad

El control de la calidad es el proceso mediante el cual se miden las características de un producto, se comparan los valores con las normas establecidas y se adoptan las medidas correctivas convenientes, cuando estas no se ajustan a las normas.

Rodríguez (2010) denomina “el control estadístico de la calidad como el conjunto de métodos estadísticos adoptados y desarrollados para su aplicación en el control de la calidad”.

Juran (1999), define el control estadístico del proceso como “aplicación de técnicas estadísticas para la medición y análisis de las variaciones de los procesos”, mientras que

el control estadístico de la calidad para él consiste en “aplicación de técnicas estadísticas para medir y mejorar la calidad de los procesos. El control estadístico de la calidad incluye el control estadístico de los procesos, herramientas de diagnóstico, planes de muestreo u otras técnicas estadísticas”

El control estadístico de la calidad debe ser considerado como un grupo de técnicas estadísticas y herramientas, que se utilizan en el control de la calidad y que pueden influir en las decisiones relacionadas con estas funciones.

El objetivo principal del control estadístico de la calidad es la reducción sistemática de la variabilidad en las características de calidad clave del producto: las variaciones existen en todos los procesos, detectarlas y reducirlas es esencial para el éxito.

El control estadístico del proceso trata esencialmente de minimizar la producción de unidades defectuosas reduciendo el tiempo que transcurre entre la ocurrencia y la detección de algún desajuste en el procesos de fabricación, así como la identificación de las causas del mismo a fin de evitar su repetición. Este tipo de control se implementa mediante muestreo de características físicas del producto o de variables del proceso. Dado que el control estadístico del proceso no conseguirá eliminar por completo la fabricación de unidades defectuosas, se mantiene la inspección final para separar el producto defectuoso del bueno.

Pérez López, C. (1999) declara como herramientas estadísticas para el control estadístico de la calidad, las que define como introductorias a: plantillas para la recogida de datos, estratificación, diagramas de Pareto, diagramas causa efecto, diagramas bivariantes, histogramas y gráficos de control. Como herramientas intermedias: distribución de los estadísticos, estimación estadística, tests estadísticos, estimación en el muestreo, teoría del error estadístico, inspección por muestreo estadístico, el uso del papel probabilístico binomial, introducción al diseño de experimentos, correlación simple y análisis de regresión, técnicas sencillas de fiabilidad, métodos sencillos de ensayos sensoriales, estas son dirigidas a los ingenieros en general, a los supervisores y al personal con conocimientos técnicos, aunque sean básicos.

También plantea las herramientas estadísticas avanzadas, dirigidas a ingenieros de control de calidad y a especialistas en el tema a: diseño avanzado de experimentos, análisis multivariante, técnicas avanzadas de fiabilidad, métodos avanzados de ensayos

sensoriales, análisis de series temporales, métodos de investigación operativa y otros métodos.

Ricardo (2019) refiere que “entre los métodos más usuales de control estadístico de la calidad se distinguen los:

- ◆ Los gráficos de control estadístico.
- ◆ Los planes de muestreo de aceptación.
- ◆ Los métodos de evaluación integral de la calidad, constituyen un conjunto de métodos destinados a expresar mediante un solo valor, la calidad de un artículo, a partir de la evaluación de todas sus características y propiedades”.

La extensión de los conceptos de calidad a todos los procesos de la empresa significa una revolución en los métodos de gestión. La calidad es responsabilidad de todas las personas de la empresa y no sólo del departamento de control de calidad. Para que este concepto sea realidad, es necesario suministrar herramientas por medio de la educación a todo el personal, para que puedan integrarse en las tareas del control integral de la calidad.

El ingrediente básico en la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico –y, en concreto, de la estadística-, en la planificación de la recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendentes a mejorar todos los procesos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas, no es un control de calidad verdadero.

Como planteó William G. Hunter: “Si una organización desea mejorar sus niveles actuales de calidad y productividad debe actuar, es decir, tomar decisiones, para tomar decisiones es necesario disponer de buena información y, la estadística es la disciplina especializada en convertir datos en información, de ahí la importancia de esta ciencia”

La estadística es una disciplina científica autónoma que toma conceptos matemáticos para el desarrollo de sus métodos específicos de razonamiento; conocida últimamente como la ciencia de los datos. Se encarga de la sistematización, recogida, ordenación y presentación de los datos referentes a un fenómeno que presenta variabilidad o incertidumbre para su estudio metódico, con objeto de deducir las leyes que rigen esos

fenómenos, y poder de esa forma hacer previsiones sobre los mismos, tomar decisiones u obtener conclusiones.

Los métodos estadísticos constituyen medios para muestrear, probar y evaluar un producto a fin de controlar y mejorar el proceso de fabricación. Actualmente, como es contemplado en la estrategia seis sigma, es imprescindible apoyarse en ellos por la necesidad de analizar de forma adecuada los datos de los procesos como una acción indispensable para la mejora de su calidad expresado en una reducción de la variabilidad.

La primera fase de cualquier análisis estadístico es la descripción de los datos ya sean de una muestra o de toda una población. La estadística descriptiva sintetiza los datos sin plantearse objetivos de naturaleza inductiva; la extrapolación de los resultados de una muestra a la población corresponde a la inferencia estadística. Como consecuencia, la aplicación de los métodos o herramientas estadísticas que refieren los diferentes autores tienen como sustento la estadística descriptiva, sin que esta esté declarada explícitamente.

La recogida de datos debe efectuarse de manera exacta, cuidadosa. Los datos tienen que ser reales, su confiabilidad es el punto inicial para todo análisis e interpretación de resultados.

1.2.1 Las técnicas estadísticas en las normas ISO 9000

Los datos resultantes del sistema de gestión de la calidad pueden medirse a través del uso de la Estadística, disciplina de vital importancia incluida en la evolución de la calidad y que ha demostrado su eficacia en el análisis de los procesos. Un soporte esencial lo establece el Informe Técnico NC ISO-TR-10017: 2005.Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001 realizadas y revisadas desde 2003-2008, del que se resume:

Pueden hacer uso de las técnicas estadísticas los siguientes requisitos:

- ◆ 5: Responsabilidad de la dirección 5.2 y 5.6.2 (a, b, c, d)
- ◆ 6: Gestión de los recursos 6.2.2 (c) y 6.4
- ◆ 7: Realización del producto 7.2.2, 7.3.3, 7.3.5, 7.3.6, 7.3.7, 7.4.1, 7.4.3, 7.5.1, 7.5.2, 7.5.4, 7.5.5, 7.6,

♦ 8: Medición, análisis y mejora 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4, 8.3, 8.4, 8.5.1, 8.5.2, 8.5.3.

La utilización de la estadística descriptiva y el muestreo es común a los 28 requisitos expuestos anteriormente.

Pueden utilizar un número mayor de técnicas en los requisitos relacionados con el diseño y desarrollo de productos y procesos, producción y prestación del servicio, seguimiento y medición del producto.

Se contabilizó la cantidad de veces en que las posibles técnicas estadísticas a emplear entre los requisitos, obteniéndose: diseño de experimentos (20); prueba de hipótesis (13); análisis de la medición (9); análisis de la capacidad del proceso (11); análisis de regresión (13); análisis de confiabilidad (8); gráficos de CEP (12); análisis de series de tiempo (14). La NC ISO 9000: 2008 ha sido derogada por la NC ISO 9000: 2015 Fundamentos y vocabulario, la cual plantea dentro del requisito enfoque a procesos que incluye como una de las acciones posibles “asegurarse de que la información necesaria está disponible para operar y mejorar los procesos y para realizar el seguimiento, analizar y evaluar el desempeño del sistema global”, y en el requisito de Mejora “educar y formar a las personas en todos los niveles sobre cómo aplicar las herramientas básicas y las metodologías para lograr los objetivos de mejora”

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad, pero la última versión de la NC ISO 9000, de 2015 no cuenta con una norma tipo informe TR 10017. Orientación sobre las técnicas estadísticas, que sea una guía metodológica para hacer uso de las mismas dentro del SGC como vía de lograr la efectividad del proceso con base a las mediciones y análisis objetivos. La organización debe decidir en base a sus conocimientos, en qué principios debe y puede utilizar técnicas estadísticas para el eficiente funcionamiento de su sistema de gestión de la calidad hasta tanto no exista una norma actualizada que oriente y guíe las técnicas estadísticas, cuestión esta que debe ser estudiada con la mayor prontitud.

1.2.2 Estadística descriptiva

En el control de la calidad se valoran las características de la calidad del producto que se obtiene. Esta valoración es medida en las denominadas variables de salida, variables de respuestas o variables dependientes. Son las variables en las que se reflejan los resultados obtenidos por el proceso de transformación. A través de su valor se evalúa la

eficacia del proceso. Gutiérrez, Pulido,H., & de la Vara Salazar, R. (2007) plantean que “las variables de salida se clasifican en tres tipos acorde a las especificaciones que deben cumplir:

- Cuanto más pequeña mejor: son variables o características de calidad cuya única exigencia es que no excedan un cierto valor máximo tolerado o una especificación superior, y cuanto más pequeño sea su valor, mejor
- Cuanto más grande mejor: son variables a las que se les exige que sean mayores que un valor mínimo o que cierta especificación inferior, y cuanto más grande sea el valor de la variable, mejor
- Valor nominal es el mejor: variables que deben tener un valor específico, y que por tanto no deben ser menores que una especificación inferior, pero tampoco mayores que una superior, tienen características de calidad con doble especificación.”

Se tienen además las variables que definen las condiciones de operaciones del proceso y que pueden influir en su resultado, denominadas variables de entrada o variables independientes. Pueden ser las variables de control del proceso como temperatura, velocidad, presión, cantidad y/o características de algún insumo material; de su valor depende la eficacia del mismo. Se consideran como tales también variables no controladas que pueden influir en los resultados de un proceso como la humedad relativa en el medio ambiente, habilidad del operario, método de trabajo, etc.

Tipos de datos que analiza la estadística.

Los métodos para visualizar y resumir datos dependen de sus tipos, los que pueden ser:

- Categóricos o cualitativos.
- Numéricos o cuantitativos.

Hay dos tipos de datos cuantitativos:

- Continuos: los que se pueden expresar por unidades enteras y fraccionales.
- Discretos: aquellos que solamente se pueden clasificar o medir por unidades enteras, susceptibles de conteo.

Tabla o distribución de frecuencias

La tabulación de los datos primarios de una sola variable, bien sea en una tabla simple o en una de agrupación, recibe el nombre de distribución de frecuencias univariada o distribución empírica univariada. En esta tabla se clasifican los datos por su magnitud.

Se divide el rango de variación de los datos en una cierta cantidad de intervalos que cubren todo el rango y luego se cuentan los datos que caen en cada intervalo.

Histogramas

Es la forma más común de representar una distribución de frecuencias. Se emplea para representar variables cuantitativas continuas que han sido agrupadas en intervalos de clase, medida en una escala de intervalo o razón

El uso sistemático del histograma de datos de variables o características de la calidad y su interpretación según Gutiérrez, Pulido,H., & de la Vara Salazar, R. (2007) “facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece el pensamiento estadístico ya que de un vistazo se logra tener una idea sobre la capacidad de un proceso, se evitan decisiones solo apoyándose en la media, se detectan datos raros y formas especiales de la distribución de los datos”.

Para que un histograma ofrezca información de forma correcta debe ser construido con un número suficiente de datos, (preferiblemente más de 100).

Interpretación de los histogramas

Mediante el análisis e interpretación de un histograma se pretende identificar y clasificar la pauta de variación del conjunto de los datos obtenidos y elaborar una explicación admisible y relevante para dicha pauta. Para la utilización de esta herramienta de forma eficaz, los equipos de trabajo deben tener el mayor conocimiento posible del proceso, ya que su experiencia y habilidad en la interpretación son fundamentales dado que no existen reglas fijas que expliquen de manera precisa las pautas de variación en cualquier situación.

Se recomienda considerar los siguientes puntos de acuerdo Gutiérrez, Pulido,H., & de la Vara Salazar, R. (2007) en la interpretación del histograma:

1. Observar la tendencia central de los datos. Localizar en el eje horizontal o escala de medición las barras con mayores frecuencias.
2. Estudiar el centrado del proceso. Para ello apoyarse en el punto anterior y observar la posición central del cuerpo del histograma respecto a la calidad óptima y las especificaciones.

Aun cuando se cumplan las especificaciones, si el proceso no está centrado la calidad que se produce no es adecuada, ya que entre más se aleje del óptimo más mala calidad

se tendrá. Por ello, en caso de tener un proceso descentrado se debe proceder a hacer los ajustes o cambios necesarios para centrar el proceso.

3. Examinar la variabilidad del proceso. Comparar la amplitud de las especificaciones con el ancho del histograma. Para considerar que la dispersión no es demasiada, el ancho del histograma debe caber de forma holgada en las especificaciones.

4. Analizar la forma del histograma .La forma de la distribución que más se da en salidas de proceso, es la forma de campana, con características similares a la distribución normal.

Es frecuente que cuando la distribución no es de este tipo sea indicativo de un hecho importante que esté ocurriendo en el proceso y que tiene un efecto negativo en la calidad.

Por ello se debe revisar si la forma del histograma es muy diferente a la de campana.

Algunas de las formas típicas que no coinciden con una distribución de campana se muestran en el anexo 1 , indicándose las posibles causas que lo ha generado.

5. Datos raros. Una pequeña cantidad de mediciones muy extremas o raras son fácilmente identificadas mediante un histograma, debido a que aparece una o más barras pequeñas bastante separadas o aisladas del resto.

Un dato raro refleja una situación especial que se debe investigar, y entre las posibles causas están las siguientes:

- El dato es incorrecto, ya sea por error de medición, de registro o de “dedo” (cuando fue introducido a la computadora).
- La medición fue hecha sobre un artículo o individuo que no pertenece al proceso o población a la que pertenece el resto.
- Si han sido descartadas las dos situaciones anteriores, entonces la medición se debe a un evento raro o especial.

Limitaciones de los histogramas:

- No permite, al no tenerlo en cuenta, detectar tendencias que ocurren a través del tiempo. En este caso se debe emplear carta de control
- No es la mejor forma para la comparación de varios grupos de datos o procesos en la práctica, para esto usar diagrama de caja y bigote o gráfica de medias
- La cantidad de intervalos influye en la forma del histograma.

Medidas descriptivas

Las medidas descriptivas se pueden calcular para una variable de modo individual o para describir la "relación" existente entre dos o más variables, en cuyo caso se denominan medidas descriptivas de asociación. Las medidas descriptivas para una variable, de acuerdo con la "información" que proporcionan, se clasifican en medidas de posición, de dispersión, de deformación y de apuntamiento.

Medidas de posición

Son medidas descriptivas que tienden a ubicarse hacia el centro de los datos de la muestra, también se les denominan medidas de tendencia central. Los valores que asumen estas medidas están incluidos entre el menor y el mayor de los datos medidos en la muestra. Son: media aritmética, moda, mediana, los percentiles.

La media o promedio

La media aritmética o simplemente la media es la más importante medida de tendencia central. Ella representa un valor alrededor del cual oscilan los valores de la variable observada, constituyendo el centro de gravedad de la distribución.

Si es obtenida de datos procedentes de una muestra se denota \bar{X} y se nombra media muestral. Si para su cálculo se utilizan todos los elementos de la población, es la media poblacional o media del proceso y se denota por la letra griega mu (μ).

Para un conjunto de n datos muestrales primarios $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, la media se calcula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ (Suma de todos los datos de la muestra, dividida por el volumen de esta)}$$

La media aritmética para cada muestra siempre existe. Está "afectada" por cada elemento de la muestra, y principalmente, por los "valores extremos".

La moda (Mo)

Para que haya moda, tiene que existir por lo menos un dato que se repita una cantidad de veces mayor que la que aparecen los demás. Por tanto, en una muestra la moda puede, o no existir, y si existe puede ser única o no.

La mediana (Me)

La mediana de una muestra de tamaño n está dada por el valor que supera a no más de la mitad de los datos y a la vez es superado por la mitad de los datos, estos datos tienen

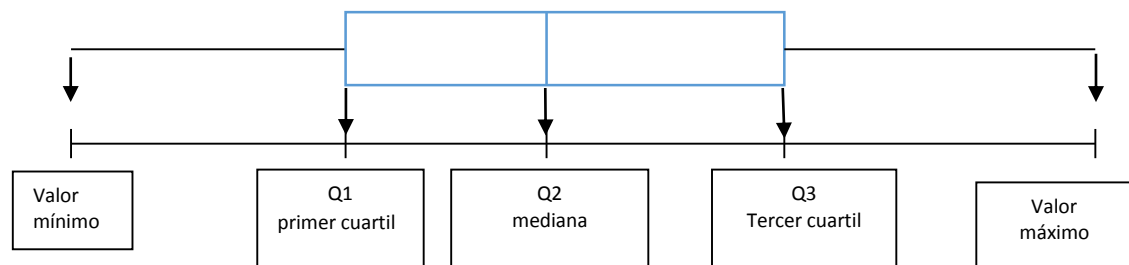
que estar ordenados ascendente o descendentemente (es el valor que ocupa el propio centro de dichos datos). Conocida también como percentil 50.

La mediana para cada muestra siempre existe, es única, puede o no coincidir con uno o más datos de esa muestra, y no depende del tamaño de esta.

Percentiles

Diagramas de caja y bigotes

El resumen de la información contenida en los cuartiles se visualiza en una presentación gráfica que se llama diagrama de caja y bigotes. La mitad central de los datos, que va desde el primer hasta el tercer cuartil, se representa mediante un rectángulo. La mediana se identifica mediante una barra vertical dentro de esta caja. Una línea se extiende desde el tercer cuartil hasta el valor máximo y otra línea se extiende desde el primer cuartil hasta el mínimo.



Los diagramas de caja son de suma utilidad para comparar la variación y la tendencia central entre procesos, tratamientos y en general para hacer análisis por estratos (turnos de trabajo, proveedores, máquinas, etc.). Son fáciles de comprender y tiene un gran impacto visual al permitir comparar el largo de los bigotes y poder detectar datos raros, etc.

El largo del diagrama, el rectángulo más ambas líneas o bigotes da una medida de la variación de los datos y visualmente la longitud de los bigotes, anuncia cuán sesgada puede ser la distribución de los datos. El rectángulo indica la tendencia central de los datos. Los datos que superan las barreras interiores se consideran datos atípicos, raros o aberrantes.

Medidas de dispersión

Estas medidas permiten determinar el grado de acercamiento o alejamiento que tienen los datos de la muestra respecto a una medida de tendencia central.

Entre las medidas de dispersión están el rango o recorrido, la varianza, la desviación estándar, el coeficiente de variación y el error estándar de la media.

Varianza

La varianza de una muestra de tamaño n es el cuadrado de las desviaciones de cada dato respecto a la media de esa muestra, dividido entre sus grados de libertad ($n-1$). La varianza es siempre un número no negativo. Se denota por S^2 y su fórmula de cálculo

$$\text{es: } S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Si para calcular la varianza se utilizan todos los elementos de la población o proceso, entonces se obtiene la varianza poblacional y se denota por la letra griega sigma (σ^2).

El valor de la varianza se expresa en unidades cuadráticas y su utilidad está dada en que da una medida del grado de desviación de los datos respecto a su promedio.

La desviación típica o estándar de una muestra de tamaño n es $S = \sqrt{S^2}$

La desviación típica o estándar es la que se interpreta, ya que está expresada en las mismas unidades de medición que los datos. Mientras menor sea su valor mejor es la calidad de la variable que se mide.

El coeficiente de variación

El coeficiente de variación de una muestra de tamaño n es: $CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$, se expresa

en por ciento por lo que se puede interpretar como una medición en términos porcentuales de la variación de una variable. Muy útil para comparar la variación de conjuntos de datos que estén medidos en diferentes escalas o unidades de medición.

Límites reales o naturales de un proceso

Gutiérrez, Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007) al respecto plantean que los intervalos naturales “indican la amplitud real de la variación de la salida del proceso”, son comparables con las especificaciones de calidad para la variable y por lo general se obtienen de la siguiente manera: Límite real inferior (LRI) = $\mu - 3\sigma$ y Límite real superior (LRS) = $\mu + 3\sigma$

El intervalo de tolerancia natural (estimado) será $\bar{X} \pm 3S$, siendo sus extremos los límites de tolerancia natural. Pérez López, C. (1999) plantea “Este intervalo de variación natural

de la característica de calidad indica entre otras cosas que la fracción de la producción que caiga fuera de él será considerada como defectuosa. Esto constituye una forma alternativa de expresar la aptitud o capacidad de un proceso como un porcentaje fuera de las especificaciones”.

1.3 Índices de capacidad

Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso es analizar qué tan bien cumplen sus variables de salida con las especificaciones. El análisis de la capacidad de un proceso se puede definir como un estudio de ingeniería orientado a estimar la aptitud del proceso mediante técnicas estadísticas para cuantificar la variabilidad del mismo y analizar esta variabilidad en relación con los requisitos de especificaciones del producto.

Un estudio de capacidad de proceso puede ser realizado utilizando alguno de los siguientes métodos: histogramas, gráficos de control y los diseños de experimentos. Los métodos gráficos proporcionan información visual sobre la relación existente entre la actuación del proceso y las especificaciones.

Para evaluar la capacidad de un proceso para cumplir especificaciones, es indispensable medir la variabilidad de la característica de calidad bajo estudio, para después compararla con la variación que toleran las especificaciones correspondientes.

La variación es un fenómeno que se manifiesta en la incapacidad de un sistema, proceso, persona, etc. para reproducir exactamente un comportamiento dado, aún bajo condiciones aparentemente semejantes.

En el momento de analizar la capacidad de un proceso, es importante que se minimicen los efectos de los factores esencialmente ajenos al estudio. Tales factores pueden ser variaciones no naturales del material, ajustes y deterioro del proceso, etc. Una vez observadas estas condiciones idóneas, se puede realizar un estudio de capacidad reuniendo los datos necesarios relativos a la característica de calidad en análisis para al menos 50 observaciones (aunque suele ser usual tomar 100 o más)

En la obra de Gutiérrez, Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007), se expresan los índices siguientes partiendo de suponer un proceso estable y la característica de calidad normalmente distribuida o al menos no tan diferente de esta.

Los cálculos de los índices están basados en los parámetros poblacionales del proceso: media (μ) y desviación estándar (σ). Sin embargo no siempre se conocen, por lo que se

hace uso de datos muestrales donde \bar{X} y S representan la media y la desviación estándar de tal muestra, y con base en ellos se toman las decisiones.

Índices de capacidad o aptitud para procesos con doble especificación

Sea una característica de calidad de un producto o variable de salida de un proceso, del tipo valor nominal es mejor, donde para considerar que hay calidad las mediciones deben ser igual a cierto valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar dentro de cierta especificación inferior (EI) y superior (ES).

Índice C_p : índice de capacidad potencial del proceso.

Se define como: $C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$, donde ES y EI son las especificaciones superior e inferior

para la característica de calidad. El índice C_p compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real del proceso, su

valor estimado sería: $\hat{C}_p = \frac{ES - EI}{6S}$

Tiene como desventaja no tener en cuenta el centrado del proceso.

Interpretación del índice C_p

Para que el proceso se pueda considerar potencialmente capaz de cumplir con especificaciones se requiere que la variación real siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice C_p sea mayor que 1, y si el valor del índice C_p es menor que 1 es una evidencia de que no cumple con las especificaciones.

Índice C_r : Se conoce como índice de razón de capacidad.

Está definido por $C_r = \frac{6\sigma}{ES - EI}$ y su estimación por: $\hat{C}_r = \frac{6S}{ES - EI}$

Como se puede apreciar, el índice C_r es el inverso del C_p , ya que compara la variación real contra la variación tolerada. Con este índice se quiere que el numerador sea menor que el denominador, es decir, lo deseable son valores de C_r pequeños (menores que 1).

La ventaja del índice C_r sobre el C_p es que tiene una interpretación un poco más intuitiva: el valor del índice C_r representa la proporción de la banda de especificaciones que es ocupada por el proceso. Al igual que el índice C_p no tiene en cuenta el centrado del proceso.

Índice C_{pk} : índice de capacidad real

Este índice supera la desventaja de los índices C_p y C_r al tener en cuenta en su definición la media del proceso μ .

El índice C_{pk} está definido por el valor mínimo (C_{pi} y C_{ps})

Donde el índice de capacidad para la especificación inferior C_{pi} se calcula como:

$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$ y su estimador: $\hat{C}_{pi} = \frac{\bar{X} - EI}{3S}$, el de la especificación superior C_{ps} se obtiene

de forma similar por: $C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$ y su estimador por: $\hat{C}_{ps} = \frac{ES - \bar{X}}{3S}$

Como se observa, estos índices sí toman en cuenta la media del proceso y evalúan la capacidad para cumplir con la especificación inferior y superior, respectivamente. La distancia de la media del proceso a una de las especificaciones representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Por eso se divide entre 3σ , en lugar de entre 6σ . Los índices unilaterales se interpretan en forma más o menos similar al índice C_p , como se aprecia en las tablas 5.1 y 5.2 de la obra de Gutiérrez, Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007). De aquí que entre más grandes sean estos índices, mejor se cumplirá con la correspondiente especificación.

El índice C_{pk} al ser igual al índice unilateral más malo indica que si el valor del C_{pk} es satisfactorio, eso indicará que el proceso en realidad es capaz. Si no es satisfactorio, no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice C_{pk} son los siguientes:

- El índice C_{pk} siempre va a ser menor o igual que el índice C_p . Cuando sean muy próximos, eso indicará que la media del proceso está muy cerca de punto medio de las especificaciones
- Si el valor del índice C_{pk} es mucho más pequeño que el C_p , nos indicará que la media del proceso está alejada del centro de especificaciones
- De acuerdo con la tabla 5.1, cuando los valores de C_{pk} sean mayores a 1.25, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria

- Valores del C_{pk} igual a cero o negativos, indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

Índice K: índice de descentrado de proceso o índice de localización

Es una medida especializada para evaluar el centrado del proceso, ya que mide en términos relativos y porcentuales qué tan descentrada o alejada está la media de un proceso respecto al valor nominal(N) para la característica de calidad. Este índice se

calcula de la siguiente manera: $K = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100$ quedando su estimado por la

siguiente expresión: $\hat{K} = \frac{\bar{X} - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100$

De esta forma el índice K es igual a la media del proceso μ menos el valor nominal para la característica de calidad, dividida entre la mitad de la distancia de las especificaciones. Es decir, el índice K mide que tan descentrado está el proceso en función de la mitad de la amplitud de las especificaciones, y al multiplicar por 100 se convierte en una medida porcentual.

Interpretación de los valores de K :

Si el signo del valor K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal, y será negativo cuando μ sea menor que N

Valores de K menores a 20% en términos absolutos se pueden considerar como aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo que puede contribuir de manera significativa a que la capacidad del proceso sea baja para cumplir especificaciones.

El valor nominal, N , es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. Por ello cuando un proceso esté descentrado de manera significativa se deben hacer esfuerzos serios para centrarlo.

Índice Z (la métrica en seis sigma)

Otra forma de medir la capacidad del proceso es mediante el índice Z , el cual consiste en calcular la distancia entre las especificaciones y la media μ del proceso en unidades de la desviación estándar σ . De esta manera, para un proceso con doble especificación

se tiene Z superior (Z_s), y el Z inferior (Z_i), definidos de la manera siguiente: $Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma}$

y $Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma}$. Los estimadores de estas expresiones quedan: $\hat{Z}_i = \frac{\bar{X} - EI}{S}$ y $\hat{Z}_s = \frac{ES - \bar{X}}{S}$

Tomando en cuenta la forma que se estandariza una variable con distribución normal, el índice Z se distribuye normal con media 0 y desviación estándar 1. Por ello, entre más grande sea el valor de Z mejor será la capacidad del proceso. Hay una relación directa entre los índices C_{ps} y C_{pi} con el estadístico Z , ya que: $3C_{ps} = Z_s$ y $3C_{pi} = Z_i$. Por tanto, su interpretación se debe hacer de acuerdo con esta relación.

Índice Cpm: función de pérdida (índice de Taguchi)

Desde el punto de vista de G. Taguchi plantea que cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (calidad óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal N , y no sólo orientada a cumplir con especificaciones.

Taguchi propone una definición alternativa de los índices de capacidad del proceso, la cual se fundamenta en lo que él denomina función de pérdida. El índice propuesto por él toma en cuenta en forma simultánea el centrado y la variabilidad del proceso, está

definido por: $C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}}$ su estimado será por: $\hat{C}_{pm} = \frac{ES - EI}{6\sqrt{S^2 + (\bar{X} - N)^2}}$

Para la interpretación de los valores del índice C_{pm} se debe tener en cuenta que si es mayor que 1 indica que el proceso cumple con las especificaciones, en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte media de la banda de las especificaciones. Si C_{pm} es mayor que 1.33, el proceso cumple con las especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte media del rango de las especificaciones.

Índices de capacidad para procesos con una sola especificación

Si se tienen características de calidad del tipo “entre más grande mejor” o “entre más pequeña mejor”, entonces se calcula para el primer caso C_{pi} para el segundo C_{ps} . El valor mínimo de estos índices, para que el proceso se pueda considerar capaz de cumplir con la correspondiente especificación debe ser de 1.25, si la característica de calidad es crítica entonces debe ser 1.45.

Capacidad a corto plazo y capacidad a largo plazo

La capacidad a corto plazo se calcula a partir de muchos datos tomados durante un periodo corto de tiempo para que no haya Influencias externas en el proceso, lo que permite evitar cambios importantes de temperatura, humedad ambiental, turnos, operadores, materia prima, etc. Gutiérrez, Pulido,H., & de la Vara Salazar, R. (2007) plantea “Esta capacidad representa el potencial del proceso, lo mejor que se puede esperar del mismo”.

La capacidad a largo plazo se calcula a partir de muchos datos tomados de un periodo largo para que los factores externos influyan en el desempeño del proceso. Mide la variabilidad que puede afectar al conjunto de los elementos fabricados recibidos por el cliente.

El periodo de tiempo de los datos tiene impacto en la forma que se estima la desviación estándar del proceso. Habrá dos formas de calcular la desviación estándar, la primera considera sólo la variación dentro de las muestras a través del rango o recorrido de las muestras, mediante: $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$ donde \bar{R} es el promedio de los recorridos o rango, y la constante d_2 que depende del tamaño de la muestra o subgrupo se encuentra tabulado en anexo 2. Esta forma de calcular la desviación estándar no considera los desplazamientos del proceso a través del tiempo que también influyen en la variación total del proceso, por lo que suele llamársele variación de corto plazo del proceso. Normalmente los índices de capacidad se calculan considerando la variación de corto plazo, por lo que se habla de capacidad de corto plazo.

En el segundo caso σ será estimada por la desviación estándar de todos los datos de la muestra ($\hat{\sigma} = S$), es decir, tiene en cuenta la variación entre y dentro de las muestras, lo que se hace calculando la desviación estándar directamente de todos los datos obtenidos a lo largo del tiempo, de esta forma, si se tienen muchos datos de un tiempo

suficientemente amplio entonces se tendrá una idea de la capacidad del proceso a largo plazo.

Por lo general, para indicar los índices a largo plazo se les designa con la letra P, si se calcula el índice de capacidad potencial del proceso a corto plazo C_p , para largo plazo este índice se indica como P_p , y así para todos los índices.

1.4 Investigaciones recientes sobre el control de la calidad

Un análisis realizado a diferentes investigaciones en temas afines a sistemas de gestión de la calidad, control de la calidad y control estadístico de la calidad, tanto de carácter nacional como internacional en las que aparecen varias propuestas metodológicas de mejoras al sistema de gestión, o procedimientos que tributan a su proceso, evidencian carencias respecto al tema de la aplicación concreta de las técnicas estadísticas, como en las investigaciones realizadas por el título de Doctor en Ciencias Técnicas, en la tesis doctoral de: Cruz Ros, S.(2001), Gómez Dorta, R.L. (2001), Godínez, C.L. (2004), Ferrari, S. (2007), Vilalta Alonso, J.A. (2008), Cuellar de la Cruz, M.E. (2009), Escoriza Martínez, T.de la M. (2010), Parra Suárez. A. (2018), y en las tesis por el grado de Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Holguín de Lorenzo Llanes, E.J. (2013), Nápoles Rojas, L.F (2013), Tamayo García, P.F. (2013), Ayala López, M.A (2011) y Segura Leyva, I. (2011).

Del análisis de estas metodologías se puede inferir de forma general, que no se analizan los aspectos a controlar con un propósito u objetivo en particular relacionado con la aplicación de las técnicas estadísticas, o las metodologías se basan específicamente en la satisfacción del cliente, así como, no consideran los procesos o actividades que se desarrollan. Además en las metodologías consultadas, no consideran tampoco aspectos fundamentales de planificación y control estadístico, lo que evidencia la importancia y novedad de esta investigación.

1.5 Diagnóstico del control estadístico de la calidad en la Empresa de Cigarros “Lázaro Peña”

La Empresa de cigarros Lázaro Peña, perteneciente al Grupo Empresarial de Tabaco de Cuba en Holguín, creada por la resolución N° 361|2000 del Ministro de la Agricultura, se constituye como una empresa cerrada que cuenta con cinco unidades empresariales de base; una de producción de cigarrillos, una de comercialización y abastecimiento, integral

de servicios técnicos, centro de gestión y otra de servicios generales, produce y comercializa cigarrillos para el consumo nacional.

Es una empresa en perfeccionamiento empresarial desde el año 2002. Certificó el sistema de gestión de la calidad desde el año 2005. Luego en el año 2009 a este sistema se integra el sistema de gestión ambiental, junto al de seguridad y salud, con un alcance de producción y comercialización de cigarrillos negros y rubios para el consumo nacional. En su Manual de Calidad, documento rector de los sistemas de gestión, se define para estos la política, los objetivos, metas y programas.

Mediante la revisión de los documentos del SGC, se puede observar en el mapa de procesos (anexo 3), el funcionamiento del enfoque de proceso en la empresa, mostrando la interrelación de sus tres procesos principales: de apoyo, operativos y los estratégicos, así como fluye la información entre los mismos.

Los procesos operativos están formados por el proceso de realización y de comercialización del producto. Los procesos estratégicos incluyen el proceso de gestión de la dirección y el de análisis y mejora. La documentación de estos se encuentra dentro del Manual de la Calidad.

El proceso de realización del producto y control del proceso se representa por medio del diagrama OTIDA, se describen las actividades y recursos del proceso productivo desde que entra la materia prima y los materiales fundamentales, hasta la salida del producto final, el cual se encuentra en el anexo 4. En este anexo también se describe las actividades de toma de muestras para la medición de los requisitos físicos de los cigarrillos.

El departamento de producción de cigarrillos, tiene una línea de producción de cigarrillos con nueve brigadas de producción por turno de trabajo. Los equipos del proceso que intervienen en la producción de cigarrillos son: máquinas productoras de cigarrillos, encajetilladora, celofanadora y empaquetadora.

Dentro del proceso análisis de datos y mejora continua del Manual de Calidad se establece: “La organización determina, recopila y analiza los datos, con el empleo de programas informáticos, para demostrar la adecuación y la eficacia del sistema de gestión de la calidad y para evaluar donde puede realizarse la mejora continua del

sistema integrado de gestión (SIG), a partir de los datos generados del resultado de la medición y seguimiento y de cualquier otra fuente pertinente”.

En este proceso se establece que los datos provenientes de los procesos operativos y estratégicos, de la medición los objetivos de calidad, de la materia prima, de los equipos de seguimiento y medición, encuestas de satisfacción del cliente, los reportes diarios del Sistema de Control de la Producción, del informe mensual de eficacia de los procesos, etc., se nutre el proceso de mejora para buscar oportunidades de mejora y entonces realizar acciones de mejora.

Además se plantea “El análisis de los datos resultantes de estos controles se realizan mediante el uso de las técnicas estadísticas siguientes: determinación de la media, de la desviación estándar, de la moda, del valor mínimo y del valor máximo.

En los casos necesarios se grafican los datos para una mayor comprensión de los mismos y se escriben interpretaciones al respecto, se usan principalmente los gráficos de columnas y de líneas en uno o en dos ejes”

En el documento indicador de calidad de la manufactura se establece que con el resultado de los requisitos y parámetros físicos de los cigarrillos y la inspección visual final a los lotes de producción terminada, se obtiene el indicador de calidad en la fabricación del producto por turno de trabajo y marca de cigarrillos.

El indicador de calidad de fabricación del producto en base a 100 puntos, se calcula con el 80 % de la nota de los requisitos físicos y el 20 % de la nota de la inspección final a los lotes. Diariamente se entrega a los jefes de brigada y jefes del departamento de producción de cigarrillos el comportamiento de los parámetros físicos de las marcas de cigarrillo ,con la nota o puntuación obtenida del indicador de calidad de la manufactura diario y el acumulado realizando una ponderación de la producción realizada. La puntuación obtenida se convierte en un índice de 0 a 1.

Los requisitos y parámetros físicos que se evalúan corresponden a la inspección física global y son los siguientes (tabla 1):

Tabla 1: Distribución de los valores a los requisitos físicos.

Requisito físico	Puntos	
	Criollos	Aromas

Peso o masa	35	35
Diámetro	30	30
Dureza	15	15
Caída de presión	10	15
Pérdida por las puntas	10	5
Total	100	100

Fuente: Documento Indicador de calidad de la manufactura. Manual de calidad de la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña”

La autora de esta investigación considera que aunque el sistema de gestión de la calidad se encuentra establecido y certificado no deja de tener serias limitaciones en cuanto a explotar las potencialidades de las técnicas estadísticas en el análisis de datos para sacar conclusiones y obtener información útil con el objetivo de lograr la mejora del proceso. En la documentación del SGC se plantea que se debe realizar utilizando técnicas estadísticas para mantener el proceso controlado y tomar las acciones de mejora por parte del responsable del proceso, sin embargo no se realiza así.

La empresa se limita a calcular valores medios y desviación típica a los requisitos y parámetros físicos del cigarrillo y algún gráfico de barra o línea, insuficientes para hablar de conformidad de los requisitos, del análisis de capacidad del proceso, de medir si el proceso se encuentra en control estadístico y poder así detectar posibilidades de mejora. Con estos estadísticos es imposible que se pueda detectar si máquinas, hombres, materia prima fundamental, y materiales presentan variabilidad excesiva o no, no pueden investigar en un momento determinado cómo se van cumpliendo los requisitos, ni los factores que lo están influyendo, cómo está el cumplimiento de estos requisitos respecto a las especificaciones, qué porcentaje de la producción se encuentra fuera de las especificaciones.

A partir del estudio y análisis realizado a los documentos del sistema de gestión de la calidad, de la revisión del procedimiento estadístico empleado, y las observaciones realizadas en el proceso, se puede concluir que existe la necesidad de implementar el control estadístico de la calidad del proceso de confección de cigarrillos.

La investigación realizada por la autora en la tesis Hidalgo, D. M, Lerma. G. I y Pérez, H.F.E. (2014), sirve como diagnóstico de la pobre utilización de las técnicas estadísticas en el control de la calidad, donde se pudo detectar que los requisitos físicos de los cigarrillos criollos: peso, humedad, dureza, caída de presión, diámetro y pérdidas por

puntas al aplicar el análisis de varianza tienen diferencias significativas entre los meses analizados, los módulos de producción y los turnos de trabajo. En la mayoría de estos requisitos la interacción mes-módulo y mes-turno resultó significativa, lo que nos indica que los resultados de los requisitos varían por estos factores.

Al no realizar análisis de capacidad de los módulos no conocen que todos tienen dificultades para garantizar los requisitos físicos, con una situación crítica para el peso, la humedad y el diámetro, que muestran altos porcentos de observaciones fuera de sus especificaciones, además al no aplicar estudios de correlación, no han detectado que existen correlaciones significativas entre los requisitos físicos de los cigarrillos, algo primordial al tratar de realizar los ajustes a la tecnología a fin de lograr el cumplimiento de algún requisito, lo que puede llevar a cambios significativos de otros requisitos con los que estén altamente correlacionados.

El personal del departamento de calidad está formado por profesionales de distintas formaciones como Ingeniería Mecánica, Química, Industrial, entre otras, los cuales no tienen en su formación base el mismo nivel de conocimientos de la Estadística como ciencia ni como fundamento científico potente para el control estadístico de la calidad.

Los análisis estadísticos correspondientes que se plantean dentro del proceso de análisis de datos en lo referente a las determinaciones físicas de los cigarrillos carece de un análisis real, tal y como se detectó en el diagnóstico del control estadístico de la calidad en la empresa, por lo que esto constituye una limitante en aprovechar las potencialidades que brindan las técnicas estadísticas para la determinación de la variabilidad de las máquinas, del proceso, del análisis de la capacidad real que tienen sus máquinas.

Todo ello evidencia la insuficiente aplicación de las técnicas estadísticas en el control estadístico de la calidad del proceso de producción de cigarrillos en cuanto a los requisitos y parámetros físicos del cigarrillo, lo cual justifica el objetivo fundamental de esta investigación, la confección de un procedimiento para la aplicación de las técnicas estadísticas, lo que permitirá la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso de producción del cigarrillo.

2

PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD
EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CIGARRILLO EN LA EMPRESA
DE CIGARROS “LÁZARO PEÑA”

CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CIGARRILLO EN LA EMPRESA DE CIGARROS “LÁZARO PEÑA”

En el presente capítulo se realiza el diseño y aplicación de un procedimiento para potenciar el control estadístico de la calidad en la empresa de cigarros, como vía de hacer su sistema de gestión de la calidad más eficiente para la mejora continua de la calidad.

Para la concepción y desarrollo del procedimiento se tuvo en cuenta:

- Análisis de los fundamentos teóricos y metodológicos del control estadístico de la calidad.
- El diagnóstico del control de la calidad aplicado a la empresa de cigarros “Lázaro Peña”
- La selección de las técnicas estadísticas útiles al control estadístico de la calidad en la operación de producción de cigarrillos.

2.1 Procedimiento para la aplicación de las técnicas estadísticas a utilizar en el control estadístico de la calidad en la producción de cigarrillos.

El procedimiento es presentado en el gráfico 1, consta de tres etapas, 12 pasos, 4 acciones y 7 alternativas, los cuales son descritos a continuación:

Etapla 1. Planificación de la organización y análisis de datos

Objetivo: preparar las condiciones y el personal que aplicará el control estadístico de la calidad en la empresa a la(s) variable(s) del proceso seleccionado.

Paso 1.1 Conformación y capacitación del grupo de trabajo

Acción 1. Conformar el grupo de trabajo

El grupo de trabajo quedará constituido por representantes de la calidad de la UEB Producción de Cigarrillos, especialistas de calidad, técnicos y directivos del taller con suficiente experiencia y nivel de conocimientos del proceso productivo y del sistema de control de la calidad instalado.

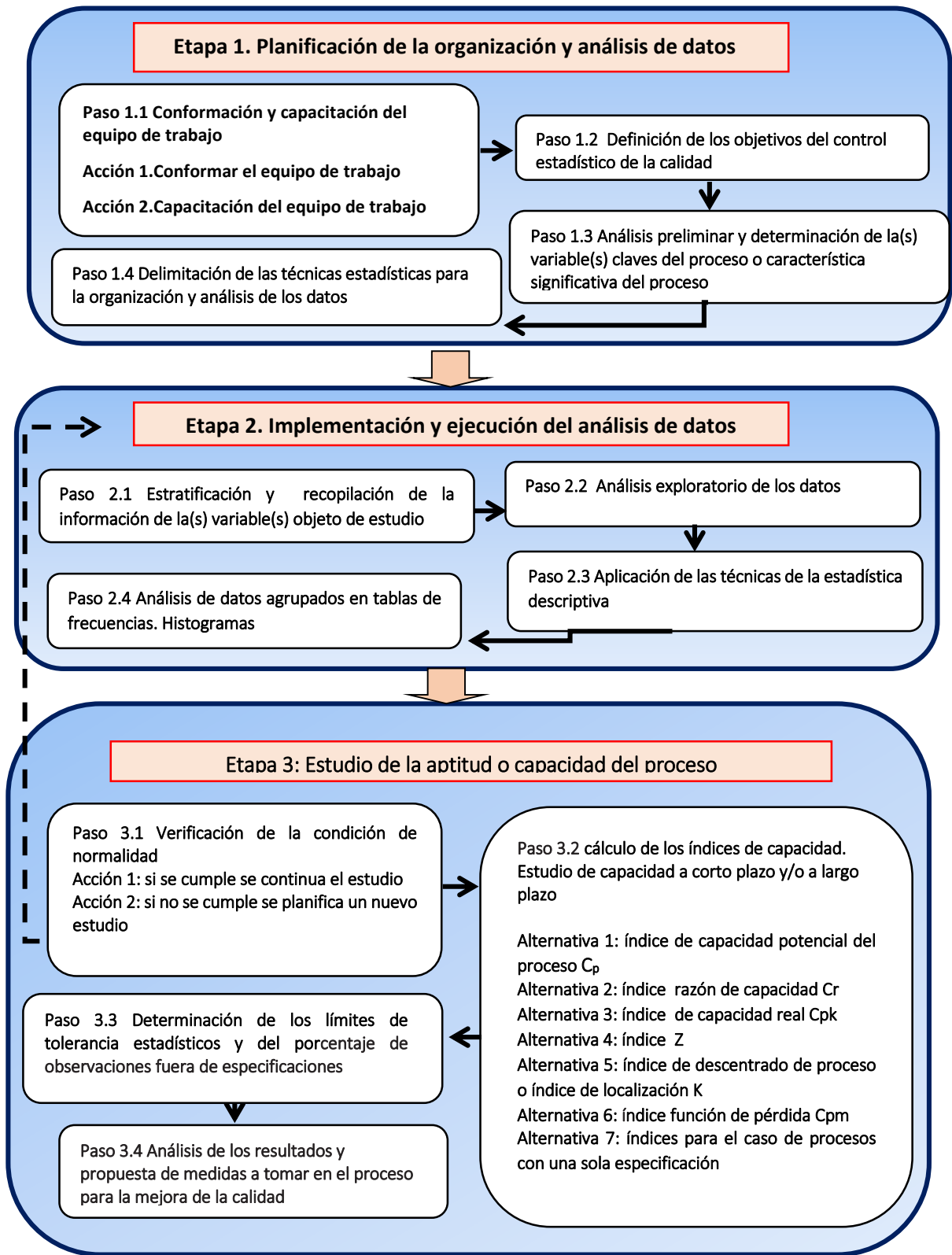


Gráfico 1: Procedimiento para el control estadístico de la calidad. Elaboración propia.

Este equipo debe ser responsable de formar las bases para la explicación e implementación del procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso, implementando la secuencia metodológica que esta debe seguir.

Acción 2. Capacitación del equipo de trabajo

Para la aplicación de este procedimiento es imprescindible la preparación de todo el personal del grupo de trabajo seleccionado. Se debe establecer un plan para la formación en control de la calidad y en específico en las técnicas estadísticas útiles en este campo mediante el uso de software informático, por medio de conferencias, seminarios, talleres y cursos de postgrado. El grupo de trabajo debe dominar los fundamentos teóricos y metodológicos de la estadística como ciencia base del control estadístico de la calidad del proceso, su importancia, análisis y aplicación en la actualidad, su función en la norma ISO 9001:2015 como herramienta para la toma de decisiones y detección de oportunidades de mejora.

La capacitación debe propiciar la motivación de todo el personal involucrado respecto al procedimiento a aplicar.

Paso 1.2 Definición de los objetivos del control estadístico de la calidad

Partiendo del conocimiento previo del proceso productivo, del sistema de control estadístico aplicado y el diagnóstico realizado, se puede establecer el objetivo, que puede ser un estudio preliminar, de seguimiento, control, o mejora para alguna(s) variable(s) de interés en el proceso. Estas variables pudieran estar referidas a los módulos de producción, materia prima, mano de obra, parámetros físicos críticos, etc.

Paso 1.3 Análisis preliminar y determinación de la(s) variable(s) objeto de estudio o característica significativa del proceso.

La determinación de la(s) variable(s) claves del proceso de producción que requieren un estudio profundo de su comportamiento estadístico puede estar condicionado por la influencia de las mismas en los rechazos, reclamaciones, no conformidades, entre otros aspectos, o por alguna situación en las máquinas, equipos de medición, cambios en la materia prima, fluctuación de la fuerza laboral, etc.

El equipo de trabajo debe establecer las prioridades del estudio, para lo cual puede valerse de distintas técnicas estadísticas, fuentes de información y criterios.

Paso 1.4 Delimitación de las técnicas estadísticas para la organización y análisis de los datos.

En este paso el grupo de trabajo debe hacer una selección preliminar de las técnicas estadísticas posibles a aplicar de acuerdo al objetivo del estudio y de las características de la(s) variable(s) seleccionadas como fundamentales en el paso anterior.

Etapa 2. Implementación y ejecución del análisis de datos

Objetivo: seleccionar y realizar el procesamiento de los datos primarios.

Paso 2.1 Estratificación y recopilación de la información de la(s) variable(s) objeto de estudio

Para la recopilación de la información de la(s) variable(s) objeto de estudio se recomienda iniciar con la estratificación de los datos con el objetivo de definir el grupo homogéneo del que se tomarán las muestras y que se espera que estén libres de causas especiales, de manera que la variación dentro de estos grupos pueda ser representativa de la variación del proceso que se estudia, posteriormente se seleccionan los datos a procesar. La estratificación es una técnica simple consistente en separar los problemas por causas, condiciones, áreas, o rango de resultados, es decir, por alguna característica que implique una incidencia diferenciadora en los resultados.

Paso 2.2 Análisis exploratorio de los datos

El análisis exploratorio de los datos tiene como objetivo realizar un examen a fondo de la estructura de los datos, analizar los datos exhaustivamente y detectar las posibles anomalías que presentan las observaciones, llamados datos extraños, aberrantes o atípicos (*outliers*) para ser eliminados y evitar que se distorsione la información. Este análisis se puede realizar utilizando alguna de las siguientes variantes:

- Gráfico de tallo y hojas
- Gráfico de caja y bigotes (Box-and- Whisker Plot)
- “Utilización del criterio de eliminar datos por fuera de 2,5; 3; 4; o más desviaciones tipo de la media” dado por Juran, J. (1999)

Paso 2.3 Aplicación de las técnicas de la estadística descriptiva

Los estadísticos descriptivos más comúnmente utilizados han sido la media y la desviación típica. Sin embargo, el uso automático de estos no siempre es aconsejable. La media y la desviación típica son índices convenientes solo cuando la distribución de datos es aproximadamente normal o, al menos simétrica y unimodal.

Entre los estadísticos que se proponen calcular, están los de posición como son: media o promedio, moda, mediana, y los de dispersión: varianza, desviación típica, rango o recorrido, y el coeficiente de variación.

Paso 2.4 Análisis de datos agrupados en tablas de frecuencias e histogramas

Realizar la tabla de frecuencias univariada para la confección del histograma.

La distribución normal debe mostrar un histograma con forma acampanada, simétrica, y unimodal, cuando se aleja de este patrón, es indicio de que en el proceso están actuando causas asignables que deforman la curva acampanada, en estos casos la predicción de la capacidad del proceso no es precisa.

El análisis del histograma debe centrarse en tres aspectos: el punto central, la anchura y la forma. Estos aspectos pueden ayudar a investigar:

La tendencia central de los datos: estará localizada en las barras centrales, las cuales deben ser las de mayor altura, representando estas que tienen las mayores frecuencias. Es deseable que el histograma presente un solo pico.

El centrado del proceso: puede analizarse ubicando el valor nominal (óptimo de variable) respecto al centro del histograma y a las especificaciones establecidas.

Examinar la variabilidad del proceso. El ancho del histograma debe estar dentro de los límites de especificación de la variable, las barras que caen fuera de estos límites indican observaciones fuera de especificaciones.

La forma del histograma: para variables con doble especificación la forma más común que debe tener es próxima a la campana de la distribución normal

Datos raros: si existen barras en el histograma que están separadas del resto, ello puede ser un indicativo de observaciones atípicas o aberrantes.

Estos aspectos pueden ser analizados como se muestra en la gráfico 2

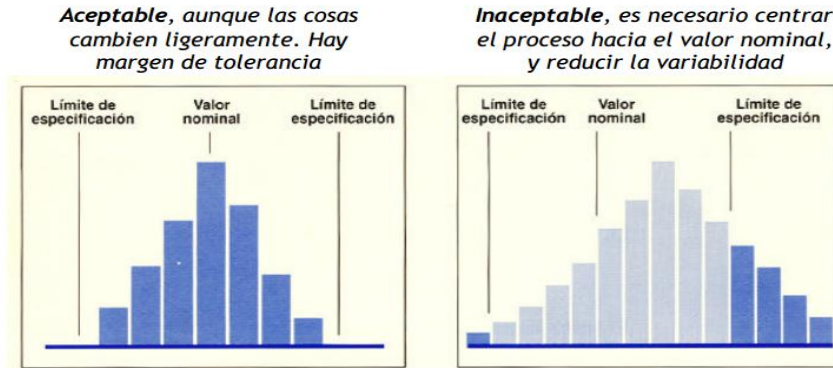


Gráfico 2: Histogramas con situación aceptable e inaceptable respecto a las especificaciones de la variable.

Etapa 3: Estudio de la aptitud o capacidad del proceso

Objetivo: evaluar la habilidad o capacidad del proceso para analizar en qué medida sus variables de salida cumplen con las especificaciones.

Paso 3.1 Verificación de la condición de normalidad

Para un estudio de capacidad es necesario para una variable con doble especificación que esté normalmente distribuida, lo cual se puede verificar por medio de las dójimas o pruebas de bondad de ajuste Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov u otras.

Acción 1: si se cumple la condición de normalidad se continua el estudio.

Acción 2: si no se cumple se planifica un nuevo estudio (retorna a etapa 2)

Paso 3.2 Cálculo de los índices de capacidad

Los principales índices son: capacidad potencial del proceso, de razón de capacidad, capacidad real, índice de centrado del proceso, índice Z, índice de Taguchi. Estos índices se pueden analizar a corto plazo y a largo plazo.

Los índices de capacidad de forma general ayudan a determinar si el proceso es capaz de cumplir las especificaciones para la variable, el centrado del proceso, la variabilidad alrededor del valor nominal. No es necesario calcularlos todos, el equipo de trabajo puede seleccionar alguna(s) de las siguientes alternativas:

Alternativa 1: cálculo del índice de capacidad potencial del proceso C_p

Alternativa 2: cálculo del índice razón de capacidad C_r

Alternativa 3: cálculo del índice de capacidad real C_{pk}

Alternativa 4: índice Z (la métrica en seis sigma)

Alternativa 5: índice de descentrado de proceso o índice de localización K

Alternativa 6: índice función de pérdida C_{pm} (índice de Taguchi)

Alternativa 7: índices para el caso de procesos con una sola especificación:

Si se tienen características de calidad del tipo “entre más grande mejor” se calcula el índice de capacidad real inferior C_{pi} .

Si se tienen características de calidad del tipo “entre más pequeña mejor” se calcula el C_{ps}

Paso 3.3 Determinación de los límites de tolerancia estadísticos y del porcentaje de observaciones fuera de especificaciones

Los límites de tolerancia estadísticos como plantea Juran, J. (1999) “son similares a la capacidad del proceso, muestran los límites prácticos de variabilidad del proceso...” permiten conocer para una proporción p de la población, entre que valores el proceso garantiza la variable en estudio con una confiabilidad especificada. Se asume que la variable sigue una distribución normal, y se calculan del siguiente modo:

Caso bilateral: $[\bar{X} \pm KS]$

Caso unilateral: $[-\infty; \bar{X} + KS]$ o $[\bar{X} - KS; +\infty]$

donde:

$K [(1 - \alpha)100\%]; n; p]$: constante que depende del tamaño de la muestra (n), del tipo de intervalo a calcular (bilateral o unilateral), nivel de confianza prefijado $(1 - \alpha)100\%$ y de p : proporción de la población que se desea esté dentro del intervalo.

\bar{X} : media muestral

S : desviación típica muestral.

Determinación del porcentaje de observaciones por fuera de las especificaciones

Si se considera que una característica de calidad con doble especificación tiene establecido sus especificaciones (EI y ES) entonces la proporción de observaciones que caerán dentro de los límites establecidos se obtiene como:

$$P(EI \leq X \leq ES) = P\left(\frac{EI - \bar{X}}{S} \leq Z \leq \frac{ES - \bar{X}}{S}\right) = P(Z_i \leq Z \leq Z_s)$$

Por tanto el cálculo del porcentaje fuera de especificaciones se realizará haciendo uso de la tabla de la distribución normal de la siguiente manera:

Por debajo de la especificación inferior: $P(Z < Z_i)$

Por encima de la especificación superior: $P(Z > Z_s)$

De forma similar se procede para el caso de variables con una sola especificación.

Paso 3.4 Análisis de los resultados y propuesta de medidas a tomar en el proceso para la mejora de la calidad

Partiendo del resultado del análisis de datos para la(s) variable(s) clave(s) del proceso, sus estadísticos más importantes, el análisis del histograma, de los índices de capacidad del proceso, y del porcentaje de observaciones fuera de especificaciones, el equipo de trabajo está en condiciones de valorar todos los resultados, se define la situación real de la(s) característica(s) de calidad estudiada y se emiten las conclusiones, todo lo cual permite proponer las estrategias de mejora.

Estas estrategias de mejora deben quedar claramente enunciadas, se debe definir los encargados de ponerlas en marcha, las fechas de su ejecución y control, así como los recursos a emplear.

Luego de realizado los cambios propuestos se debe definir el comienzo del nuevo estudio a fin de seguir el monitoreo de estas variables y el logro de la mejora continua de la calidad.

2.2 Aplicación del procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña”

En la operación producción de cigarrillos es donde se genera la mayor cantidad y variedad de datos, siendo estas mediciones variables del tipo cuantitativas. En ella se evalúan a los cigarrillos los requisitos físicos : peso, diámetro, firmeza o dureza, caída de presión, pérdida por las puntas, longitud, anchura de la monta y contenido de polvo, siendo los cinco primeros requisitos los considerados claves del proceso ya que su incumplimiento compromete la calidad del cigarrillo. Estos cinco requisitos son utilizados para la determinación de los índices de calidad de la producción, aportando el 80% del valor del índice.

En las operaciones de encajetillado, cefalonado y empaquetado se realizan inspecciones visuales y estos resultados aportan el restante 20% del valor de los índices de calidad de la producción.

El procedimiento propuesto será aplicado a la operación producción de cigarrillos de la marca criollos, ya que esta marca de cigarrillos son los que más establemente la empresa produce y en mayor cantidad.

2.2 Aplicación del procedimiento elaborado para la utilización de las técnicas estadísticas en el control estadístico de la calidad en la producción de cigarrillos.

Etaa 1. Planificación de la organización y análisis de datos

Paso 1.1 Conformación y capacitación del grupo de trabajo

Acción 1. Conformar el grupo de trabajo: en la tabla 2 se muestra los integrantes del equipo de trabajo y los cargos que los mismos ocupan. Este equipo de trabajo se logró formar con el consentimiento de la máxima dirección de la empresa. Está caracterizado por ser multidisciplinario, son personas que trabajan directamente en la producción y/o calidad y están comprometidas con la misión de la empresa.

Tabla 2: Integrantes del grupo de trabajo de la empresa

Integrantes	Cargo
Ing. Addiel Pérez Suárez	Director UEB Producción de Cigarrillos
Ing. Osmar Marrero Ricardo	Director Técnico y de Desarrollo
MSc. Yanet Pavón Sicilia	Esp. "B" Normalización
Ing. Lissette Gutiérrez Cervantes	Esp. "B" Gestión de la Calidad
MSc. Reinier Salas Tamayo	Tecnólogo "A" en Procesos Industriales
Ing. Raisdel Pupo Rodríguez	Jefe de departamento de producción cigarrillos

Acción 2. Capacitación del equipo de trabajo: los integrantes del grupo de trabajo han recibido capacitación en las técnicas estadísticas y el uso de software por medio de cursos de postgrado, talleres y conferencias, a fin de lograr los conocimientos necesarios para comprender y poder aplicar por si solos el análisis de datos necesario a su proceso productivo. La autora de la investigación comenzó el proceso de

capacitación e interacción con el personal en el curso 2013-2014 con la realización de un trabajo de diploma para la utilización de técnicas estadísticas a todo el proceso productivo de la empresa, el cual fue mostrado y explicado sus resultados fundamentales. Se impartió en la empresa el curso postgrado: Estadística para la investigación (30 h), el mismo comprendió un conjunto de técnicas estadísticas útiles al control de la calidad y el uso de un software profesional (Statgraphics XV) como herramienta indispensable para el procesamiento de los datos. Además la autora ha realizado varios trabajos de curso con estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, conjuntamente con los profesionales que forman parte del grupo de trabajo. Para ello impartió conferencias y se realizaron talleres en el año 2017 y 2018, actividades que estuvieron encaminadas a la discusión de técnicas estadísticas, sus fundamentos y aplicaciones al control de calidad.

Paso 1.2 Definición de los objetivos del control estadístico de la calidad

El equipo de trabajo puede decidir el objetivo del control estadístico de la calidad, en este caso el estudio estará encaminado a determinar el comportamiento del requisito que ha sido más inestable en los módulos de producción, como punto de partida para la búsqueda de oportunidades de mejora, según lo explicado en la introducción que se hace a este procedimiento.

Paso 1.3 Análisis preliminar y determinación de la(s) variable(s) claves del proceso o característica significativa del proceso

De los registros de los últimos meses donde se ha trabajado con la misma materia prima, se ha observado que el requisito físico con mayores dificultades para mantener sus especificaciones ha sido el peso, y como este requisito, de entre los requisitos claves es el que más aporta al indicador de calidad de producción (aporta 35 de los 100 puntos que se distribuyen), es de suma importancia no solo su cumplimiento, sino su cercanía al valor central o nominal de su especificación como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3: Distribución de puntos para la determinación del índice de calidad de la producción para el requisito peso.

Cigarrillos Criollos		
Límite Inferior	Límite Superior	Puntos
0.00	769.99	0.00

770.00	799.99	30.00
800.00	809.99	35.00
810.00	830.99	30.00
831.00	2000.00	0.00

Fuente: Documento Indicador de calidad de la manufactura. Manual de calidad de la empresa de cigarros “Lázaro Peña”

A pesar de que se tiene establecido como se muestra en la tabla 3, si el peso está por fuera de las especificaciones (770; 830) mg, no se le otorga puntos, en estos casos se hace una excepción y se le otorga 20 puntos si:

- el peso promedio obtiene valores por debajo del mínimo, y la caída de presión, la dureza y la pérdida por las puntas están en los rangos establecidos (tabla 4);
- el peso promedio obtiene valores por encima del máximo, si la caída de presión y la dureza están en los rangos establecidos.

Tabla 4: Rangos establecidos para la caída de presión, dureza, pérdida por puntas y peso.

Caída Presión (kPa)		Dureza (%)		Pérdidas por Ptas.(mg/cig.)	Peso (mg)	
0.47	0.9	75	82	12	770	830

Fuente: Documento Indicador de calidad de la manufactura. Manual de calidad de la empresa de cigarros “Lázaro Peña”

La nota de los requisitos físicos se obtiene de la suma algebraica de los valores obtenidos de cada requisito y parámetro físico, con un máximo de 100 puntos.

Por todo lo anteriormente expuesto se selecciona el requisito físico peso como la variable clave a estudiar.

Paso 1.4 Delimitación de las técnicas estadísticas para la organización y análisis de los datos.

El equipo de trabajo al haber alcanzado una cultura estadística, reconoce la utilidad de las técnicas de la estadística descriptiva, así como los análisis gráficos y el cálculo de

los índices de capacidad por lo que decide realizar todo el procedimiento a la variable crítica detectada: peso mg

Etapa 2. Implementación y ejecución del análisis de datos para el requisito físico: peso

Paso 2.1 Estratificación y recopilación de la información del peso.

El estudio para la variable peso fue realizado con los datos de los primeros 4 meses del año 2019, el resultado obtenido de los estadísticos descriptivos procesados con el software Statgraphics XV se muestra a continuación en la tabla 5

Tabla 5: Resumen estadístico para peso (mg).

Cantidad	1278
Promedio	780,651
Mediana	782,35
Moda	792,6
Varianza	644,515
Desviación Estándar	25,3873
Coefficiente de Variación	3,25207%
Mínimo	710,2
Máximo	884,1
Rango	173,9
Cuartil Inferior	762,8
Cuartil Superior	797,2

En este análisis podemos ver que el promedio cumple con la especificación (770; 830), el valor más frecuente observado (moda) es de 792,6, la mediana nos indica que al menos el 50% de los datos supera y es superado por un peso de 782,35; pero al observar el valor mínimo y máximo vemos que existen observaciones fuera del rango de especificación del peso.

Gráfico de Caja y Bigotes

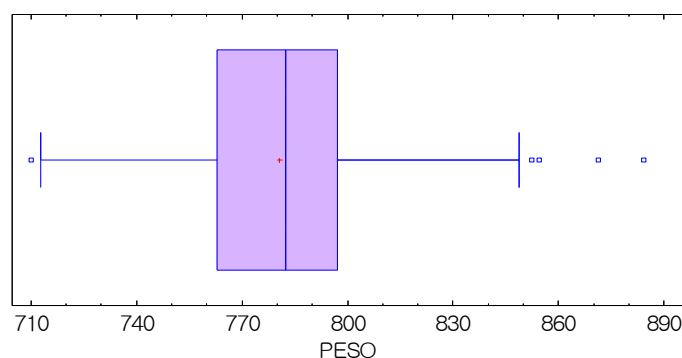


Gráfico 3: Caja y bigotes para el requisito peso.

Los cuartiles nos muestran que el 25% de los datos están hasta un peso de 762,8 mg, por lo que los datos centrales están entre 762,8 y 797,2, por lo que podemos concluir que el 75% de los datos están por debajo del valor óptimo de esta variable (800 mg), algo que nos indica que la producción de cigarrillos está la mayoría de las veces bajo peso y es necesario investigar estas observaciones. El gráfico (3) de caja y bigotes refleja el comportamiento de estos cuartiles.

En la búsqueda de porqué se produce esta situación se propone estratificar los datos por los módulos de producción, los cuales pueden ser una fuente de la variabilidad del peso global que ha obtenido el taller en este cuatrimestre.

Paso 2.2 Análisis exploratorio de los datos.

Por medio del gráfico 4 de cajas y bigotes múltiples se puede apreciar que en el módulo 10 existe un valor que supera a todos los valores máximos del resto de las máquinas, el cual puede ser un dato atípico. En el resto de los módulos se observa que los módulos 2; 5; 7; 8 y 9 pudieran tener valores atípicos por fuera del bigote superior, y por debajo del bigote inferior pudiera haber atípicos en el módulo 10; 2; 4 y 8. Este gráfico permite apreciar además que todos los módulos presentan valores de peso por encima de 830 mg y por debajo de 770 mg, teniendo el módulo 7 y 9 una situación crítica ya que más del 50% de sus pesos están por debajo del límite inferior de especificación.

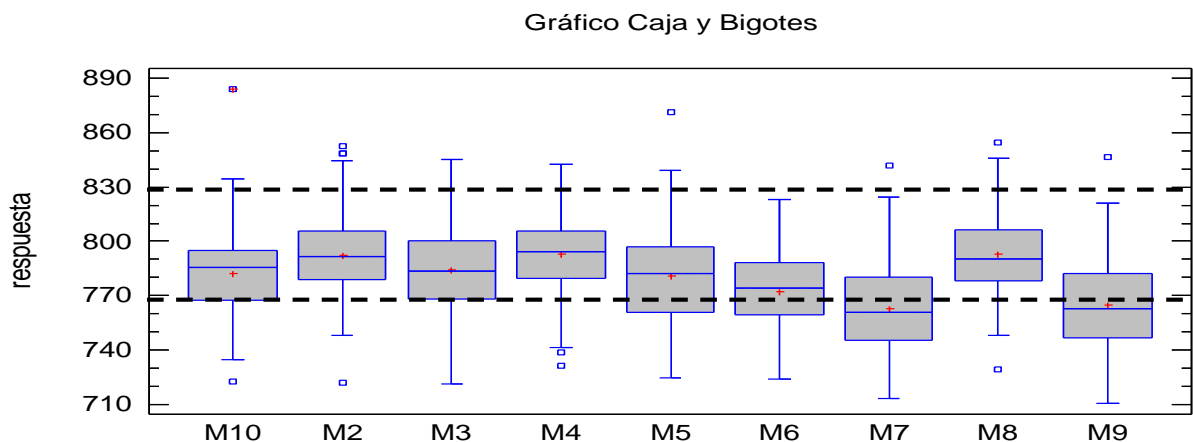


Gráfico 4: Cajas y Bigotes para el peso en los módulos de producción.

Para investigar el módulo 10 se realiza el gráfico de datos atípicos o aberrantes (gráfico 5), el cual utiliza como criterio marcar como atípico aquella observación que esté por

encima o por debajo de 3 veces la desviación típica, y debe ser investigado como posible dato a excluir. En la base de datos de este módulo se verifica que la observación pertenece a la fila 75, la cual corresponde al peso obtenido en el mes de febrero, en el turno de trabajo 2, en el horario de la tarde.

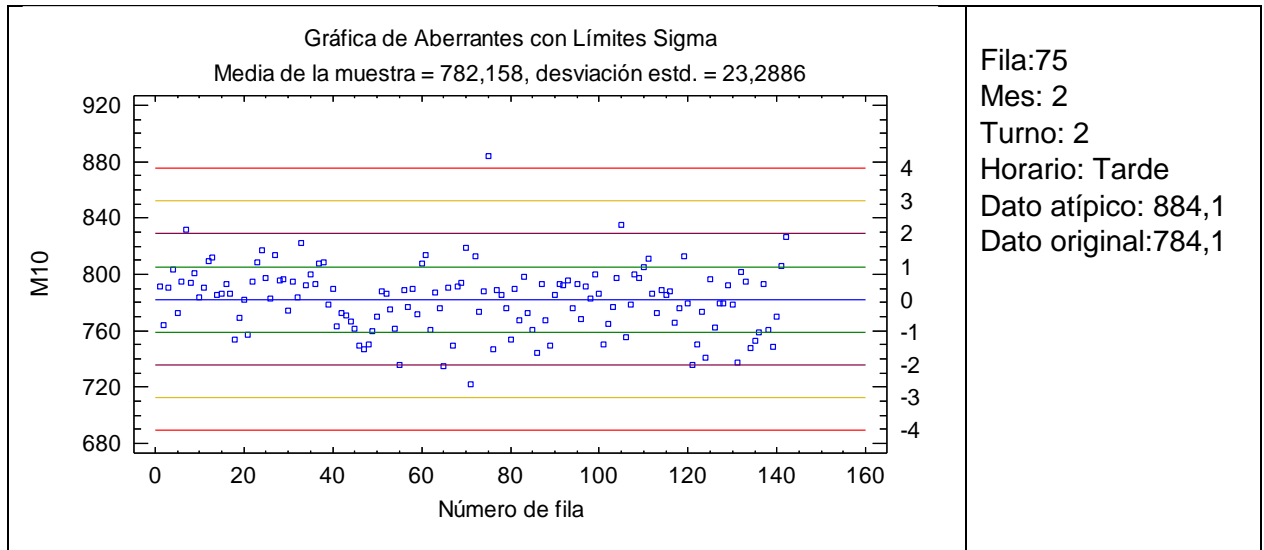


Gráfico 5: Valores aberrantes o atípicos para módulo 10.

Este análisis realizado al resto de los módulos de producción muestra en el anexo 5 que los módulos 2; 5; 7 y 9 tienen un dato atípico cada uno de ellos. Al tratar de buscar cuando se produjeron estos valores se observa por medio del registro de los datos que dos atípicos fueron en el mes de enero y dos en febrero, tres ocurrieron en el turno de trabajo 2, y en cuanto al horario, dos fueron en el horario de la mañana y los otros dos en la noche.

Ante la presencia de datos atípicos es necesario buscar cuál es su origen ya que en muchos casos ellos surgen por errores, casi siempre del factor humano. Se debe ir al registro original de los datos y verificar si el dato tiene ese valor extremo porque así lo generó el proceso o fue mal transcrito desde el modelo resumen del comportamiento estadístico de los parámetros físicos por módulo, al sistema de control de la producción por el responsable de esa actividad. Los datos atípicos, si se comprueba que es un error de escritura se deben arreglar, para evitar que distorsionen los futuros análisis, como ha ocurrido con estos atípicos que han sido detectados gracias a que el sistema de control

de la información de la empresa se encuentra bien diseñado y garantiza la trazabilidad de los datos.

Paso 2.3 Aplicación de las técnicas de la estadística descriptiva.

El cálculo de los estadísticos descriptivos para cada módulo de producción se ha obtenido primero con los datos originales (tabla 6) y luego con la modificación de los datos que habían sido detectados como atípicos (tabla 7).

La tabla 6 muestra que los valores medios en todos los casos están dentro de las especificaciones, pero se puede apreciar que todos muestran valores muy por debajo de la especificación inferior. Excepto el módulo 6, los restantes muestran observaciones por encima de la especificación superior del peso. Teniendo en cuenta los resultados del coeficiente de variación podemos concluir que el módulo 7 es el que presenta la mayor variabilidad.

Tabla 6: Estadísticos descriptivos para los módulos de producción.

Módulo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
M2	142	792,101	22,3891	2,82655%	722,1	852,4	130,3
M3	142	784,499	24,0921	3,07101%	721,0	845,5	124,5
M4	142	792,877	20,8938	2,63519%	731,2	842,3	111,1
M5	142	781,15	24,4395	3,12865%	724,5	871,2	146,7
M6	142	772,44	20,6138	2,66866%	723,6	822,9	99,3
M7	142	762,886	24,817	3,25304%	712,8	841,7	128,9
M8	142	792,688	21,4045	2,70024%	729,3	854,5	125,2
M9	142	765,063	24,5757	3,21225%	710,2	846,9	136,7
M10	142	782,158	23,2886	2,97749%	722,4	884,1	161,7

Al arreglar los datos que fueron considerados aberrantes, la información anterior queda como se muestra en la tabla 7 de la siguiente manera:

Tabla 7: Estadísticos descriptivos para los módulos de producción, arreglado los datos atípicos

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
M2	142	792,313	21,8592	2,75891%	748,3	852,4	104,1
M3	142	784,499	24,0921	3,07101%	721,0	845,5	124,5

M4	142	792,877	20,8938	2,63519%	731,2	842,3	111,1
M5	142	780,446	23,2375	2,97746%	724,5	839,3	114,8
M6	142	772,44	20,6138	2,66866%	723,6	822,9	99,3
M7	142	762,182	23,969	3,14478%	712,8	824,6	111,8
M8	142	792,688	21,4045	2,70024%	729,3	854,5	125,2
M9	142	764,486	23,5825	3,08475%	710,2	821,4	111,2
M10	142	781,454	21,6376	2,76889%	722,4	834,8	112,4

Ahora el módulo 6, 7 y 9 tiene sus valores máximos dentro de la especificación superior, pero todos los módulos mantienen valores por debajo de la especificación inferior. Ha disminuido el rango de los datos para las máquinas donde fue arreglado el dato mal escrito, así como su variabilidad. Sin embargo estos estadísticos descriptivos de forma general muestran que los módulos tienen dificultades para cumplir las especificaciones.

Paso 2.4 Análisis de datos agrupados en tablas de frecuencias. Histogramas.

Partiendo de las tablas de frecuencias se elaboran los histogramas. Se muestra en el gráfico 6 la forma del histograma para el módulo 10 con los datos originales, donde se puede visualizar que el dato atípico se muestra con una barra aislada del resto de los demás datos.

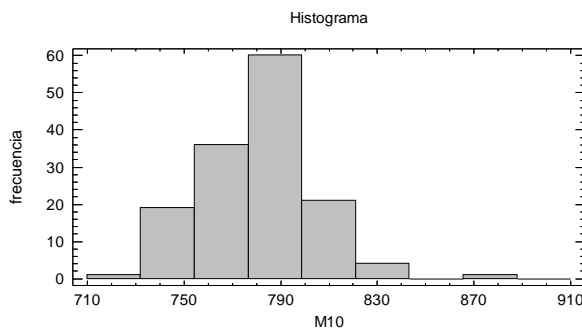


Gráfico 6: Histogramas para módulo 10 con datos originales.

Al arreglar el dato señalado como atípico se observa en el gráfico 7 que las barra del histograma son ahora continuas. Se mantiene la forma acampanada del histograma, pero analizando la amplitud del histograma se puede observar que existen observaciones por debajo de la especificación inferior en mayor cantidad de las que existen por encima de

la especificación inferior (es asimétrico). Si nos referimos al valor nominal para el peso de 800 mg, se nota que el histograma se encuentra descentrado a la izquierda, y la amplitud del mismo excede el rango de las especificaciones.

Se concluye a partir del histograma para el módulo 10, que esta máquina está produciendo cigarrillos con pesos por debajo del valor nominal (valor óptimo) el mayor por ciento de las veces. Resulta significativo que muchos de ellos caen fuera de especificación inferior.

El resto de los módulos fue investigado de la misma forma que el módulo 10, los cuales aparecen en el anexo 6. De ellos se pueden resumir que el módulo 5 y 6 visualmente no son simétricos, en todos el ancho del histograma excede el valor de las especificaciones. Los módulos 6 ; 7 y 9 presentan muy pocas observaciones por encima de la especificación superior, pero la cantidad de observaciones por debajo de la especificación inferior es grande en estos mismos módulos, de la misma forma ocurre en el 5.

El peso en módulo 5 puede no seguir una distribución normal por la forma poco acampanada y poca simetría que presenta el histograma, algo que debe verificarse con pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal en el próximo paso.

Etap 3: Estudio de la aptitud o capacidad del proceso

Paso 3.1 Verificación de la condición de normalidad.

Para el cálculo de los índices de capacidad es necesario verificar que la variable esté normalmente distribuida.

Se aplican dos de las pruebas de bondad de ajuste, la prueba Chi-Cuadrada y la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En el anexo 7 se muestran los resultados de estas pruebas,

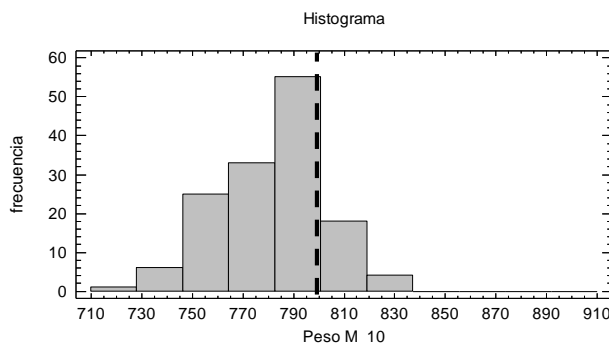


Gráfico 7: Histogramas para módulo 10 con arreglo de dato atípico.

donde en todos los módulos se puede considerar que la variable peso se encuentra normalmente distribuida.

En caso de no cumplirse la normalidad de la variable se debe retornar a la etapa 2.

Paso 3.2 Estudio de capacidad a corto plazo y/o a largo plazo. Cálculo de los índices de capacidad.

El estudio de capacidad a corto y largo plazo depende de cuánto se logra minimizar los efectos de los elementos que aportan a la variabilidad.

En la NC ISO 8243: 2008 Cigarrillos. Muestreo, se reconoce que en el proceso de producción de cigarrillos existe variabilidad a corto, mediano y largo plazo ya que se realiza una producción en continuo y son frecuentes los factores que influyen en esta producción.

Considera a corto plazo las variaciones debida a la masa del cigarrillo (hebra), al contenido de humedad del tabaco que cambia con el cambio de las ligas, a mediano plazo hay contribuciones de los cambios lote a lote de los materiales como el papel, de los cambios en los grados en la liga del tabaco y al desgaste en la maquinaria. A largo plazo se le suma que la humedad del tabaco puede variar debido a su región de procedencia, el tipo y la cosecha. Los cambios en la maquinaria y la puesta a punto de esta pueden contribuir a los cambios en el producto.

Considerando que en el proceso de producción del cigarrillo existen varias fuentes de variabilidad, las cuales el proceso no puede controlar y eliminar en su totalidad, se realizará el cálculo y análisis de los índices de capacidad a largo plazo.

Se comienza el estudio para el peso en el módulo 10, mostrándose en la tabla 8 los índices obtenidos para el requisito peso.

Tabla 8. Índices de capacidad para módulo 10.

El índice de capacidad potencial del proceso $Pp = 0,46$ es bajo, al medir la relación entre la variación tolerada con la variación real del proceso es deseable que muestre valores mayores que 1, por lo que su resultado es indicativo de que el proceso no cumple las

Índice	Capacidad Corto Plazo	Desempeño Largo Plazo
Cp/Pp	0,518376	0,46
Cr/Pr	1,9291	2,16
Cpk/Ppk	0,197908	0,18
Cpk/Ppk (superior)	0,838844	0,75
Cpk/Ppk (inferior)	0,197908	0,18
Cpm		0,35
K		-0,62

especificaciones. El índice $Pr = 2,16$, al ser el recíproco del Pp debe obtener valores menores a 1 para indicar un proceso capaz de cumplir con las especificaciones. Estos dos índices

tienen en cuenta la variación especificada y la real, pero no analiza la cercanía de las especificaciones al valor nominal.

El índice Ppk , toma como valor el índice más malo entre el de la especificación superior e inferior, en este caso $Ppk = 0,18$, comparado con el índice Pp es mucho más bajo, indicando que la media del proceso está alejada del valor nominal. El índice de Taguchi, la función de pérdida, $Cpm = 0,35$ muestra un valor muy bajo respecto a 1, indicando que es un proceso incapaz de satisfacer las especificaciones. El índice de localización $K = -0,62$, al ser negativo indica un proceso bastante descentrado a la izquierda. Por todo ello podemos concluir que el módulo 10 es incapaz de cumplir con las especificaciones para el peso, la media del proceso está por debajo de la media de las especificaciones, es necesario hacer acciones para lograr centrar el proceso.

En el gráfico 8 histograma de capacidad, se puede observar las especificación superior, inferior y el valor nominal superpuestos al histograma para el peso en el módulo 10, el cual tiene la ventaja de mostrar de manera muy fácil la variabilidad real del proceso respecto a las especificaciones, se observa que la mayor parte de lo producido está por

debajo del valor óptimo, e incluso las áreas que caen por debajo de la especificación inferior, la cual es más grande de las que caen fuera de la especificación superior indican las observaciones fuera de especificaciones.

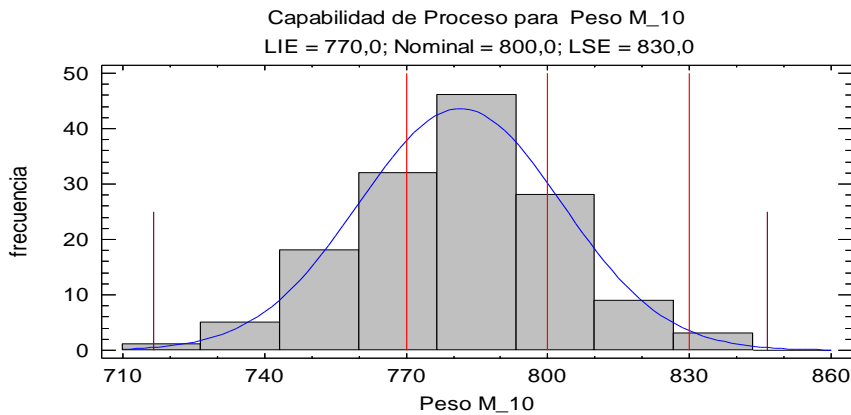


Gráfico 8: Histograma de capacidad para el módulo 10.

En el anexo 8 se muestran los histogramas de capacidad y el resultado de los índices para cada uno de los restantes módulos de producción. Se observa en todos ellos que:

- Índice de capacidad potencial es menor a uno, indica proceso incapaz de cumplir las especificaciones (valor ideal debe ser mayor que uno)
- Índice de razón de capacidad supera el valor de uno, representa la proporción de la banda de especificaciones que es ocupada por el proceso(valor ideal menor que uno)
- valores Ppk del índice de capacidad real son menores que Pp, lo que indica que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones
- Índice de pérdida Cpm son menores a uno (valor ideal mayor a uno)
- Índice de localización K, toman signo negativo, indica todos los módulos están descentrados, con situación menos crítica para los módulos 2; 4 y 8 por estar sus valores cercanos al 20%, con situación crítica de descentrado el 6; 7 y 9.

En los histogramas de capacidad para estos módulos se puede observar en todos la correspondencia del resultado de los índices con la variabilidad observada en el proceso respecto a las especificaciones con la forma del histograma para este requisito. De forma general ellos muestran que tienen dificultades para garantizar pesos entre 800 mg y 830 mg sobre todo los módulos 6; 7 y 9.

Paso 3.3 Determinación de los límites de tolerancia estadísticos y del porcentaje de observaciones fuera de especificaciones.

➤ **Límites de tolerancia estadísticos**

$[\bar{X} \pm KS]$ con 95,0% de confianza, para 99,73% de la población

En el módulo 10, con un valor medio de 781,454, y de desviación típica de 21,6376, se obtuvo el intervalo de tolerancia (709,188; 853,719), lo que indica que el peso en este va a estar entre esos valores, el 99,73% de las veces, con una confiabilidad del 95%.

En el resto de los módulos, partiendo de los datos muestrales, se obtuvieron los límites de tolerancia estadísticos que se muestran en el anexo 9, lo que permite plantear que todos los módulos de producción tendrá observaciones fuera de sus especificaciones, en mayor medida, por debajo del límite inferior de especificación, conclusión que se puede confirmar incluyendo además la información provista por los histogramas.

➤ **Determinación del porciento de observaciones fuera de especificaciones**

La tabla del anexo 10 muestra el porciento de la producción que está por encima de la especificación superior, y por debajo de la especificación inferior. El índice Z calculado para ambas especificaciones permite conocer el porciento que se estima de lo que se produzca en cada módulo, que estará fuera de especificaciones. Esto posibilita calcular por cada millón de cigarrillos que se produzcan, la cantidad de ellos que estarán fuera de especificaciones.

En la tabla se muestran valores alarmantes del total de observaciones por fuera de las especificaciones, como en el módulo 6 un 40,85%, el módulo 7 un 64,08%, y el módulo 9 con 61,27%. El módulo 8 es el que tiene menos porcentaje de observaciones por fuera, con un 16,9%.

Si se investiga en mayor profundidad el módulo 8 en el comportamiento de los requisitos caída de presión, dureza y perdidas por puntas, ya que del cumplimiento de los mismos depende el índice de calidad de la producción en los casos que no se cumple con los valores establecidos del peso.

Observamos en el anexo 11 las siguientes características para los índices del resto de los requisitos:

Según el resultado del índice K de los requisitos humedad y diámetro, el signo negativo evidencia que la media de estos requisitos está por debajo de su respectivo valor nominal, y en valor absoluto son superiores al 20%. Este índice para la caída de presión es superior al 20%, con signo positivo, en este caso su promedio está por encima de su valor

nominal, lo que indica que es un proceso descentrado para estos requisitos. El requisito dureza es el único que muestra un descentrado aceptable con valor de 15%.

El índice Pp para humedad y diámetro está por debajo de 0.67 indicándonos que este módulo para garantizar estos requisitos requiere modificaciones muy serias, en el caso de la dureza y caída de presión con valores de 0.86 y 0.93 respectivamente, nos indica que el módulo requiere modificaciones por lo que necesita ser analizado para mejorarlo. El índice Pr en estos cinco requisitos es mayor que 1 y el índice Ppm es menor que 1 en todos los casos. Al analizar la relación Ppk y Pp, se puede considerar que sus valores no están próximos. Las pérdidas por puntas muestran un Ppk de 1.02 el cual es inferior a 1.25 y no llega a tener una capacidad satisfactoria

Se puede concluir de acuerdo al resultado de los índices de capacidad que el módulo 8 requiere un análisis profundo, fundamentalmente para los requisitos peso, humedad y dureza, además muestran en el porcentaje de observaciones fuera de especificaciones valores de 16.9%; 36.62% y 35.92% respectivamente.

Paso 3.4 Análisis de los resultados y propuesta de medidas a tomar en el proceso para la mejora de la calidad.

De los análisis realizados por medio de los índices de capacidad, el análisis de los histogramas y el cálculo del porcentaje de observaciones por fuera de los valores de la especificación el mismo el equipo de trabajo pudo detectar que el requisito peso muestra en todos los módulos incumplimiento, lo que les permite concluir que estos equipos no tienen capacidad de satisfacer lo especificado para el mismo.

En la búsqueda de posibles causas del comportamiento del peso en el módulo de mejor capacidad se propone realizar el gráfico multivary (gráfico 9), incluyendo los factores: turno de trabajo (brigada) y horario del día, obteniéndose:

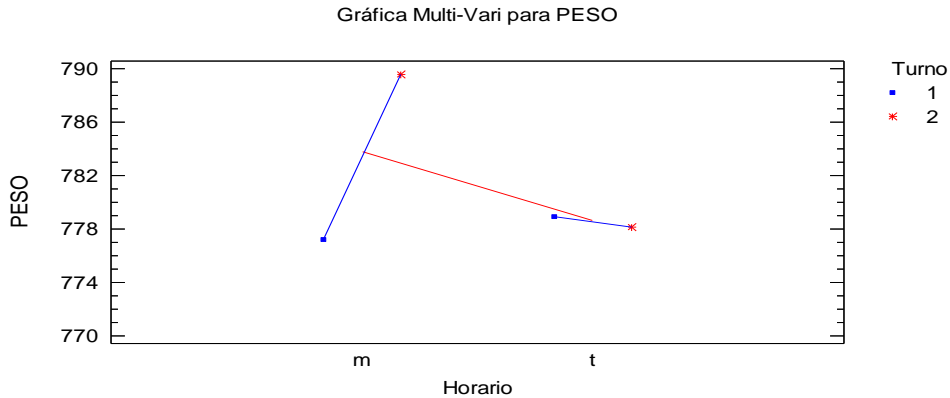


Gráfico 9: Gráfico multivary para peso.

Del gráfico multivary se puede concluir que la brigada 1 obtiene pesos promedios bajos en el turno de la mañana, mientras que la brigada 2 obtiene promedios más altos en la mañana. En el horario de la tarde ambas brigadas obtienen pesos promedios relativamente próximos. Esto indica que además de la influencia que puede tener la tecnología, un factor que está influyendo en la alta variabilidad del peso en el módulo 8 es el factor humano.

En cuanto a la influencia que puede tener el horario de trabajo se puede concluir que es otro factor que muestra diferencias y aporta a la variabilidad del requisito peso.

El equipo de trabajo debe mostrar a los obreros de los respectivos módulos los análisis realizados y los resultados obtenidos, de forma tal que los mismos se vean incluidos, puedan ayudar a detectar las causas de la variabilidad, analizar por qué estos factores influyen, y participen además en las acciones de mejora que sean decididas para reducir estos efectos.

El equipo de trabajo pudo concluir que es necesario realizar una investigación profunda en todos los módulos, aplicar estudios que permitan detectar las causas de estos problemas para tratar de minimizar toda fuente de variabilidad que sea posible, por lo que este estudio debe involucrar a todas personas que puedan aportar al mismo y realizarse periódicamente.

El procedimiento aplicada para el incrementar el uso de técnicas estadística y lograr el control estadístico de la calidad en la producción de cigarrillos ha permitido conocer al equipo de trabajo:

- En el análisis de datos, la estratificación y la búsqueda de datos extraños o atípicos por medio de los gráficos de caja y bigotes, gráficos de valores atípicos e histogramas permiten de forma rápida detectar la presencia de estos, acciones que son indispensables para realizar análisis estadísticos a las variables objeto de estudio.
- La estadística descriptiva debe realizarse no sólo a través del análisis de los valores promedios, obviar el análisis de los valores máximos y mínimos, y su variabilidad no permite conocer el estado real de estas.
- Los histogramas e índices de capacidad posibilitan determinar el comportamiento de los módulos de producción para garantizar las especificaciones de los requisitos.
- El cálculo de los límites de tolerancia estadístico proporcionan información de la capacidad real de los módulos de producción.
- La determinación del porcentaje de observaciones por fuera de las especificaciones del producto y el cálculo de sus valores estimados facilita comprender qué implica para la producción el estado técnico de los módulos de producción.
- El procedimiento propuesta es una poderosa herramienta para guiar el análisis estadístico de los datos en el control de la calidad en la empresa.

2.3 Validación de la pertinencia del procedimiento elaborado.

Para validar la pertinencia de la utilización del procedimiento se presenta la comparación entre los resultados que se obtenían antes de la aplicación del mismo y después de aplicado, así como la aplicación del criterio de los especialistas, lo cual se mostrará a continuación.

Cada mes, la especialista principal de control de calidad de la empresa realiza un resumen del comportamiento de los requisitos físicos medidos en cada módulo de producción (anexo 12), donde se muestran los valores medios, en el cual marca los valores por debajo de las especificaciones (en cursiva y subrayado) y los que están por encima (en negrita).

Al analizar los resultados como históricamente la empresa lo hacía, podemos ver en el gráfico de barras (gráfico 10), que se ha confeccionado para el requisito peso, tomando los valores medios obtenidos desde enero hasta abril de 2019 que el módulo 7 y 9 tienen

las peores situaciones ya que en un solo mes de los cuatro analizados logran llegar al valor de la especificación inferior para el peso. Los módulos 2, 3, 4, 5, 8 y 10 cumplen en todos los meses con los valores especificados para el peso.

Este tipo de información era lo único a lo que se podía llegar a concluir con la aplicación limitada de la estadística descriptiva, que era como se hacía antes de poner en uso el procedimiento propuesto en esta investigación.

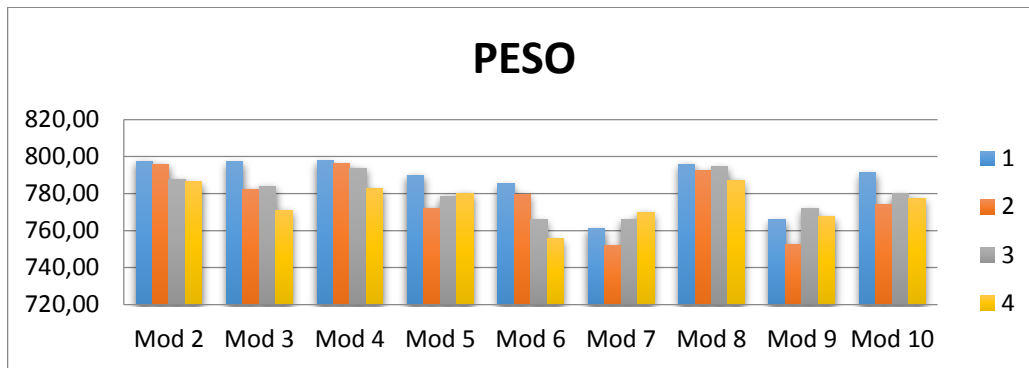


Gráfico 10: Resultado del análisis del peso de enero a abril de 2019.

La autora de esta investigación al analizar la información se percató que estas tablas no permiten delimitar la situación real de los parámetros físicos evaluados en cuanto a su cumplimiento, no se conocen los valores mínimos y máximos de cada requisito obtenido en los módulos, por ende trabajar con el valor promedio enmascara la realidad de los resultados obtenidos en los mismos, por las características que tiene el promedio.

En la actualidad con la aplicación del procedimiento elaborado por la autora, al tener en cuenta todos los datos de la producción del cuatrimestre estudiado, este permite observar que para el requisito peso se puede resumir el porcentaje de observaciones fuera de especificaciones como se muestra en la tabla 9, lo cual evidencia que todos los módulos tienen problemas. De los módulos que aparentemente cumplieron en todos los meses anteriormente mencionados, el que menor porcentaje de observaciones tiene fuera de especificaciones es el 8 y es del 16,9%.

La mayor contribución a este porcentaje fuera de especificaciones como se ha mostrado en la aplicación del procedimiento, lo dan las observaciones por bajo peso en mayor porcentaje de las que son sobre peso.

Si se piensa en las implicaciones de esta situación en la empresa podemos ver en la tabla 10 la producción realizada en cantidad de cajones en cada módulo en los meses estudiados, la cual será utilizada para calcular la cantidad de cigarrillos que el cuatrimestre se considera de mala calidad.

Tabla 10: Producción de los módulos en cantidad de cajones

Meses	Mód. 2	Mód. 3	Mód.4	Mód. 5	Mód. 6	Mód.7	Mód. 8	Mód. 9	Mód. 10	Total
Enero	4183	4101	4267	4251	4311	5244	4995	6716	7371	45439
Febrero	4936	3406	4959	3752	4126	2586	4379	7100	7040	42285
Marzo	5134	3277	5214	4712	5867	5333	4420	4463	4849	43269
Abril	3249	3016	4172	4629	5075	3875	4204	5109	4767	38096
Cajones	17502	13800	18612	17344	19379	17038	17998	23388	24028	169089

Fuente: Sistema de control de la producción de la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña”

Partiendo de que cada cajón está formado por 50 paquetes de 10 cajetillas de cigarrillos, lo cual es un total de 500 cajetillas, de 20 cigarrillos cada uno. Se obtienen los resultados mostrados en la tabla 11, significando que el módulo que menos cigarrillos tiene

Tabla 9. Porcentaje de observaciones fuera de especificaciones.

Módulo	Observados fuera de especificaciones
M2	30,28%
M3	22,54%
M4	18,31%
M5	34,51%
M6	40,85%
M7	64,08%
M8	16,90%

defectuosos es el 8 con más 30 millones.

M9	61,27%
M10	30,28%

Tabla 11: Determinación de la cantidad estimada de cigarrillos fuera de especificaciones

Módulo	Porcentaje fuera de especific.	Cigarrillos defectuosos
M2	30,28%	52996177,1
M3	22,54%	31106056,5
M4	18,31%	34078938,2
M5	34,51%	59853867,9
M6	40,85%	79164358,8
M7	64,08%	109178222,0
M8	16,90%	30416011,6
M9	61,27%	143297541,0
M10	30,28%	72757207,9
Total		612848381,0

El cálculo anterior muestra que 612848381,0 cigarrillos de una producción de 1690892800,0 cigarrillos, que representa el 36,24% de la producción, estarán fuera de especificaciones.

Para la validación del procedimiento elaborado fue aplicado el criterio de especialistas, partiéndose de la selección de los mismos.

En este proceso de selección de los especialistas se tuvo en cuenta aspectos que permitieran escoger los más indicados para emitir sus criterios sobre la pertinencia y significación de la aplicación del procedimiento. Estos aspectos fueron (anexo 13):

- Experiencia de los especialistas.
- Nivel científico y práctico en el campo de la estadística y el control de la calidad.
- Conocimiento del tema de investigación.

De este análisis resultaron 20 especialistas, de ellos seis docentes de Estadística, (dos master, cuatro profesores auxiliares), cinco docentes de Calidad, (dos doctores y tres

master, dos profesores titulares y tres auxiliares) todos con amplios conocimientos en sus respectivas especialidades y al menos con diez años de experiencia. De la empresa, nueve especialistas con conocimientos y experiencia en el proceso productivo y el funcionamiento del control de la calidad, todos graduados universitarios, dos máster, una de ellos en Ingeniería Industrial en la mención Calidad.

Los indicadores sometidos a la consideración de los especialistas sobre el procedimiento propuesto fueron

- La coherencia de la estructura del procedimiento, su hilo conductor y nivel científico,
- La acertada selección de las técnicas estadísticas, los gráficos e índices de capacidad considerados para el mejoramiento del control estadístico de la calidad en la empresa.
- Las posibilidades de aplicación del procedimiento a partir del capital humano que forma parte del personal de la empresa, la actualización de sus conocimientos en materia de estadística, control estadístico de la calidad, el desarrollo de las tecnologías de la información y su compromiso de contribuir a la mejora continua de la calidad de su producción.

El procedimiento fue entregado y revisado por los especialistas quienes emitieron sus opiniones y recomendaciones en cuanto a los indicadores referidos anteriormente.

- El 100% de los especialistas consideraron de muy adecuados la coherencia de la estructura del procedimiento, su hilo conductor y nivel científico, así como la acertada selección de las técnicas estadísticas, los gráficos e índices de capacidad considerados para el mejoramiento del control estadístico de la calidad en la empresa.
- En cuanto a las posibilidades de aplicación del procedimiento se consideró también de muy adecuado por el 100% de los especialistas, aunque los especialistas de la empresa recomiendan que se hace necesario realizar una actualización de la capacitación en las técnicas estadísticas que conforman el procedimiento e incluirlas en el sistema informático de control de la producción de la empresa.

CONCLUSIONES

Como resultado de esta investigación se arribó a las conclusiones siguientes:

- Los fundamentos teóricos y metodológicos con relación a la conceptualización y aplicación del control estadístico de la calidad confirman el necesario manejo de datos y su análisis con la aplicación de técnicas estadísticas que reflejan el comportamiento del proceso productivo en las organizaciones para una adecuada toma de decisiones y mejora continua de la calidad.
- Se realizó un diagnóstico del control estadístico de la calidad de la producción de cigarrillos del sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín donde se pudo detectar que el mismo carecía de la aplicación de técnicas estadísticas que permitieran conocer el estado real de la calidad de la producción de cigarrillos y de factores que influyen en su variabilidad.
- El procedimiento propuesto consta de 3 etapas, 12 pasos, 4 acciones y 7 alternativas que permiten conducir el análisis de variables claves del proceso de producción de cigarrillos, lográndose con ello desarrollar el control estadístico de la calidad del sistema de gestión de la calidad en la empresa de cigarros “Lázaro Peña” de Holguín.
- La aplicación del procedimiento permitió orientar la utilización de técnicas de la estadística descriptiva, gráficos e histogramas en el análisis de la capacidad del proceso, conjuntamente con los índices, y la determinación de las observaciones por fuera de especificación para conocer la situación del proceso, facilitando la certera de toma de decisiones para lograr una mejora continua del proceso.
- La valoración de la pertinencia del procedimiento propuesto fue realizado por medio del criterio de los especialistas de la empresa y profesores de la universidad en materia de estadística y control de la calidad, donde fue calificada en todos sus aspectos como muy adecuada.

RECOMENDACIONES

- Incluir en el sistema informático de la empresa: Sistema de control de la producción, las técnicas estadísticas incluidas en el procedimiento propuesta, para lograr la aplicación de la misma de forma ágil y segura.
- Proponer la utilización del procedimiento en otras empresas productoras de cigarrillos de nuestro país con el propósito de desarrollar el control estadístico de la calidad de las mismas.
- Continuar la divulgación de los resultados obtenidos en la investigación mediante publicaciones científicas y la participación en eventos científicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida Consuegra, Y. (2013). *Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Báez, Y., Limón, J., Tlapa, D. & Rodríguez, M. (2010). *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*. Información Tecnológica, 21(1), 63-76.
- Bernillón, A. & Col, F. (2000). *Implantar y Gestionar la calidad total*. 2da Edición. Ediciones Gestión, S.A. Argentina.
- Campos Robles, E. (1995). *Control Estadístico de Calidad. Una recopilación de técnicas aplicables a la supervisión en los procesos de producción*. Trabajo como requisito para la especialidad en Matemática Estadística, Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, Xalapa.
- Cantú, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México.
- Capote Suárez, Y. (2009). *Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los Procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos Villa Clara*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Casañas, M., González, A., & González, M. (2011). *Diseño de un sistema de gestión de la calidad en el proceso de alojamiento en el hotel Gran Caribe Villa Tortuga*. Revista Ingeniería Industrial, Vol XXXII, No. 1, ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Cordero Fernández, O. (2011). *Metodología para la Gestión estratégica de la calidad. Aplicación en la Empresa de taxis de Holguín CUBATAXI*. Tesis en opción del título de Ingeniero Industrial. Holguín, Cuba.
- Colectivo de Profesores de la Universidad Politécnica de Valencia (2010). *Gestión de la Calidad* (pdf). Texto digitalizado. España.
- Comas Rodríguez, R. (2013). *Integración de herramientas de control de gestión para el alineamiento estratégico en el sistema empresarial cubano. Aplicación en empresas de*

Sancti Espíritus. Tesis de Doctorado. Universidad Camilo Cienfuegos, Matanzas.

Crosby, P. (1989). *Reflexiones sobre calidad*. Ed. McGraw-Hill, México.

_____. (1992). *La calidad no cuesta (el arte de cerciorarse de la calidad)*. (7ª. ed.) Compañía Editorial Continental, S. A. de C.V. México.

Cuellar de la Cruz, M. (2009). *Diseño de un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad ISO 9001-Buenas Prácticas para la Fabricación de Ingredientes Farmacéuticos Activos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas Martha Abreu, Villa Clara, Cuba.

De Nieves, C., & Ros McDonnell, L. (2006). *Comparación entre los modelos de Gestión de la Calidad Total: EFQM, Gerencial de Deming, Iberoamericano para la Excelencia y Malcom Baldrige*. Situación frente a la ISO 9000. X Congreso de Ingeniería de Organización. Valencia, España.

Decreto Ley 281. (2007). *Reglamento para la implantación y consolidación del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Estatal*. Cuba.

Deming, W. (1989). *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la Crisis*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. España.

_____. (1993). *Calidad Total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. España.

Downie, N.M & otros. (1998). *Basis Statistical Methods*. Fourth edition. Harper & Row publishers, New York.

Echemendia Gómez, J. (2016). *Contribución al análisis multivariado de la Calidad en el control estadístico de los procesos de construcción civil. Aplicación a la brigada cuentapropista "Construcciones El Progreso"*. Trabajo de Diploma para optar por el grado académico de Ingeniero Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial.

EFQM Model (2010). Guía para la Transición Cómo actualizarse al Modelo EFQM de Excelencia 2010. Obtenido en: [http:// www.efqm.org](http://www.efqm.org).

Empresa de cigarros "Lázaro Peña". (2013). *Manual de sistema integrado de gestión*.

Escoriza Martínez, T. (2010). *Modelo y procedimiento para la gestión de la calidad integral en la cadena transfusional cubana*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

Santa Clara. Evans, J., & Lindsay, W. (2000). *La administración y el control de la calidad* (4ª.ed.). International Thomson Editores S.A. de C.V. México.

Feigenbaum, A. (1994). *Control total de la calidad* (4ª.ed.revisada). Compañía Editorial Continental, S. A de C. V. México.

Filipe Kudimuena, J. (2003). *Metodología para el diseño de un sistema de gestión de la calidad para fábricas productoras de bebidas envasadas en la República de Angola*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana.

Freeman, H. (1961). *How to put Quality Cost to Work*. Trabajo presentado en 12th Metropolitan Section All Day Conference, EE.UU.

Gallardo, F. (2005). *Pasos para implementar un sistema de gestión de la calidad basado en la norma internacional ISO 9001: 2000 SGC*. Obtenido en: Revista de Gerencia www.degerencia.com

Gil, S., & Martin, W. (2011). *Implementación del sistema de dirección y gestión empresarial: sistema de organización general en Cuba*. Revista Gestipolis. Obtenido en: www.gestipolis.com/administracion-estrategi.-gestion-empresarial-organizacion-general-cuba.htm

Gómez Avilés, H. (2006). *Procedimiento para la mejora de la calidad del proceso industrial cubano de la caña de azúcar*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba. Obtenido en: <http://catedragc.mes.edu.cu/repositorios/>

González, A. (2000). *El método Delphi y el procesamiento estadístico de los datos obtenidos de la consulta a los expertos*. (Formato digital). Universidad Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba.

González Freyre, L. (2009) *Procedimiento para el diseño e implantación del sistema de gestión de la calidad en el proceso de Atención Telefónica a clientes externos*. Tesis en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

González, A., & González, R. (2008) *Diseño de un sistema de gestión de la calidad con un enfoque de Ingeniería de la calidad*. Revista de Ingeniería Industrial, vol XXIX, No. 3, ISPJAE. La Habana, Cuba.

Gutiérrez, Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2007). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Volumen 1 y 2. p. 16, 17, 31, 33, 34, 124, 125, 132. La Habana. Editorial Félix Varela. La Habana. Cuba.

Harrington, H. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Santa Fe de Bogotá, Editorial Colombia: Mc Graw Hill Co. Colombia.

Hernández, T., & Godínez, I. (2007) *Procedimiento para el diseño e implantación de un sistema de gestión integrado en el BIOCEN*. Revista de Ingeniería Industrial, vol XXVIII, No. 2, ISPJAE, La Habana, Cuba.

Hidalgo D, M. & Pérez H, F (2014). *Aplicación de métodos estadísticos matemáticos al control de la calidad en la producción de cigarrillos en la empresa de cigarrillos Lázaro Peña*. Tesis en opción del título de Ingeniero Industrial. Universidad de Holguín. Cuba.

Instituto de Investigaciones en Normalización. (2007). *Orientaciones para la implementación de un sistema integrado de gestión de la calidad, ambiental y seguridad y salud en el trabajo*. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Cuba.

Isaac Godínez, C. (2004). *Modelo de gestión integrada calidad-medio ambiente (CYMA) aplicado en organizaciones cubanas*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

Ishikawa, K. (1992). *¿Qué es el control total de calidad? (la modalidad japonesa)*. Ediciones Revolucionarias, La Habana, Cuba.

Jacobson, R., & Aaker, D. (1987). *The strategic role of product Quality*. Journal of marketing research, (29). New York: McGraw-Hill. EE.UU.

Juran, J. (1993). *How to think about quality*. JM Juran, AB Godfrey, RE Hoogstoel, and EG, Schilling (Eds.): Quality-Control Handbook. New York: McGraw-Hill. EE.UU.

_____. (1999). *Manual de Control de Calidad* (4ª. ed.). p.23.52, 23.9, 24.2. México: Mc Graw Hill. México.

Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. (2011) VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.p.3, 20, 31. La Habana. Cuba.

LLanes, M., Lorenzo, E., & Moreno, M. (2016). *Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001: 2015 ¿Qué y cómo hacer?* Contexto de la organización y Liderazgo. Editorial

Conciencia. Holguín, Cuba.

Machado Osés, C., González Suárez, E., & Lutz Wisweh, H. (2005). *Aplicación conjunta del control estadístico de procesos, la ingeniería de control y la incertidumbre de las mediciones en la regulación óptima de procesos químicos y mecánicos*. Centro Azúcar , 32 (3), 92-96.

Madrigal, J. (2002). *La Política de Calidad*. Lloyd's Register, La Habana, Cuba.

Michelena Fernández, E. (2000). *Modelo para el mejoramiento continuo de la calidad aplicado a empresas de la industria médico farmacéutica cubana*. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

Nápoles Rojas, L (2013). *Procedimiento para la implantación de un sistema de gestión de la calidad en una dirección integrada de proyecto. Aplicación en la empresa de servicios ingenieros dirección integrada de proyectos trasvases*. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Cuba.

NC ISO 8243: 2008 Cigarrillos. Muestreo.

NC ISO 9004-1: 1994. *Gestión y aseguramiento de la Calidad*.

NC ISO 9001: 2008. *Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos*.

NC ISO 9004: 2009. *Gestión para el éxito sostenido de una organización: enfoque de gestión de la calidad*.

NC ISO 9000: 2015. *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. p. 7

NC ISO 9001: 2015. *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Vocabulario*.

NC ISO-TR-10017: 2005. Informe técnico. Orientación sobre las técnicas estadísticas para la norma ISO 9001:2000.p.vi

Nogueira Rivera, D. (2002). *Modelo conceptual y herramientas de apoyo para potenciar el control de gestión en las empresas cubanas*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba. Obtenido en: <http://catedragc.mes.edu.cu/repositorios/>.

O'Reilly, G. (2009). *Procedimiento de diagnóstico del SGC de la Cerámica San José*. Revista de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba.

Ochoa, M. (2012). *Los Sistemas de Gestión de la Calidad y de la Excelencia como factor estratégico de éxito en las empresas Venezolanas*. Tesis doctoral en elaboración. UNEFA, Caracas, República Bolivariana de Venezuela.

Otero Rojas, P. (2008). *Procedimiento para el diseño, implantación y certificación del sistema de calidad en hoteles de corporación Gaviota S. A. aplicación en el hotel Playa Costa Verde*. Tesis en opción al título académico de Máster en Gestión Turística. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Ostle, B. (1974). *Estadística Aplicada*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.

Paneque Reyes, W. (2001). *Enfoques Metodológicos para la Implementación de la Calidad Total en la Empresa de Motores Eléctricos TAUBA*. Trabajo para optar por el título de Máster en Dirección, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba.

Pérez López, C. (1999). *Control estadístico de la calidad. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas*.p.477. RA-MA Editorial, Madrid, España.

Pérez, Z. (2008). *Evolución de la calidad y su gestión hacia la era del conocimiento*. Revista Normalización, N^o. 1 p. 11 – 16, La Habana, Cuba.

Pizo, M. (2011). *Cómo poner en movimiento un sistema de gestión de la calidad*. Revista de Gerencia. Obtenido en: www.degerencia.com

Prieto, J. (2010). *Calidad: historia, evolución, estado actual y futuro*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.

Prat, A & otros. (2004). *Métodos estadísticos. Control y mejora de la calidad*. 2da edición.© Ediciones UPC.p.19

Rafael Acevedo, J. P. (2005). *Diseño de un Sistema de Control de Calidad para la especie de madera de pino, en el aserradero "San Jorge", en el Departamento de Jalapa*. Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, Guatemala.

Ramírez Méndez, E. (2011). *Control Estadístico de Procesos por atributos: Caso ZF Sachs*. Tesis para obtener el Grado Académico de Doctor en Ciencia y Tecnología, Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S. A. de C. V., Saltillo, Coahuila.

Ricardo T.I. (2019). *Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso. Aplicación en el taller de maquinado de la unidad empresarial de base fábrica de equipos e implementos agrícolas "26 de julio"*. Trabajo de Diploma para optar por el título académico de Ingeniero Industrial, Universidad de Holguín "Oscar

Lucero Moya”, Holguín. Cuba.

Rodríguez P, L., & García Díaz, C. E. (2010). *Normalización, metrología y control de la calidad para la industria alimenticia*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba.

Santana Tamayo, I. (2017). *Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación del plástico en el municipio Holguín*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial, Universidad de Holguín. Sede: Oscar Lucero Moya, Departamento de Ingeniería Industrial, Holguín.

Sangüesa, M. (2006). *Manual de gestión de la calidad*. Trabajo presentado en XI Congreso de Calidad y Medio Ambiente en la Automoción, Bilbao.

Santos, E., & Sosa, J. (2011). *Planejamento de experimentos no processo produtivo utilizando o método Taguchi*. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, 6(1), 55-66. Sao Paulo, Brasil.

Torres, S. (2003). *Enfoques para la gestión de la calidad*. Revista Normalización No.2, 2003. La Habana, Cuba.

VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. (2016). *Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021*. Obtenido en: <http://congresopcc.cip.cu/congresos/vii-congreso-pcc>

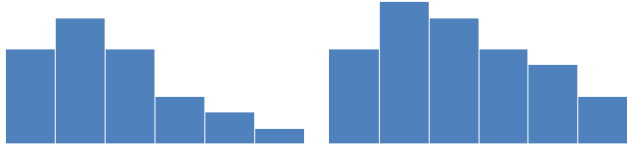
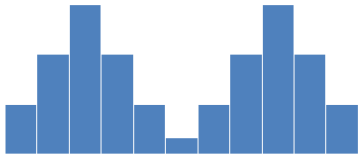
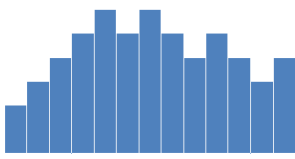
Vega Vega, Y. (2005). *Diagnóstico del sistema de gestión de la calidad en la Empresa de Marinas y Náuticas, Marlin S.A. Holguín*. Tesis en opción del título de Ingeniero Industrial. Universidad de Holguín, Cuba.

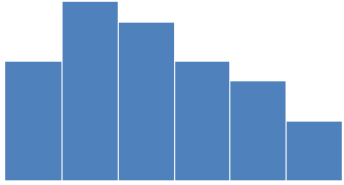
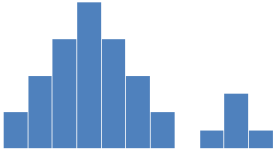
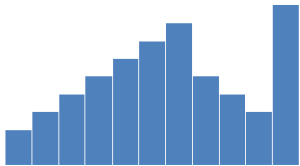
Walpole, E., Ronald, D, & otros. (2008). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Parte I y II. Editorial Félix Varela, La Habana. Cuba.

Webster, L. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Tercera edición, Edit. Irwin MacGraw-Hill, Colombia.

Anexos

Anexo 1. Histogramas con formas no acampanadas. Significado.

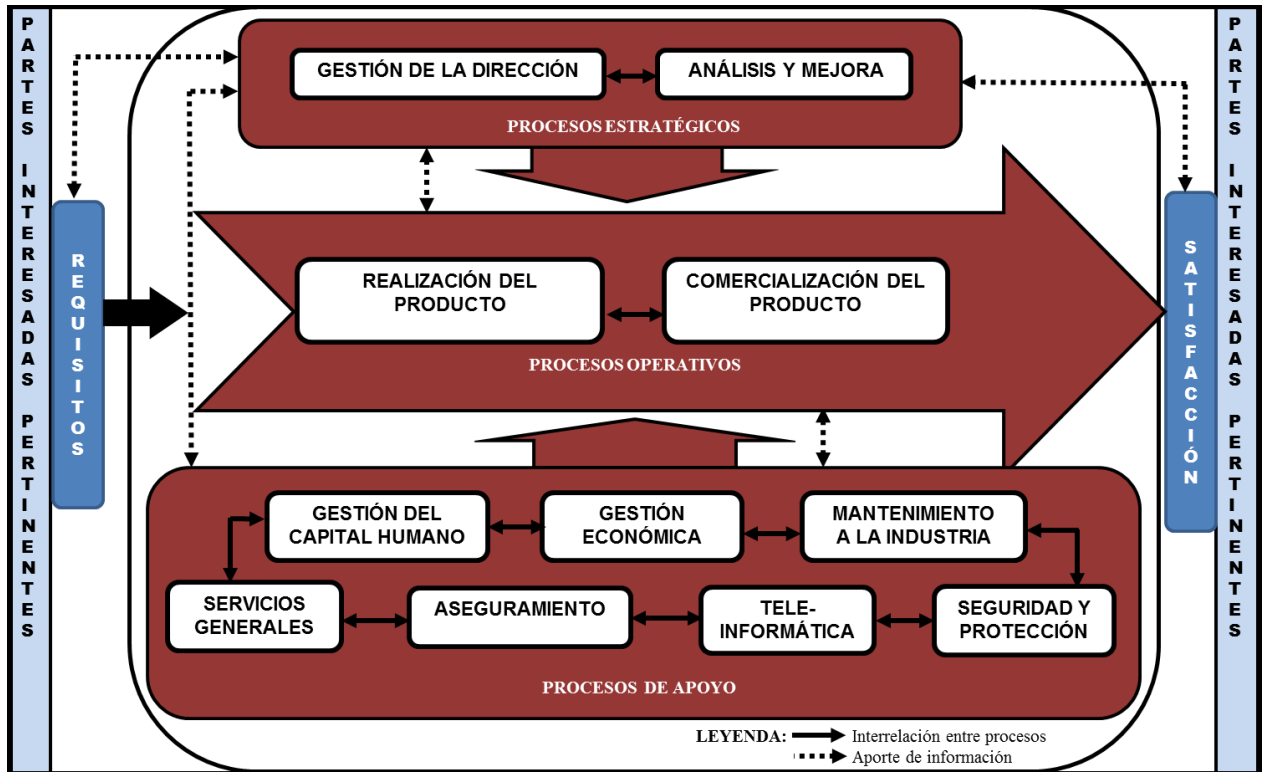
<p>➤ Distribución sesgada.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-right: 20px;">Distribución sesgada</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Distribución truncada</div> </div>  <p>En términos generales un sesgo en una variable de salida, puede reflejar un desplazamiento paulatino de un proceso debido a desgastes o desajustes; también puede indicar procedimientos viciados en la forma de</p>	<p>obtener las mediciones o un desempeño especial del proceso en el sentido que sus resultados tienden a ser más frecuentes de un solo lado (izquierdo o derecho). Cabe aclarar que existen características de calidad que por su naturaleza tienen sesgo, como las variables de salida del tipo entre más grande mejor o entre más pequeña mejor.</p>
<p>Distribución multimodal.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 10px auto; width: fit-content;">Distribución con doble pico</div>  <p>Cuando existen dos modas o picos, que muestran dos tendencias centrales diferentes. Este tipo de distribuciones con dos o más modas reflejan la presencia de dos o más realidades o condiciones diferentes. Algunas situaciones que pueden causar una distribución multimodal son:</p> <p>Diferencias en la materia prima que utiliza el proceso, debido a que proceden de diferentes</p>	<p>proveedores o a exceso de variación de un mismo proveedor.</p> <p>b) En el proceso han intervenido varios operadores, con criterios o métodos de trabajo diferentes.</p> <p>c) Las mediciones de la variable de salida fueron realizadas por personas o instrumentos diferentes; utilizando distintos criterios o con instrumentos mal calibrados</p>
<p>Distribución muy plana</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 10px auto; width: fit-content;">Distribución plana</div>  <p>Un histograma que muestra una distribución muy chata o muy plana y que está lejos de tener forma de campana.</p>	<p>Las situaciones que pueden causar esto son las mismas que las la distribución multimodal, con la particularidad de que las diferencias son menos fuertes; sin embargo, pueden afectar seriamente la capacidad de un proceso. Por lo que también deben</p>

	<p>ser identificadas y corregidas mediante la misma estrategia recomendada antes</p>
<p>Distribución con acantilados o truncada</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Distribución truncada</div>  <p>Un acantilado derecho, que es una suspensión o corte muy brusco en la caída de la distribución. Algunas de las posibles causas que motivan la presencia</p>	<p>acantilado es: lote de artículos de de un previamente inspeccionados al 100 por ciento, donde se excluyó a los artículos que no cumplen con alguna medida mínima o que exceden una medida máxima, problemas con el equipo de medición, errores en la medición o inspección .En general un acantilado es anormal y se debe buscar la causa del mismo.</p>
<p>Distribución con pico aislado</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Distribución con pico aislado.</div>  <p>El proceso que nos muestra el pico pequeño puede indicarnos una anomalía que no sucede regularmente.</p>	<p>se deben analizar los datos que nos muestra este pico. Estos picos denotan una falta de eficacia en la eliminación de elementos defectuosos; así como, en el caso de la distribución de dos picos, nos está mostrando la existencia de dos procesos</p>
<p>Distribución con un pico extremo</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Distribución con un pico en extremo</div> 	<p>Esta forma nos muestra, cuando el final de una distribución normal se ha cortado y acumulado en una sola categoría en el extremo, mostrándose como un pico al final de la distribución normal, indicándonos un mal registro de los datos.</p>

Anexo 2. Tabla de Factores (d_2 para estimación de la desviación típica)

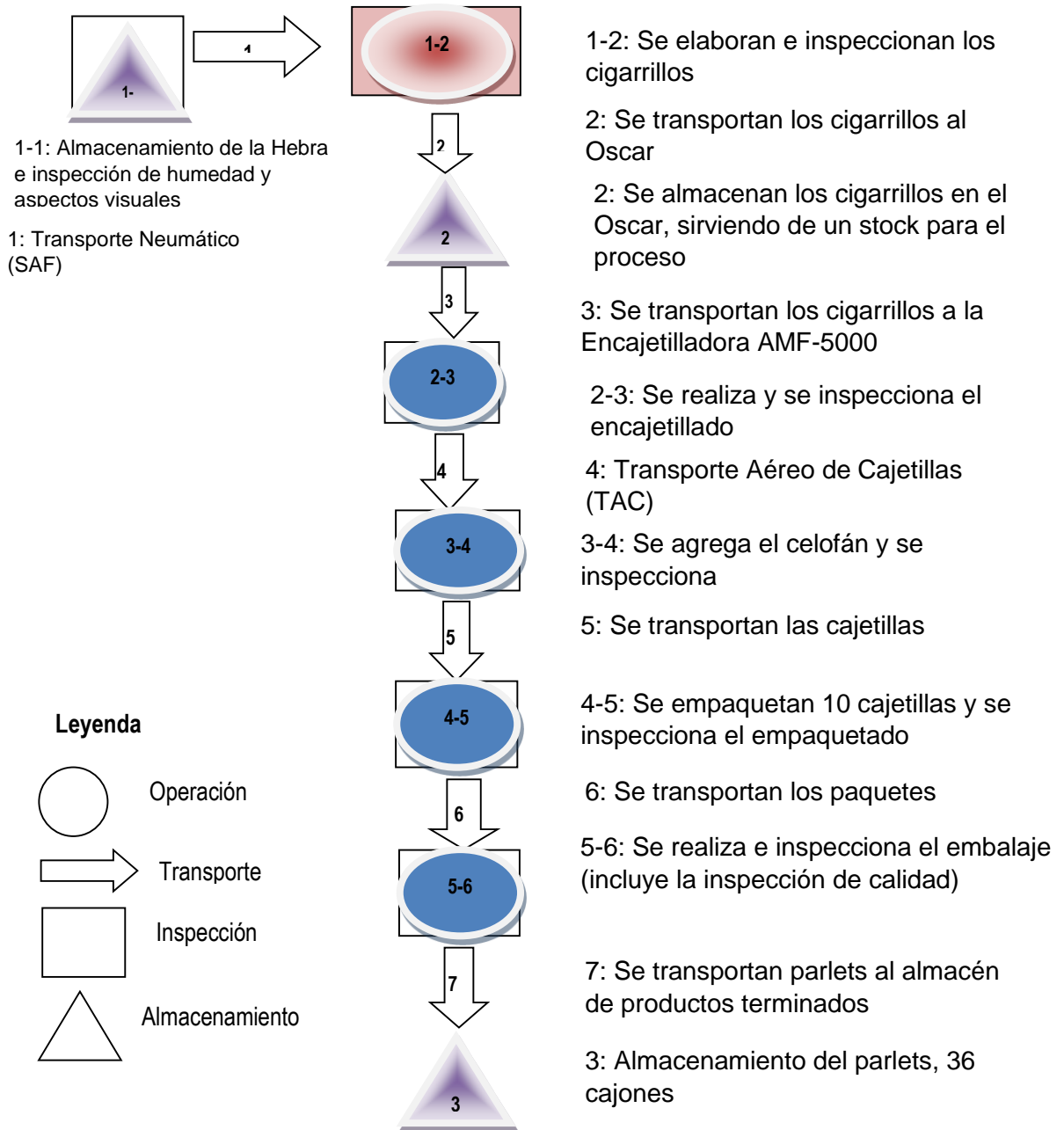
Tamaño de muestra, n	Carta \bar{X}	Carta R			Carta S	Estimación de σ
	A_2	d_3	D_3	D_4	c_4	d_2
2	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3	1.023	0.888	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4	0.729	0.880	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5	0.577	0.864	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6	0.483	0.848	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7	0.419	0.833	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8	0.373	0.820	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9	0.337	0.808	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10	0.308	0.797	0.2232	1.7768	0.9727	3.078
11	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

Anexo 3. Mapa de proceso de la empresa de cigarros “Lázaro Peña”



Fuente: Manual de SGC

Anexo 4: Diagrama OTIDA. Descripción del proceso de producción de los cigarrillos



Descripción del proceso

La materia prima fundamental para la elaboración de cigarrillos es el tabaco, el cual es procesado en el taller primario hasta ser convertido en hebra, esta es almacenada (1-1)

y por un sistema de transportación neumático (SAF) llega a la tolva de la máquina productora de cigarrillos (MK-8) o Nano donde se elaboran e inspeccionan los cigarrillos (1-2).

Al departamento de producción de cigarrillos también llegan los materiales fundamentales para la realización del producto como son papel para elaborar los cigarrillos (Velin y Berge), tinta de impresión, marquillas, pegamentos (adbon y hotmel), sellos, polipropileno, cinta de rasgar, envolturas y cajas de cartón, los que son suministrados por el almacén de insumos de la unidad empresarial de base de comercialización y abastecimientos.

Los cigarrillos confeccionados se trasladan mediante otro transporte: los segmentos (OSCAR o Resy) (2) a la máquina encajetilladora o de encarteramiento (AMF-5000 o SBO), donde ocurre la formación de la cajetilla (2-3) y se inspecciona esta operación.

Luego de la confección de la cajetilla, ocurre el traslado de esta por medio de una transportación aérea (TAC) (4) hasta la máquina celofanadora (CP-1 o SRC) (3-4), la cual es encargada de colocar el celofán y la cinta de rasgar la cajetilla, esta operación es inspeccionada y posteriormente ocurre otro transporte hasta la máquina empaquetadora (MINIPAR o ME) (5), donde se confecciona el paquete o producto terminado (4-5) el cual contiene 10 cajetillas, luego se transporta (6) e inspecciona y el mismo se embala de forma manual en cajas de cartón (5-6) que contienen 50 paquetes y es depositado (7) en los parlets con 36 cajas en el almacén de producto terminado (3).

Descripción del proceso de control de calidad en la producción de cigarrillos.

Determinaciones físicas en el cigarrillo criollos

En el documento del proceso para la medición del producto terminado, se establece el procedimiento de toma de las muestras para las determinaciones físicas del cigarrillo, donde se evalúan en el laboratorio de calidad los requisitos y parámetros de los cigarrillos, cumpliendo con la NC 584:2013 Cigarrillos. Especificaciones y la norma de empresa NEAG 01:2016 y la norma de empresa NEAG 02:2016. Cigarrillos negros. Requisitos. Procedimiento de muestreo para las determinaciones físicas:

El especialista "B" en gestión de la calidad actuante realiza una determinación física en cada turno de trabajo que incluye todos los ensayos que se realizan en el laboratorio, para ello toma la muestra de las cajetillas que se separaron durante la inspección final por atributos del turno anterior, para lograr representatividad de la producción por turno.

De las 10 cajetillas tomadas al azar por módulos se procede de la forma siguiente:

Se toma de cada cajetilla 1 cigarrillo y se eliminan 3, para realizar la determinación de humedad por duplicado.

Se toman de cada cajetilla 3 muestras de 5 cigarrillos, formando 3 grupos de 50 cigarrillos.

Se procede a realizar la masa total de la muestra con 50 cigarrillos (por duplicado y calcular el peso promedio). Se realiza la determinación de pérdidas por las puntas con 100 cigarrillos (separados en 50 y 50). De un grupo de 50 cigarrillos previamente pesados se eliminan 30 cigarrillos y se utilizan 20 cigarrillos separados en 13 y 7. Utilizar 13 cigarrillos para la caída de presión, longitud, diámetro y de ellos 2 para anchura de la monta, incorporar los 7 cigarrillos y realizar la altura residual con 20. Los restantes cigarrillos de las cajetillas se separan para mezclarlo con los de otros módulos para realizar la granulometría.

Por lo tanto se evalúan los siguientes parámetros a las siguientes cantidades de cigarrillos por turno de trabajo:

1. Peso: $(800 \text{ mg} \pm 30)$. 100 cigarrillos por módulo, 50 y 50 por duplicado.
2. Diámetro: $(7.74 \text{ mm} \pm 0.06)$. 13 cigarrillos por módulo
3. Firmeza o dureza: $(80 \% \pm 5)$. 20 cigarrillos por módulo
4. Caída de Presión: $(0.74 \text{ kPa} \pm 0.27)$. 13 cigarrillos por módulo
5. Longitud: $(69 \text{ mm} \pm 2)$. 13 cigarrillos
6. Pérdida por las puntas: $(\leq 20 \text{ mg/cig.})$. 100 cigarrillos por módulo, 50 y 50 por duplicado.
7. Contenido de Polvo. $(< 25 \%)$. 50 g de cigarrillos por turno
8. Humedad: $13.4 \% \pm 0.60$. 14 cigarrillos por módulo, 7 y 7 por duplicado.
9. Anchura de la monta: (de 2 a 3mm). 2 cigarrillos

El especialista en gestión de la calidad realiza además de los ensayos anteriores, determinaciones operativas de peso y de diámetro en cada máquina MK-8, de la forma siguiente:

Toma 25 cigarrillos por MK-8 y realiza el pesaje global de los mismos, registrando los resultados en el documento BD de Calidad, si el resultado se encuentra fuera del rango especificado manda a parar la máquina hasta que se corrija el mismo. De los 25 cigarrillos toma 5 al azar y les realiza ensayo de diámetro, los datos resultantes se registran en documento citado anteriormente. Estas determinaciones se realizaran cuatro veces en el turno de trabajo

Además de las mediciones realizadas en el laboratorio por los especialistas de calidad, se encuentra establecido el proceso de autocontrol por parte de los operarios agroindustriales especializados desde su puesto de trabajo de la siguiente manera:

De las MK-8, se toma sistemáticamente, 25 cigarros.

Pesa los 25 cigarros unidos. Esta operación se realiza para cada MK-8 por separado.

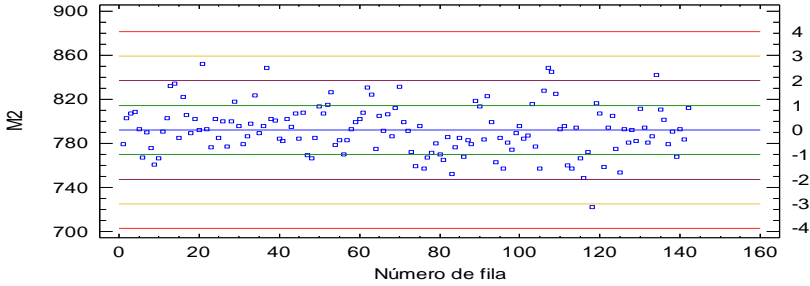
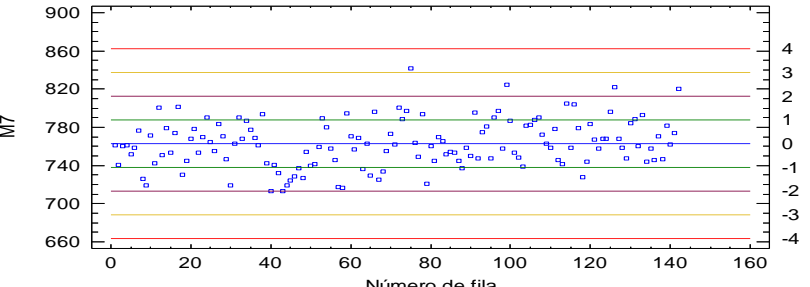
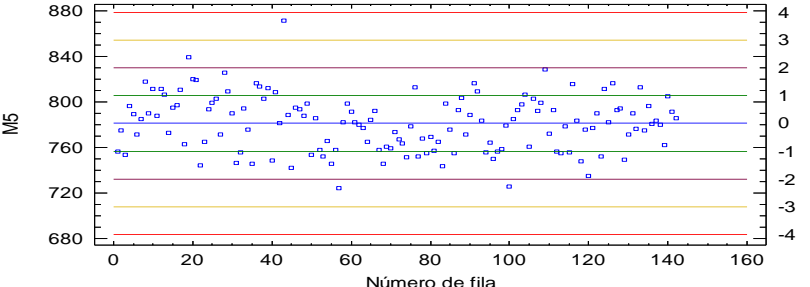
De los 25 cigarros toma 5 de ellos al azar y se determina el diámetro, con el instrumento, para obtener el valor que más se repite.

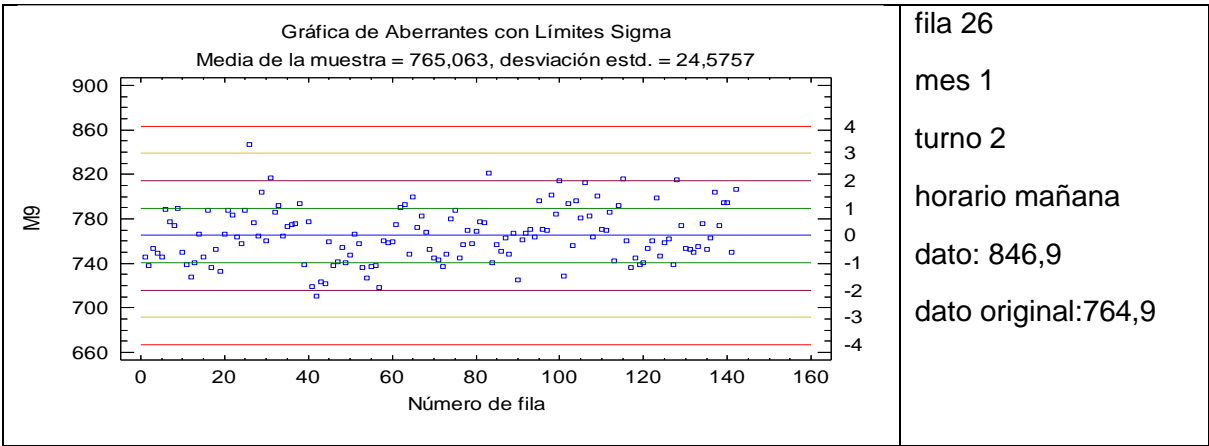
Procede a la inspección visual de cada uno de los 5 cigarrillos, determinando la cantidad de unidades no conformes atendiendo a las no conformidades o defectos visuales que se presenten.

Este procedimiento es ejecutado y registrado en el modelo de autocontrol cada 30 minutos. El operario incluye las mediciones de las condiciones ambientales (humedad y temperatura ambiental) con el Termohigrómetro. Esto garantiza conocer y ejecutar acciones directamente sobre el proceso productivo.

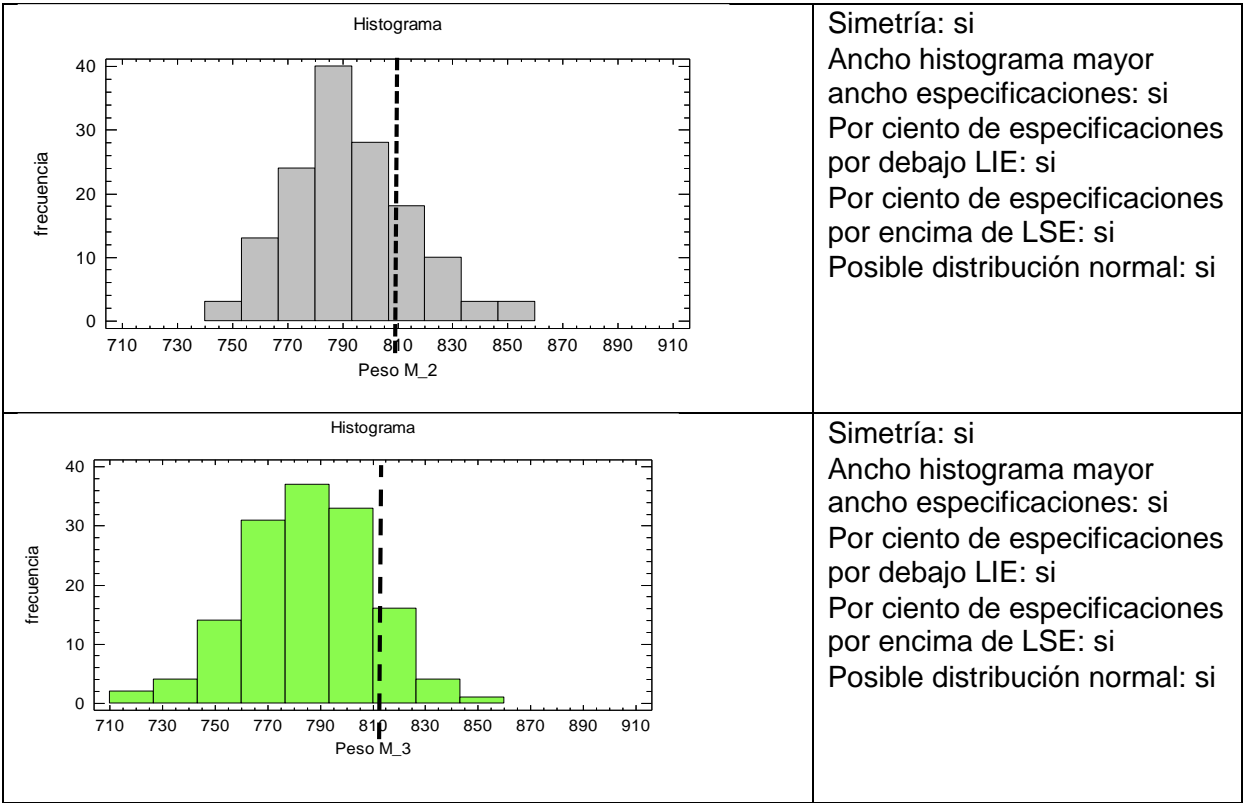
El especialista en gestión de la calidad, realiza diariamente al comenzar la jornada laboral la calibración de todos los instrumentos de medición lo cual garantiza la repetibilidad y reproducibilidad de las mediciones.

Anexo 5. Gráficos para determinar observaciones aberrantes o atípicas

<p>Gráfica de Aberrantes con Límites Sigma Media de la muestra = 792,101, desviación estd. = 22,3891</p>  <p>M2</p> <p>Número de fila</p>	<p>Fila: 118 Mes: 1 Turno: 2 Horario mañana dato: 722,1 dato original:752,1</p>
<p>Gráfica de Aberrantes con Límites Sigma Media de la muestra = 762,886, desviación estd. = 24,817</p>  <p>M7</p> <p>Número de fila</p>	<p>Fila: 75 Mes: 2 Turno: 2 Horario tarde dato: 841,7 dato original:741,7</p>
<p>Gráfica de Aberrantes con Límites Sigma Media de la muestra = 781,15, desviación estd. = 24,4395</p>  <p>M5</p> <p>Número de fila</p>	<p>fila 43 mes 2 turno 1 horario tarde dato: 871,2 dato original:771,2</p>



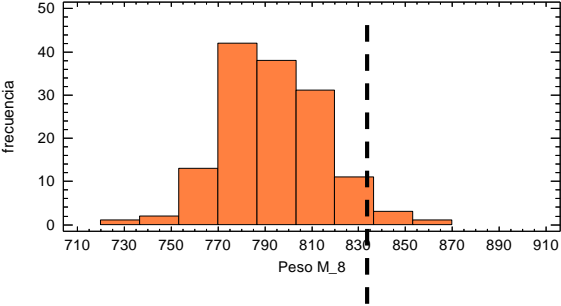
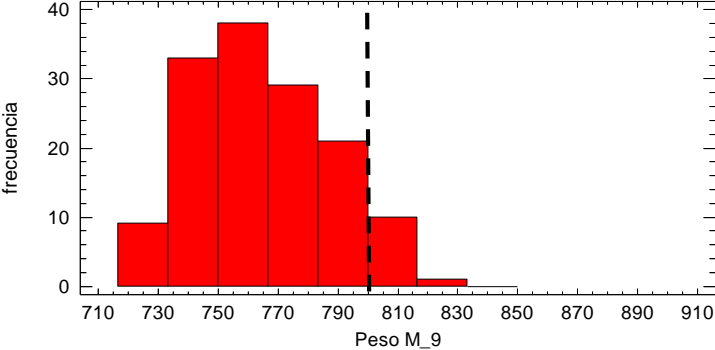
Anexo 6: Histogramas para el Peso en los módulos de producción



<p style="text-align: center;">Histograma</p>	<p>Simetría: si Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: si Posible distribución normal: si</p>
<p style="text-align: center;">Histograma</p>	<p>Simetría: no Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: si Posible distribución normal: no</p>

Continuación anexo 6

<p style="text-align: center;">Histograma</p>	<p>Simetría: no Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: no Posible distribución normal: si</p>
<p style="text-align: center;">Histograma</p>	<p>Simetría: si Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: no Posible distribución normal: si</p>

<p style="text-align: center;">Histograma</p>  <p style="text-align: center;">Peso M_8</p>	<p>Simetría: si Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: si Posible distribución normal: si</p>
<p style="text-align: center;">Histograma</p>  <p style="text-align: center;">Peso M_9</p>	<p>Simetría: si Ancho histograma mayor ancho especificaciones: si Por ciento de especificaciones por debajo LIE: si Por ciento de especificaciones por encima de LSE: no Posible distribución normal: si</p>

Anexo 7. Pruebas de bondad de ajuste para verificación de la normalidad del peso en los módulos de producción.

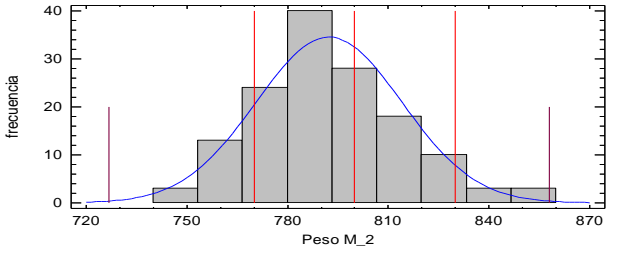
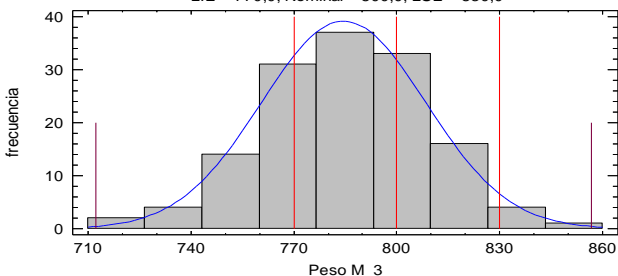
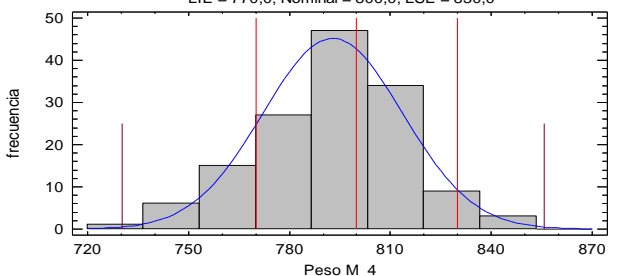
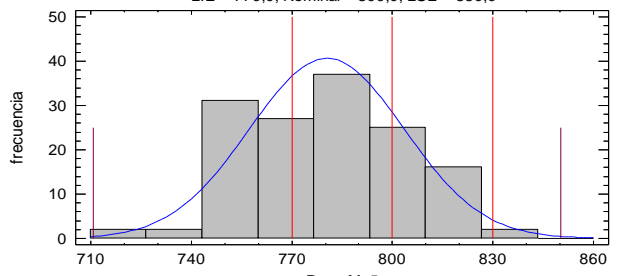
Hipótesis estadísticas

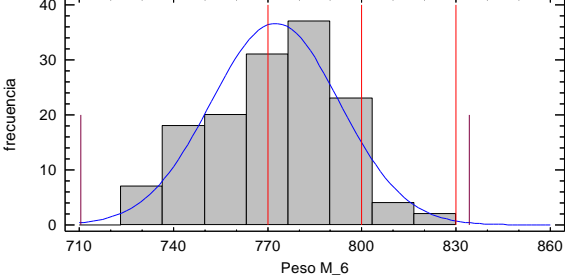
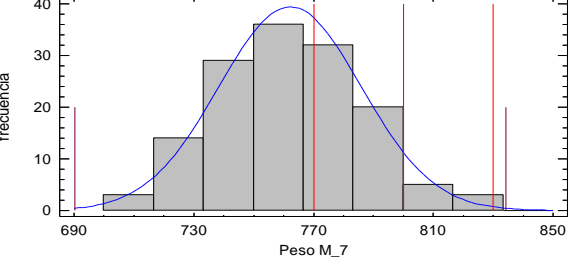
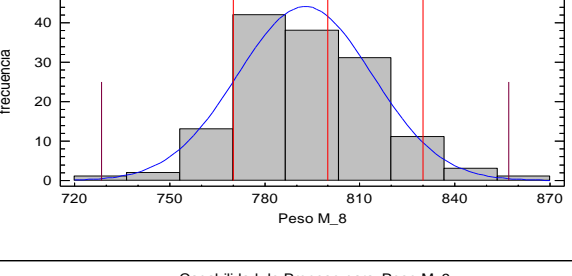
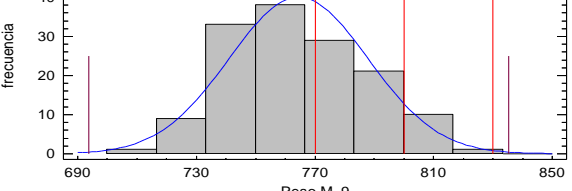
$H_0: Y \sim N(\mu; \sigma^2)$ La variable peso está normalmente distribuida

	Prueba Chi- cuadrada	Prueba de Kolmogorov-Smirnov	Cumplimiento
M2	P-valor= 0,484581	P-valor= 0,546986	si
M3	P-valor= 0,951948	P-valor= 0,953831	si
M4	P-valor= 0,279884	P-valor= 0,558384	si
M5	P-valor= 0,00733	P-valor= 0,53350	si
M6	P-valor= 0,179212	P-valor= 0,537771	si
M7	P-valor= 0,91079	P-valor= 0,972164	si
M8	P-valor= 0,442902	P-valor= 0,627421	si
M9	P-valor= 0,234284	P-valor= 0,911657	si
M10	P-valor= 0,884926	P-valor= 0,261838	si

Nota: cuando el P-valor > α se acepta la hipótesis nula donde α representa el nivel de significación de la prueba. En este caso $\alpha= 5\%$

Anexo 8: Índices de capacidad e histogramas para el peso en los módulos de producción (2-9)

<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_2 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Capacidad</th> <th>Desempeño</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Corto Plazo</th> <th>Largo Plazo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>18,3089</td> <td>21,8592</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,546181</td> <td>0,457474</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>1,83089</td> <td>2,18592</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,406226</td> <td>0,340249</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>0,686137</td> <td>0,574699</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,406226</td> <td>0,340249</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,431396</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,256244</td> </tr> </tbody> </table>		Capacidad	Desempeño		Corto Plazo	Largo Plazo	Sigma	18,3089	21,8592	Cp/Pp	0,546181	0,457474	CR/PR	1,83089	2,18592	Cpk/Ppk	0,406226	0,340249	Cpk/Ppk (superior)	0,686137	0,574699	Cpk/Ppk (inferior)	0,406226	0,340249	Cpm		0,431396	K		-0,256244
	Capacidad	Desempeño																													
	Corto Plazo	Largo Plazo																													
Sigma	18,3089	21,8592																													
Cp/Pp	0,546181	0,457474																													
CR/PR	1,83089	2,18592																													
Cpk/Ppk	0,406226	0,340249																													
Cpk/Ppk (superior)	0,686137	0,574699																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,406226	0,340249																													
Cpm		0,431396																													
K		-0,256244																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_3 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Capacidad</th> <th>Desempeño</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Corto Plazo</th> <th>Largo Plazo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>21,1056</td> <td>24,0921</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,473808</td> <td>0,415074</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>2,11056</td> <td>2,40921</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,228998</td> <td>0,200612</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>0,718618</td> <td>0,629537</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,228998</td> <td>0,200612</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,348705</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,516685</td> </tr> </tbody> </table>		Capacidad	Desempeño		Corto Plazo	Largo Plazo	Sigma	21,1056	24,0921	Cp/Pp	0,473808	0,415074	CR/PR	2,11056	2,40921	Cpk/Ppk	0,228998	0,200612	Cpk/Ppk (superior)	0,718618	0,629537	Cpk/Ppk (inferior)	0,228998	0,200612	Cpm		0,348705	K		-0,516685
	Capacidad	Desempeño																													
	Corto Plazo	Largo Plazo																													
Sigma	21,1056	24,0921																													
Cp/Pp	0,473808	0,415074																													
CR/PR	2,11056	2,40921																													
Cpk/Ppk	0,228998	0,200612																													
Cpk/Ppk (superior)	0,718618	0,629537																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,228998	0,200612																													
Cpm		0,348705																													
K		-0,516685																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_4 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Capacidad</th> <th>Desempeño</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Corto Plazo</th> <th>Largo Plazo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>19,6953</td> <td>20,8938</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,507735</td> <td>0,47861</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>1,96953</td> <td>2,08938</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,387178</td> <td>0,364968</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>0,628292</td> <td>0,592252</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,387178</td> <td>0,364968</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,45284</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,237441</td> </tr> </tbody> </table>		Capacidad	Desempeño		Corto Plazo	Largo Plazo	Sigma	19,6953	20,8938	Cp/Pp	0,507735	0,47861	CR/PR	1,96953	2,08938	Cpk/Ppk	0,387178	0,364968	Cpk/Ppk (superior)	0,628292	0,592252	Cpk/Ppk (inferior)	0,387178	0,364968	Cpm		0,45284	K		-0,237441
	Capacidad	Desempeño																													
	Corto Plazo	Largo Plazo																													
Sigma	19,6953	20,8938																													
Cp/Pp	0,507735	0,47861																													
CR/PR	1,96953	2,08938																													
Cpk/Ppk	0,387178	0,364968																													
Cpk/Ppk (superior)	0,628292	0,592252																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,387178	0,364968																													
Cpm		0,45284																													
K		-0,237441																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_5 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Capacidad</th> <th>Desempeño</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Corto Plazo</th> <th>Largo Plazo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>21,3156</td> <td>23,2375</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,46914</td> <td>0,43034</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>2,13156</td> <td>2,32375</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,163351</td> <td>0,149841</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>0,77493</td> <td>0,710838</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,163351</td> <td>0,149841</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,328787</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,651808</td> </tr> </tbody> </table>		Capacidad	Desempeño		Corto Plazo	Largo Plazo	Sigma	21,3156	23,2375	Cp/Pp	0,46914	0,43034	CR/PR	2,13156	2,32375	Cpk/Ppk	0,163351	0,149841	Cpk/Ppk (superior)	0,77493	0,710838	Cpk/Ppk (inferior)	0,163351	0,149841	Cpm		0,328787	K		-0,651808
	Capacidad	Desempeño																													
	Corto Plazo	Largo Plazo																													
Sigma	21,3156	23,2375																													
Cp/Pp	0,46914	0,43034																													
CR/PR	2,13156	2,32375																													
Cpk/Ppk	0,163351	0,149841																													
Cpk/Ppk (superior)	0,77493	0,710838																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,163351	0,149841																													
Cpm		0,328787																													
K		-0,651808																													

<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_6 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Capacidad</i></th> <th><i>Desempeño</i></th> </tr> <tr> <th></th> <th><i>Corto Plazo</i></th> <th><i>Largo Plazo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>16,1643</td> <td>20,6138</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,618647</td> <td>0,485113</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>1,61643</td> <td>2,06138</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,0503195</td> <td>0,0394581</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>1,18697</td> <td>0,930767</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,0503195</td> <td>0,0394581</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,289903</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,918662</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>		<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>	Sigma	16,1643	20,6138	Cp/Pp	0,618647	0,485113	CR/PR	1,61643	2,06138	Cpk/Ppk	0,0503195	0,0394581	Cpk/Ppk (superior)	1,18697	0,930767	Cpk/Ppk (inferior)	0,0503195	0,0394581	Cpm		0,289903	K		-0,918662
	<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>																													
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>																													
Sigma	16,1643	20,6138																													
Cp/Pp	0,618647	0,485113																													
CR/PR	1,61643	2,06138																													
Cpk/Ppk	0,0503195	0,0394581																													
Cpk/Ppk (superior)	1,18697	0,930767																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,0503195	0,0394581																													
Cpm		0,289903																													
K		-0,918662																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_7 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Capacidad</i></th> <th><i>Desempeño</i></th> </tr> <tr> <th></th> <th><i>Corto Plazo</i></th> <th><i>Largo Plazo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>21,4187</td> <td>23,969</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,466882</td> <td>0,417206</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>2,14187</td> <td>2,3969</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>-0,121674</td> <td>-0,108728</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>1,05544</td> <td>0,943141</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>-0,121674</td> <td>-0,108728</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,22278</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-1,26061</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>		<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>	Sigma	21,4187	23,969	Cp/Pp	0,466882	0,417206	CR/PR	2,14187	2,3969	Cpk/Ppk	-0,121674	-0,108728	Cpk/Ppk (superior)	1,05544	0,943141	Cpk/Ppk (inferior)	-0,121674	-0,108728	Cpm		0,22278	K		-1,26061
	<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>																													
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>																													
Sigma	21,4187	23,969																													
Cp/Pp	0,466882	0,417206																													
CR/PR	2,14187	2,3969																													
Cpk/Ppk	-0,121674	-0,108728																													
Cpk/Ppk (superior)	1,05544	0,943141																													
Cpk/Ppk (inferior)	-0,121674	-0,108728																													
Cpm		0,22278																													
K		-1,26061																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_8 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Capacidad</i></th> <th><i>Desempeño</i></th> </tr> <tr> <th></th> <th><i>Corto Plazo</i></th> <th><i>Largo Plazo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>19,5897</td> <td>21,4045</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,510473</td> <td>0,467192</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>1,95897</td> <td>2,14045</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>0,386054</td> <td>0,353322</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>0,634892</td> <td>0,581061</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>0,386054</td> <td>0,353322</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,441943</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-0,243732</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>		<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>	Sigma	19,5897	21,4045	Cp/Pp	0,510473	0,467192	CR/PR	1,95897	2,14045	Cpk/Ppk	0,386054	0,353322	Cpk/Ppk (superior)	0,634892	0,581061	Cpk/Ppk (inferior)	0,386054	0,353322	Cpm		0,441943	K		-0,243732
	<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>																													
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>																													
Sigma	19,5897	21,4045																													
Cp/Pp	0,510473	0,467192																													
CR/PR	1,95897	2,14045																													
Cpk/Ppk	0,386054	0,353322																													
Cpk/Ppk (superior)	0,634892	0,581061																													
Cpk/Ppk (inferior)	0,386054	0,353322																													
Cpm		0,441943																													
K		-0,243732																													
<p>Capabilidad de Proceso para Peso M_9 LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Capacidad</i></th> <th><i>Desempeño</i></th> </tr> <tr> <th></th> <th><i>Corto Plazo</i></th> <th><i>Largo Plazo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sigma</td> <td>19,5369</td> <td>23,5825</td> </tr> <tr> <td>Cp/Pp</td> <td>0,511853</td> <td>0,424044</td> </tr> <tr> <td>CR/PR</td> <td>1,95369</td> <td>2,35825</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk</td> <td>-0,09408</td> <td>-0,0779404</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (superior)</td> <td>1,11779</td> <td>0,926028</td> </tr> <tr> <td>Cpk/Ppk (inferior)</td> <td>-0,09408</td> <td>-0,0779404</td> </tr> <tr> <td>Cpm</td> <td></td> <td>0,233997</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> <td>-1,1838</td> </tr> </tbody> </table>		<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>		<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>	Sigma	19,5369	23,5825	Cp/Pp	0,511853	0,424044	CR/PR	1,95369	2,35825	Cpk/Ppk	-0,09408	-0,0779404	Cpk/Ppk (superior)	1,11779	0,926028	Cpk/Ppk (inferior)	-0,09408	-0,0779404	Cpm		0,233997	K		-1,1838
	<i>Capacidad</i>	<i>Desempeño</i>																													
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>																													
Sigma	19,5369	23,5825																													
Cp/Pp	0,511853	0,424044																													
CR/PR	1,95369	2,35825																													
Cpk/Ppk	-0,09408	-0,0779404																													
Cpk/Ppk (superior)	1,11779	0,926028																													
Cpk/Ppk (inferior)	-0,09408	-0,0779404																													
Cpm		0,233997																													
K		-1,1838																													

Anexo 9. Límites de tolerancia estadísticos.

95,0% de confianza, para 99,73% de la población

Módulo	Intervalo
M2	(719,307; 865,318)
M3	(704,036; 864,963)
M4	(723,095; 862,658)
M5	(702,837; 858,055)
M6	(703,594; 841,286)
M7	(682,13; 842,234)
M8	(721,201; 864,175)
M9	(685,725; 843,247)

Anexo 10: Determinación de observaciones fuera de especificaciones para los módulos de producción

Módulo	Especificaciones	Observados Fuera Especificaciones	Valor-Z	Estimados Fuera Especificaciones	Defectos Por Millón
M2	LSE = 830,0	1,41%	2,24	1,24%	12428,32
	LIE = 770,0	28,87%	-0,53	29,83%	298284,96
	Total	30,28%		31,07%	310713,29
M3	LSE = 830,0	6,34%	1,72	4,23%	42345,09
	LIE = 770,0	16,20%	-1,02	15,37%	153686,71
	Total	22,54%		19,60%	196031,8
M4	LSE = 830,0	2,82%	1,78	3,78%	37804,14
	LIE = 770,0	15,49%	-1,09	13,68%	136778,78
	Total	18,31%		17,46%	174582,92
M5	LSE = 830,0	0,70%	2,13	1,65%	16482,17
	LIE = 770,0	33,80%	-0,45	32,65%	326525,53
	Total	34,51%		34,30%	343007,7
M6	LSE = 830,0	0,00%	2,79	0,26%	2616,79
	LIE = 770,0	40,85%	-0,12	45,29%	452882,96
	Total	40,85%		45,55%	455499,74
M7	LSE = 830,0	0,00%	2,83	0,23%	2331,66
	LIE = 770,0	64,08%	0,33	62,79%	627859,65
	Total	64,08%		63,02%	630191,31
M8	LSE = 830,0	5,63%	1,74	4,07%	40650,59
	LIE = 770,0	11,27%	-1,06	14,46%	144579,58
	Total	16,90%		18,52%	185230,17
M9	LSE = 830,0	0,00%	2,78	0,27%	2734,08
	LIE = 770,0	61,27%	0,23	59,24%	592440,31
	Total	61,27%		59,52%	595174,39
M10	LSE = 830,0	1,41%	2,24	1,24%	12428,32
	LIE = 770,0	28,87%	-0,53	29,83%	298284,96
	Total	30,28%		31,07%	310713,29

Anexo 11. Índices de capacidad para módulo 8

	Índices de Capacidad	Requisito de Normalidad	Límites de Tolerancia Proporción=99,73% 95% de confianza	Observaciones fuera de especificaciones (%)
Peso	Cp=0.47 Cpk=0.35 Cpk (superior)=0.58 Cpk (inferior)=0.35 Cr=2.14 Cpm=0.44 K= -0.24	Chi-cuadrado P=0.21 Kolmogorov-Smirnov P=0.63 Cumplido	(721.20;864.18)	Mayor que LS=5.63 Menor que LI=11.27
Humedad	Cp=0.31 Cpk=0.17 Cpk (superior)=0.44 Cpk (inferior)=0.17 Cr=3.26 Cpm=0.29 K= -0.43	Chi-cuadrado P=0.69 Kolmogorov-Smirnov P=0.93 Cumplido	(10.97;15.32)	Mayor que LS=8.45 Menor que LI=28.17
Dureza	Cp=0.86 Cpk=0.73 Cpk (superior)=0.73 Cpk (inferior)=0.99 Cr=1.16 Cpm=0.80 K=0.15	Chi-cuadrado P=0.49 Kolmogorov-Smirnov P=0.83 Cumplido	(74.27;87.21)	Mayor que LS=0.00 Menor que LI=0.00
Pérdidas por Puntas	Cpk=1.02	Chi-cuadrado P=0.00 Kolmogorov-Smirnov P=0.04 No cumplido	(-∞;20.18)	Mayor que LS=1.41 Menor que LI=
Caída de Presión	Cp=0.93 Cpk=0.61 Cpk (superior)=0.61 Cpk (inferior)=1.24 Cr=1.08 Cpm=0.69 K=0.32	Chi-cuadrado P=0.20 Kolmogorov-Smirnov P=0.42 Cumplido	(0.5;1.16)	Mayor que LS=3.52 Menor que LI=0.00
Diámetro	Cp=0.56 Cpk=0.06 Cpk (superior)=1.07 Cpk (inferior)=0.06 Cr=1.77 Cpm=0.31	Chi-cuadrado P=0.14 Kolmogorov-Smirnov P=0.43 Cumplido	(7.57;7.81)	Mayor que LS=0.00 Menor que LI=35.92

	K= -0.89			
--	----------	--	--	--

Anexo 12. Comportamiento resumen mensual de la calidad del proceso productivo por módulo de producción

Mes: Enero 2019

Parámetros Físicos	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Peso (mg)	797	797	798	790	785	761	796	766	791
Diámetro (mm)	7.73	7.68	7.70	7.72	7.69	7.71	7.69	7.69	7.72
Dureza (%)	80.6	82.7	81.9	80.9	82.2	80.1	81.0	79.5	80.7
Humedad (%)	13.4	13.6	13.1	13.4	13.1	13.3	13.0	13.2	13.2
Caída de Presión (kPa)	0.79	0.94	0.90	0.84	0.86	0.71	0.84	0.79	0.81
P/Puntas(mg/cig)	10.6	6.2	8.6	8.4	6.5	8.1	10.8	7.4	8.0
Longitud (mm)	68.4	68.4	68.4	68.3	68.4	68.4	68.4	68.4	68.4

Mes: Febrero 2019

Parámetros Físicos	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Peso (mg)	795	782	795	774	779	755	791	758	776
Diámetro (mm)	7.72	7.69	7.71	7.70	7.67	7.70	7.69	7.68	7.69
Dureza (%)	82.5	82.8	82.4	80.9	81.5	80.1	80.6	79.5	81.1
Humedad (%)	13.3	13.5	13.0	13.4	13.2	13.2	13.0	13.3	13.2
Caída de Presión (kPa)	0.80	0.85	0.87	0.79	0.82	0.71	0.84	0.76	0.77
P/Puntas(mg/cig)	6.0	5.3	5.6	6.2	6.0	6.3	8.0	5.5	6.2
Longitud (mm)	68.5	68.5	68.6	68.5	68.5	68.4	68.6	68.5	68.6

Mes: Marzo 2019

Parámetros Físicos	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Peso (mg)	788	784	794	779	766	766	795	772	780
Diámetro (mm)	7.74	7.71	7.68	7.66	7.64	7.67	7.68	7.70	7.68
Dureza (%)	81.3	82.8	82.7	81.3	80.6	79.6	80.5	79.7	81.3
Humedad (%)	13.3	13.7	13.0	13.6	13.4	13.4	13.2	13.5	13.4
Caída de Presión (kPa)	0.73	0.79	0.84	0.82	0.78	0.73	0.78	0.74	0.76
P/Puntas(mg/cig)	5.1	4.9	4.5	4.9	5.8	5.9	5.8	5.0	5.5
Longitud (mm)	68.1	68.1	68.1	68.0	68.1	68.1	69.4	68.1	68.1

Mes:Abril 2019

Parámetros Físicos	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Peso (mg)	786	771	783	780	756	760	787	768	778
Diámetro (mm)	7.73	7.71	7.69	7.69	7.69	7.71	7.69	7.70	7.71
Dureza (%)	81.4	82.1	81.7	80.2	81.0	80.0	80.8	80.1	81.0
Humedad (%)	13.5	13.8	13.3	13.6	13.4	13.4	13.4	13.5	13.2
Caída de Presión (kPa)	0.74	0.79	0.84	0.81	0.73	0.74	0.83	0.79	0.76
P/Puntas(mg/cig)	5.0	4.7	5.0	5.2	6.3	6.3	6.4	5.1	5.2
Longitud (mm)	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1	69.5	68.1

Anexo 13: Encuesta para la valoración del criterio de los especialistas.

Como resultado de una investigación realizada en la maestría MAIPA con el tema Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa de cigarrillos “Lázaro Peña” usted ha sido seleccionado como especialista para emitir su valoración respecto a la pertinencia y significación de la aplicación del procedimiento como vía de desarrollar el control estadístico de la calidad en el proceso de producción de cigarrillos. Le adjuntamos el procedimiento y los indicadores sobre los que necesita que emita sus criterios en la escala propuesta a continuación.

Marque con una X la valoración dada a cada indicador.

Indicadores	Muy adecuado	Bastante adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
La coherencia de la estructura del procedimiento, su hilo conductor y nivel científico.					
La acertada selección de las técnicas estadísticas, los gráficos e índices de capacidad considerados para el mejoramiento del control estadístico de la calidad en la empresa.					
Las posibilidades de aplicación del procedimiento a partir del capital humano que forma parte del personal de la empresa, la actualización de sus					

conocimientos en materia de estadística, control estadístico de la calidad, el desarrollo de las tecnologías de la información y su compromiso de contribuir a la mejora continua de la calidad de su producción.					
---	--	--	--	--	--