

# 03

---

## PROCEDIMIENTO

### PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CIGARRILLOS PROCEDURE TO GUIDE THE STATISTICAL QUALITY CONTROL IN THE CIGARETTE PRODUCTION PROCESS

Madelin Hidalgo-Díaz<sup>1</sup>

E-mail: [madelin@uho.edu.cu](mailto:madelin@uho.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6422-3172>

Yilma E. Riverón-Camilo<sup>1</sup>

E-mail: [yriveronc@uho.edu.cu](mailto:yriveronc@uho.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7132-9159>

Yaitma Cedeño-Hernández<sup>1</sup>

E-mail: [ycedenoh@uho.edu.cu](mailto:ycedenoh@uho.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1438-4060>

<sup>1</sup>Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya" Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Hidalgo-Díaz, M., Riverón-Camilo, Y. E., & Cedeño-Hernández, Y. (2023). Procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de producción de cigarrillos. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 3(2), 22-30.

**Fecha de presentación:** febrero, 2023

**Fecha de aceptación:** abril, 2023

**Fecha de publicación:** mayo, 2023

---

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo proponer un procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de producción del cigarrillo negro para la mejora continua de la calidad, dentro del Sistema de Gestión de la Calidad. Tomando como base el diagnóstico realizado al control de la calidad de la empresa, se evidenció una limitada utilización de métodos estadísticos en el análisis de las fuentes de variabilidad del proceso productivo. Para dar cumplimiento a la investigación se utilizan los métodos de investigación teóricos: histórico-lógicos, análisis y síntesis, inducción y deducción, y empíricos: la observación, encuestas, entrevistas, revisión documental, y técnicas y pruebas estadísticas. Como resultado fundamental se obtiene una metodología que permite guiar el procedimiento de análisis de datos para la evaluación de la conformidad de los requisitos físicos de los cigarrillos, el análisis del funcionamiento de los módulos de producción, el estudio de la aptitud del proceso y la determinación del porcentaje de observaciones fuera de especificaciones. Este procedimiento está basado en las técnicas de la estadística descriptiva, análisis de histogramas y cálculos de índices de capacidad, técnicas que permiten obtener el estado de las variables claves del proceso y así poder proponer acciones para la mejora continua de la calidad del proceso.

### **Palabras clave:**

Técnicas estadísticas, control estadístico de la calidad, índices de capacidad.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to propose a procedure for the statistical control of quality in the production process of the black cigarette for the continuous improvement of quality, within the Quality Management System. Based on the diagnosis made to the quality control of the company, a limited use of statistical methods was evidenced in the analysis of the sources of variability of the productive process. To comply with the research, theoretical research methods are used: historical-logical, analysis and synthesis, induction and deduction, and empirical: observation, surveys, interviews, documentary review, and statistical techniques and tests. As a fundamental result, a methodology is obtained that allows guiding the data analysis procedure for the evaluation of the conformity of the physical requirements of cigarettes, the analysis of the operation of the production modules, the study of the aptitude of the process and the determination of the percentage of observations outside of specifications. This procedure is based on the techniques of descriptive statistics, histogram analysis and calculation of capacity indexes, techniques that allow obtaining the state of the key variables of the process and thus be able to propose actions for the continuous improvement of the quality of the process

### **Keywords:**

Statistical techniques, quality control statistic, capacity indexes.

## INTRODUCCIÓN

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.

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 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2015a).

El Informe Técnico NC ISO-TR-10017: 2021. Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2015 se emplea para la evaluación de los datos, donde se especifica que *“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 9001:2015”*. (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2015)

La propuesta de técnicas estadísticas a utilizar según NC ISO-TR-10017: 2021 *“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 al aplicarlas a dichos datos”* (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2021). Se muestra un listado de técnicas estadísticas que considera ser las más “utilizadas y sencillas” asociando algunas a los distintos apartados de la Norma ISO 9001:2015, sugiere dónde puede ser utilizado, pero no indica cómo implementarlas; y no excluye el uso de cualquier otra técnica (estadística o no), dejando a elección de la entidad la decisión de qué, cómo, y para qué utilizar determinada estadística, situación esta que queda a elección del personal responsable de la actividad, y por supuesto de la formación estadística que posean.

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 & García (2010), denominan *“el control estadístico de la calidad como el conjunto de métodos estadísticos adoptados y desarrollados para su aplicación en el control de la calidad”*; mientras que 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 diagnosis, 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, cuyo objetivo principal es la reducción sistemática de la variabilidad en las características de calidad clave del producto.

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.

Newbold (2008), plantea que *“para pensar en términos estadísticos hay que seguir una serie de pasos que van desde la definición del problema hasta la toma de decisiones. Una vez identificado y definido el problema, se recogen datos producidos mediante diversos procesos de acuerdo con un diseño y se analizan utilizando uno o más métodos estadísticos. De este análisis se obtiene información. La información se convierte, a su vez, en conocimiento, utilizando los resultados de las experiencias específicas, la teoría y la literatura y aplicando métodos estadísticos adicionales. Para convertir los datos en un conocimiento que lleva a tomar mejores decisiones se utiliza tanto la estadística descriptiva como la inferencial”*.

Arredondo et al. (2020), plantean que el análisis estadístico permite explicar clara y explícitamente la fiabilidad de los resultados y su presentación, donde la estadística facilita la organización de la información, mostrar su validez y construir conclusiones acertadas y precisas derivadas de las variables objeto de estudio. El uso de la estadística en investigaciones descriptivas facilita la comprensión del comportamiento de los datos, la forma de representarlos gráficamente, caracterizarlos, realizar inferencias y detectar errores.

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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se aplicaron los métodos histórico-lógicos, análisis y síntesis, inducción y deducción, y del nivel empíricos, la observación, encuestas, entrevistas, revisión documental y técnicas y métodos estadísticos. Investigaciones realizadas previamente por las autoras en los que se realizó el estudio y análisis de los documentos del sistema de gestión de la calidad en la entidad, del procedimiento específico de elaboración y control de la calidad de los cigarrillos, la revisión del procedimiento estadístico empleado y las observaciones realizadas en el proceso permitió diagnosticar que existe un insuficiente uso de las técnicas estadísticas y con ello la necesidad de implementar el control estadístico de la calidad del proceso mediante la aplicación de un procedimiento que sirva de guía e incluya las técnicas estadísticas factibles a utilizar para el control de la producción en la empresa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación se desarrolló en lo fundamental tomando como base los métodos estadísticos expuestos en la literatura especializada en materia estadística, las cuales son necesarias para comprender y realizar estudios estadísticos encaminados al control estadístico de la calidad como los de Juran (1999); y Gutiérrez & De la Vara (2007). De forma general estos autores coinciden en las técnicas y sus usos posibles, mostrando las mismas desde los más simples hasta los más complejos.

Pérez (1999), hace una clasificación de acuerdo al nivel de complejidad de los métodos y técnicas estadísticas, declara como herramientas 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, y las 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.

En la presente investigación se muestra la combinación de algunas de las técnicas estadísticas pertenecientes al grupo de *las siete herramientas básicas* enunciadas por Ishikawa, referenciado por Huerga & Abad (2000), y otras ampliamente utilizadas en la literatura especializada en estadística.

La empresa objeto de estudio tiene la misión de la producción y comercialización de cigarrillos negros y rubios para el consumo nacional. Tienen elaborados los documentos que regulan a nivel de la entidad y acorde a las normas ISO cómo ejecutar el control estadístico de la calidad. En la misma 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 permitan un mejor estudio del proceso de producción de cigarrillos.

Esta situación conduce a que no haya un estudio real del comportamiento de los módulos de producción (máquinas productoras de cigarrillos) y de detección oportuna de su 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, máquinas, medio ambiente o métodos como refiere Gutiérrez & De la Vara (2007), "*las 6M'S que 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.

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

Objetivo del procedimiento: conducir el análisis de datos para el control estadístico de la calidad en el logro de la mejora continua de la calidad.

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

**Tabla 1. Procedimiento propuesto para el análisis estadístico.**

Etapas	
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 Acción 2 Capacitación del equipo de trabajo
	Paso 1.2 Definición de los objetivos del control estadístico de la calidad
	Paso 1.3 Análisis preliminar y determinación de la(s) variable(s) objeto de estudio o característica significativa del proceso.
	Paso 1.4 Delimitación de las técnicas estadísticas para la organización y análisis de los datos.
2. Implementación y ejecución del análisis de datos	Paso 2.1 Estratificación y recopilación de la información de la(s) variable(s) objeto de estudio
	Paso 2.2 Análisis exploratorio de los datos
	Paso 2.3 Aplicación de las técnicas de la estadística descriptiva
	Paso 2.4 Análisis de datos agrupados en tablas de frecuencias e histogramas
3. Estudio de la aptitud o capacidad del proceso	Paso 3.1 Verificación de la condición de normalidad Acción 1: si se cumple la condición de normalidad se continúa 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 Alternativa 1: cálculo del índice de capacidad potencial del proceso Alternativa 2: cálculo del índice razón de capacidad Alternativa 3: cálculo del índice de capacidad real Alternativa 4: índice (la métrica en seis sigma) Alternativa 5: índice de descentrado de proceso o índice de localización Alternativa 6: índice función de pérdida (índice de Taguchi) Alternativa 7: índices para el caso de procesos con una sola especificación: Paso 3.3 Determinación de los límites de tolerancia estadísticos y del porcentaje de observaciones fuera de especificaciones Paso 3.4 Análisis de los resultados y propuesta de medidas a tomar en el proceso para la mejora de la calidad

**Aplicación del procedimiento.**

**Etapa 1. Planificación de la organización y análisis de datos**

**Paso 1.1** Conformación y capacitación del grupo de trabajo: el equipo de trabajo se logró formar con el consentimiento de la máxima dirección de la empresa. Está caracterizado por ser multidisciplinario, con personas que trabajan directamente en la producción y/o calidad y están comprometidas con la misión de la empresa, los mismos recibieron cursos de capacitación a fin de lograr los conocimientos necesarios para comprender y poder aplicar el análisis de datos necesario a su proceso productivo.

**Paso 1.2:** Definición de los objetivos del control estadístico de la calidad: el estudio estuvo 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.

**Paso 1.3** Análisis preliminar y determinación de la(s) variable(s) claves del proceso o característica significativa del proceso. La NC 584:2021 Cigarrillos. Especificaciones y la norma de empresa establece para los cigarrillos negros los requisitos a evaluar y sus respectivas especificaciones: peso, diámetro, caída de presión, pérdida por las puntas, longitud; y los parámetros físicos: dureza, humedad, contenido de polvo, y anchura de la monta. De los registros donde se trabajó con la misma materia prima, se observó que el requisito físico con mayores dificultades para mantener sus especificaciones ha sido el Peso y se conoce además por estudios preliminares que el mismo mostró correlaciones significativas con la dureza, caída de presión, diámetro y la humedad, todo lo cual evidencia la necesidad de estudiar con prioridad este requisito.

**Paso 1.4:** Delimitación de las técnicas estadísticas para la organización y análisis de los datos: El equipo de trabajo 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: Peso

**Paso 2.1** Estratificación y recopilación de la información del Peso: el estudio fue realizado durante 4 meses. En este análisis se obtuvo que el promedio (780,65) cumple con las especificaciones (770; 830), pero al observar el valor mínimo (710,2) y el máximo (884,1) vemos que existen observaciones fuera del rango de especificación, por lo que es necesario investigar estas observaciones, y se propone estratificar los datos por los módulos de producción.

**Paso 2.2:** Análisis exploratorio de los datos: por medio del gráfico de cajas y bigotes múltiples se puede apreciar (figura 1) que en el módulo 10 existe un valor que supera a todos los valores máximos del resto de las máquinas, el cual puede estar indicando ser un dato atípico. Se elabora para este módulo el gráfico de datos atípicos o aberrantes, el cual muestra que existe una observación por encima de  $3\sigma$  (tres veces la desviación típica) que debe ser investigado como posible dato a excluir. Este análisis debe ser realizado a los datos de cada módulo de producción para evitar que los mismos distorsionen los futuros análisis.

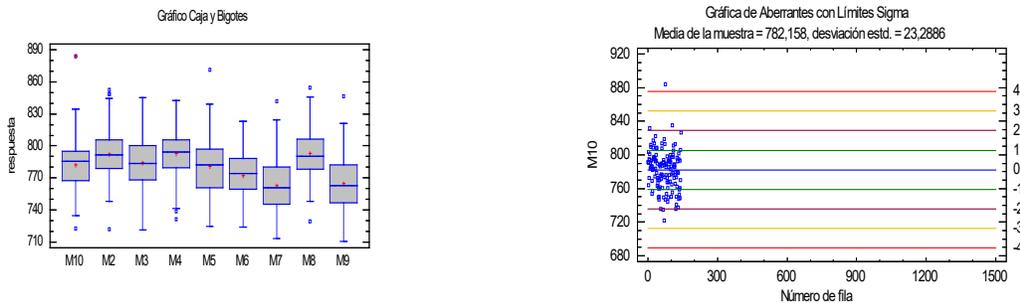


Figura 1. Cajas y Bigotes para los módulos de producción y gráfica de valores aberrantes para el módulo 10.

**Paso 2.3** Aplicación de las técnicas de la estadística descriptiva. En el análisis de los estadísticos descriptivos para cada módulo de producción se constata que los valores medios en todos los casos están dentro de las especificaciones, pero se puede apreciar que todos muestran valores por debajo y por encima de las especificaciones del producto, excepto el módulo 6.

**Paso 2.4** Análisis de datos agrupados en tablas de frecuencias. Histogramas: Partiendo de las tablas de frecuencia se elaboran los histogramas. Se muestra en la figura 2 la forma del histograma para el módulo 10 con los datos originales y con la eliminación del valor atípico, donde se ha perdido la discontinuidad del gráfico. Respecto a los estadísticos descriptivos existe una mejoría, el valor máximo es ahora 834,8, la desviación estándar de los datos es 21,713; por lo que el coeficiente de variación ha disminuido de 2,98% a 2,77%.

A: Histograma con datos originales

B: Histograma con arreglo de dato atípico

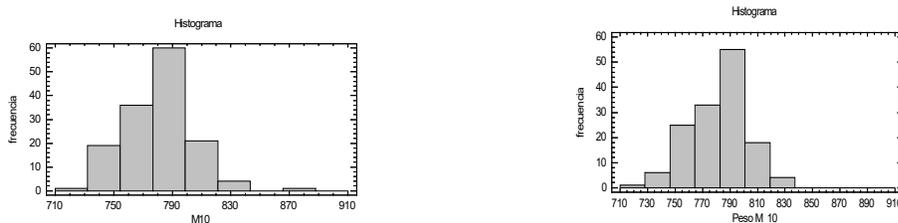


Figura 2: Histogramas para módulo 10

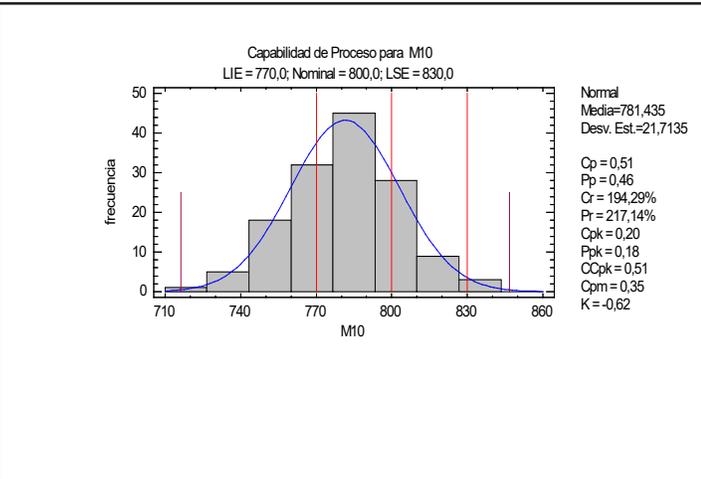
## Etapa 3: Estudio de la aptitud o capacidad del proceso

**Paso 3.1** Verificación de la condición de normalidad. Se aplican dos de las pruebas de bondad de ajuste, donde la prueba Chi-Cuadrada = 62,6182 con 63 g.l. con Valor-P= 0,489873 y la prueba de Kolmogorov-Smirnov con Valor-P= 0,221204, evidenciándose en ambas que se puede considerar que la variable Peso en el módulo 10 se encuentra normalmente distribuida. Es necesario destacar que con los datos originales la prueba Chi-cuadrada mostraba un Valor-P= 0,0229 que nos hubiera llevado a concluir que esa variable no está normalmente distribuida.

**Paso 3.2** Estudio de capacidad a corto plazo y/o a largo plazo. Cálculo de los índices de capacidad para el Peso en el módulo 10. Las especificaciones para esta variable establece como valor nominal 800 mg, con límite de especificación superior, LSE = 830,0 mg y límite de especificación inferior, LIE = 770,0 mg. Observándose en la tabla 2 los resultados de los índices de capacidad así como el histograma con las especificaciones del Peso en el módulo 10.

**Tabla 2. Índices de capacidad e histograma.**

Índices de capacidad	Capacidad Corto Plazo	Desempeño Largo Plazo
Cp/Pp	0,518376	0,46
Cr/Pr 1,9291		2,17
Cpk/Ppk	0,20	0,18
Cpk/Ppk (superior)	0,84	0,75
Cpk/Ppk(inferior)	0,20	0,18
Cpm		0,35
K		-0,62
% fuera de especific.		31,1883



Capabilidad de Proceso para M10  
LIE = 770,0; Nominal = 800,0; LSE = 830,0

Normal  
Media=781,435  
Dev. Est.=21,7135

Cp = 0,51  
Pp = 0,46  
Cr = 194,29%  
Pr = 217,14%  
Cpk = 0,20  
Ppk = 0,18  
CCpk = 0,51  
Cpm = 0,35  
K = -0,62

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.

En el desempeño a largo plazo del requisito Peso en el módulo 10, observamos que 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 especificaciones. El índice  $Pr = 2,17$ , 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  $Ppk = 0,18$  ya que se encuentra más alejado de 1, 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.

Al investigar la relación de los restantes requisitos con el Peso, el coeficiente de correlación de Pearson muestra correlaciones significativas con los requisitos Humedad (11,96%), Diámetro (23,59%), Dureza (36,02%), y Caída de presión (58,63%). Luego de verificado la condición de normalidad de los datos para cada uno de los requisitos físicos podemos concluir que el índice  $K$  al ser negativo para el Peso, Humedad y Diámetro muestran un descentrado hacia la izquierda, con valores absolutos de 61,88%, 27% y 62% respectivamente, indican un proceso muy descentrado con capacidad baja para cumplir las especificaciones, además para estos tres requisitos el índice  $Pp$  es inferior a 0.67, el índice  $Pr$  es superior a 1, los índices  $Ppk$  no son próximos a los valores del índice  $Pp$  y los índices  $Ppm$  se encuentran muy por debajo de 1, por lo que el módulo 10 requiere modificaciones muy serias para llegar a cumplir con las especificaciones establecidas de estos tres requisitos físicos.

La Dureza y Caída de presión tienen un índice  $K$  del 20% y 14% respectivamente, considerándose con un descentrado aceptable, el índice  $Pp$  de ambos es mayor que 1, los índices  $Ppk$  se pudieran considerar próximos a los valores de  $Pp$ , el índice  $Pr$  de cada requisito está por debajo de 1 y en el caso del requisito Caída de presión este muestra un  $Ppm$  de 1.04. El análisis global de los índices de capacidad para los requisitos Dureza y Caída de presión nos indican que el módulo 10 con un control del proceso y una regulación estricta puede llegar a mejorar sus resultados

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

Límites de tolerancia del 95,0% de confianza, para 99,73% de la población.

donde el factor de tolerancia para intervalos bilaterales es  $K = 3,34121$ , quedando el intervalo como (708,885; 853,984) lo cual indica que este módulo 10 producirá cigarrillos el 99,73% de las veces con Pesos comprendidos entre 708,885 mg hasta 853,984 mg.

La tabla 5 muestra que el 1,42% de la producción está por encima de la especificación superior, y el 29,08% por debajo de la especificación inferior. El índice Z calculado para ambas especificaciones permite conocer que se estima que el 31,19% de lo que se produzca en este módulo estará fuera de especificaciones, lo que permite decir que por cada millón de cigarrillos que se produzcan aproximadamente 311883 de ellos estarán fuera de especificaciones.

**Tabla 3. Cálculo de por ciento de observaciones fuera de especificaciones..**

Especificaciones	Observados Fuera Especificaciones	Valor-Z	Estimados Fuera Especificaciones	Defectos por Millón
LSE = 830,0	1,418440%	2,24	1,265504%	12655,04
Nominal = 800,0		0,86		
LIE = 770,0	29,078014%	-0,53	29,922774%	299227,74
Total	30,496454%		31,188278%	311882,78

Este análisis, para los requisitos Humedad y Diámetro muestra que tienen fuera de especificaciones respectivamente el 33.81% y 19.72% de las observaciones, lo que nos indica que para estos requisitos la situación es crítica en este módulo.

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

En la búsqueda de posibles causas del comportamiento del Peso en este módulo se propone realizar gráficos multi-vari incluyendo los factores: turno de trabajo y horario del día, obteniéndose:

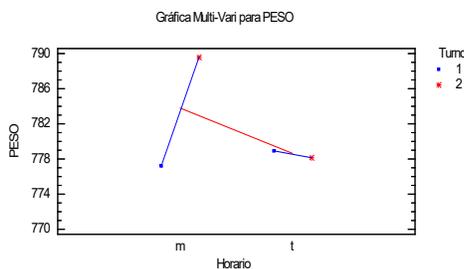


Figura 3. Gráfico multivari para Peso.

Del gráfico de la figura 3 se puede concluir que el turno 1 obtiene Pesos promedios bajos en el turno de la mañana, mientras que el turno 2 obtiene Pesos promedios más altos en la mañana. En el horario de la tarde el turno 1 obtiene Pesos promedios algo superiores que el turno 2. Esto demuestra que además de la influencia que puede tener la tecnología, un factor que está influyendo en la alta variabilidad del Peso en el módulo 10 es el factor humano, en cuanto al horario de trabajo se puede concluir que es otro factor influyente, algo que la empresa puede analizar y tomar medidas para reducir estos efectos.

## CONCLUSIONES

El procedimiento aplicado 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 de la empresa:

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 porciento 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 propuesto es una poderosa herramienta para guiar el análisis estadístico de los datos en el control de la calidad en la empresa.

Para lograr viabilidad en la aplicación de los análisis estadísticos se propone a la empresa incluir las técnicas estadísticas que sustentan este procedimiento en el sistema informático de la misma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arredondo Domínguez, E.R., Gómez Cárdenas, R.E., Lalama Flores, R.V., & Chóez Chóez, L.O. (2020) Investigación científica y estadística para el análisis de datos. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, 3(1).

Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2015). NC ISO 9001: 2015. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2015/nc%20iso%209001%20a2015%2044p%20btp.pdf>

Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2021). NC ISO-TR-10017: 202. Informe técnico. Orientación sobre las técnicas estadísticas para la norma ISO 9001:2015. ONN.

Gutiérrez, H., & De la Vara Salazar, R. (2007). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Volumen 1 y 2. Editorial Félix Varela.

Huerga Castro, M., & Abad González, J. (2000). Herramientas estadísticas básicas en el control y mejora de la calidad. Una aplicación en la industria agroalimentaria. (Ponencia). Anales de Economía Aplicada. XIV Reunión ASEPELT. Universidad de León, España.

Juran, J. (1999). Manual de Control de Calidad (4ª. ed.). Mc Graw Hill.

Newbold, P., Carlson, W.L., & Thorne, B. M. (2008). Estadística para Administración y Economía. Sexta Edición. Prentice Hall.

Pérez, C. (1999). Control estadístico de la calidad. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas. RA-MA Editorial.

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