

**REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS TÉCNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA TRANSTUR
GUANTÁNAMO**

AUTORA: Yoana Fuentes Matos

Guantánamo, 2020

**REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE GUANTÁNAMO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS TÉCNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA TRANSTUR
GUANTÁNAMO**

AUTORA: Yoana Fuentes Matos

Tutor(a): Ing. Yiselis Rodríguez Vignón

Guantánamo, 2020

FRASE O PENSAMIENTO

“La calidad es el respeto al pueblo, y esa calidad por la que todos nos debemos ocupar y preocupar, marca en el mundo de hoy en gran medida el curso del comercio y de las economías y las expectativas de los ciudadanos”.

Ernesto Che Guevara

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Mi familia, mis padres Carmen Julia y Abelardo por ser mis guías en todo momento, por su sacrificio, apoyo y su amor.

Mi hijo por ser mi motivo de vida y el que me inspira cada día.

Mis hermanos que siempre estuvieron para apoyarme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y la fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida en la universidad permitiéndome lograr uno de mis sueños que es ser una profesional.

A mis tutores Yiselis Rodríguez Vignón y Carlos Alejandro Díaz Schery por su dedicación, apoyo y comprensión durante la realización de la investigación. A toda la familia, amigos y profesores que de una forma u otra contribuyeron para lograr la culminación de los estudios.

A mis compañeros de aula por compartir momentos inolvidables.

Muchas Gracias

Resumen

La necesidad del control estadístico de la calidad en el proceso, sirvió de motivación esencial para desarrollar la presente investigación y establecer como objetivo general: desarrollar un procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa TRANSTUR Guantánamo que propicie la disminución de las no conformidades. Para el logro del objetivo propuesto se utilizaron varios métodos y herramientas de la investigación científica, entre los que se encuentran: histórico – lógico, inductivo - deductivo, sistémico estructural, análisis – síntesis, observación, encuesta, entrevista, diagrama de Pareto, gráficos de control por atributo, método de expertos, así como el diagrama de Ishikawa. El principal aporte de esta investigación lo constituye el procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa TRANSTUR Guantánamo. El procedimiento diseñado facilitará a directivos y técnicos de la empresa TRANSTUR Guantánamo la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el departamento de gestión comercial y propiciará la prevención de no conformidades, así como la mejora de la calidad de los servicios. Se obtuvieron resultados satisfactorios ya que el procedimiento aplicado permitió perfeccionar el control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa.

Palabras claves: control estadístico, calidad, proceso.

Summary

The need for statistical quality control in the process served as an essential motivation to carry out this research and establish as a general objective: to develop a procedure for planning and executing statistical quality control in the rural vehicle marketing process. in the TRANSTUR Guantánamo company that favors the reduction of nonconformities. To achieve the proposed objective, various methods and tools of scientific research were used, among which are: historical - logical, inductive - deductive, systemic structural, analysis - synthesis, observation, survey, interview, Pareto diagram, graphs of attribute control, expert method, as well as the Ishikawa diagram. The main contribution of this research is the procedure for planning and executing statistical quality control in the marketing process of rural vehicles at the TRANSTUR Guantánamo company. The designed procedure will facilitate the management and technicians of the company TRANSTUR Guantánamo the planning and execution of the statistical control of the quality of the process in the commercial management department and will promote the prevention of non-conformities, as well as the improvement of the quality of the services. Satisfactory results were obtained since the applied procedure allowed to improve the statistical quality control in the commercialization process of rural vehicles in the company.

Key words: statistical control, quality, process.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN -----	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN -----	8
1.1 Control de la calidad. Términos y definiciones de control de la calidad -----	8
1.1.1 Conceptos de la Calidad -----	11
1.2 El Control Estadístico de la Calidad-----	11
1.3 Métodos y Herramientas del Control Estadístico de la Calidad -----	14
1.3.1 Tormenta de Ideas -----	14
1.3.2 Diagrama Causa – Efecto-----	15
1.3.3 Diagrama de Pareto -----	17
1.3.4 Gráficos de Control -----	23
1.4 Análisis crítico de las metodologías para el control estadístico de la calidad -----	33
1.5 La necesidad del control estadístico de la calidad en la empresa TRANSTUR Guantánamo. -----	34
CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA TRANSTUR GUNTÁNAMO -----	37
2.1 Procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso -----	38
2.2 Aplicación del procedimiento propuesto para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso -----	48
CONCLUSIONES -----	54
RECOMENDACIONES -----	55
BIBLIOGRAFÍA -----	56

INTRODUCCIÓN

La industria turística se encuentra en un entorno continuamente cambiante y altamente competitivo, caracterizado por una serie de particularidades como una fuerte estacionalidad, una importante rigidez derivada de una elevada inversión en infraestructura poco flexibles, una dependencia de los operadores mayoristas, así como una creciente exigencia del cliente. Todos estos factores motivan un creciente interés de la calidad de la prestación de servicio y la atención al cliente. Las nuevas tendencias turísticas acaecidas en este contexto de cambio general en las últimas décadas están reorientadas a utilizar mecanismos estratégicos bien contrastados que se vinculen a la planificación, administración y control de los destinos turístico con nuevos productos modulares y sensibles a las necesidades específicas de los segmentos de demanda, al tiempo que los turistas comprimen, diversifican y personalizan sus períodos de tiempo libre y ocio con el objeto de experimentar simultáneamente emociones y experiencias.

El control de los procesos asume una importancia significativa en la actualidad, no solo por apoyar al incremento de la eficiencia de los procesos, sino porque muchos no son económicos ni prácticos, sino se ejerce un control satisfactorio. El control estadístico de la calidad del proceso, no solo es importante por el factor económico en cuanto a la reducción de las pérdidas por mala calidad; su riguroso cumplimiento propicia alcanzar los índices de calidad planificados dentro del contexto de la economía nacional. En el control del proceso se necesita que la información permita ejercer de una manera efectiva la función de intervenir en el proceso para la eliminación de las causas atribuibles a la variación y que se cumpla el propósito de prevenir a fin de evitar producción defectuosa; de ahí la importancia del control estadístico de la calidad del proceso.

En Cuba, muchas empresas vienen abriéndose paso en el mundo del control de la calidad, como una de las vías para fomentar y mejorar su producto o servicio tanto en el mercado nacional como internacional, con el objetivo de elevar la satisfacción del cliente aprovechando al máximo el potencial con que cuentan, y las oportunidades que se le presentan y se crean. Entre las vías que utilizan se encuentran, la implementación de un Sistema de Calidad basado en las

normas(N/C ISO 9001:2015, n.d.), el Perfeccionamiento Empresarial, Programas de Calidad, entre otras; pero a pesar de esto, siguen existiendo dificultades para sistematizar el control estadístico de la calidad, que no dependen de la complejidad de la misma, sino de inadecuados procedimientos seguidos por las organizaciones.

La evolución de la calidad tema estudiado por varios autores (Shewhart A.,1931),(Feigenbaum,E,1971),(Crosby,P.B.,1979),(Insua,1985),(Deming,E,1994), (Gutiérrez Pulido, H., 2013), (Juran, J. M., 1993) va paralelo al enfoque de la gestión empresarial dada la importancia que ha ido adquiriendo en el desempeño de una organización, es un factor que caracteriza la imagen de las organizaciones, define la fidelidad de los clientes, y puede ser considerada como una estrategia para insertarse en nuevos mercados.

Se considera como antecedentes de la investigación los resultados concretos de investigaciones realizadas en Cuba y el exterior (Rafael Acevedo, J. P., 2005),(Ferrari, S, 2007),(Capote Suárez, Y, 2009),(Leyva Valdez, A. S, 2009),(Ramírez Méndez, E, 2011) ,(Ramos Lage, Y, 2012),(Almeida Consuegra, Y, 2013),(Ortíz Barrios, M. A., & Felizzola Jiménez, H. A, 2014),(Echemendia Gómez, J., 2016),(Santana Tamayo, I, 2017).

El control de la calidad en las organizaciones hace posible esa inserción en ese mercado nuevo, siendo una preocupación para el Estado Cubano, por lo que en la actualización de los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el periodo 2016-2021 aprobados en el 7mo Congreso del Partido en abril de 2016 y por la Asamblea Nacional del Poder Popular en julio de 2016 se implementaron algunos de los lineamientos que recogen en su contenido aspectos que responden al control de la calidad en los cuales deben alinearse las empresas del país, contribuyendo a la eficiencia de las producciones y servicios, como es el caso de los lineamientos 8, 14,109, 189, 193, 250:

8:Continuar otorgando gradualmente a las direcciones de las entidades y del sistema empresarial nuevas facultades, definiendo con precisión sus límites sobre la base del rigor en el diseño y aplicación de su sistema de control interno, así

como mostrando en su gestión administrativa orden, disciplina y exigencia. Evaluar de manera sistemática los resultados de la aplicación y su impacto.

14: Priorizar y continuar avanzando en el logro del ciclo completo de producción mediante los encadenamientos productivos entre organizaciones que desarrollan actividades productivas, de servicios y de ciencia, tecnología e innovación, incluidas las universidades, que garanticen el desarrollo rápido y eficaz de nuevos productos y servicios, con estándares de calidad apropiados, que incorporen los resultados de la investigación científica e innovación tecnológica, e integren la gestión de comercialización interna y externa.

109: Culminar el perfeccionamiento del sistema de normalización, metrología y aseguramiento de la calidad, en correspondencia con los objetivos priorizados del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social, alcanzando a todos los actores económicos del país.

189: Recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país (turismo, viviendas, industriales, entre otros), la expansión de las exportaciones y la venta a la población. Desarrollar producciones con mayor valor agregado y calidad. Lograr incrementos significativos en los niveles y diversidad de las producciones locales de materiales de construcción y divulgar sus normas de empleo.

193: Elevar la competitividad de la industria ligera potenciando los encadenamientos productivos, el diseño y asegurar la gestión de la calidad. Concluir el proceso de reordenamiento y reestructuración del sistema empresarial, incluyendo el paso a nuevas formas de gestión.

250: Ejercer un efectivo control sobre la gestión de compras y de inventarios, para minimizar la inmovilización de recursos y las pérdidas en la economía.

Es interesante comprobar cómo la base de la excelencia en calidad ha variado a lo largo del tiempo; en un principio y no hace muchas décadas se confiaba en el control de la calidad tomando como base la inspección que se realiza a la satisfacción del cliente y actualmente se ve con cierta claridad que el control de la calidad enormes ventajas competitivas.

En este sentido de la calidad y el control, juega un papel importante en todas las actividades empresariales relacionadas con la calidad pues proporciona un amplio abanico de técnicas que se pueden aplicar en el control de la misma.

Aunque la expresión "control de la calidad" puede tener distintos enfoques se puede definir como el conjunto de las actividades técnicas y administrativas mediante el cual se miden las características de calidad de un producto, se compararan con especificaciones o requisitos y se toman acciones correctivas cuando exista una discrepancia entre el funcionamiento real y el estándar (Navarrete, E, 1998).

Generalmente estas características suelen ser medibles, lo que hace posible su evaluación y control. En otras palabras, las características de calidad son, en realidad, variables aleatorias y se describen por una determinada distribución de probabilidad. Este hecho, junto con la variabilidad que se presenta en los procesos productivos justifica la necesidad de utilizar el control de la calidad.

En función de los elementos planteados la empresa TRANSTUR se plantea entre sus objetivos la actualización y mejora del Control Estadístico de la Calidad en el primer trimestre del año 2020 aplicando la norma NC ISO 9001:2015, ejecutar el cumplimiento de los principales inspecciones y proyectos de desarrollo por la empresa que permitan apreciar la presencia o ausencia de determinados atributos tal como una o más unidades no conforme o un número de no conformidades apreciables visualmente, o una prueba comparativa mediante un patrón, permitiendo la superación o igualdad a un 95% del índice de cumplimiento de los indicadores económicos y de eficiencia. Por lo que apoyándose en expertos seleccionados (Anexo 2.0), y la revisión documental se conformó la siguiente lista de síntomas que afectan el cumplimiento de los objetivos trazados en la comercialización los vehículos rurales:

1. Deficiente exigencia, supervisión y control de los procedimientos tecnológicos por parte del personal responsable.
2. Problemas en el cumplimiento de los requisitos de la calidad.
3. Insuficiencias en el control de la calidad en la comercialización de los vehículos rurales.

4. Poca supervisión, por parte de los directivos, a las acciones encaminadas al cumplimiento de los objetivos de la calidad.
5. Insuficiencias en la documentación correspondiente al control de la calidad
6. Insuficiente monitoreo de los indicadores asociados a la satisfacción de los clientes.

A la situación problemática anterior se le aplicó herramientas para la toma de decisiones, en particular la desarrollada por (Tomas. L. Saaty, 1980) proceso analítico jerárquico para tratar decisiones complejas, por lo que en esta investigación se aplicó la matriz de Saaty (ver Anexo 3.0), obteniéndose como síntoma más relevante:

3. Insuficiencias en el control de la calidad en la comercialización de los vehículos rurales.

Lo analizado hasta aquí, en apretada síntesis, constituye una situación problemática que fundamentó el inicio de esta investigación, definiéndose como **Problema Profesional**: ¿cómo perfeccionar el control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa TRANSTUR Guantánamo, de manera que disminuyan las no conformidades?

El **objeto de investigación** lo constituye el control de la calidad. El **objetivo general** de la investigación se define en: desarrollar un procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa TRANSTUR Guantánamo que propicie la disminución de las no conformidades.

El **campo de acción** el control estadístico de la calidad. De forma tal que se contribuya a la solución del problema antes planteado se redactó la siguiente **idea a defender**: desarrollo de un procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales en la empresa objeto de estudio, que permita la disminución de las no conformidades debido a su carácter preventivo.

Para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación se plantearon las **tareas de investigación** siguientes:

1. Confeccionar el marco teórico referencial de la investigación referente al control estadístico de la calidad en la empresa TRANSTUR Guantánamo.
2. Diseñar un procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa TRANSTUR Guantánamo en el proceso de comercialización de los vehículos rurales.
3. Aplicar un procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa TRANSTUR Guantánamo en el proceso de comercialización de los vehículos rurales.

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron diferentes **métodos teóricos** y **empíricos**, estos fueron:

Métodos teóricos: Para la construcción del marco teórico referencial de la investigación:

- Histórico – lógico: para realizar un estudio de la evolución histórica del control de la calidad.
- Análisis y síntesis de la información: con la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional y de la documentación especializada, así como de la consulta de personas y especialistas con experiencia en el tema.
- Sistémico estructural: para realizar el análisis del objeto de estudio tanto teórico como práctico, a través de su descomposición en los elementos que lo integran, considerando el carácter sistémico.
- Inductivo – deductivo: para lograr la información y conocimientos generales concernientes con el objeto de la investigación.

Métodos empíricos: Para la aplicación del procedimiento.

Entrevistas: para la aplicación del método de experto.

Observación directa: para la visualización de los productos si son o no realizados correctamente.

Método de selección de expertos: para la selección de los síntomas que afectaban a la entidad.

Trabajo en grupo (tormenta de ideas).

Técnicas: Gráfico de control.

❖ **Software:** Método de Saaty: para la obtención del problema profesional.

La presente investigación se estructuró de la siguiente forma: Capítulo I en el cual se trata el marco teórico referencial de la misma, un Capítulo II donde se diseña y aplica un procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso, además de las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación; la bibliografía consultada y una serie de anexos como complemento de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo persigue el objetivo de realizar un análisis teórico- metodológico sobre un procedimiento de control estadístico de la calidad, así como controlar las variaciones no casuales de un proceso de servicio. Para ello se partió de la revisión de la bibliografía nacional e internacional referente al tema de investigación, lo que permitió establecer los cimientos de la misma.

El hilo conductor seguido para la construcción del marco teórico referencial se muestra en la **figura1**.

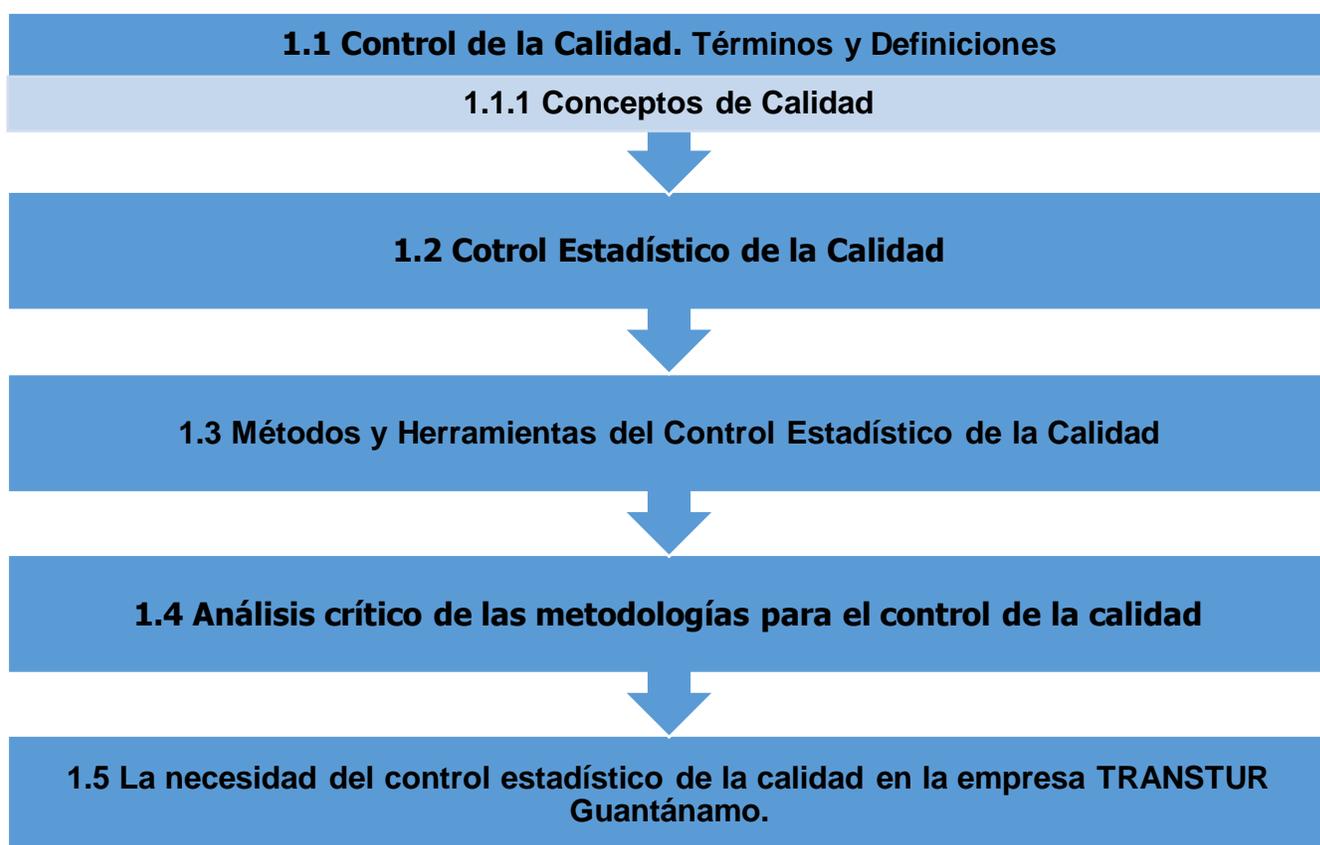


Figura1: Hilo Conductor de la Investigación. *Elaboración Propia*

1.1 Control de la calidad. Términos y definiciones de control de la calidad

Para Juran (1985) el control de calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que se utilizan para detectar la presencia de errores y asegurar el cuidado y mejora continua en la calidad ofrecida. La función del control de calidad existe primordialmente como una organización de servicio de producción para

conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada (Juran, J. M., 1993b).

Juran (1988) se refiere al control de calidad como el proceso que se emplea con el fin de cumplir los estándares. Esto consiste en observar el desempeño real, compararlo con algún estándar y después tomar medidas si el desempeño es significativamente diferente del estándar.

El proceso de control tiene la naturaleza de un ciclo de retroalimentación, el cual incluye seleccionar el sujeto de control. Esto es escoger lo que se quiere regular, elegir una unidad de medida, establecer una meta para el sujeto de control creando un sensor que permita medir el sujeto de control en términos de la unidad de medida, medir el desempeño real e interpretar la diferencia entre el desempeño real y la meta y por último tomar medidas si es necesario sobre la diferencia. Esta secuencia de pasos es universal, es decir se aplica al control de costos, al control de inventario y al control de la calidad, entre otros.

El control de la calidad se posee como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios. Concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en la calidad de sus productos, servicios, desarrollo de su personal y contribución al bienestar general (Juran, J. M., 1993).

Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características del mismo sean óptimas. El único inconveniente de estas pruebas es el gasto que conlleva el control de cada producto fabricado, ya que se eliminan los defectuosos (Deming, E, 1994).

En general, la calidad tiene que ver con el nivel o eficacia de las prestaciones que el producto es capaz de ofrecer, es decir, en qué medida es capaz de realizar satisfactoriamente la función básica (primer nivel del producto) con respecto a los

otros productos o marcas. Se suele de hecho relacionar la calidad con otros aspectos que configuran los atributos de dicho nivel (Feigenbaum . E, 1971).

Para evaluar la calidad de un producto se puede contar con indicadores de conformidad, lo cual establece la medida en que un producto se corresponde con las especificaciones diseñadas, y concuerda con las exigencias del proyecto. Otro indicador sería de funcionamiento, el cual indica los resultados obtenidos al utilizar los productos fabricados (Heizer Jay y Render Borry, 2001).

Resulta de suma importancia conocer e instrumentar el control de calidad en forma integral, de manera que abarque desde la provisión de la materia prima, hasta la entrega y venta de nuestros productos (Heizer Jay y Render Borry, 2001).

La planificación del control de la calidad en la producción es una de las actividades más importantes ya que es donde se define:

- Los procesos y trabajos que se deben controlar para conseguir productos sin fallos.
- Los requisitos y forma de aceptación del producto que garanticen la calidad de los mismos.
- Los equipos de medida necesarios que garanticen la correcta comprobación de los productos.
- La forma de hacer la recogida de datos para mantener el control y emprender acciones correctivas cuando sea necesario.
- Las necesidades de formación y entrenamiento del personal con tareas de inspección.
- Las pruebas y supervisiones que garanticen que estas actividades se realizan de forma correcta y que el producto está libre de fallos.

La actual norma NC ISO 9000:2015 refiere que el control de la calidad es la parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de calidad.

Es de suma importancia para un producto el control de calidad integral, también es conocido como control total de calidad (CTC), y tiene como criterio para el logro de la calidad deseada el cumplimiento de los requisitos propuestos por el consumidor, la prevención de la comisión de errores que reduzcan la calidad del producto, la intención de fabricar productos sin defectos y, reducir al mínimo el costo del incumplimiento relacionado con la calidad; es decir: tratar de evitar las

reclamaciones, las devoluciones, las repeticiones del trabajo, los cambios, etcétera (Heizer Jay y Render Borry, 2001).

Por lo que el control de calidad es el conjunto de los mecanismos, acciones y herramientas realizadas para detectar la presencia de errores. La función principal del control de calidad es asegurar que los productos o servicios cumplan con los requisitos mínimos de calidad.

1.1.1 Conceptos de la Calidad

Existen infinidad de ideas que explican el concepto de calidad. El concepto cambia junto a la evolución de la calidad (Dorado, A. & Gallardo, L., 1995): Según (Juran, J. M., 1974), “Calidad implica ser adecuado para usarse”. Según (Crosby, P.B., 1979), “Calidad son las características de un servicio o producto que le permiten ser conforme a las especificaciones”. Cero defectos. Según (Feigenbaum . E, 1971), “Calidad son las características de un servicio, actividad o producto que permiten la satisfacción del cliente”.

Las definiciones de calidad tienen como base las características del servicio o producto que presentan un resultado de conformidad o satisfacción. Una definición moderna de Calidad es “La calidad es inversamente proporcional a la variabilidad”(Evans, J. R., 2008).

Garvín menciona ocho dimensiones de la Calidad: Desempeño, Confiabilidad, Durabilidad, Facilidad de Servicio, Estética, Características Incluidas, Calidad Percibida, Conformidad con los Estándares (Montgomery, D. C, 2009).La calidad de la conformidad, es la que está en función al cumplimiento de “especificaciones establecidas” para el servicio o producto.

1.2 El Control Estadístico de la Calidad

Hoy en día, el Control Estadístico de la Calidad es conceptualizado de forma amplia. De acuerdo a la revisión bibliográfica, expertos en el Control Estadístico de la Calidad, no sólo motivan el conocimiento de los métodos de control sino además su desarrollo e implementación en el marco de Sistemas de Gestión de la Calidad y Normas Internacionales como la ISO.

El control estadístico de la calidad constituye una importante herramienta. En este sentido se coincide con(Araujo Rodríguez, 2010)al denominar el control estadístico

de la calidad al conjunto de métodos estadísticos adoptados y desarrollados para su aplicación en el control de la calidad, principalmente, en la inspección por muestreo con fines de aceptación o rechazo y en el proceso.

Entre los métodos más usuales de control estadístico de la calidad se distinguen los siguientes:

a) Los gráficos de control estadístico, constituyen métodos continuos adecuados para estimar la importancia de las diferencias entre un valor muestral y un valor esperado en las muestras.

b) Los planes de muestreo de aceptación, son diseñados para facilitar la decisión de aceptar o rechazar un lote a partir del examen de una muestra tomada de este.

c) 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.

Además, están comprendidos dentro del concepto general de control estadístico de la calidad, otros métodos estadísticos de aplicación, dirigidos a la normalización de la calidad de los productos y de sus procesos de elaboración. Entre los que se pueden citar:

a) Los estudios de aptitud del proceso, destinados a determinar en qué grado un proceso cualquiera es capaz de cumplir las especificaciones en condiciones normales de operación.

b) Los métodos de cálculo de especificaciones, ideados con el fin de determinar límites de tolerancias basados en las experiencias de la producción en condiciones controladas.

c) Los métodos de diseño de experimentación, cuyo objetivo es extraer conclusiones sobre los efectos particulares de distintas causas o factores de variación sobre el producto obtenido mediante un determinado proceso.

Otros métodos incluidos también en el control estadístico de la calidad lo constituyen las actividades metrológicas, encaminadas a determinar los errores de medición y evaluación de la magnitud de esos errores.

Por todo lo anteriormente planteado, el estudio de los métodos estadísticos de control de la calidad, en general, de la ciencia y de la estadística matemática, se

considera como parte obligada en el campo de la normalización, la metrología y el control de la calidad.

El control de calidad estadístico en su modalidad japonesa se enfoca al control del proceso; investigación de mercados-diseño- producción- ventas, a diferencia del control de calidad basado en la inspección de productos terminados. Como explica K. Ishikawa: “si en vez de acudir a la inspección dejamos de producir artículos defectuosos desde el comienzo, en otras palabras, si controlamos los factores del proceso que ocasionan productos defectuosos ahorraremos mucho dinero que de otra manera se gastaría en inspección”.

La aplicación del Control Estadístico de la Calidad pasa de las áreas de producción a formar parte de la gestión de la empresa misma. Según (Ishikawa, Kaoru, 1989), El Control de la Calidad, empezó con el Control Estadístico de la Calidad (CEC) y ha evolucionado hasta el Control de Calidad Total (CCT), es decir, abarca a todo un grupo corporativo, incluyendo a sus proveedores y organizaciones de distribución (Ishikawa, K, 2007).

Ishikawa Kaoru define al Control de Calidad como “el desarrollo, diseño, producción y comercialización de productos y servicios con una eficacia en el costo y una utilidad óptima con la compra satisfactoria de parte de los clientes. Para lograr estos fines las áreas y niveles de la empresa tienen que trabajar unidos (Ishikawa, K, 2007). Desde esta óptica, el Dr. Ishikawa, hace énfasis en el Control de Calidad como una disciplina técnica y administrativa, en la que se destaca la participación de la alta dirección y a la cual termina definiéndola como Control de Calidad Total.

“El Control Estadístico de la Calidad ha demostrado su utilidad en empresas de manufactura como en empresas de servicio. Ha hecho evidente la necesidad de ampliar la comprensión del pensamiento estadístico y aplicar sus conceptos y técnicas para una diversidad de tareas y propósitos. Por ejemplo:

- Identificar dónde, cuándo, cómo y con qué frecuencia se presentan los principales problemas de la organización.
- Detectar con rapidez, oportunidades y a bajo costo anomalías en los procesos y sistemas de medición (monitoreo eficaz).

- Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones, expresar los hechos en forma de datos y evaluar objetivamente el impacto de acciones de mejora.
- Analizar lógicamente, sistemática y ordenadamente la búsqueda de mejoras (Gutiérrez Pulido, H., 2013).

1.3 Métodos y Herramientas del Control Estadístico de la Calidad

Las herramientas y métodos del Control Estadístico de la Calidad son el soporte para el análisis y solución de problemas de toda empresa. Permite asegurar la calidad del servicio o del producto.

La presente investigación describe las siguientes herramientas básicas para el mejoramiento continuo de la Calidad:

- Tormenta de Ideas (Brainstorming).
- Diagrama Causa – Efecto.
- El Diagrama de Pareto.
- Gráfico de Control.

El objetivo principal de las herramientas y métodos estadísticos es reducir la variación y determinar si el proceso está actuando de acuerdo a los estándares definidos. En conjunto, las herramientas y métodos del control estadístico de la calidad, permiten conocer, discutir y completar el análisis de los posibles problemas de calidad en el proceso.

Es importante promover la implementación de las herramientas y métodos del Control de la Calidad en el marco de un Sistema de Gestión de la Calidad determinado y apropiado por la empresa o institución.

1.3.1 Tormenta de Ideas

En 1941, Alex Osborne, crea esta herramienta al buscar ideas creativas de un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente (Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006).

a. Concepto: Es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de ideas del grupo participante sobre un tema o problema que afecta un proceso de calidad. Es considerada como técnica general de soporte de otras herramientas de gestión (propia mente no es un método estadístico).

Permite:

- Plantear y resolver los problemas existentes.
- Plantear posibles causas al problema.
- Discutir conceptos nuevos.

b. Pasos a seguir para su realización:

Paso 1: Se Define el tema o el problema.

Paso 2: Se nombra a un conductor del equipo.

Paso 3: Antes de comenzar la “tormenta de ideas”, se explican las reglas.

Paso 4: Se emiten ideas libremente sin extraer conclusiones en esta etapa.

Paso 5: Se listan las ideas.

Paso 6: Se verifica que las ideas no se repitan.

Paso 7: El ejercicio termina cuando ya no existen nuevas ideas.

Paso 8: Se analizan, evalúan y organizan las ideas para valorar su utilidad en función del objetivo que se pretende lograr con el empleo de esta técnica.

c. Modo de uso: Puede ser empleada a través de tres diferentes maneras.

- No estructurado (Flujo Libre):(Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006)

Se caracteriza porque todos los miembros del equipo presentan sus ideas. Al finalizar, se busca llegar a un consenso sobre los problemas que parecen ser redundantes. Los participantes son: el facilitador y los miembros del equipo. Se establece un tiempo límite (Aproximadamente 25 minutos).

- Estructurado (En círculo): (Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006)Se caracteriza porque cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado (ejemplo: de izquierda a derecha).

- Silenciosa (Tormenta de ideas escritas):(Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006)Los participantes piensan y registran en papel sus ideas. Este proceso continúa por cerca de 30 minutos y permite a los participantes contribuir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

1.3.2 Diagrama Causa – Efecto

En 1953, K. Ishikawa, experto japonés resumió la opinión de los ingenieros de una planta dándole la forma de un diagrama Causa-Efecto (Diagrama de esqueleto de

pescado) mientras se discutía un problema de calidad (Hitoshi Kume. (1992). Posteriormente, se incluyó en la terminología del JIS (Estándares Industriales Japoneses) del Control de Calidad.

a. Concepto: Es una herramienta que analiza de una forma organizada y sistemática las causas que afectan a la calidad y que fueron identificadas con el procedimiento de tormenta de ideas.

Permite:

- Conocer en profundidad el proceso con que se trabaja.
- Guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad.

b. Pasos a seguir para su realización:

Paso 1: Definir el problema de calidad que se desea analizar y mejorar. Este se ubica en el extremo de la columna principal en forma de flecha.

Paso 2: Conducir una sesión de tormenta de ideas para la obtención de las categorías de causas. Se pueden usar referencias de clasificaciones de causas según el sector económico en que se aplique mas no es determinante su uso.

- Industria de Servicios: Las ocho P: Producto/servicio, Precio, Promoción, Políticas, Procesos, Procedimientos, Plaza /tecnología.
- Industrial: Las seis M: Mano de Obra, Métodos, Materiales, Medidas, Maquinarias, Medio Ambiente.

También existen clasificaciones como el de las seis S, las seis C, etc.

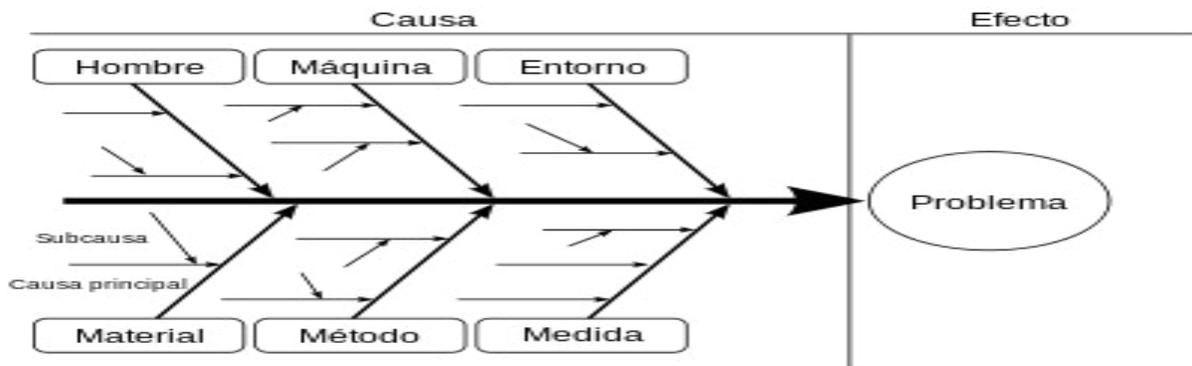
Otra forma de establecer categorías de causas es preguntando, por ejemplo:

¿Cuáles son las causas del problema de calidad?

Paso 3: Determinar y analizar de una forma ordenada las causas que se convierten en etiquetas para las sub causas del problema. Se sugiere comenzar con el estudio de una de las causas y profundizar su análisis, antes de realizar el mismo proceso con las otras causas.

Paso 4: Evaluar si se han identificado todas las causas (sobre todo si son relevantes).

Gráfico Nro. 2: Diagrama Causa – Efecto



Fuente: Ishikawa (1953)

1.3.3 Diagrama de Pareto

También se le conoce como la Regla 80/20 (Principio 80/20). El Dr. Juran aplicó este concepto a problemas de calidad. Según este concepto, el 20% de las causas vitales resuelven el 80% de las causas triviales.

“El nombre de Pareto fue dado en honor al economista italiano Wilfredo Pareto, quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza en Italia y descubrió que el 20% de las personas controlaba el 80% de la riqueza (Hitoshi Kume. (1992).

a. Concepto: El Diagrama de Pareto es la gráfica en donde se organizan diversas categorías de causas por orden descendente a la frecuencia del número de veces que se repite, de izquierda a derecha, por medio de histogramas acumulados luego de haber reunido los datos para calificar las categorías. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades (Mahiques, J.M., Pellicer S. S., 2006)

Permite:

- Identificar las categorías que ocurren con mayor frecuencia.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Planear una mejora continua.

b. Pasos a seguir para su construcción (Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006)

Paso 1: Se definen las categorías de las causas, las cuales fueron identificadas con el Diagrama de Causa – Efecto u otra herramienta similar. Es importante presentar categorías cuantificadas y medibles.

Sean $f_1, f_2, f_3 \dots f_r$ las frecuencias absolutas de las categorías de las causas.

Se cumple, $\sum_{i=1}^r f_i = N$, donde, $i=1,2,\dots, r$.

Categorías de las causas	Frecuencia absoluta*
Causa A	f1
Causa B	f2
Causa C	f3
.....

Causa F	Fr
Total	N

*/ Son números enteros no negativos.

Paso 2: Preparar una tabla de datos (Distribución de frecuencias de variable cualitativa) para realizar la clasificación y priorización de las categorías de las causas identificadas(Hitoshi Kume. (1992).

- Se ordena las categorías de las causas de mayor a menor, según sus frecuencias (f_i).

Las categorías de las causas ordenadas de mayor a menor: Causa A > Causa B > Causa C >...> Causa F dado que: $f_1 > f_2 > f_3 > \dots > f_r$

Las frecuencias de las categorías de las causas son conocidas como Frecuencias Absolutas.

- Se calcula la Frecuencia Absoluta Acumulada (F_i) que resulta de acumular sucesivamente las frecuencias absolutas (f_i) (Ecu 1).

$$F_i = \sum_{j=1}^i f_j, \text{ donde: } i=1, 2, \dots, r.$$

En consecuencia, se tiene:

$$F_1 = f_1,$$

$$F_2 = f_1 + f_2,$$

$$F_3 = f_1 + f_2 + f_3,$$

$$F_r = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_r = N.$$

- Se calcula la Frecuencia Relativa (h_i) que es el cociente de la frecuencia de cada categoría (Ecu 2).

$$h_i = f_i/N,$$

donde: $i = 1, 2, \dots, r$.

$$\sum_{i=1}^r h_i = 1$$

Dicha frecuencia relativa puede ser expresada en porcentaje (Ecu 3).

$$h_i\% = (f_i/N)(100\%).$$

- Se calcula la Frecuencia Relativa Acumulada, (H_i) la cual resulta de acumular sucesivamente frecuencias relativas (Ecu 4).

$$H_i = \sum_{j=1}^i h_j,$$

Dónde: $i=1, 2, \dots, r$

Expresado en porcentaje (Ecu 5).

$$H_i\% = \left(\frac{F_i}{N}\right)(100\%),$$

Luego de completado los pasos anteriores se tiene la Tabla de Pareto:

Tabla Nro. 1: Tabla de Pareto

Categorías de las causas	Frecuencia absoluta*	Frecuencia Absoluta Acumulada	Porcentaje de Frecuencia Relativa	Porcentaje de Frecuencia Relativa Acumulada
Causa A	f1	F1	*100%	*100%
Causa B	f2			
Causa C	f3			
.....			
.....			
Causa F	Fr	N		100%
Total	N		100%	

Fuente: Hitoshi Kume

Paso 3: Realizar el gráfico: dibujar dos ejes verticales (Izquierdo y derecho) de la misma longitud y un eje horizontal.

- El eje vertical izquierdo representa la frecuencia absoluta de las categorías de las causas.
- El eje vertical derecho representa el porcentaje de las frecuencias relativas acumuladas. Se marca una escala desde 0% hasta 100%.
- El eje horizontal contiene las categorías de las causas, las cuales están ordenadas de mayor a menor según su frecuencia absoluta.

Paso 4: Dibujar un gráfico de barras que representa la frecuencia absoluta de cada una de las categorías de la causa. La altura de cada barra es igual a la frecuencia absoluta medida por medio del eje vertical izquierdo y relacionado con el porcentaje de la frecuencia relativa acumulada por medio del eje vertical derecho.

Paso 5: Marcar con un punto las frecuencias relativas acumuladas y unir cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniéndose como resultado la curva acumulada.

Paso 6: Señalar los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales."

Resulta de trazar una línea vertical que separa el diagrama en dos partes: Los "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales". Muestra el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento.

Interpretación: Se puede definir completando las siguientes oraciones:

“Existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Estas (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías poco vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos (Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006)

c. Ejemplo de aplicación del Diagrama de Pareto

El equipo de mejora de la calidad de la empresa Z tiene que investigar los errores en las órdenes de compra con la finalidad de reducir el número de modificaciones en las órdenes de compra remitidas (Fundibeq. (2010).

Se identificó ocho tipos de errores los cuales presentan las siguientes frecuencias. Se desea determinar los tipos de errores más relevantes.

Tipo de error	frecuencia
A	3
B	39
C	35
D	8
E	44
F	12
H	3
I	2

Fuente: Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad.

Paso 1 y 2: Se prepara la Tabla de Pareto. Previamente, se ordenó de forma descendente los tipos de errores.

Tabla Nro. 2: Tabla de Pareto acerca de órdenes de compra en Empresa Z.

Tipo de Error	Frecuencia Absoluta (f_i)	Frecuencia Absoluta Acumulada (F_i)	Porcentaje de Frecuencia Relativa ($h_i\%$)	Porcentaje de Frecuencia Relativa Acumulada ($H_i\%$)
E	44	44	30%	30%
B	39	83	27%	57%
C	35	118	24%	81%
F	12	130	8%	89%
D	8	138	6%	95%
A	3	141	2%	97%
H	3	144	2%	99%
I	2	146	1%	100%
Total	146		100%	

Fuente: Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad.

Paso 3: Para la elaboración del Diagrama de Pareto. En los dos ejes verticales (Izquierdo y derecho) se ubican respectivamente los valores de f_i y $H_i\%$ y en el eje horizontal, se ubican las categorías ordenadas de mayor a menor.

f_i

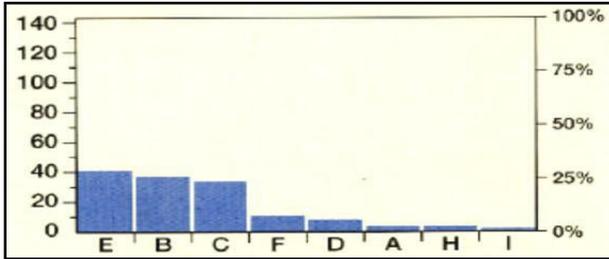
$H_i\%$



Tipo de errores

Paso 4: Se dibuja un gráfico de barras que representa la frecuencia (f_i) de cada una de las categorías de las causas (Tipo de error).

f_i H_i%

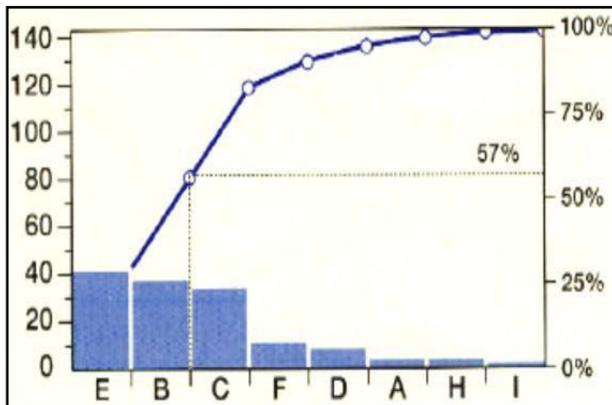


Tipo de errores

Paso 5: Se marca con un punto las frecuencias relativas acumuladas (H_i %) y se une los puntos. Se obtiene la curva acumulada.

f_i

H_i %

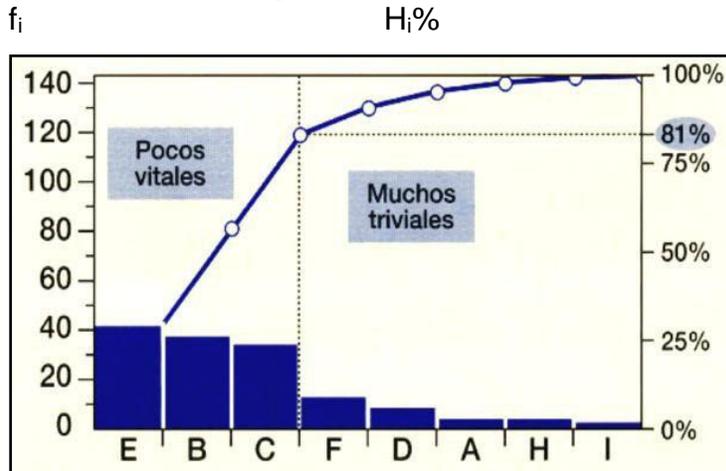


Tipo de errores

Paso 6: Se señala los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales"

Teniendo en cuenta el cambio de inclinación de la curva acumulada, se traza una línea vertical que separa el diagrama en dos partes: "Pocos Vitales" y "Muchos Triviales".

Gráfico Nro. 3: Diagrama de Pareto



Tipo de errores

El gráfico Nro.3 muestra el diagrama de Pareto de los errores de la empresa Z. Si el equipo de mejora de la empresa Z se concentra en evitar los errores E, B y C en las órdenes de compra entonces se reducirá notablemente, es decir, en un 80% el número de modificaciones en las órdenes de compra remitidas de la empresa Z.

1.3.4 Gráficos de Control

Una carta de control es una representación gráfica de las mediciones a lo largo del tiempo de una o varias características de calidad del proceso bajo investigación. Es la herramienta más usada y poderosa para identificar causas de variabilidad de un proceso (Montgomery, D. C y Runger, 2009).

La variabilidad es inducida al proceso a través de la materia prima que varía de lote en lote, el personal que es diferente en cada turno de producción, la maquinaria y herramientas que se desgastan a lo largo del tiempo. Este tipo de variabilidad recibe el nombre de variabilidad debida a causas comunes o aleatorias, ya que no es posible atribuirla a una causa específica. Se dice que un

proceso está dentro de control cuando presenta únicamente este tipo de variabilidad.

Sin embargo, conforme el tiempo transcurre pueden presentarse fallas en el proceso, que eventualmente pueden ocasionar defectos en los productos. Estas fallas pueden deberse a condiciones no usuales en los dispositivos e insumos del proceso y reciben el nombre de causas especiales de variación.

Uno de los objetivos principales de las cartas de control de procesos es la detección rápida de causas especiales de variación, de manera que puedan corregirse oportunamente a fin de evitar afectaciones en la calidad del producto.

Una carta de control consiste de una línea central que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control. Y dos líneas que representan los límites de control inferior y superior (**véase Fig. 2**).

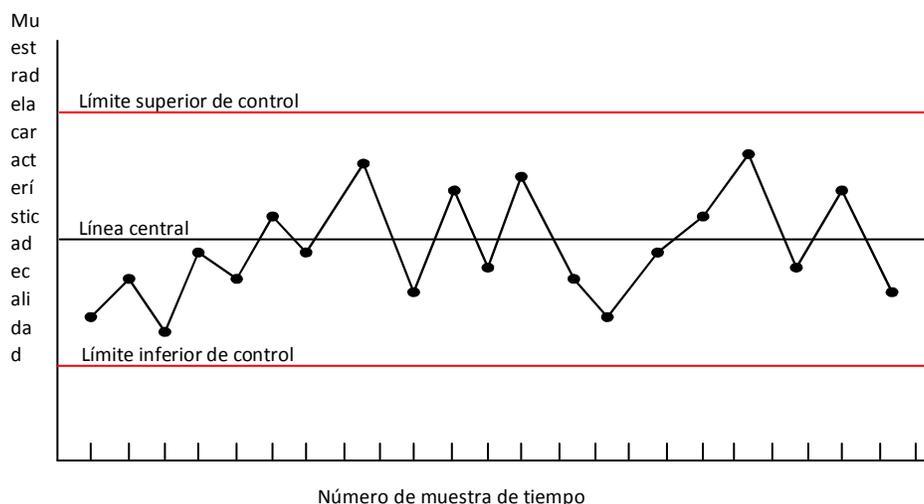


Figura 2. Carta de control representativa.

Generalmente, la implementación de una carta de control se lleva en dos fases: Con base en información histórica representativa del proceso bajo control, llamada una base histórica de datos (BHD), en la *Fase I*, se ajusta una distribución de probabilidad, digamos F_0 . En seguida se calculan los parámetros asociados a localización y a la dispersión de la distribución. El primer valor fija una línea central en la carta de control. Ambos valores se utilizan para calcular los límites de control.

En la Fase II, se toman muestras sucesivas en instantes a lo largo del tiempo, generalmente equiespaciadas, digamos, t_1, t_2, \dots, t_k , estas muestras siguen distribuciones de probabilidad, F_1, F_2, \dots, F_k , y se pretende contrastar las hipótesis:

$$H_0: F_1 = F_2 = \dots = F_k = F_0$$

$$H_1: F_s \neq F_r \text{ para algún } s \neq r$$

Los valores del estadístico de prueba son los puntos que se grafican en la carta de control. Un punto fuera de los límites de control puede indicar un cambio en la distribución de los datos y es razonable pensar que el proceso se salió de control estadístico, entonces debe investigarse la causa que lo provocó y tomar las medidas pertinentes para regresar el proceso al estado en control. Un punto graficado fuera de los límites de control es llamado una *señal fuera de control*.

Como en cualquier prueba de hipótesis, al emplear una carta de control se pueden cometer los errores Tipo I y Tipo II.

Error Tipo I: Rechazar la hipótesis nula siendo cierta.

Error tipo II: Aceptar la hipótesis nula siendo falsa.

Cometer el Error Tipo I es equivalente a tener una señal fuera de control falsa, es decir, concluir que el proceso está fuera de control cuando no lo está. Si la tasa de falsas alarmas de una carta de control es alta, puede ocasionar un sobre ajuste del proceso.

Por otra parte, cometer el Error Tipo II implica concluir que el proceso está en control cuando no lo está. Esto, eventualmente, puede propiciar que piezas malas se tomen como buenas y sean enviadas al cliente.

Las cartas de control se clasifican en dos tipos, de acuerdo al tipo de variable a monitorear:

Cartas de control por variables: Son usadas cuando la característica de calidad de interés puede expresarse en una escala continua de medición, por ejemplo, el diámetro de un objeto.

Cartas de control por atributos: Son útiles cuando la característica de calidad es un atributo cualitativo y no puede usarse una escala de medición continua, en su

lugar se utiliza una escala nominal u ordinal. Un ejemplo de escala ordinal es una unidad que se clasifica como buena, regular y mala, esta clasificación depende del criterio del personal de inspección. En la siguiente sección se hará una descripción detallada de las cartas de control por atributos clásicas: La carta p y np basadas en la distribución binomial y la carta c y u basadas en la distribución Poisson.

1.3.4.1 Conceptos de gráfico de control.

“El gráfico de control es la representación gráfica del comportamiento de un proceso anotando sus datos ordenados en el tiempo(Mahiques, J.M., Pellicer S. S.,2006)Los datos a los que se hace referencia son las estimaciones del parámetro media poblacional calculada a partir de muestras en una serie de tiempos (2009)

El gráfico de control presenta tres líneas paralelas. La Línea Central (LC), el Límite Superior de Control (LSC) y el Límite Inferior de Control (LIC).

$$LSC = \hat{\theta} + k \cdot SE(\hat{\theta}),$$

$$LC = \hat{\theta},$$

$$LIC = \hat{\theta} - k \cdot SE(\hat{\theta}).$$

Donde:

θ : Parámetro media poblacional.

$\hat{\theta}$: Estimador de θ .

k : Valor constante (Generalmente, $k = 3$)

$SE(\hat{\theta})$: Error Estándar de $\hat{\theta}$.

Los gráficos de control pueden ser para variables (Variables continuas) o para atributos, es decir, depende de la escala de medida de la característica de calidad (CTQ) (2009).

Los tipos de gráficos de control para variables son:

- Gráfico \bar{X} , R
 - Gráfico \bar{X} , S
 - Gráfico Me , R
 - Gráfico Me , S

Los tipos de gráficos de control por atributos son:

- Grafico p, que es la de la proporción de no conformes con las especificaciones.
- Grafico np, que es la de control del número de artículos no conformes.
- Grafico c, que es la de control del número de defectos.
- Grafico u, que es la de control del número de defectos por unidad.

1.3.4.2 Aplicaciones del gráfico de control

Los gráficos de control tienen tres aplicaciones básicas, las cuales están en el siguiente orden de prioridad(Evans, J. R(2008).

- a) Establecer un estado de control estadístico.
- b) Hacer el seguimiento del proceso e indicar cuando sale de control.
- c) El mejoramiento de la calidad.

La aplicación (a) implica que los puntos del gráfico de control fluctúen en forma aleatoria entre los límites de control, sin seguir ningún patrón que se pueda reconocer, es decir, ninguna regularidad, periodos repetitivos, tendencias, etc. Alcanzar un estado de control estadístico es el primer paso para las siguientes aplicaciones.

La aplicación (b) hace referencia a identificar las causas (Causas especiales) de este cambio inesperado hacia un estado fuera de control. Una vez identificadas las causas se efectúan los ajustes necesarios para lograr regresar al estado dentro de control. Generalmente, las causas especiales son por periodos cortos y se corrige cambiando los parámetros del proceso.

La aplicación (c) hace referencia a implementar una mejora de la calidad del servicio. Una manera es identificar ciertas correcciones para que se reduzca la varianza. Sólo es posible si el proceso tiene capacidad para reducir la varianza y además se conocen los límites de especificación de la característica de calidad. Los límites de especificación son definidos por razones técnicas y no tiene relación con conceptos estadísticos.

1.3.4.3 Gráficos de Control por Atributos.

Las cartas de control por atributos son usadas cuando en un proceso los artículos pueden clasificarse como bueno/malo, conforme/no conforme, defectuoso/no defectuoso, etc.; o cuando los defectos pueden contarse, por ejemplo: número de

golpes, número de rayas, etc. O en situaciones donde las características de calidad son variables continuas tratadas como atributos, por ejemplo, el diámetro de un objeto del que interesa si pasa o no pasa por un dispositivo sin importar el valor de medición.

Algunas limitaciones de este tipo de cartas de control son las siguientes:

- Se requiere de muestras de tamaño grande para no afectar la eficiencia de la carta.
- Son mayormente aplicables en procesos cuya tasa de productos defectuosos es considerablemente alta.
- Un problema de calidad se detecta hasta que los defectos se presentan. No así en cartas de control para variables, en las que puede evitarse que los defectos se registren gracias a que pueden observarse tendencias en el comportamiento del proceso.
- La toma de decisión para clasificar un artículo como bueno o malo se basa en el criterio del personal de inspección, por lo que es necesario el uso de ayudas visuales y capacitación para hacer lo más homogénea y precisa posible la toma de decisiones.

Algunas ventajas de usar las cartas de control por atributos son las siguientes:

- Generalmente, la inspección y recolección de información es rápida y poco costosa, excepto cuando se requieren equipos especiales para realizar la inspección, por ejemplo, cuando el defecto es a simple vista imperceptible.
- Se pueden aplicar a cualquier tipo de característica.
- Permiten detectar cuantas causas especiales de variación se presentan en el proceso.

En las siguientes secciones se presentan las cartas de control por atributos clásicas; la carta p y np para procesos en los que el producto puede clasificarse como bueno o malo, y la carta c y u útiles para cuando es de interés monitorear el número de defectos que presenta una unidad o producto.

A. El gráfico p

El gráfico de control p es adecuado para monitorear la proporción o fracción de unidades defectuosas en muestras de tamaño variable tomadas del proceso a intervalos fijos de tiempo.

Sean X_1, X_2, \dots, X_k las muestras de tamaño n_i tomadas del proceso en el tiempo $i = 1, 2, \dots, k$, y Y_1, Y_2, \dots, Y_k , el número de unidades defectuosas en la i -ésima muestra. Tenemos que Y_i se distribuye binomialmente con parámetros n_i y p .

Para cada muestra se define la variable aleatoria, (la fracción de unidades defectuosas) como (Ecu 6).

$$\hat{p}_i = \frac{Y_i}{n_i}$$

La media y la desviación estándar de \hat{p}_i es (Ecu 7 y 8) respectivamente.

$$E(\hat{p}_i) = \frac{E(Y_i)}{n_i} = \frac{n_i p}{n_i} = p, \text{ y}$$

$$V(\hat{p}_i) = \frac{V(Y_i)}{n_i^2} = \frac{p(1-p)}{n_i}$$

Existe una aproximación a la normal, con fundamento en el Teorema de Límite Central, así (Ecu 9).

$$\hat{p}_i \sim N\left(p, \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}}\right), \text{ si } n_i \rightarrow \infty$$

Con el uso de tal aproximación se derivan los límites de control, y quedan como: (Ecu 10).

$$LCS = p + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}}$$

$$LC = p$$

$$LCI = p - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}}$$

Donde α es la probabilidad de detectar una salida de control cuando el proceso está bajo control (probabilidad de cometer el error Tipo I).

Si p es desconocida, se puede estimar una primera fase con datos del proceso cuando se considera en control:

$$\bar{p} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{p}_i$$

B. El gráfico np.

Supongamos que en un proceso se requiere monitorear el número de piezas no conformes por muestra o subgrupo y que además es posible mantener el tamaño de muestra constante a través del tiempo. Entonces, se tiene una variable Binomial con parámetro n y p ; donde n es el tamaño de la muestra, en este caso es constante y p es la proporción de piezas defectuosas en la muestra.

El gráfico de control recomendado en este tipo de situaciones es el gráfico np .

Este gráfico se basa también en la distribución Binomial. Así que es posible se retomen algunas definiciones y formulas.

Se sabe que (Ecu 11).

$$\mu = E(Y) = np \quad \text{y} \quad \sigma^2 = V(Y) = npq, \quad q = 1 - p.$$

Sean X_1, X_2, \dots, X_k las muestras de tamaño n_i tomadas del proceso en el tiempo $i = 1, 2, \dots, k$, y Y_1, Y_2, \dots, Y_k , el número de unidades defectuosas en la i -ésima muestra. Tenemos que Y_i se distribuye binomialmente con parámetros n_i y p .

Para cada muestra, se define la variable aleatoria proporción de defectuosos muestrales en la expresión (Ecu 12).

$$\hat{p}_i = \frac{Y_i}{n_i}$$

La media y la desviación estándar de \hat{p}_i es (Ecu 13 y 14) respectivamente.

$$E(\hat{p}_i) = \frac{E(Y_i)}{n_i} = \frac{n_i p}{n_i} = p, \quad \text{y}$$

$$V(\hat{p}_i) = \frac{V(Y_i)}{n_i^2} = \frac{p(1-p)}{n_i}$$

Existe una aproximación a la normal, con fundamento en el Teorema de Límite Central, así: (Ecu 15).

$$\hat{p}_i \sim N\left(p, \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}}\right), \text{ si } n_i \rightarrow \infty$$

Con el uso de tal aproximación se derivan los límites de control, y quedan como: (Ecu 16).

$$LCS = np + Z_{\alpha/2} \sqrt{np(1-p)}$$

$$LC = np$$

$$LCI = np - Z_{\alpha/2} \sqrt{np(1-p)}$$

Si p es desconocida, se puede estimar una primera fase con datos del proceso cuando se considera en control: (Ecu 17).

$$\bar{p} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \hat{p}_i$$

C. El gráfico c

El gráfico C se utiliza cuando es necesario monitorear el número de defectos en una unidad de producto. Por ejemplo, el número de defectos en las hélices de un motor o el número de componentes faltantes en un celular. Este tipo de situaciones de defectos por unidad o pieza pueden modelarse adecuadamente con la distribución Poisson. Para este gráfico, las muestras deben ser de tamaño constante y deben ser tomadas a intervalos iguales de tiempo.

Sea C el número total de defectos en una muestra de unidades, donde C es una variable aleatoria de Poisson con parámetro λ . La media y la varianza de esta distribución son iguales con λ , y si se conoce su valor, la línea central para la carta C se grafica en λ . Los límites superior e inferior se dan a continuación: (Ecu 18).

$$LSC = \lambda + 3\sqrt{\lambda}$$

$$LC = \lambda$$

$$LSC = \lambda + 3\sqrt{\lambda}$$

Sin embargo, en la práctica es común que no se conozca λ , entonces debe estimarse a partir de información preliminar del proceso. Supóngase que se tienen m muestras preliminares, y sea C_i el número de defectos en la i -ésima muestra. El

tamaño maestral puede ser $n = 1$. Entonces, un estimador razonable de λ es(Ecu 19).

$$\bar{c} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_i$$

Los parámetros de la carta C quedan de la siguiente forma(Ecu 20).

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LC = \bar{c}$$

$$LSC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Donde c es el valor observado del número promedio de defectos en una muestra.

D. El gráfico u

Esta carta de control se utiliza para monitorear el número promedio de defectos por unidad. Puede emplearse tanto con muestras de tamaño constante como variable. Sin embargo, es más común su uso cuando el tamaño de muestra no es constante.

Sea c_i , el número total de defectos en la i -ésima muestra de tamaño n_i , el número promedio de defectos por unidad puede calcularse de la siguiente forma (Ecu 21).

$u_i = \frac{c_i}{n_i}$ La variable c_i es una variable Poisson de parámetro $\lambda = n_i u$, donde u es el número promedio de defectos por unidad.

Para construir la carta U, es necesario definir los parámetros de la misma. Si se tienen m muestras preliminares y C, C, \dots, C^A es el número de defectos por unidad en cada muestra, entonces el estimador del número promedio por unidad es(Ecu 22).

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_i$$

Los parámetros de la carta U se definen a continuación:(Ecu 23).

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

$$LC = \bar{u}$$

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

Donde u es el número promedio de defectos por unidad.

1.4 Análisis crítico de las metodologías para el control estadístico de la calidad

En el presente epígrafe se muestra un análisis de la autora a diferentes metodologías para el control y control estadístico de la calidad, donde mediante la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional, se evidencia que con respecto al tema aparecen varias propuestas metodológicas como son:

1. 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 (Rafael Acevedo, J. P., 2005).
2. Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software (Ferrari, S, 2007).
3. Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos de Villa Clara (Capote Suárez, Y, 2009).
4. Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la empresa de Desmonte y Construcción Holguín (Leyva Valdez, A. S, 2009).
5. Control Estadístico de Procesos por Atributos: Caso ZFSachs (Ramírez Méndez, E, 2011).
6. Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de Fito Mas (Ramos Lage, Y, 2012).
7. Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara (Almeida Consuegra, Y, 2013).
8. Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado (Ortíz Barrios, M. A., & Felizzola Jiménez, H. A, 2014).

9. 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” (Echemendia Gómez, J., 2016).

10. Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación del Plástico (Santana Tamayo, I, 2017).

11. Propuesta de mejora en el procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de cunas infantiles de la UEB Muebles Imperio (Leonard Veranes, Y, 2018).

12. Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la UEB Muebles Imperio (Martínez Rueda, D, 2019).

13. Metodología para la Planificación y Ejecución del control estadístico de la calidad del proceso (Ricardo Torres, 2019).

Del análisis de estas metodologías (Anexo 4.0) se puede inferir de forma general, que no se analizan los aspectos a controlar con un propósito u objetivo en particular 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, se considera en la de Ricardo Torres aspectos fundamentales de planificación y control estadístico, lo que evidencia la importancia de esta investigación. Este es el sello distintivo del enfoque metodológico que se asume para el diseño de la metodología en el capítulo 2 de la tesis de (Ricardo Torres, 2019) demostrada por el uso de la herramienta el Ucinet vs 6. (Anexo 5.0)

1.5 La necesidad del control estadístico de la calidad en la empresa TRANSTUR Guantánamo.

La empresa TRANSTUR Guantánamo a pesar de contar con grandes fortalezas que permiten el buen desempeño económico de la institución, y lograr resultados positivos, entre sus debilidades se encuentra la herramienta que le permita controlar la calidad que no se está realizando correctamente, así como medir económicamente las acciones para implementar la calidad y registrar las que afectan la misma.

Desde su fundación en la institución se habían realizado estudios sobre el tema en cuestión, pero no se había llegado a ninguna conclusión, a su vez, existen especialistas que cuentan con necesarios acerca del control estadístico de la calidad en la organización.

Para profundizar en las deficiencias que afectan el buen funcionamiento del control de la calidad en la entidad, se realizó un estudio donde primeramente se escogieron a nueve trabajadores, para de ellos elegir aquellos que sean expertos, se les aplicó una encuesta (Anexo 1.0) que se procesó mediante el método de expertos, donde finalmente resultó que los nuevos son expertos (Anexo 2.0).

Las deficiencias determinadas en el diagnóstico y demás instrumentos mencionados en el presente capítulo para el control de la calidad, se consideraron para el diseño del procedimiento de planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso de comercialización de los vehículos rurales, aplicada en el departamento de Gestión Comercial de la empresa TRANSTUR, Guantánamo.

Posteriormente a través de una Tormenta de Ideas, los expertos dieron sus consideraciones acerca de los problemas existentes en el área de calidad, y con el apoyo de la revisión documental y la observación directa se obtuvieron las problemáticas siguientes:

1. Insuficiente pieza de repuestos para los vehículos.
2. Insuficientes vehículos de renta para cubrir el mercado en temporada alta.
3. Demora en el cambio de vehículos averiado en operaciones con clientes.
4. Poca profundidad en la evaluación del desempeño.

A partir del análisis realizado se puede concluir que existe la necesidad de implementar el control estadístico de la calidad del proceso de comercialización de los vehículos rurales.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Existen diferentes concepciones teóricas y metodológicas sobre el control de la calidad. La autora considera necesario el control estadístico como sello distintivo

del enfoque metodológico para la propuesta del procedimiento en el capítulo 2 de la tesis.

2. Se determinó que existen deficiencias con respecto al control estadístico de la calidad en el departamento de Gestión Comercial de la empresa TRANTUR, Guantánamo.

CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA TRANSTUR GUNTÁNAMO

A través de los presupuestos teóricos analizados en el capítulo anterior, se evidencia la necesidad de desarrollar el control estadístico de la calidad en el proceso de comercialización de los vehículos rurales por lo cual se propone un procedimiento (figura 2.1) que consta de tres etapas, 14 pasos, 6 acciones y 2 alternativas, los cuales se describen a continuación:

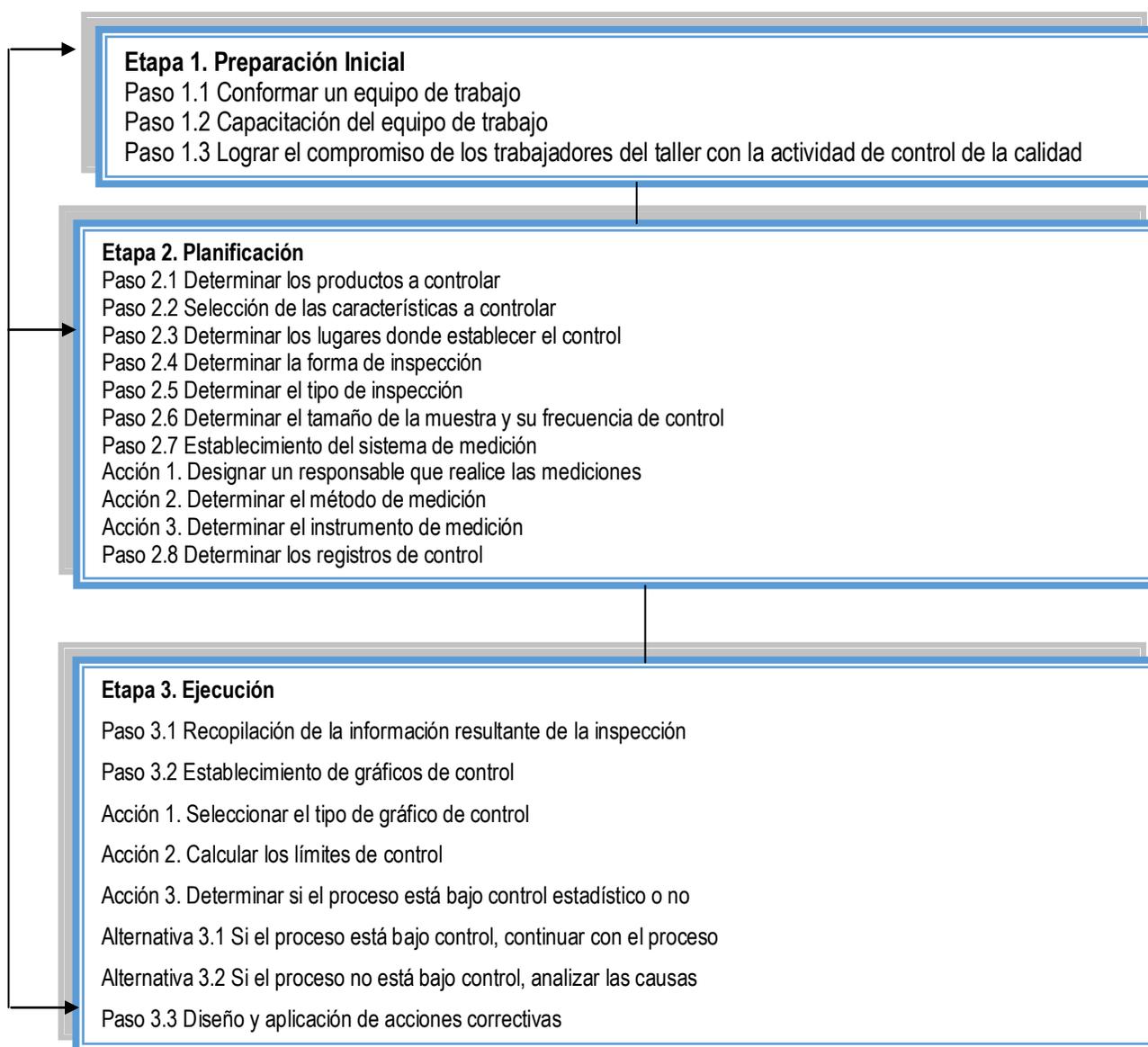


Figura 2.1. Procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.

2.1 Procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso

Etapas 1. Preparación Inicial

Objetivo: sentar las bases para el desarrollo del estudio, facilita y asegura en gran medida la participación activa de todo el personal implicado, desde el director que lo dirige y se responsabiliza por su cumplimiento hasta el personal directo que participa en el proceso, con la finalidad de llevar a cabo eficientemente el control.

Paso 1.1 Conformar un equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará constituido por representantes de la calidad de la empresa, especialistas de calidad, técnicos y directivos con suficiente experiencia y nivel de conocimientos.

Este equipo debe ser responsable de crear las bases para la definición e implementación del procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso explicando la secuencia metodológica que esta debe seguir.

Paso 1.2 Capacitación del equipo de trabajo

Para la aplicación del procedimiento es indispensable la preparación de todo el personal seleccionado respecto a las actividades que se ejecutan en las áreas de trabajo. Se debe establecer un plan para la formación: conferencias, seminarios, talleres, reuniones, cursos de actualización al equipo de trabajo, en el cual se aborden temáticas referentes al control de la calidad, haciendo énfasis en el control estadístico de la calidad del proceso, su importancia, análisis y aplicación en la actualidad como herramienta para la toma de decisiones y detección de oportunidades de mejora; además, asegurar que los miembros del equipo comprendan las técnicas, herramientas y variables a considerar en el control de la calidad para propiciar la motivación de todo el personal involucrado respecto a la metodología a aplicar.

Paso 1.3 Lograr el compromiso de los trabajadores de la empresa con la actividad del control de la calidad.

Lograr el compromiso es vital para garantizar la fluidez y la calidad de las acciones posteriores, es necesario conocer las peculiaridades y potencialidades del personal.

Demostrar los problemas que traen consigo la falta de control, es el objetivo propuesto. Se trabajará en función de garantizar una voluntad colectiva de acción y una participación activa como elemento fundamental para formar el equipo de trabajo.

La caracterización se realizará teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Nombre y dirección
- Proveedores
- Principales Clientes
- Breve caracterización de la fuerza de trabajo
- Tecnología

Se debe confirmar que el personal de la organización esté totalmente convencido de la necesidad de desarrollar el procedimiento y que está apto para dar inicio al estudio; es necesario establecer un compromiso de todos los miembros.

Etapa 2. Planificación

Objetivo: diseñar un sistema de control estadístico de la calidad del proceso que satisfaga las necesidades de la empresa.

Paso 2.1 Determinar los productos a controlar

El equipo de trabajo debe determinar los productos que se van a controlar, esto estará condicionado por aquellos factores que afectan la calidad del producto, estos deben prevenirse o disminuirse (no conformidades, rechazos, reprocesos), entre otros; para ello se recurre a la aplicación de la técnica del diagrama de Pareto para el análisis de los productos que tienen mayor incidencia en las no conformidades, lo que permite al equipo de trabajo establecer las prioridades.

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

Luego de haber identificado los productos a controlar, el equipo de trabajo debe seleccionar las características de calidad que deben mantenerse bajo control, a partir de su incidencia en la calidad del producto terminado y en el costo o pérdidas económicas que genere el incumplimiento de los requisitos establecidos para las características de la calidad. Para la selección de las características de calidad que se consideren críticas, al igual que en el paso anterior, se empleará la técnica del diagrama de Pareto.

Se utiliza el método de expertos para ponderar económicamente las afectaciones que provocan los defectos (cuando no se conocen los costos que ocasionan los mismos), por tanto, el ordenamiento deberá ser descendente, es decir, otorgarle el mayor valor a la característica que más pérdidas económicas ocasiona y se calcula un coeficiente de ponderación económica:

$$k_i = \frac{\sum A_{ij}}{\sum \sum A_{ij}}$$

Luego de obtener los resultados, se emplea el diagrama de Pareto para mostrar el ordenamiento según la frecuencia de aparición de los defectos por la ponderación económica, lo que permite al equipo de trabajo establecer la característica que tiene mayor prioridad de análisis a través de un análisis combinado de la frecuencia de aparición de las no conformidades y la ponderación de los costos que representa el no cumplimiento con los requisitos técnicos, o sea, las no conformidades.

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Para determinar los lugares de control es importante el estudio del proceso tecnológico, considerando los componentes tecnológicos y las operaciones que componen la fabricación de los productos. En este paso se hace necesario recurrir directamente al proceso de producción, a partir de ello se obtendrá una visión clara de las características reales de las máquinas con que cuentan los operarios del taller para realizar las producciones, al consultar o crear el flujograma de producción en caso de que no exista. Para la creación del mismo, se deben utilizar bibliografías especializadas; se recomienda el uso del diagrama OTIDA. El control debe realizarse lo más cercano a la característica que se mide, teniendo en cuenta el costo que conlleva dicha evaluación; el equipo de trabajo deberá llegar a un acuerdo mediante el empleo de técnicas de consenso.

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

El equipo de trabajo establecerá las formas de inspección de cada característica, en correspondencia con las particularidades propias de las mismas. Para ello se debe tener en cuenta las características de cada forma de inspección por (atributos o variables). (Anexo 6.0)

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

Para desarrollar este paso el equipo de trabajo debe determinar el tipo de inspección a establecer de acuerdo con la cantidad de unidades a inspeccionar, teniendo en cuenta los tipos de inspección:

- Inspección 100%
- Inspección por muestreo

La inspección al 100% solo debe utilizarse en los siguientes casos:

- Para las características de calidad que puedan tener una gran incidencia sin los productos que se elaboran y cuyo incumplimiento pueda llevar a la ocurrencia de defectos con grandes riesgos o graves consecuencias para los usuarios, o grandes pérdidas económicas.
- Para situaciones muy especiales, por ejemplo: comprobar el funcionamiento de equipos.
- En procesos no aptos.

La inspección por muestreo es necesaria en los siguientes casos:

- Pruebas destructivas.
- Inspección de productos de gran longitud.
- Inspección de grandes cantidades.
- Cuando se desea minimizar los costos de inspección.
- Cuando existen muchas áreas a inspeccionar.

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra y su frecuencia de control

Dado que el objetivo de la inspección del estudio es el control del proceso, el equipo de trabajo debe escoger el tamaño de la muestra en dependencia de la forma de inspección que se vaya a utilizar:

Inspección por variables

- Los tamaños de muestra más empleados oscilan entre 1 y 25 unidades. Las muestras de 2 o 3 unidades son poco empleadas por su baja sensibilidad, empleándose sólo cuando el costo de las mediciones es muy alto.
- Las muestras de tamaño 5 facilitan los cálculos de la media en comparación con los de 4 o 6.
- Las muestras de tamaño 10 hasta 25 se utilizan cuando se desea una alta sensibilidad en el gráfico.

- Tamaños de muestras > 25 unidades se emplean excepcionalmente.
- Inspección por atributos
- El tamaño de los subgrupos y el intervalo entre los mismos debe ser tal que se inspeccione aproximadamente un 5 % de la producción.
- En los procesos muy masivos que no presentan dificultades frecuentes o el porcentaje de producción defectuosa no es grave, este porcentaje se puede rebajar a menos de un 5 %.
- En el proceso que sufre a menudo variaciones en la calidad de su producción o cuando el aumento del costo que origina la presencia de unidades defectuosas es muy elevado, se podrá considerar económico seleccionar hasta el 10 %.

Para determinar la frecuencia de control según Feigenbaum, se deben considerar los siguientes factores:

1. El tamaño de muestra tomado.
2. Las características de la operación tecnológica
 - Volumen de producción (Razón de producción por hora)
 - Condición del proceso o comportamiento del proceso (errático, estable, controlado).

Como las producciones son por pedido se recomienda que se tomen las muestras en un periodo de tiempo relativamente corto, aún así el equipo de trabajo deberá llegar al consenso mediante el empleo de técnicas propias del grupo.

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Para el establecimiento del sistema de medición el equipo de trabajo debe determinar un observador, método y el tipo de instrumento a utilizar.

Acción 1. Designar un responsable que realice las mediciones

El equipo de trabajo designará un responsable que realice las mediciones teniendo en cuenta la calificación requerida y experiencia para desarrollar esta acción.

Acción 2. Determinar el método de medición

Para la selección del método de medición apropiado deben considerarse varios factores: la actitud que se requiera, la economía del proceso de medición, entre

otros. El responsable encargado de realizar las mediciones debe considerar los siguientes aspectos:

Métodos de Medición:

1. Directos
2. Indirectos
3. Combinados

Mediante los métodos directos la medida se obtiene directamente con un instrumento graduado en la escala apropiada; estos métodos pueden ser de:

- **Apreciación:** Es la medición de la presión con un manómetro o intensidad de corriente con un amperímetro.
- **Diferencial:** Consiste en determinar la diferenciación entre la magnitud buscada y una conocida.
- **Equilibrio:** Consiste en lograr el equilibrio entre una magnitud conocida y otra desconocida. Ejemplo: determinación de la masa en una balanza de platillos.
- **Coincidencia:** Consiste en comparar una serie de marcas o graduaciones uniformes con otra. Ejemplo: empleo del vernier en un pie de rey.
- **Sustitución:** Consiste en sustituir la magnitud que se va a medir por otra medida sin variación alguna en el indicador del instrumento. Ejemplo: medición de la resistencia eléctrica en un producto, en que se sustituye la resistencia que se mide por una conocida, manteniendo la misma desviación en el indicador de un galvanómetro.
- **Comparación:** Es sustituir una cantidad de magnitud conocida por la que se ha de medir, comparando ambas indicaciones en el instrumento de medición que se emplea. Ejemplo: cuando se mide la resistencia eléctrica mediante un potenciómetro.

Con el método indirecto la medida se obtiene como resultado de la medición de otras variables relacionadas matemáticamente con ella.

Los métodos combinados son los que resultan de la combinación de los métodos anteriores.

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Una vez seleccionado el método de medición, se define el tipo de instrumento que debe ser utilizado. Se deben considerar aspectos tales como:

- Las características a medir.
- Intervalo de medición.
- Precisión.

Paso 2.8 Determinar los registros de control

El equipo de trabajo debe establecer los registros de control, donde se recopile la información de las inspecciones realizadas. Los miembros del equipo, según se hayan distribuido las responsabilidades deben poner en marcha cada uno de los pasos definidos en el procedimiento anterior en diferentes periodos de tiempo.

La empresa utiliza como registro de control la N/C ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad.

Este registro no está diseñado para la aplicación de un control estadístico en el propio proceso de comercialización; a continuación, se propone el uso de registros de control por variable y atributo:

Registro de control por variables

Número de muestras	X1	X2	X3	Xn...	Media \bar{X}	RangoR
--------------------	----	----	----	-------	--------------------	--------

Registro de control por atributos

Número de muestras	Tamaño de muestras	No. de defectos (np) j	Fracción de defectos p_j	Porcentaje de defectos 100 p_j
--------------------	--------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

Etapa 3. Ejecución

Objetivo: poner en práctica todas las actividades diseñadas en la planificación hasta lograr una recopilación y procesamiento de la información con las

herramientas requeridas, haciendo énfasis en la utilización de los gráficos de control con vistas a determinar la presencia o no de causas asignables de variación, los correspondientes análisis de aptitud del proceso hasta lograr la definición de los límites de control como normas para el futuro control de las características de calidad.

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

El equipo de trabajo deberá recopilar toda la información necesaria y registrarla, esto permitirá la retroalimentación sobre el comportamiento de las características, para elevar el nivel de calidad y para introducir posteriormente acciones correctivas. Para el procesamiento de la información se utiliza como herramienta Excel, el cual posee una base de datos previamente conformada, con los registros y las fórmulas necesarias.

Paso 3.2 Establecimiento de gráficos de control

La utilización eficaz del gráfico de control permite la detección oportuna de las desviaciones anormales en el proceso, así como la prevención de futuras apariciones de productos que no se correspondan con los índices de calidad establecidos (productos no conformes). Luego de haber procesado la información el equipo de trabajo debe llevar a cabo las acciones que componen esta etapa para el establecimiento de los gráficos de control.

Acción 1. Seleccionar el gráfico de control

El equipo de trabajo debe seleccionar el tipo de gráfico a emplear según la característica a inspeccionar y si es susceptible a ser evaluada cuantitativa o cualitativamente. De forma general se selecciona:

Para datos de variables:

Cuando la característica que se inspecciona puede medirse cuantitativamente, por ejemplo: la magnitud, la masa o el contenido de un determinado componente de un producto.

Para datos de atributos:

Cuando la inspección consiste en apreciar la presencia u ausencia de determinado atributo tal como una o más unidades no conformes o un número de no

conformidades apreciables visualmente, o una prueba comparativa mediante un patrón.

Se deben tener en cuenta los elementos para la selección de gráfico de control por variables o por atributos (Anexos 7.0 y 8.0).

Acción 2. Calcular los límites de control

Los límites de control se usan como criterio para señalar la necesidad de aplicar una acción o para juzgar si un conjunto de datos indica o no un estado de control estadístico.

Límites de Control	
Variables	Atributos
Media $LC = \bar{X}$ $LSC = \bar{X} + A2R$ $LIC = \bar{X} - A2R$	Fracción defectuosa (n constante) $LC = p$ $LSC = p + 3\sqrt{(1-p)p/n}$ $LIC = p - 3\sqrt{(1-p)p/n}$
	$LSC = p + 3\sqrt{(1-p)\bar{p}n}$ (n no constante) $LIC = p - 3\sqrt{(1-p)\bar{p}n}$
Rango $LC = R$ $LSC = D4 \times R$ $LIC = D3 \times R$	Cantidad de defectos (n constante) $LC = np$ $LSC = np + 3\sqrt{np(1-p)}$ $LIC = np - 3\sqrt{np(1-p)}$

Acción 3. Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

Cuando un proceso está bajo control estadístico los puntos del gráfico de control fluctúan al azar entre los límites sin un patrón reconocible. A continuación, se muestran un conjunto de reglas generales para analizar un proceso con el fin de determinar si está bajo control:

- No existen puntos fuera de los límites de control.
- La cantidad de puntos por encima y por debajo de la línea central es aproximadamente la misma.
- Los puntos parecen concurrir aleatoriamente por encima y por debajo de la línea central.

- La mayoría de los puntos aparecen cerca de la línea central y solo unos cuantos se ubican cerca de los límites de control.

Alternativa 3.1 Si el proceso está bajo control, continuar con la inspección

Mientras todos los puntos se encuentren entre los límites de control establecidos y no se observen síntomas anormales en el gráfico; el proceso está bajo control, por tanto, la inspección continúa.

Alternativa 3.2 Si el proceso no está bajo control, analizar las causas

Si alguna de las reglas mencionadas anteriormente se incumple el proceso se encuentra fuera de control; se deben analizar las causas de variación del proceso:

Causa asignable o especial:

Factores (generalmente numerosos, pero individualmente de relativa importancia) que se puede detectar e identificar como causante de un cambio en una característica de la calidad o nivel del proceso.

Causa aleatoria o común:

Factores generalmente numerosos, pero poco importantes, que contribuyen a la variación y no han sido necesariamente identificados.

Luego de analizar estos aspectos, se procede al análisis de las causas a través del diagrama de Ishikawa.

Puede ocurrir que todos los puntos estén entre LIC y LSC, pero el proceso no esté bajo control y pueda declararse una alarma:

- Racha: 8 puntos o más consecutivos a un mismo lado de la línea central.
- Tendencia: 8 puntos o más en orden creciente o decreciente.
- Periodicidad: Se repite el mismo patrón de puntos en periodos de longitud fija
- Inestabilidad: Fluctuaciones cerca de LIC y LSC.
- Súper estabilidad: 16 puntos o más entre $-\sigma$ y $+\sigma$.

Paso 3.3 Diseño y aplicación de acciones correctivas

Una vez analizado los resultados se procede a la definición de las estrategias de mejora. La elaboración del plan de acción, contribuirá al cumplimiento para dar solución a las dificultades que limiten el desempeño de la organización. Para su elaboración se debe tener en cuenta los aspectos siguientes: La acción a ejecutar; el responsable encargado y las fechas ejecución.

2.2 Aplicación del procedimiento propuesto para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso

Etapa 1. Preparación Inicial

Paso 1.1 Conformar un equipo de trabajo

El equipo de trabajo quedó constituido por 9 personas que poseen experiencia y conocimientos para implementar el programa de control y mejora en la empresa. En la siguiente tabla se muestran los miembros que integran el equipo de trabajo:

Expertos	Cargo
Reinaldo Góngora León	Director de Sucursal
Yamicela Torres González	ESP. "C" EN Gestión Económica
David Berné Delgado Toro	Especialista "C" en Gestión Comercial
Norka M. Ojeda Fernández	Especialista "B" del Transporte Automotor
Karel Quesada Vega	Subdirector de Operaciones
Héctor Díaz Pérez	Especialista para la Renta de Equipos automotores
Taylen Aguilar Medina	Técnico en Control de la Flota (EP)
Efraim Antúnez Conde	Especialista para la Renta de Equipos automotores
Luisa C. Rodríguez Mosqueda	Auxiliar General de Servicios

Paso 1.2 Capacitación del equipo de trabajo

Se logró la capacitación y preparación de todo el personal seleccionado a través de conferencias y talleres acerca de la aplicación del procedimiento y temas relacionados con el control y mejora de la calidad, así como del control estadístico. Se desarrolló una reunión de intercambio y análisis con el personal seleccionado para esclarecer la necesidad, las ventajas y los métodos que se emplearán para atenuar la resistencia al cambio que todo el proceso puede traer aparejado.

Paso 1.3 Lograr el compromiso de los trabajadores en la empresa con la actividad de control de la calidad

El procedimiento se llevará a cabo en el departamento Gestión Comercial ubicado en en la Calle J Confluente, de la ciudad de Guantánamo perteneciente al Grupo Empresarial Cubasol, del Ministerio de Turismo.

Proveedores

- CUPET- CIMEX (combustible)
- DIVEP (piezas)
- Copextel (equipos de computación y mantenimientos)
- ITH (neumáticos y baterías)
- Servi, S.A. (alimentación)
- Poligráfico (modelos para el control de las actividades)
- Almacenes Mayoristas de CIMEX (insumos)

Clientes

La sucursal posee una gama de varios clientes externos dentro de los cuales se destacan las principales agencias de viajes o receptivos nacionales, así como las diferentes organizaciones dedicadas al negocio del ocio (ecoturismo) y el entretenimiento, recorrido rutas y excursiones en la esfera específica del turismo. De igual forma constituyen clientes con determinado peso específico en la cartera de clientes las embajadas y sedes diplomáticas, organizaciones y empresas mixtas, clientes directos y empresas o entidades que realicen sus principales operaciones en Moneda Libremente Convertible (MLC /CUC).

Dentro de las principales agencias de viajes se tienen:

- Agencia de Viajes Cubanacan
- Agencia de Viajes Cubatur
- Agencia de Viajes Havanatour
- Agencia de Viajes Paradiso
- HAVANAUTOS
- FANTÁSTICO

Tecnología

El equipamiento tecnológico de la empresa no presenta limitaciones.

Caracterización de la fuerza de trabajo

La entidad posee una plantilla aprobada de 80 trabajadores, 5 cuadros ,27 técnicos, 11 de servicio y 37 operarios. Al caracterizar la fuerza de trabajo atendiendo al nivel de escolaridad se precisa que: el 66,7 % de los trabajadores son graduados del nivel superior, el 12,5 % de preuniversitario, 16 % graduado de técnico medio, y solo una persona llega al noveno grado representando el 4,16 % del total.

Etapa 2. Planificación

Paso 2.1 Determinar los productos a controlar

El equipo de trabajo realizó una revisión documental acerca de los ingresos obtenido en los últimos seis meses de año anterior para determinar los productos a controlar. Según los resultados obtenidos a partir de la aplicación de esta técnica, se determinó el producto a controlar: los cambios de carros.

Paso 2.2 Selección de las características a controlar

El equipo de trabajo para determinar la característica crítica de calidad para los carros realizó un análisis de las características de calidad, a partir del porciento de no conformidades que estas representan con la aplicación del diagrama de Pareto. La característica crítica de calidad para este vehículo resultó ser: aire acondicionado, amortiguación y fallo del motor. (Anexo 11.0)

Paso 2.3 Determinar los lugares donde establecer el control

Para desarrollar esta acción resulta necesaria la elaboración del diagrama OTIDA del proceso. (Anexo 12.0)

Para ello se tomó como referencia el documento PG-03-039 Compensaciones de Renta (Anexo 9.0) porque la entidad no consta con la descripción del proceso.

Paso 2.4 Determinar la forma de inspección

Se determinó para los cambios de carros realizar la inspección por atributo.

Paso 2.5 Determinar el tipo de inspección

El equipo de trabajo determinó para esta característica de calidad realizar la inspección por muestreo.

Paso 2.6 Determinar el tamaño de la muestra

Los cambios de carros se analizaron con un tamaño de 10 muestras en un período de seis meses.

Paso 2.7 Establecimiento del sistema de medición

Acción 1. Determinar un responsable que realice las mediciones

El equipo de trabajo arribó al consenso de designar por su nivel de calificación y experiencia como responsable de realizar las mediciones al Especialista "C" en Gestión Comercial

Acción 2. Determinar el método de medición

Se determinó realizar la medición de los de carros de forma indirecta.

Acción 3. Determinar el instrumento de medición

Para la medición de los cambios de carros se determinó como instrumento de medición el programa Sistema de explotación de la renta

Paso 2.8 Determinar los registros de control

Como la característica a inspeccionar se mide por atributos el equipo determinó emplear el registro de control por atributo propuesto.

Etapa 3. Ejecución

Paso 3.1 Recopilación de la información resultante de la inspección

Para el análisis de los cambios de carros se tomaron 10 muestras de tamaño $n=10$, los resultados se muestran en la tabla (Anexo 10.0).

Paso 3.2 Establecimiento de gráficos de control

Para la construcción de los gráficos de control la variable objeto de la calidad sigue una distribución normal con parámetros con defectos por unidad.

Acción 1 Seleccionar el gráfico de control

El equipo de trabajo determinó analizar los cambios de cambios mediante el gráfico u.

Acción 2 Calcular los límites de control

Se realizan los cálculos de los límites de control

$$\bar{u} = \frac{\text{total de defectos}}{\text{total de artículos inspeccionados}} = \frac{10}{5} = 2$$

Límites de control

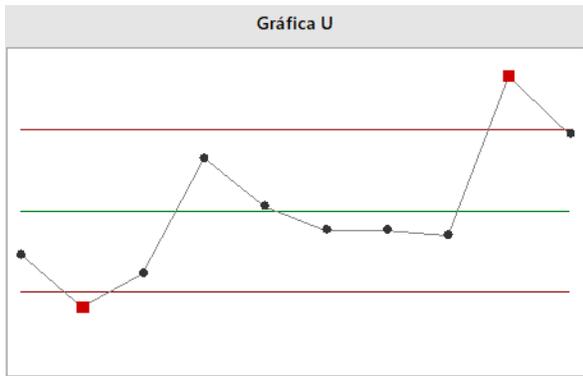
$$LC = 0.5$$

$$LSC = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2 + 3 \sqrt{\frac{2}{10}} = 2 + 3\sqrt{0.2}$$

$$LSC = 2 + 1.341 = 3.341$$

$$LIC = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2 - 3 \sqrt{\frac{2}{10}} = 2 - 3\sqrt{0.2}$$

$$LIC = 2 - 1.341 = 0.659$$



Acción 3 Determinar si el proceso está bajo control estadístico o no

El proceso no se encuentra bajo control porque existen puntos fuera de los límites de control.

Alternativa 3.2 Si el proceso no está bajo control, analizar las causas.

La causa que predomina es aleatoria o común ya que son factores que contribuyen a la variación del proceso.

Luego de analizar estos aspectos, se procede al análisis de estas causas a través del diagrama causa-efecto. (Anexo 13.0)

Paso 3.3 Diseño y aplicación de acciones correctivas

Ya analizado los resultados se procede a la definición de las estrategias de mejora. La elaboración del plan de acción, contribuirá al cumplimiento para dar solución a las dificultades que limiten el desempeño de la organización. Para su elaboración se debe tener en cuenta los aspectos siguientes: La acción a ejecutar; el responsable encargado y las fechas ejecución. (Anexo 14.0)

Valoración económica, social y medioambiental

La investigación, durante su desarrollo, arrojó importantes resultados los cuales poseen un impacto en el ámbito económico, social y medioambiental.

En la esfera económica:

- La aplicación de los gráficos de control permitirá mejorar el control estadístico del proceso de modo que se logrará reducir los costos de calidad por concepto de rechazos y reprocesos aumentando la eficiencia.

En la esfera social:

- Fomenta el compromiso de los trabajadores con el control de la calidad desde su puesto de trabajo.
- Enriquece la toma de decisiones, así como mejoras en el desempeño individual y organizacional.

En la esfera medioambiental:

- Esto permite la adecuada ambientación y mantenimiento de la higiene en los puestos de trabajo.

Conclusiones parciales del capítulo

1. La metodología diseñada para el control estadístico de la calidad del proceso, facilitará a directivos y técnicos de la Empresa TRANSTUR la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad de los procesos en los departamentos y propiciará la prevención de no conformidades.
2. Se logró el compromiso de la alta dirección y los trabajadores, lo cual facilitó la ejecución del estudio, capacitando a los mismos en el tema en cuestión de modo que se alcanzó la comprensión del procedimiento y la herramienta a aplicar.

CONCLUSIONES

Atendiendo a todo el proceso investigativo realizado, se arriba a las siguientes conclusiones generales:

1. El análisis de las metodologías relacionadas con el control de la calidad de los procesos realizado en el marco teórico de la investigación sirvió de fundamento para el diseño del procedimiento propuesto en esta tesis.
2. Se elaboró un procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso que permitió establecer normas para el futuro control de las características de calidad propiciando la disminución de las no conformidades, debido a su carácter esencialmente preventivo.
3. Se aplicó el procedimiento para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso en el departamento de Gestión Comercial en la empresa TRANSTUR Guantánamo en las características de calidad de mayor cantidad de no conformidades.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos se pueden emitir las recomendaciones siguientes:

1. Aplicar en otros departamentos el procedimiento diseñado para el control estadístico de la calidad del proceso por ser esencialmente de carácter preventivo.
2. Trabajar en el perfeccionamiento del procedimiento de acuerdo con las no conformidades que la práctica productiva revele en cada departamento de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J... n.d. Manual de Control Estadístico de la Calidad: Teoría y aplicaciones, (3er. ed.). ed. España: Universitat Jaume.
2. 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.
3. Araujo Rodríguez, 2010. “Double-sampling control charts for attributes.”
4. 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.
5. Crosby, P.B., 1979. La calidad no cuesta: El arte de asegurar la calidad., Continental, México.
6. Deming, E, 1994. “Calidad, Productividad y Competitividad.
7. Dorado, A. & Gallardo, L., 1995. La gestión del deporte a través de la calidad. INDE Publicaciones., Barcelona. España.
8. 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.
9. Evans, J. R., 2008. Administración y control de la calidad., México, D.F. ed. Cengage Learning.
10. Evans, J. R., 2008. Administración y control de la calidad., (7a ed.). ed. México, D.F.: Cengage Learning.
11. Feigenbaum. E, 1971. Control Estadístico de la Calidad.

12. Ferrari, S, 2007. Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software.
13. Gutiérrez Pulido, H., 2013. Control estadístico de calidad y seis sigmas., McGraw-Hill. ed. México, D.F.
14. Heizer Jay y Render Borry, 2001. Sistema de Control de la Calidad.
15. Hitoshi Kume., 1992. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad.
16. Ishikawa, K, 2007. Introducción al control de Calidad, Díaz de Santos. ed. España.
17. Ishikawa, Kaoru, 1989. Introducción al control de Calidad, Díaz de Santos. ed. España.
18. Juran, J. M., 1993a. Manual de Control de la Calidad, 4. Ed. ed.
19. Juran, J. M., 1993b. Manual de Control de la Calidad, 4. Ed. ed.
20. Juran, J. M., 1974. Manual de Control de la Calidad.
21. Leonard Veranes, Y, 2018. Propuesta de mejora en el procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de cunas infantiles de la UEB Muebles Imperio.
22. Leyva Valdez, A. S, 2009. Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la Empresa Desmonte y Construcción Holguín. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".
23. Mahiques, J.M., Pellicer S. S., V., P.J, 2006. Manual de Control Estadístico de la Calidad: Teoría y aplicaciones., 3er. ed. ed. España: Universitat Jaume.
24. Martínez Rueda, D, 2019. Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la UEB Muebles Imperio.
25. Montgomery, D. C, 2009. Introduction to statistical quality control, 3a. Edición. ed. USA: John Wiley & Sons.
26. Montgomery, D. C., 2009. Introduction to statistical quality control, (3a. Edición). ed. USA: John Wiley & Sons.
27. Montgomery, D. C y Runger, 2009. Introduction to statistical quality control, 3a. Edición. ed. USA: John Wiley & Sons.

28. Navarrete, E, 1998. Control Estadístico de la Calidad. Adhara, Granada.
29. N/C ISO 9001:2015, n.d. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos.
30. Ortiz Barrios, M. A., & Felizzola Jiménez, H. A, 2014. Metodología miceps para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado. Vol. 12 (No. 2), 73-81.
31. 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.
32. 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.
33. Ramos Lage, Y, 2012. “Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de Fito Mas”. Trabajo de Diploma para optar por el título académico de Ingeniero Industrial, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echavarría” CUJAE, La Habana.
34. Ricardo Torres, 2019. Metodología para la Planificación y Ejecución del control estadístico de la calidad del proceso.
35. 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.

ANEXOS

Anexo 1.0 Encuesta realizada para la selección de los expertos

Estimado compañero (a):

Se está realizando un estudio para el control estadístico de la calidad y a las no conformidades en la misma. Para ello, es preciso, contar con un grupo de expertos que contribuya con sus conocimientos en esta investigación. Para ello se ha seleccionado a un grupo de trabajadores, entre los cuales usted se encuentra, para de ellos seleccionar aquellos que sean expertos y puedan colaborar en la evaluación del control estadístico de la calidad y mejora de la eficiencia de la gestión empresarial.

Es de mucha utilidad contar con su opinión; la misma contribuirá a un mejor desarrollo de la investigación. El éxito de esta tarea dependerá en mucho de la participación y colaboración de usted.

1. Marque las características que a su juicio debe tener un experto, y en una escala del 0 al 10 evalúe la importancia que usted le confiere a cada característica.

Características	Aceptación	Evaluación
Conocimiento		
Competitividad		
Disposición		
Profesionalidad		
Actualización		
Capacidad		
Colectivista		
Experiencia		
Intuición		
Creatividad		

2. Realice una autovaloración sobre el grado de incidencia que ha tenido en su conocimiento cada una de las fuentes de información que se relacionan seguidamente. Marque con una X, según corresponda el grado de influencia.

Fuente del conocimiento	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Estudios teóricos realizados acerca de los costos de calidad.			
Experiencia obtenida en el cálculo de los costos de calidad.			
Conocimiento del trabajo realizado en Cuba para la implementación del cálculo de los costos de calidad en las empresas.			
Conocimiento del trabajo realizado en países extranjeros para la implementación del cálculo de los costos de calidad en las empresas.			
Consulta bibliográfica de autores que aborden los costos de calidad.			
Cursos de capacitación acerca del cálculo de los costos de calidad.			

Anexo 2.0 Procesamiento de la encuesta

$$K 1= 1/2 (Kc1 + Ka1) = 1/2 (0.6+0.9) = 0.95$$

$$K 2= 1/2 (Kc2+ Ka2) = 1/2 (0.8+ 0.9)= 0.85$$

$$K 3= 1/2 (Kc3 + Ka3) = 1/2 (0.9+ 0.72) =0.81$$

$$K 4= 1/2 (Kc4 + Ka4) = 1/2 (0.7+1) =0.85$$

$$K 5= 1/2 (Kc5+ Ka5) = 1/2 (0.9+1)= 0.95$$

$$K 6= 1/2 (Kc6+ Ka6) = 1/2 (0.6+0.9) = 0.75$$

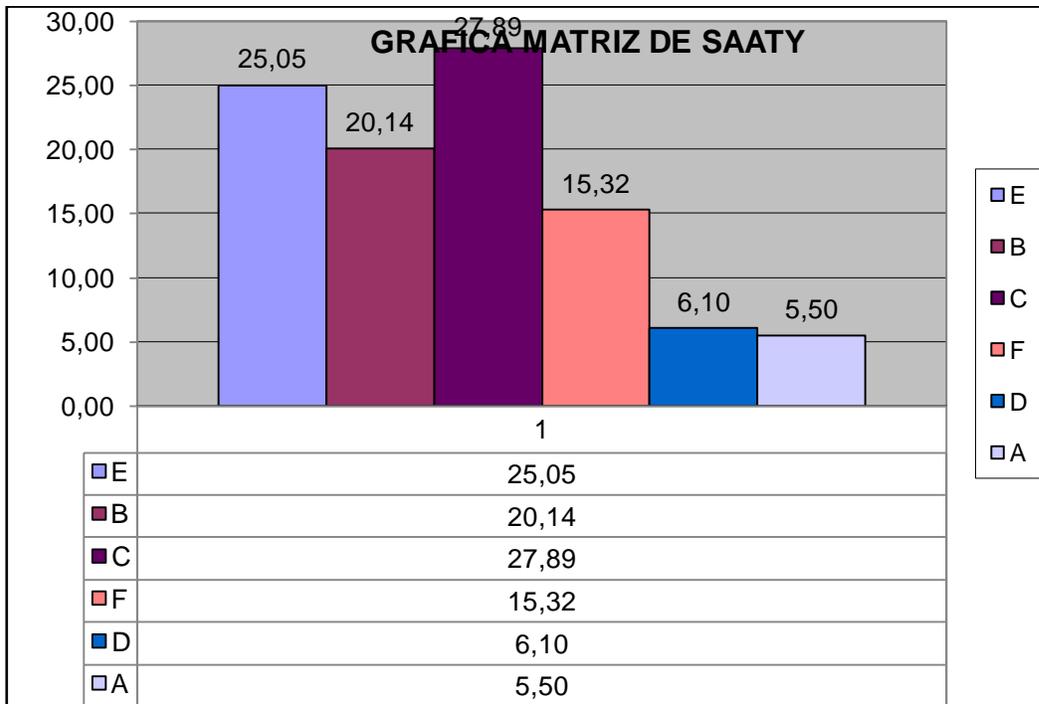
$$K 7= 1/2 (Kc7+ Ka7) = 1/2 (0.5+0.8) =0.65$$

$$K 8= 1/2 (Kc8 + Ka8) = 1/2 (0.8+0.8) =0.8$$

$$K 9= 1/2 (Kc9 + Ka9) = 1/2 (0.7+0.6) = 0.65$$

$$K = 1/9 (0.95 + 0.85 + 0.81 + 0.85 + 0.95 + 0.75 + 0.65 + 0.8 + 0.65) = 7.26/9 =0.8$$

Anexo 3.0 Procesamiento de los síntomas en el proceso por medio del método de Saaty.



Anexos 4.0 Análisis de las metodologías

A continuación, se exponen los principales aportes y deficiencias de las metodologías antes mencionadas:

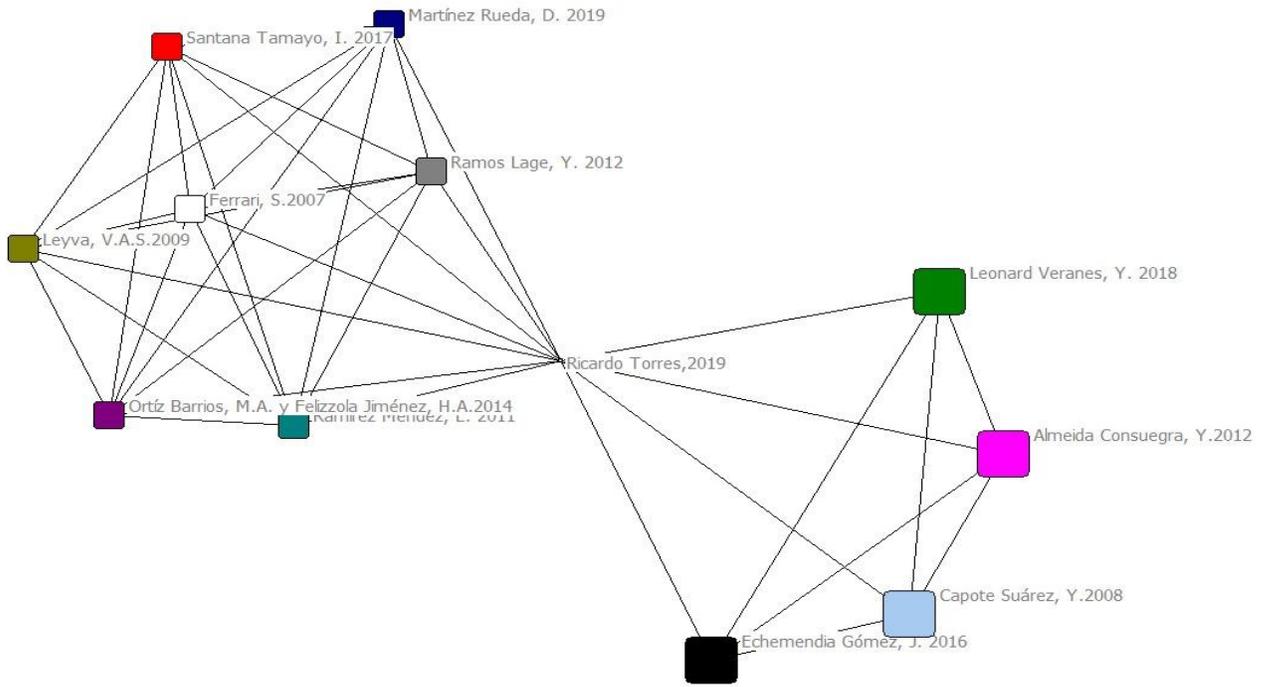
Metodología	Aportes	Limitaciones
Diseño de un sistema de control de calidad para la especie de madera de pino en el aserradero "San Jorge" en el departamento de Jalapa.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene en cuenta los principios de calidad. • Se aplica el sistema de control a través de la ISO 9000:2015. 	<ul style="list-style-type: none"> • No considera la capacitación del personal. • Se basa solo en la planificación de los procesos. • No propone acciones correctivas.
Propuesta de una metodología para el control de la calidad en una empresa de software.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende el uso combinado y sistémico de actividades de prueba e inspección para la mejora de la calidad del software. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se analizan las desviaciones. □ No propone acciones correctivas.
Evaluación de la Estabilidad y el Control Estadístico en los procesos de la Cadena de Suministros de los Almacenes de Medicamentos de Villa Clara.	<ul style="list-style-type: none"> • Propone una metodología de monitoreo que posibilita la evaluación de la estabilidad y del control estadístico de los procesos de la cadena de suministros de medicamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> □ No establece como realizarla inspección del proceso. • No define el tamaño de la muestra ni su frecuencia de control. • No propone acciones correctivas.
Adaptación y aplicación de un procedimiento para el control y mejora de la satisfacción de los clientes en la Empresa Desmonte y Construcción Holguín.	<ul style="list-style-type: none"> • Concibe un procedimiento para la medición y mejora de la satisfacción de los clientes, adaptado a entidades productivas que presten servicio de ejecución de obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se basa en la satisfacción del cliente externo.
Control Estadístico de Procesos por Atributos: Caso ZF Sachs.	<ul style="list-style-type: none"> • Se propone una metodología que incorpora el uso de una carta de control por atributos con doble muestreo. • Puede utilizarse para cualquier proceso cuyas características de calidad de interés sigan una distribución binomial. 	<ul style="list-style-type: none"> • El área de estudio de la investigación se delimita a cartas de control por atributos y a la identificación de la carta más adecuada para los atributos críticos relacionados con una operación. • No analiza la capacidad del proceso.

		<ul style="list-style-type: none"> • No propone acciones correctivas.
Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de Fito Mas.	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la identificación de los problemas que afectaron el proceso de producción. • Diseño de diferentes procedimientos y registros para cada punto de inspección. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene en cuenta la capacitación del personal encargado de aplicar el procedimiento. • No propone acciones correctivas.
Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara.	<ul style="list-style-type: none"> • Propone un programa de control que permite identificar alternativas para la mejora de la calidad. • Se determinan los problemas y factores causales con el uso de herramientas de calidad y normas actualizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • No establece la creación de un grupo para la aplicación del programa de control, otorga responsabilidades de manera individual. • No tiene en cuenta la capacitación del personal encargado del control.
Metodología MICEPS para control estadístico de procesos: caso aplicado al proceso de producción de vidrio templado.	<ul style="list-style-type: none"> • MICEPS propicia beneficios en términos de aumento de eficiencia operacional, reducción de costos de no calidad y disminución en los retrasos presentados en la entrega del producto, detección temprana de anomalías en el proceso y reducción de productos defectuosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No considera el tamaño de la muestra a inspeccionar ni su frecuencia de control. • No propone acciones correctivas.
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"	<ul style="list-style-type: none"> • Evalúa la estabilidad y el control estadístico de los procesos sobre la base de un enfoque multivariado facilitando la toma de decisiones. • Clasifica las principales fallas y defectos en cada una de las actividades desde el punto de vista del cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • No está estructurada como una metodología. • Solo contempla el control estratégico de calidad; analiza el cumplimiento de los requisitos de calidad de los procesos y la satisfacción del cliente.
Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuye al control y mejora de la calidad del sector no estatal 	<ul style="list-style-type: none"> • No establece acciones para el establecimiento de los medios de

de la transformación del Plástico.	de la transformación del plástico mediante 4 etapas, 17 pasos y 2 tareas.	medición.
Propuesta de mejora en el procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de cunas infantiles de la UEB Muebles Imperio		
Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la UEB Muebles Imperio		

Tabla 1.1 Aprtes y limitaciones de las metodologías

Anexo 5.0 Procesamiento de las metodologías por medio del Ucinet 6.0



Anexo 6.0 Formas de inspección

Atributos	Variables
Se emplea para características cualitativas o en características cuantitativas (medibles) que se expresan en forma cualitativa mediante la comparación con un calibre o patrón.	Se emplea para características cuantitativas que pueden tomar cualquier valor al ser registradas utilizando algún medio de medición.
Las unidades se consideran defectuosas o no observando una o más características, puede también registrarse el número de defectos por unidad.	Solo se puede aplicar para inspeccionar una característica de calidad.
Generalmente es más económico, los gastos de administración, computación, inspección son menores que en variable.	Implica mayores gastos administrativos, de muestreo y computación.
El procedimiento de inspección es simple, solo decidir si el producto cumple o no las especificaciones.	El procedimiento de inspección es más complejo, se necesita medir la característica con un medio de medición.
No es necesario hacer cálculos para obtener los resultados de la inspección y el procedimiento para tomar las decisiones es simple.	En ocasiones es necesario hacer cálculos para obtener los resultados de la inspección.
No es necesario que la distribución de la característica sea normal.	Es necesario que la característica siga una distribución normal.
Requiere tamaño de muestras mayores.	Menor tamaño de muestra.
Brinda menos información por la forma en que la refleja.	Brinda mayor información sin la característica (media y desviación típica).

Tabla 1.2 Característica

Anexo 7.0 Elementos para la selección de una carta de control por variables.

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo, n	Consideraciones adicionales
Media \bar{X}	Analiza las medias de subgrupos como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está inspirada en la distribución normal, funciona bien para otras funciones debido al teorema central del límite.	Procesos masivos (de mediano a alto volumen), donde en un corto tiempo se producen varios artículos y/o mediciones.	$n > 3$ A medida que n crece la carta detecta incluso pequeños cambios en el proceso. Por ello, generalmente un tamaño de n menor que 10 es suficiente para detectar cambios moderados y grandes, que son los de mayor interés en la práctica.	Los límites de control indican dónde se espera que varíen las medias de los subgrupos, por lo que no indican dónde varían las mediciones individuales, y no tienen nada que ver con las especificaciones.
Rango (R)	Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n < 11$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$3 < n < 11$ A medida que n crece es capaz de detectar cambios más pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.	Es importante utilizarla junto con una carta \bar{X} . De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula a cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta un poco a la carta.	Se usa conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n > 10$. Por lo tanto, se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$n > 10$ Dado el tamaño de subgrupo recomendado. Usarla sólo cuando se quieran detectar incluso pequeños cambios en la dispersión del proceso y se esté dispuesto a atender estos cambios.	Tanto la carta \bar{X} como ésta, tienen una mayor sensibilidad cuando n crece, usarlas cuando se quiere y se esté dispuesto a tener un control estricto sobre el proceso. De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos fuera de los límites.
Individuales (X)	Analiza cada medición individual del proceso y detecta cambios grandes tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Si la distribución no es normal, la carta puede resultar bastante afectada.	Procesos de bajo volumen, donde se requiere un tiempo considerable (de una a más horas) para obtener un resultado o medición. También cuando mediciones cercanas en el tiempo sólo difieren por error de medición.	Por propósito $n = 1$	Si en estos procesos es importante detectar cambios más pequeños y medianos, se recomienda utilizar otra carta más sensible (EWMA o CUSUM, vea el capítulo siguiente).

Tabla 1.3:Elementos para la selección de una carta de control para variables. **Fuente:** (Gutiérrez Pulido, 2013)

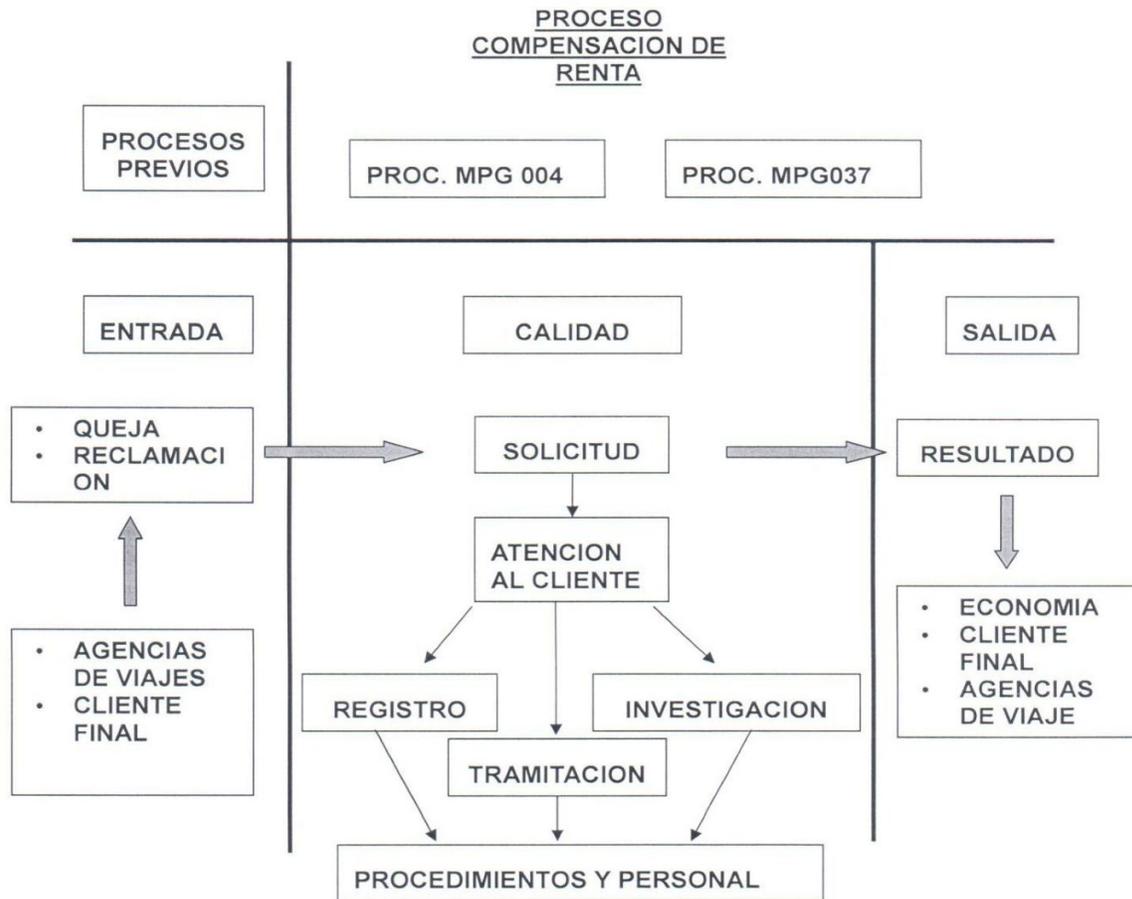
Anexo 8.0Elementos para la selección de una carta de control por variables.

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo, n	Consideraciones adicionales
Proporción de defectuosos (p)	Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas/ unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial, que se puede aproximar bien por una normal.	Por lo general es utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado.	El valor de n puede ser constante o variable, pero suficientemente grande para tener una alta probabilidad de que en cada subgrupo se detecte por lo menos una pieza defectuosa. Esto se logra tomando a n tal que $n > 9 \left[\frac{1-\bar{p}}{\bar{p}} \right]$	No es adecuada si n es mucho más pequeño que el valor recomendado. Para n muy grande, de uno o varios miles, los límites de control estarán muy estrechos; por lo tanto, es mejor graficar la proporción en una carta de individuales. Si n es muy variable de un subgrupo a otro (más de 25%), se debe utilizar una carta estandarizada o una con límites variables.
Número de defectuosos (np)	Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada). Se supone una distribución binomial, que se puede aproximar bien por una normal.	Se aplica en la misma situación que la carta p , pero con el tamaño de subgrupo constante. Es más fácil graficar los puntos en la carta al estar trabajando con números enteros.	El valor de n debe ser constante y en cuanto a su tamaño se aplican los mismos criterios que en la carta p .	Aplican las dos primeras observaciones para la carta p . Cuando n crece, la sensibilidad o potencial de la carta para detectar cambios es mayor.
Número de defectos por subgrupo (c)	Analiza el número de defectos por subgrupo o unidad, ésta puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de tiempo, una medida de área o volumen. Se supone una distribución de Poisson, razonablemente simétrica.	Uno de sus usos es en puntos de inspección, donde se busca localizar uno o más tipos de defectos relativamente menores, de tal forma que aunque se encuentren defectos, el artículo no se rechaza. También se usa para variables como número de quejas, de errores, de paros, de clientes, etcétera.	El tamaño de subgrupo o unidad es constante. De ser posible se elige de tal forma que el número promedio de defectos por subgrupo (línea central) sea mayor que nueve.	Si en cada subgrupo se esperan cero o muy pocos defectos, mucho menos que nueve, usualmente la carta no es efectiva. En esos casos, se debe buscar un incremento en el tamaño de subgrupo u otras alternativas.
Número promedio de defectos por unidad (u)	Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Se supone una distribución de Poisson.	Igual que la carta c , pero aquí se prefiere analizar el número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del número de defectos por subgrupo.	El tamaño de subgrupo puede ser constante o variable, pero siempre está conformado por varias unidades de referencia o artículos. Buscar que n cumpla que $n > \frac{9}{\bar{u}}$	Si n es mucho menor que el número recomendado, la carta u suele no ser útil. En esos casos, buscar incrementar n , o utilizar otra carta de control.

Tabla 1.4: Elementos para la selección de una carta de control de atributos. **Fuente:** (Gutiérrez Pulido, 2013).

Anexo 9.0 Documento PG-03-036 Compensaciones de Renta

	PROCEDIMIENTO GENERAL	COPIA 00
	TITULO	PG-03-039 PAG. 2 / 5 FECHA 12/06/12
ENTIDAD	COMPENSACIONES RENTA	SECCION
CASA MATRIZ	REVISION 02	DIR. COMERCIAL



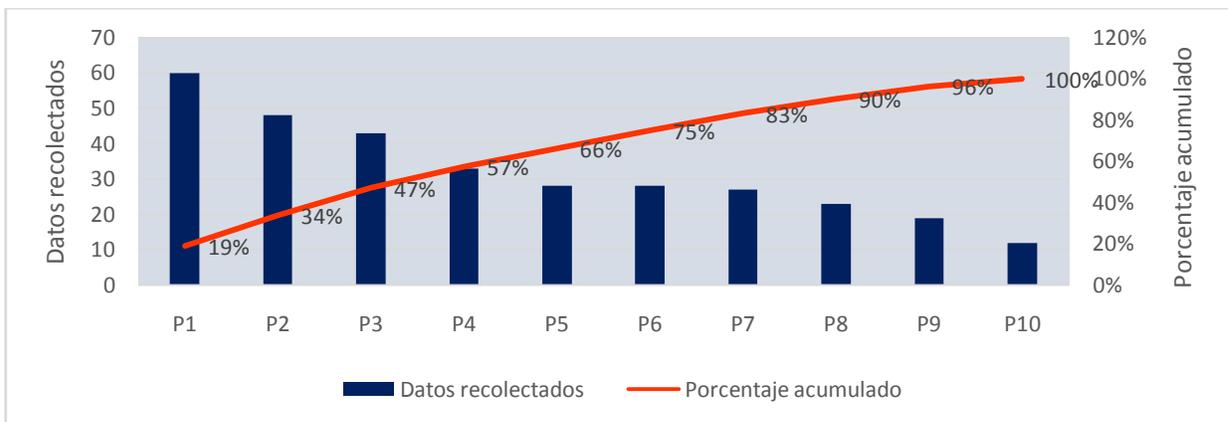
Anexo 10.0 Características a inspeccionar

Características	Frecuencia
Neumáticos	23
Solicitud del cliente	12
Bomba de combustible	19
Fallo del motor	43
Caja de velocidad	33
FICAV	28
Frenos	28
Luces exteriores	27
Aire acondicionado	60
Amortiguación	48

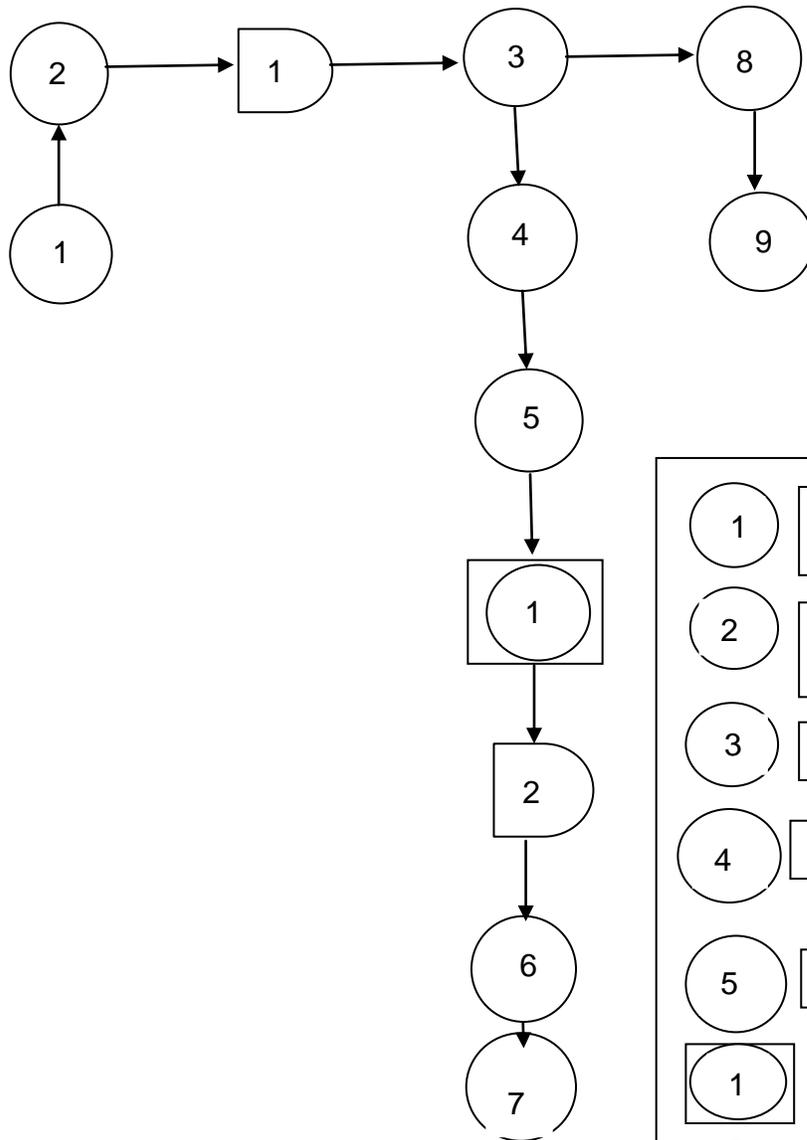
Tabla 1.5 Características a inspeccionar con su frecuencia. **Elaboración propia**

Anexo 11.0 Diagrama de Pareto de las Características a inspeccionar

Posición real (Causas y datos ordenados)		Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Aire acondicionado	60	19%	19%
2	Amortiguación	48	15%	34%
3	Fallo del motor	43	13%	47%
4	Caja de velocidad	33	10%	57%
5	FICAV	28	9%	66%
6	Frenos	28	9%	75%
7	Luces exteriores	27	8%	83%
8	Neumáticos	23	7%	90%
9	Bomba de combustible	19	6%	96%
10	Solicitud del cliente	12	4%	100%

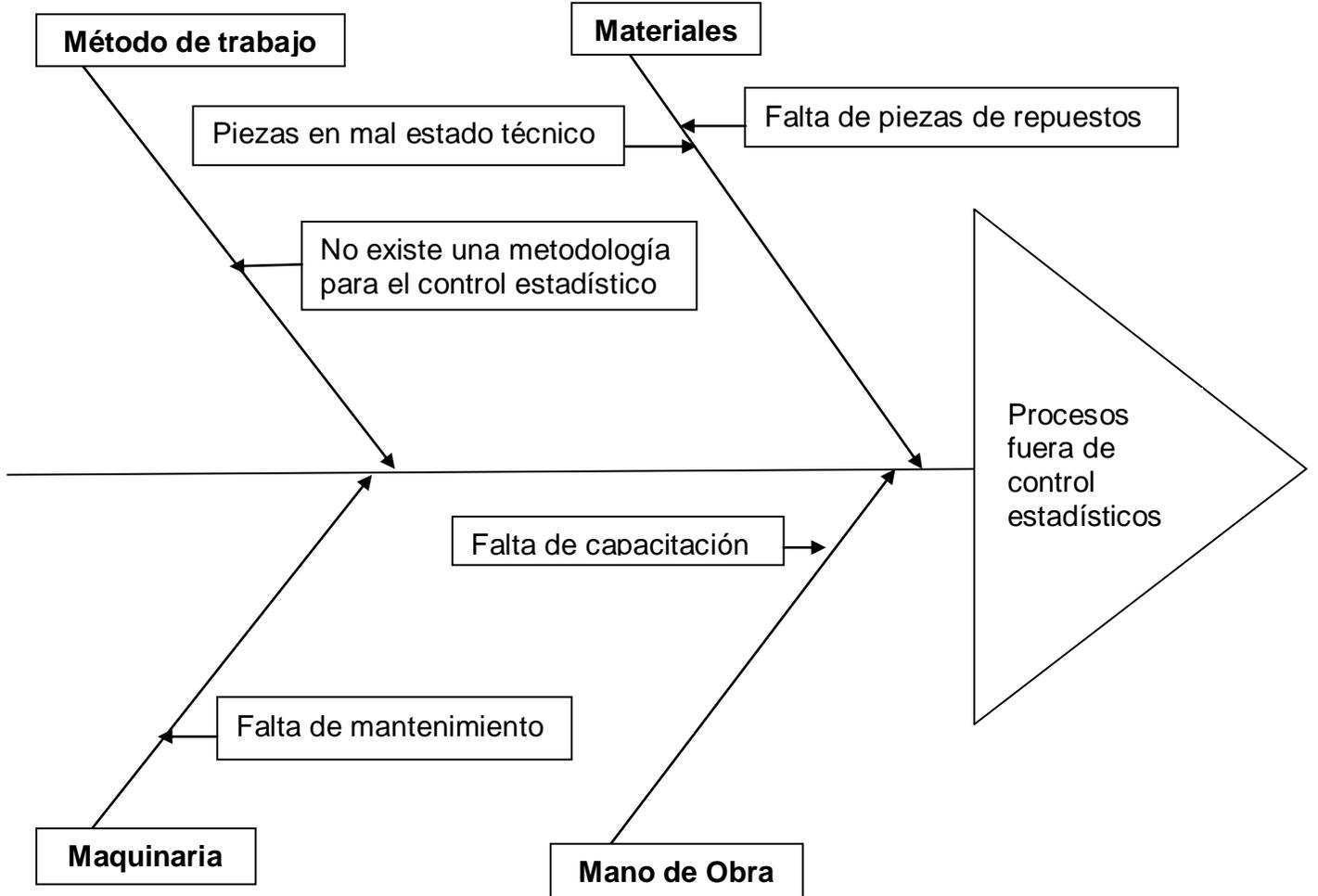


Anexo 12.0 Diagrama OTIDA del proceso



1	-Agencias de viaje -Cliente final
2	-Quejas -Reclamaciones
3	Solicitud
4	Atención al cliente
5	Registro
1	Investigación
6	Tramitación
7	Procedimientos y personal
8	Resultado
9	-Economía -Cliente final -Agencias de viajes

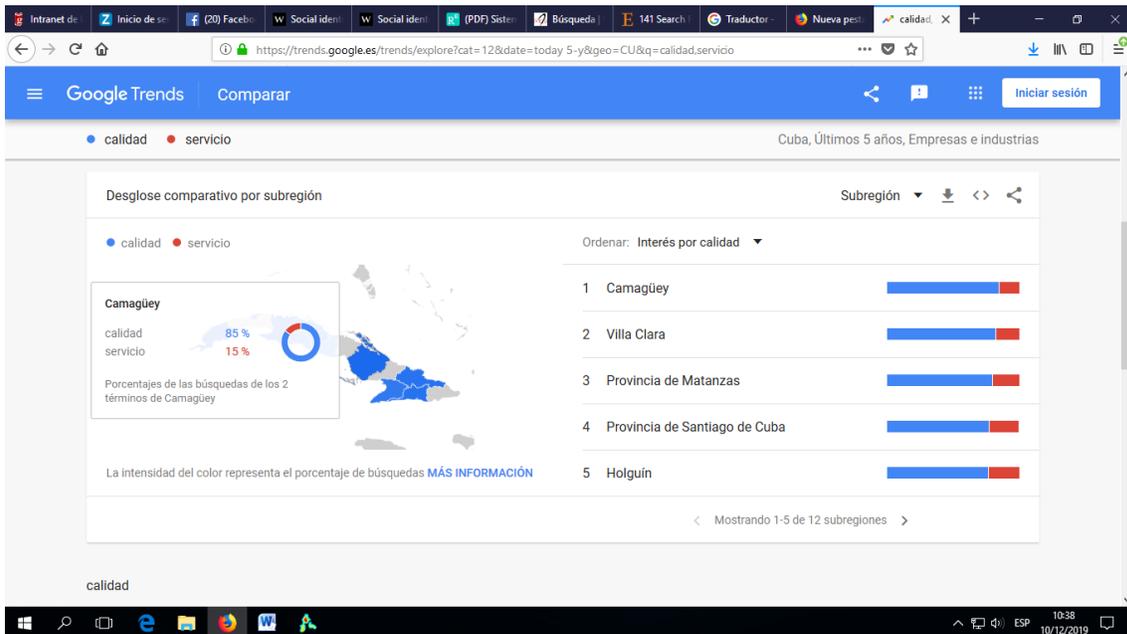
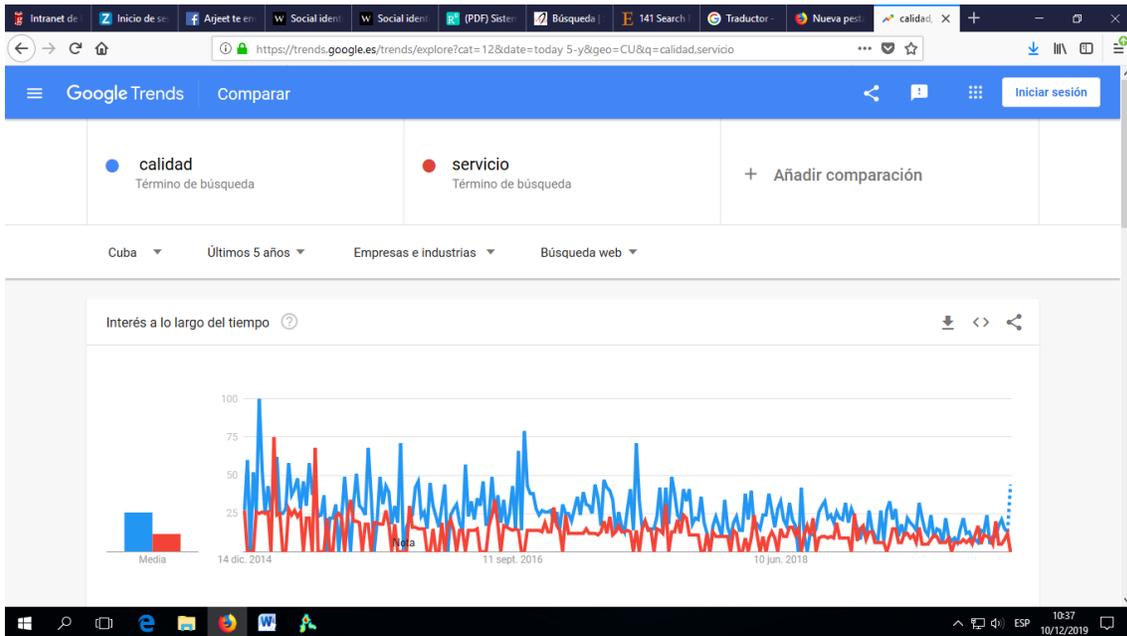
Anexo 13.0 Diagrama Causa-Efecto



Anexo 14.0 Plan de acción

No	Acciones	Responsable	Fecha de Cumplimiento
1	Implementar un programa para la rehabilitación del equipamiento existente.	Director Técnico	Septiembre 2020
2	Realizar el mantenimiento a los Vehículos con mayor frecuencia.	Jefe de Grupo de Mantenimiento	Semanal
3	Contratar personal calificado para el proceso que se realiza.	Especialista Principal de Capital Humano	Septiembre 2020
4	Verificar que la herramienta se encuentre en buen estado técnico y que sea la adecuada.	Jefe de Brigada	Semanal
5	Implementar en el taller la metodología propuesta para el control estadístico de la calidad.	Equipo de trabajo	Septiembre 2020

Otros Anexos



Caracterización de la fuerza de trabajo

