

DESARROLLO SUSTENTABLE, NEGOCIOS, EMPRENDIMIENTO Y EDUCACIÓN

latindex  Dialnet  IDEAS

APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DE PROCESOS

Dr. C. Maira Rosario Moreno Pino¹

MSc. Freddy Cobas Aguilera²

MSc. Luz Elena Suárez Franco³

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Maira Rosario Moreno Pino, Freddy Cobas Aguilera y Luz Elena Suárez Franco (2021): "Aplicación de metodología para la realización del control estadístico de la calidad de procesos", Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 25 (p.p. 33-49, noviembre 2021). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/rilcoDS/25-noviembre21/calidad-procesos>

RESUMEN

El control estadístico de la calidad de procesos continúa siendo una poderosa herramienta para el control de la calidad, ya que proporciona excelentes potencialidades para el análisis del estado de los procesos y la generación de acciones de mejora enfocada a la erradicación de causas de variación no aleatorias y la disminución de no conformidades. El objetivo del artículo consiste en mostrar la aplicación de una metodología para la realización del control estadístico de la calidad a los procesos de tratamiento térmico y forja en la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" de la provincia Holguín, Cuba. Dicha aplicación permitió constatar las bondades y ventajas de la utilización del control estadístico de la calidad a los procesos en la identificación del estado de los procesos, las causas que lo afectan y las posibles acciones de mejora para perfeccionar su estabilidad y capacidad. También se abordan las acciones preparatorias para lograr un adecuado desarrollo del control estadístico de la calidad a los procesos relacionados con el muestreo, la forma en que se ejecutan las mediciones, la selección y construcción de gráficos, que permiten garantizar el éxito de estas herramientas.

Palabras claves: Control estadístico de la calidad, calidad de procesos, estado de los procesos, estabilidad y capacidad.

¹ Profesora Titular, Universidad de Holguín, República de Cuba, mayramp188@gmail.com

² Especialista en Gestión de la Calidad, Empresa Mecánica "Héroes del 26 de julio", fredcobasa@gmail.com

³ Especialista en Gestión Comercial, Empresa Mecánica "Héroes del 26 de julio", lesuarez1991@gmail.com

APPLICATION OF METHODOLOGY FOR THE REALIZATION OF THE STATISTICAL CONTROL OF THE QUALITY OF PROCESSES

ABSTRACT

Statistical control of the quality of processes continues to be a powerful tool for quality control, since it provides excellent potential for the analysis of the state of processes and the generation of improvement actions focused on the eradication of non-random causes of variation and the reduction of non-conformities. The objective of the paper consists of showing the application of a methodology for the accomplishment of the statistical control of the quality to the processes of heat treatment and forging in the Business Unit of Base Factory of Equipment and Agricultural Implements "26 de Julio" of the province Holguín, Cuba. This application made it possible to verify the benefits and advantages of the use of statistical quality control of the processes in identifying the status of the processes, the causes that affect it and the possible improvement actions to improve its stability and capacity. Preparatory actions are also addressed to achieve an adequate development of statistical quality control to the processes related to sampling, the way in which measurements are carried out, the selection and construction of graphs, which allow guaranteeing the success of these tools.

Keywords: Statistical control of quality, process quality, process status, stability and capacity.

INTRODUCCIÓN

El proceso de control tiene la naturaleza de un ciclo de retroalimentación, el cual incluye seleccionar el sujeto de control; esto significa escoger lo que se quiere regular, elegir una unidad de medida, establecer una meta para el sujeto de control creando un sensor que permita realizarle mediciones 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, al control administrativo, entre otros, incluyendo al control de la calidad.

En el caso del control de la calidad, este ha evolucionado históricamente adoptando diversos métodos y herramientas para el logro de su principal objetivo, evitar que lleguen productos no conformes a los clientes. Este control a su vez ha ido influenciando en los procesos que elaboran estos productos con vistas a ir minimizando los costos relacionados con las no conformidades observadas, propiciando la prevención de estas.

Uno de los métodos que ha demostrado su efectividad en esta actividad es el control estadístico de la calidad de procesos, el cual desde su surgimiento en 1924 continúa siendo uno de los métodos de control de calidad más avanzados, manifestando sus potencialidades para el análisis, evaluación y mejora de procesos, potenciando las acciones preventivas de acuerdo al estado en que se encuentre el proceso. Entre estas investigaciones, pueden señalarse las realizadas por (Alfaro Navarro, 2005), (Busutil Sosa, 2006), (Capote Suárez, 2009), (Hernández Vázquez, 2009), (Ramírez Méndez, 2011),

(Ramos Lage, 2012), (Santos Fernández, 2013), (Almeida Consuegra, 2013), (Dionisio Reyes, 2014), (Echemendia Gómez, 2016), (Hernández Pedrera & Da Silva Portofilipell, 2016), (Santana Tamayo, 2017), (Romero Vega, Valdés Luna, Pastor de Moya, & Herrera Acosta, 2018), (Hidalgo Díaz, 2019), (Ricardo Torres, 2019) y (Rodríguez Vignon, 2020).

La Unidad Empresarial de Base Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio", constituye la principal planta productora perteneciente a la Empresa Mecánica "Héroes del 26 de Julio" en la provincia de Holguín, Cuba. Dedicándose a la producción de equipos e implementos agrícolas, piezas de repuesto y otras producciones relacionadas con la transformación de los metales por medio de procesos de forjado, maquinado, corte y conformado, soldadura, fundición y el tratamiento térmico.

Atendiendo al nivel de actividad que se desarrolla en esta unidad se necesita mantener un adecuado nivel en el control de la calidad de sus producciones, por lo que de aplicarse una metodología para la realización del control estadístico de procesos permitirá conocer el estado de los procesos, propiciando la mejora de los mismos y la disminución de las no conformidades. Este trabajo tiene como objetivo mostrar la aplicación de una metodología para la realización del control estadístico de la calidad a los procesos de tratamiento térmico y forja en la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio" de la provincia Holguín, Cuba.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente artículo se realizó una aplicación parcial de la metodología para el control estadístico de la calidad del proceso diseñada por Cobas Aguilera (2021), la cual consta de cuatro etapas, dos fases, 14 pasos, ocho tareas, nueve alternativas, cuatro variantes y tres acciones, la cual se muestra en el anexo 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación parcial de la metodología diseñada por Cobas Aguilera (2021), llegó hasta el paso 3.4 de la fase 3.2 en la tercera etapa de dicha metodología, de acuerdo a lo establecido por esta metodología se muestran los resultados de cada etapa desarrollada.

Etapa 1. Preparatoria

Objetivo: preparar las bases para el posterior estudio y desarrollo del control estadístico de la calidad, potenciando la selección y preparación de las personas que realizarán los estudios y una adecuada selección del proceso a controlar.

Paso 1.1 Selección del equipo de trabajo

El equipo de trabajo quedó conformado por seis integrantes, lo cuales fueron seleccionados por su nivel de experiencia, implicación en el control de calidad de los procesos y desarrollo y planificación de los procesos productivos.

En los dos pasos establecidos en esta etapa se logró conformar un equipo de trabajo para desplegar las acciones que se describen en la metodología empleada.

Etapa 2. Planificación

Objetivo: establecer las bases para el despliegue del control estadístico sobre un proceso o artículo y la característica a controlar de acuerdo al objetivo planteado.

Paso 2.1 Identificación y selección del proceso o artículo y característica(s) a controlar

El equipo de trabajo mediante el empleo de técnicas tales como los criterios de expertos, diagramas de Pareto y de proceso, se decanta por analizar los surtidos **semiproducto azada** y **Disco CD 30 R 51** (disco agrícola). El proceso productivo del **semiproducto azada** se desarrolla en el taller de forja, este taller mantiene un nivel de no conformidades histórico de 1.42% en sus producciones, por lo que el equipo considera evaluar la capacidad y estabilidad del proceso; esta evaluación se realizará por atributos, debido a que este proceso se realiza con productos calientes (más de 500^o C) que se estampan y recortan en matrices que entregan un producto homogéneo en sus características y dimensiones.

En el caso del **Disco CD 30 R 51**, el equipo de trabajo a partir del análisis del proceso de producción de los discos agrícolas y teniendo en cuenta lo establecido en la NC 772:2010 en su apartado 5 *Requisitos de calidad* ("NC 772: 2010 Discos agrícolas — especificaciones de calidad,"), selecciona la característica **dureza**, obtenida mediante la operación de **Revenido** en el proceso de **Tratamiento Térmico**. Esta característica al constituir una variable continua se evalúa por variables.

Paso 2.2 Definición del sistema de medición

Este paso consta de tres tareas, donde se establecen los métodos de medición, el instrumento y el responsable y lugar para la realización de las mediciones, estas tareas tienen como objetivo disminuir los niveles de incertidumbre relacionados con las mediciones a realizar. Para la característica dureza en el producto **Disco CD 30 R 51** se utiliza un método directo de medición mediante un durómetro HRC, el cual tiene un rango de medición de 0 a 100 HRC y el valor de división es de 0.1 HRC. Este instrumento fue calibrado el 6 de octubre de 2020 y se encuentra en óptimas condiciones para su utilización.

En el caso de **semiproducto azada** se empleará el método indirecto de comparación directa, y no se emplearán instrumentos, ya que se compara con una muestra la ausencia de rebabas pronunciadas, grietas, incrustaciones o deformaciones que afecten su conformidad.

Paso 2.3 Selección de la herramienta a utilizar

Las técnicas utilizadas en el desarrollo del control estadístico se describen en la tercera etapa en la fase 3.1 y 3.2.

Paso 2.4 Definición de la forma de inspección y método para realizar el muestreo

La tabla 1 muestra la forma de realizar la inspección y las características del muestreo.

Tabla 1.

Resumen de la forma de inspección y características del muestreo.

Producto/ Característica	Forma de inspección	Tamaño de la muestra	Frecuencia de muestreo
-----------------------------	------------------------	----------------------	------------------------

Disco CD 30 R 51/ Dureza	Por muestreo	4U (20 subgrupos)	1U cada 40U
Semiproducto azada/ Proceso	Al 100%	350	Al 100%

Paso 2.5 Definir el formato para registro de los datos

Los modelos adoptados para el registro de las mediciones se muestran en el anexo 2. para la característica **dureza**, y en el anexo 3 para el **semiproducto azada**.

Etapa 3. Implementación

Objetivo: llevar a cabo las acciones prácticas del control estadístico, con la realización de las mediciones, construcción de los gráficos y el análisis del estado del proceso para la generación de alternativas para el mejoramiento de los procesos.

Fase 3.1 Ejecución

En esta fase se realizarán las acciones relacionadas con las mediciones y revisión de los datos para los posteriores análisis.

Paso 3.1 Realización y registro de las mediciones

Los datos observados se registraron en los respectivos modelos adoptados para estos fines según se muestra en los anexos 2 y 3.

Paso 3.2 Verificación de la condición de normalidad

Dado que la característica **dureza** es la única que clasifica como variable continua se verifica que los datos registrados siguen una distribución normal. Para este análisis realiza 1 acción y se evalúan 2 alternativas, mediante uso de del software STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14.

Acción 3.2.1 Análisis exploratorio de los datos

En el análisis exploratorio de los datos no se observan datos atípicos, lo que indica que no ha habido errores en el registro de los datos o causas especiales que hayan generado datos atípicos, el anexo 4 muestra el diagrama de tallo y hoja y el gráfico de caja y bigote que corrobora esta situación.

Alternativa 3.2.1: se cumple la condición de normalidad

De acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se cumple la condición de normalidad; por lo que se continúa el estudio. Como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Informe del STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Revenido

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0,111054
DMENOS	0,0451498
DN	0,111054
Valor-P	0,278378

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que Revenido proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Paso 3.3 Construcción de los gráficos

Para la construcción de los gráficos se utilizó del software STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14, ver tabla 2.

Tabla 2.

Gráficos \bar{X} y R, p, y np

Dureza		Semiproducto azada	
Tipo de gráfico	Gráfico	Tipo de gráfico	Gráfico
\bar{X}	<p>Gráfico X-bar para Col_3-Col_6</p> <p>LSC = 51,92 CTR = 50,74 LIC = 49,55</p>	p	<p>Gráfico p para Fracc no conf</p> <p>LSC = 0,03 CTR = 0,01 LIC = 0,00</p>
R	<p>Gráfico de Rangos para Col_3-Col_6</p> <p>LSC = 3,72 CTR = 1,63 LIC = 0,00</p>	np	<p>Gráfico np para No conf</p> <p>LSC = 10,82 CTR = 4,38 LIC = 0,00</p>

Fase 3.2 Evaluación

Paso 3.4 Análisis del estado del proceso (estabilidad y capacidad)

Tarea 3.4.1: Análisis de la estabilidad del proceso

Acción 3.4.1.1: Análisis del comportamiento del gráfico

Al analizar el comportamiento del gráfico correspondiente al proceso de tratamiento térmico en la operación de **revenido** en el **Disco CD 30 R 51**, se observa que el mismo mantiene un comportamiento aleatorio, sin que se destaquen patrones o puntos que indiquen la presencia de causas especiales. En el caso del proceso de forja, tanto en el gráfico **p** como **np** se observa que un comportamiento formado por

ciclos, al observarse un patrón formado por valles y crestas repetido periódicamente, los puntos 8; 12; 16 y 20 están precedidos de valles (ver los gráficos de la tabla 2).

Acción 3.4.1.2: Cálculo de la estabilidad del proceso

Del análisis del gráfico correspondiente a la característica **dureza** (\bar{X}), de los 20 puntos ploteados, no se observan puntos que generen patrones que indique inestabilidad en el comportamiento del proceso, por lo que el índice $S_t = 0$, este proceso es estable.

En el caso del proceso de forja, de acuerdo con el análisis del comportamiento del gráfico, se observan 4 puntos especiales de los 21 que se plotearon, calculando S_t se obtiene:

$$S_t = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Total de puntos graficados}} * 100$$

$$S_t = \frac{4}{21} * 100$$

$$S_t = 19.05\%$$

De acuerdo con el valor obtenido de 19.05% el proceso de forja se califica como inestable.

Tarea 3.4.2 Análisis de la capacidad del proceso

Alternativa 3.4.2.1 Estudio de capacidad para procesos controlados por atributo

Para determinar la capacidad del proceso de forja se utiliza la **variante 3.4.2.1.2**.

Variante 3.1.2.1.2 Estudio de capacidad para procesos en línea (evaluación de varias operaciones en línea)

De acuerdo con el proceso productivo del **semiproducto azada** se registraron las no conformidades observadas en cada operación del proceso (anexo 3), resumiéndose en la tabla 2. (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013)

Tabla 2. Rendimiento por operaciones y acumulado.

Conceptos	No conformidades por operación			
	Corte Palanquilla	Calentamiento	Estampado	Recorte
Unidades que pasan a la siguiente operación	7107	7107	7089	7035
Unidades inspeccionadas	7127	7107	7107	7089
Rendimiento individual (Y_i)	0,9972	1,0000	0,9975	0,9924
Rendimiento Acumulado (Y_c)	0,9972	0,9972	0,9947	0,9871

El comportamiento del Rendimiento Acumulado (Y_c) es de 0.9871, conocido este valor se calculan los índices C_{pk} y P_{pk} . Tabla 3.

Tabla 3.

Cálculo de los índices C_{pk} y P_{pk}

Pasos para el cálculo de los índices C_{pk} y P_{pk}	Ecuación	Resultado
Rendimiento promedio normalizado (Y_{PN})	$Y_{PN} = (Y_c)^{1/k}$	$Y_{PN} = (0.9871)^{1/4}$ $Y_{PN} = 0.9967$
Niveles de Sigma (Z_c)	$Z_{ct} = Z_{Y_{PN}} + \Delta\sigma_e$	$P(Z_{Y_{PN}}) = Y_{PN}$ $Z_{Y_{PN}} = 2.72$ $Z_{ct} = 2.72 + 1.5$ $Z_{ct} = 4.22$
Índice de capacidad de corto Plazo (C_{pk})	$C_{pk} = \frac{Z_{ct}}{3}$	$C_{pk} = \frac{Z_{ct}}{3} = \frac{4.22}{3}$ $C_{pk} = 1.407$
Índice de capacidad de Largo Plazo (P_{pk})	$P_{pk} = \frac{Z_{lt}}{3}$	$P_{pk} = \frac{Z_{lt}}{3} = \frac{2.72}{3}$ $P_{pk} = 0.907$

De acuerdo con lo observado en el comportamiento del índice $C_{pk} = 1.407$ se deduce que el proceso de forja es un proceso capaz, pero se debe tener en cuenta que la operación de **Recorte** es la de más bajo rendimiento, con un **99,24%** de efectividad.

Alternativa 3.4.2.2 Análisis de la capacidad del proceso controlados por variables

Variante 3.4.2.2.1 Estudio de capacidad para procesos univariados

Para los análisis de capacidad del proceso de tratamiento térmico en la operación de revenido en el Disco CD 30 R 51 se utilizó el software STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14. El anexo 5 muestra un cuadro resumen de los resultados de los índices de capacidad para este proceso.

De acuerdo con el valor observado de $C_{pk} = 1.3408$ se deduce que la capacidad del proceso de tratamiento térmico en la operación de temple es adecuada.

Tarea 3.4.3 Análisis del estado del proceso (capacidad y estabilidad)

De acuerdo a los valores de los índices S_t y C_{PK} calculado para cada producto se establece el estado de cada proceso (tabla 4) (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013)

Tabla 4.

Clasificación del estado del proceso

Productos a controlar	Proceso	Estabilidad (S_t)	Capacidad (C_{pk})	Estado del Proceso
Semiproducto Azada	Forja	19.5 (inestable)	1.407 (capaz)	Proceso B (Inestable pero Capaz)
Disco Agrícola	Tratamiento Térmico(Revenido)	0 (estable)	1.3408 (capaz)	Proceso A (Estable y Capaz)

Determinado el estado de cada proceso se selecciona la alternativa correspondiente para establecer los procesos de mejora

Alternativa 3.4.3.1: Procesos A. Proceso estable y capaz (*Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013*)

El proceso de **tratamiento térmico (revenido)**, correspondiente a la característica **Dureza del disco CD 30 R 51**, a pesar de que se determinó como estable y capaz, requiere de pequeños ajustes que permitan mantener esta condición.

- Desplegar estudios de estabilidad y capacidad regularmente, al menos trimestralmente; estudiando otros productos que reciban esta misma operación (**revenido**) u otra que permita su realización.
- Profundizar en los estudios de capacidad con vistas a mejorar los índices obtenidos, logrando producciones esbeltas (6 sigma).

Alternativa 3.4.3.2: Procesos B. Proceso capaz pero inestable

En esta clasificación se identificó al proceso de **Forja**, correspondiente al **Semiproducto Azada** que a pesar de catalogarse como capaz este proceso es muy inestable. De acuerdo con los análisis realizados se deben realizar las siguientes acciones para lograr que este proceso sea estable.

- Identificar las causas que generan la inestabilidad para su eliminación o atenuación. (Ver anexo 6).
- Determinar y establecer el límite superior para reacondicionar la estampa del recortado.
- Desarrollar proyectos de inversión para devolver el ajuste a las maquinas herramientas del taller de forja.
- Establecer acciones en el control de la calidad que desarrollen estudios periódicos de capacidad y estabilidad, contribuyendo de este modo al desarrollo de acciones mejora.

CONCLUSIONES

1. Se logró la aplicación parcial de la metodología para el control estadístico de la calidad de procesos en la UEB "26 de julio",
2. A partir de los productos seleccionados y las características evaluadas se determinó el estado de los procesos y las acciones para la mejora de estos,
3. Se constató la vigencia del control estadístico de la calidad de procesos como una de las más útiles herramienta para el control de la calidad, los análisis de variabilidad, la detección de causas y el mejoramiento de procesos y métodos de control.

REFERENCIAS

Alfaro Navarro, J. L. (2005). *Control Estadístico de la Calidad en Procesos Multivariantes Autocorrelacionados. Una aplicación en la Industria Cuchillera de Albacete*. (Tesis Doctoral). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=19104>

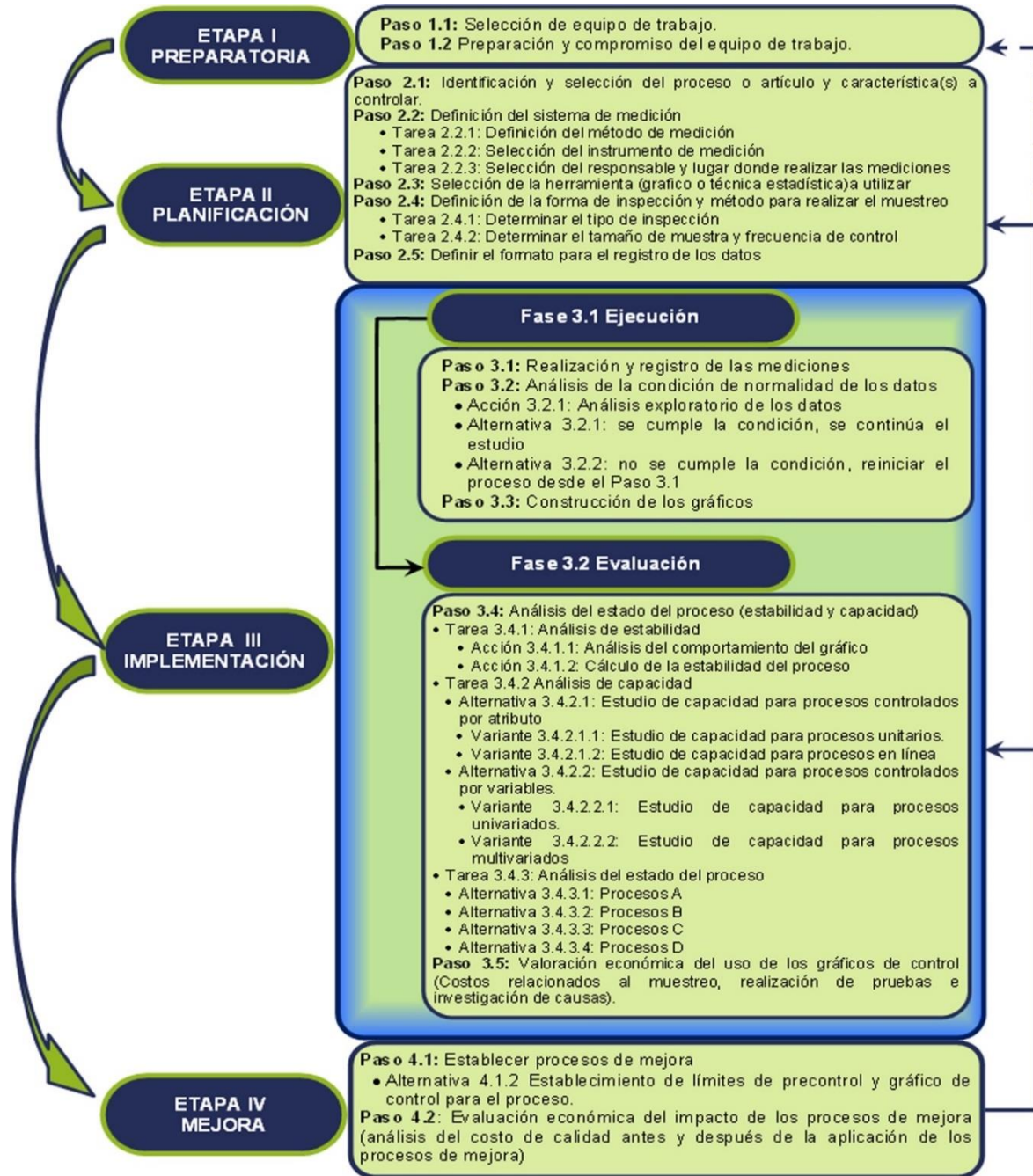
- Almeida Consuegra, Y. (2013). *Establecimiento de un programa de control para el proceso de producción Buje Porta LEED del Taller 25 de la EMI Ernesto Che Guevara*. (Ingeniero Industrial Trabajo de Diploma. Universidad de Holguín).
- Busutil Sosa, Y. (2006). *Ingeniería de la calidad para las producciones biofarmaceuticas comerciales del CIM*. (Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Calidad Total. Universidad Tecnológica de La Habana).
- 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*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad Central de Las Villas).
- Cobas Aguilera, F. (2021). *Metodología para el control estadístico de la calidad de procesos. Aplicación en la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de julio"* (Tesis presentada en opción al título académico de master en ciencias en Ingeniería Industrial. Universidad de Holguín).
- 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"*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad Central de Las Villas).
https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7047/Thema_Thesis_Jessica_24_05_2016_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández Pedrera, C., & Da Silva Portofilipell, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*. 36 (1)
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543786011>
- Hernández Vázquez, E. G. (2009). *Aplicación del Control Estadístico a la Variable Crítica "Temperatura" en una Empresa Acerera*. (Tesis en opción al grado de Máster en Administración y de Negocios con especialidad en producción y calidad. Universidad Autónoma de Nuevo León).
<http://eprints.uanl.mx/1966/>.
- Hidalgo Díaz, M. (2019). *Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa de cigarrillos "Lazaro Peña"*. (Tesis presentada en opción al grado científico de master en ciencias. Universidad de Holguín).
- Gutiérrez Pulido, H. y de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (Tercera edición ed.): McGRAW-HILL.
- NC 772: 2010 Discos agrícolas — especificaciones de calidad.
- Ramos Lage, Y. (2012). *Análisis del sistema de control de la calidad en la producción de FitoMas*. (Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial).
- Ramírez Méndez, E. (2011). *Control Estadístico de Procesos por atributos: Caso ZF Sachs*. (Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de Ingeniería Industrial y de Manufactura. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S. A. de C. V.).

<https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/73/1/TESIS%20E%20RAMIREZ-SIN.pdf>

- Reyes, Y. J. (2014). *Control Estadístico de la calidad aplicado al programa de extensión social de ESSALUD, caso: préstamos bancarios a sus trabajadores. Periodo 2006-2009*. (Para optar el título profesional de Licenciado en Estadística).
- Ricardo Torres, I. (2019). *Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso. aplicación en el Taller de Maquinado de la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio"*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Holguín).
- Rodríguez Vignon, Y. (2020). *Metodología para el control estadístico de la calidad en el proceso de cunas infantiles de la UEB Muebles Imperio*. (Tesis presentada en opción al grado científico de master en ciencias. Universidad de Las Tunas).
- Romero Vega, L. E., Valdés Luna, L. C., Pastor de Moya, J. G. y Herrera Acosta, R. J. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 36 (2), 455.
<https://doi: 10.14482/inde.36.2.10514>
- Santos Fernández, E. (2013). *Contribución al Control Estadístico de Procesos Multivariado usando R*. (Tesis en opción al título académico de Master en Ingeniería Industrial Mención Calidad. Universidad Central de Las Villas). de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/3837>
- Santana Tamayo, I. (2017). *Metodología para el control y mejora de la calidad en el sectores no estatal de la transformación del plástico*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad de Holguín).

Anexo 1.

Metodología para el control estadístico de la calidad de procesos



Anexo 2. Registro de las mediciones de la dureza del revenido

Código: Disco CD 30 R 51										Denominación: Disco CD 30 R 51										D	M	A						
Operación: Revenido										Parámetro a controlar: Dureza Dureza 47—54 HRC										28	10	2020						
Operario:										Máquina Herramienta: Horno de Temple Continuo																		
Subgrupos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	2	2	2	2			
Hora																												
OBSERVACIONES	1	50,7	50,0	50,6	50,9	51,2	50,3	52,0	49,9	51,3	51,5	50,0	51,4	50,1	50,0	50,4	52,0	50,7	51,3	50,0	49,6							
	2	50,0	51,8	50,0	51,0	52,0	50,9	50,7	51,2	50,5	49,9	51,0	51,2	49,5	52,0	50,9	50,1	51,4	50,6	50,6	50,5							
	3	51,3	50,7	51,4	51,6	51,6	50,1	51,1	49,5	52,5	50,6	49,8	52,3	50,2	51,7	51,0	50,7	49,8	52,3	50,5	50,0							
	4	49,7	51,4	50,1	50,1	50,1	49,9	50,6	50,9	51,6	51,0	50,7	50,6	51,0	51,4	49,6	51,6	50,0	50,3	49,0	51,4							
	5																											
SUMA																												
PROMEDIO																												
RANGO																												
G R Á F	LSC:																											
	IC:																											
	LIC:																											
ELABORADO POR:												REVISADO POR:																

Anexo 3. Registro de las no conformidades del proceso de producción del semiproducto Azada.

Mes	No lote	Cant. Entran al proceso	No conformidades por operación					Fracción
			Corte de palanquilla	Calentamiento	Estampado	Recorte	TOTAL	
Octubre	1	350	0	0	2	0	2	0,57%
	2	350	2	0	0	1	3	0,86%
	3	350	0	0	0	4	4	1,14%
	4	350	0	0	0	6	6	1,71%
	5	350	0	0	2	1	3	0,86%
	6	350	0	0	2	1	3	0,86%
	7	350	2	0	0	3	5	1,43%
	8	350	0	0	2	6	8	2,29%
	9	350	4	0	0	0	4	1,14%
	10	350	2	0	2	0	4	1,14%
	11	286	0	0	2	2	4	1,40%
Noviembre	12	350	0	0	0	8	8	2,29%
	13	350	2	0	2	0	4	1,14%
	14	265	2	0	0	1	3	1,13%
Diciembre	15	350	0	0	0	2	2	0,57%
	16	350	0	0	0	6	6	1,71%
	17	350	2	0	0	2	4	1,14%
	18	350	0	0	2	0	2	0,57%
	19	350	2	0	0	2	4	1,14%
	20	350	0	0	2	8	10	2,86%
	21	276	2	0	0	1	3	1,09%
Total		7127	20	0	18	54	92	1,29%

1,2

Anexo 4. Reporte del STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14. Sobre el análisis exploratorio de datos.

Diagrama de Tallo y Hoja para Revenido: unidad = 0,1 1|2 representa 1,2

```

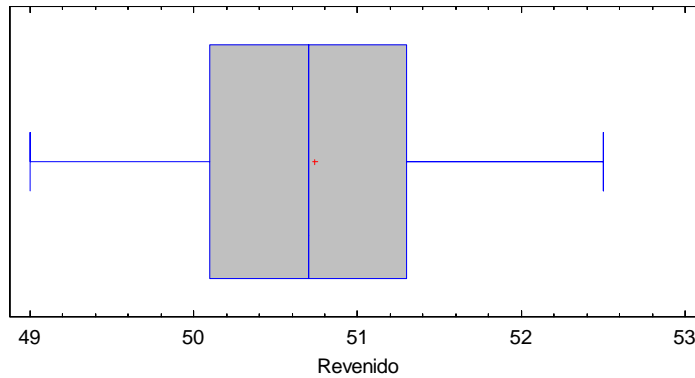
1  49|0
11 49|5566788999
29 50|000000001111112334
(19) 50|555666667777779999
32 51|000000122233344444
14 51|5666678
7  52|000033
1  52|5

```

El StatAdvisor

Esta ventana muestra la tabulación de frecuencias para Revenido. El rango de los datos se ha dividido en 8 intervalos (llamados tallos), cada uno representado por un renglón en la tabla. Los tallos se etiquetan utilizando uno o más dígitos indicadores para los valores que caen dentro de ese intervalo. En cada renglón, los valores individuales se representan por un dígito (llamado hoja) a la derecha de la línea vertical. Esto resulta en un histograma para los datos del cual uno puede recuperar, al menos, dos dígitos significativos de cada valor. Si hay algunos puntos muy alejados del resto (llamados puntos lejanos), se colocan en tallos alto y bajo separados. En este caso, no hay puntos alejados. Los puntos alejados se muestran gráficamente en la gráfica de caja y bigote, a la cual puede accederse por vía de la lista de Opciones Gráficas. La columna de números de la extrema izquierda contiene los recuentos acumulados desde el inicio y desde el fondo de la tabla, deteniéndose en el renglón que contiene a la mediana.

Gráfico de Caja y Bigotes



Anexo 5. Reporte del STATGRAPHICS CENTURIÓN XV. V. 15.2.14. Sobre el análisis exploratorio de datos.

Índices de Capabilidad para Revenido

Especificaciones

LSE = 54,0

LIE = 47,0

	Capabilidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0,811073	0,762138
Cp/Pp	1,43842	1,53078
Cpk/Ppk	1,34082	1,42691
Cpk/Ppk (superior)	1,34082	1,42691
Cpk/Ppk (inferior)	1,53603	1,63466
DPM	30,8461	9,79122

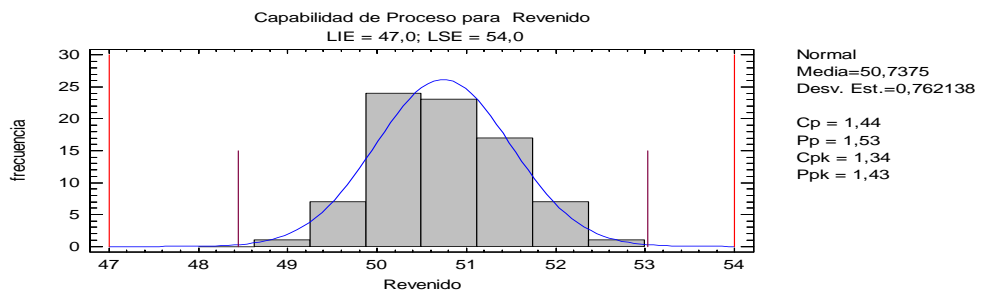
Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango promedio.

Intervalos de confianza del 95,0%

Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cp	1,2144	1,66205
Pp	1,29237	1,76876
Cpk	1,11935	1,56228
Ppk	1,19273	1,66108

El StatAdvisor

Se han calculado diversos índices de capacidad para resumir la comparación entre la distribución ajustada y las especificaciones. Un índice común es el Pp, que, en el caso de una distribución normal, es igual a la distancia entre los límites de especificación dividida entre 6 veces la desviación estándar. En este caso, el Pp es igual a 1,53078, el cual generalmente se considera bueno. Ppk es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Ppk es igual a 1,42691.



Anexo 6. Diagrama Causa Efecto del análisis de estabilidad

