



CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS (CEP)



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación



GUÍA

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS (CEP)

CONCEPTOS Y APLICACIÓN GENERAL FILETE DE TRUCHA CONGELADA



Ministerio de
Agroindustria
Presidencia de la Nación


**Control Estadístico de Procesos
(CEP)**

Versión:
Aprobado por:

Documento elaborado por el Consultor Experto, Lic. Leonardo González, para la Dirección de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agroindustria de la República Argentina.

ÍNDICE

- I. INTRODUCCIÓN AL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS**
- II. VARIACION EN UN PROCESO**
- III. CONCEPTOS ESTADISTICOS**
- IV CAUSAS ASIGNABLES Y NO ASIGNABLES**
- V CAPACIDAD DE PROCESOS (Concepto)**
- VI INDICES CP Y CPK**
- VII CONCEPTO DE VARIABILIDAD**
- VIII GRAFICOS DE CONTROL**
- IX EJEMPLO DE CONTROL DE PESO EN UN FILET DE TRUCHA**
- X DEFINICION DE VARIABLE Y PREPARACION DE LA MUESTRA**

 <p>Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación</p>	<p>Control Estadístico de Procesos (CEP)</p>	<p>Versión: Aprobado por:</p>
---	---	-----------------------------------

INTRODUCCIÓN AL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS

El “Control Estadístico de Procesos” nació a finales de los años 20 en los Bell Laboratories. Su creador fue W. A. Shewhart, quien en su libro “Economic Control of Quality of Manufactured Products” (1931) marcó la pauta que seguirían otros discípulos distinguidos (Joseph Juran, W.E. Deming, etc.).

Desde la publicación de este libro han pasado más de 70 años y sigue sorprendiendo su actualidad y aplicabilidad.

A Shewhart se le recuerda “por los gráficos de control” (X-R, etc.), los cuales frecuentemente son utilizados de manera incorrecta por desconocimiento de los fundamentos estadísticos que los sustentan. Por esta razón se ha considerado conveniente hacer hincapié en los fundamentos estadísticos, el problema del sobre ajuste del proceso y las limitaciones que presentan para la detección de desviaciones en los procesos y aumentos en la variabilidad en los mismos.

El objetivo general de la presente guía, resulta ser brindarle de manera general conceptos y herramientas concretas al sector acuícola, con motivo de fomentar su aplicación y así contribuir a la competitividad de los actores del mismo; así como un caso testigo de lineamiento de implementación en un proceso de envasado de trucha congelada.

Nutriendo al objetivo general, los objetivos específicos planteados resultan ser el identificar las variables a ser analizadas para introducir el control estadístico de proceso CEP, analizar los posibles errores y variaciones indicados por los gráficos de control, además de evaluar y comparar los resultados logrados con el estudio de CEP antes y después del monitoreo directo en la línea de producción.

Se demostró que el proceso está bajo control por encontrarse los resultados dentro de los límites de control establecidos, existe una tendencia a encontrarse desplazados hacia uno de los extremos del límite, la distribución sobrepasa los límites creando la posibilidad de que bajo determinadas condiciones el proceso este fuera de control. Los resultados mostraron además que el proceso estando dentro de los límites de control de calidad está operando lejos de las condiciones óptimas. En ninguna de las situaciones de estudio realizadas, se obtuvieron productos fuera de los límites de peso y con alteración de color, pero sí, se obtuvieron productos defectuosos.

II VARIACION DE UN PROCESO

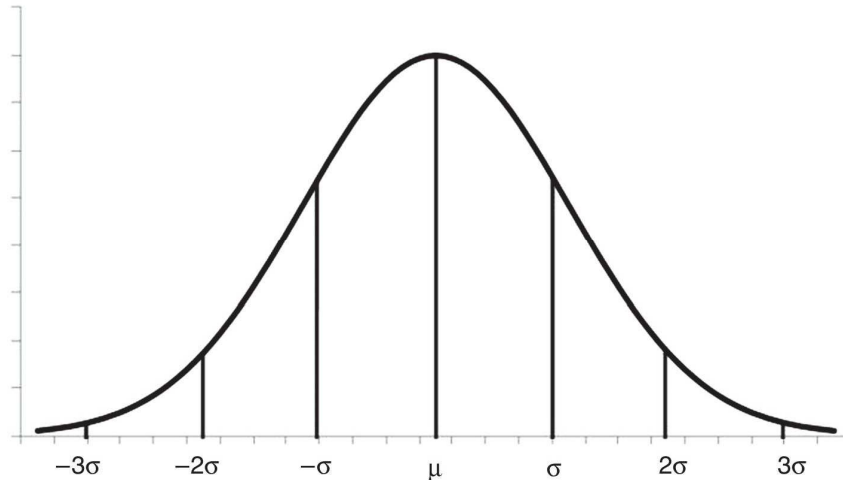
Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales y sobre todo si su origen es el biológico. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una variabilidad. Esta variabilidad, en general, es indeseable y el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites. Por ello, el Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para alcanzar este segundo objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la fabricación. Permite también aumentar el conocimiento del proceso (puesto que se lo está monitoreando de manera habitual), lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora del mismo.

III CONCEPTOS ESTADISTICOS

Para el entendimiento del Control Estadístico de Procesos no es necesario ser un experto en estadística, pero para una correcta aplicación, es preciso conocer o recordar al menos los conceptos básicos que se describen a continuación.

Distribución Normal (Campana de Gauss)

La distribución normal, es muy utilizada en estadística para trabajar ciertas temáticas de probabilidad. Básicamente, depende de dos parámetros μ y σ , que son la media y la desviación típica (sigma), respectivamente. Tiene una forma acampanada (de ahí deriva su nombre) y es simétrica respecto a μ . Llevando múltiplos de σ a ambos lados de μ , nos encontramos con que el 68% de la población está contenido en un entorno $\pm 1 \sigma$ alrededor de μ , el 95% de la población está contenido en un entorno $\pm 2 \sigma$ alrededor de μ y que el 99,73% está comprendido en $\pm 3 \sigma$ alrededor de μ .



Fuente: <http://www.elsevier.es>

Teorema Central del Limite (TLC)

El TLC establece que si una variable aleatoria (v.a) se obtiene como una suma de muchas causas independientes, siendo cada una de ellas de poca importancia respecto al conjunto, entonces su distribución es asintóticamente normal, entonces:

$X = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ son v.a de media μ_i y varianza σ_i^2

Entonces: $X \sim N\left(\sum \mu_i, \sqrt{\sum \sigma_i^2}\right)$

Distribución de las medias muestrales

Si X es una v.a. $N(\mu, \sigma)$ de la que se extraen muestras de tamaño n , entonces las medias muestrales se distribuyen según otra ley normal:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Obsérvese que, como consecuencia del TLC, la distribución de las medias muestrales tiende a ser normal aún en el caso que la población base no lo sea, siempre que el tamaño de la muestra sea suficientemente grande $n \geq 25$, si bien este número depende de la asimetría de la distribución.

CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ASIGNABLES

De acuerdo con lo dicho anteriormente, el proceso está afectado por un gran número de factores sometidos a una variabilidad (por ejemplo, oscilaciones de las características de la materia prima utilizada u otros insumos, variaciones de temperatura y humedad ambiental, variabilidad introducida por el operario, repetibilidad propia de la maquinaria utilizada, etc.), que inciden en él y que inducen una variabilidad de las características del producto fabricado.

Si el proceso está operando de manera que existen pequeñas oscilaciones de todos estos factores, pero de modo que ninguno de ellos tiene un efecto preponderante frente a los demás, entonces en virtud del TLC es esperable que la característica de calidad del producto fabricado se distribuya de acuerdo con una distribución normal. Al conjunto de esta multitud de factores se denominan causas comunes.

Por el contrario, si circunstancialmente incide un factor con un efecto preponderante, entonces la distribución de la característica de calidad no tiene por qué seguir dicha distribución normal y se dice que está presente una causa especial o assignable.

Por ejemplo, si en un proceso industrial se está utilizando materias primas procedentes de un lote homogéneo y se continúa la fabricación con materias primas procedentes de otro lote, cuyas características son muy diferentes de las anteriores, es muy posible que las características de los productos fabricados sean significativamente distintas a partir de la utilización del nuevo lote.

Por definición, se dice que un proceso está bajo **control estadístico cuando no hay causas asignables presentes**. El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica, denominada **Gráfico de Control**.

Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características de la pieza elaborada, en este caso, un alimento.

Capacidad del proceso

El **índice de capacidad del proceso** es una función adimensional de los parámetros del proceso (μ , σ) y de la especificación del proceso (LSE, VN, LIE), desarrollados para proporcionar un lenguaje común y de fácil entendimiento para la calificación del desempeño del proceso.

Dónde:

- ✓ μ = media del proceso
- ✓ σ = varianza de las variables de calidad del proceso
- ✓ LSE = límite superior de especificación
- ✓ LIE = límite inferior de especificación
- ✓ VN = valor nominal

Si un proceso normal está en control estadístico, la característica de calidad del 99,73% de los elementos fabricados estará comprendida entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$. El parámetro σ depende del punto en el que centremos el proceso.

Sin embargo, σ depende del número y variabilidad de las causas comunes del proceso y por lo tanto es intrínseca a él. Por lo tanto, 6σ es la Variabilidad Natural del Proceso o Capacidad del Proceso.

CAPACIDAD DEL PROCESO = 6σ

Es esencial resaltar que la variabilidad natural del proceso, 6σ , es intrínseca a él e independiente de las tolerancias que se asignen. Por lo tanto, si 6σ es menor que el intervalo de las tolerancias a cumplir, necesariamente algunos productos fabricados estarán fuera de tolerancia y serán no conformes.

Índices Cp. y Cpk

Para cumplir más adecuadamente con la función de **predecir cuantos de los productos del proceso van a satisfacer a las especificaciones**, se posee el Índice de Capacidad Potencial del Proceso (Cp), que mide la dispersión permitida del proceso por la medida de la real dispersión del mismo.

La dispersión está relacionada con los límites de especificación (que se definen en función de marcos normativos, de parámetros de calidad, seguridad, entre otros factibles según lo que se elabore), pero la situación del proceso no es considerada ni en la definición ni en el cálculo del Cp.

$$C_p = \frac{\text{Dispersión permitida del proceso}}{\text{Dispersión real del proceso}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

donde

LSE y LIE: son los límites de especificación superior e inferior respectivamente

σ : representa la dispersión de las variables de calidad del proceso.

La dispersión real del proceso generalmente se asume de 6σ , lo que representa en la teoría normal, la anchura del intervalo que contiene el 99,73 % de la población. La dispersión permitida del proceso es considerada fija, mientras que la dispersión real del proceso debe ser estimada.

Como el C_p mide la dispersión del proceso con relación a los límites de especificación sin contar con la localización media del proceso, es posible que con un valor de C_p alto, tengamos productos fuera de la especificación, debido a que la media del proceso está suficientemente próxima a los límites de especificación.

Para corregir esto, **se contempla el índice C_{pk} , que lleva en cuenta la variabilidad del proceso y su ubicación con relación a los límites.**

La evaluación del proceso a través del uso del C_{pk} se hace de la siguiente manera:

$C_{pk} \geq 2,00$: proceso excelente, altamente confiable.

$1,33 < C_{pk} < 2,00$: proceso capaz, relativamente confiable.

$1,00 < C_{pk} < 1,33$: proceso relativamente incapaz, poco confiable.

$0 < C_{pk} < 1,00$: proceso incapaz, pudiendo tener producción defectuosa.

$C_{pk} < 0$: proceso totalmente incapaz, sin condiciones de mantener las especificaciones.

Se presentan dos formas equivalentes para el índice C_{pk} . La primera fórmula considera los límites de especificación superior e inferior separadamente. La segunda fórmula utiliza la desviación de la media del proceso por el punto medio de los límites de especificación.

Antes de presentar el índice C_{pk} , será necesario considerar otros dos índices: CPU y CPL.

Considerando el caso de especificación superior se define:

$$CPU = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (2)$$

Análogamente para procesos con especificación inferior se tiene:

$$CPL = \frac{\mu - LIS}{3\sigma} \quad (3)$$

Para el caso de especificaciones bilaterales se define el índice como, $C_{pk} = \text{mínimo (CPL, CPU)}$. El índice C_{pk} , por tanto, determina la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación más próximo. La relación entre C_p y C_{pk} es definida por:

$$C_{pk} = (1 - k)C_p \quad (4)$$

donde

$$k = \frac{2(VN - \mu)}{LSE - LIE} \quad (5)$$

μ = media del proceso y VN = valor nominal del proceso

donde

k: representa la porción de la dispersión permitida del valor del proceso no producida en el objetivo.

Si $k = 0$, la media del proceso coincide con el valor central. Si $k = 1$, la media del proceso está localizada en uno de los límites de especificación. Las dos definiciones de C_{pk} son algebraicamente equivalentes para $0 < k < 1$ y el valor central coincide con el punto medio de los límites de especificación.

Siempre será de extrema importancia comparar los límites C_p y C_{pk} para cada característica.

Si el proceso posee un bajo C_{pk} , entonces el índice C_p debe ser verificado para determinar si la variabilidad es demasiado alta. Si C_p está próximo al valor de C_{pk} , entonces la operación del proceso no representa un problema.

Concepto de variabilidad

La variabilidad es definida como un fenómeno común en los temas provenientes de un proceso industrial. Ocurre tanto en indicadores de desempeño de operaciones del proceso, como en su rendimiento, en los indicadores de calidad de los productos producidos, estando el proceso bajo control.

Para cualquier proceso de producción, independientemente de sus características, contiene muchas fuentes de variabilidad. Por mejor ajustado que esté, los productos presentarán diferencias entre sí, pudiendo ser grandes o muy pequeñas.

Para el control del proceso y reducción de tal variabilidad, es importante investigar las causas que las originan. El primer paso es distinguir entre **causas comunes y causas especiales**.

Es común que existan confusiones entre las causas comunes y las denominadas especiales, en consecuencia, llevará no solo a mayor variabilidad, sino a costos más elevados.

Gráficos de control

Un gráfico de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de los cuales se localiza abajo y el otro arriba de la línea central, y valores característicos marcados en el gráfico representando el estado de un proceso. Si todos éstos valores marcados están dentro de los límites de control, sin cualquier tendencia particular, el proceso se considera bajo control, mientras que si los puntos inciden fuera de los límites de control o presentan una disposición atípica, el proceso es considerado fuera de control.

Existen dos tipos de causas para las variaciones en un proceso o producto:

Causa especial: Es una variación inevitable y fatalmente ocurre en un proceso, aun cuando la operación sea ejecutada con el uso de materias primas y métodos estandarizados.

Causa común: Es la variación debida a una causa que se puede particularizar, significa que existen factores relevantes que deben ser investigados, es eludible pero no debe ser subvalorada. Cuando inciden puntos fuera de los límites de control o muestran una tendencia particular, decimos que el proceso ésta fuera de control.

No tiene sentido la evaluación de un proceso inestable que presenta causas especiales, pues refleja apenas un determinado momento ya que el proceso no presenta comportamiento previsible. Después de la eliminación de todas las causas especiales, el proceso estará funcionando bajo control estadístico.

Es así que un proceso en control estadístico o estable es aquél que posee variabilidad asociada apenas a las causas comunes, o sea, **sigue cierta calidad previsible a lo largo del tiempo, y por ende sería lo deseado.**

Sin embargo, esa calidad estable del proceso puede o no ser capaz de producir piezas, reiteramos alimentos en este caso, que atiendan a las especificaciones de clientes o de proyecto. Una vez eliminadas las causas especiales, se puede entonces evaluar la real capacidad del proceso comparando su variabilidad asociada a las causas comunes con las especificaciones.

Gráfico de control



Fuente: <https://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>

EJEMPLO GENERAL DE CONTROL DE PESO EN UN FILET DE TRUCHA

Para el control de calidad en trucha se establecieron como variables: el peso, y alteración de color de las piezas elaboradas, el formato de productos, cajones de 23 Kg. Este caso se dividió en dos situaciones:

1ª situación: Análisis de los pesos, alteración de color en las piezas elaboradas con monitoreo de los operadores.

Esta fase será triplicada, fueron hechos diez muestreos de diez pesos dentro de un período de 8 h totalizando 100 muestras, el proceso tendrá sus parámetros monitorizados durante todo el turno.

2ª situación: Análisis de los pesos, alteración de color de las piezas en las muestras del proceso con acompañamiento directo en la línea.

Esta segunda fase será realizada también triplicada con el monitoreo de los parámetros y etapas del proceso sugiriendo alteraciones para la optimización.

Se hicieron diez muestreos de diez pesos dentro de un período de 8 horas totalizando 100 muestras.

Después de obtenidos todos los datos registrados en planillas del Excel, será utilizado el Minitab para la realización de los gráficos de control, histogramas y los cálculos de Cp y

Cpk para cada una de las situaciones anteriores y los resultados serán minuciosamente analizados para llegar a una conclusión.

Para la alteración de color, fue utilizado el gráfico de control por atributos.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En esta fase inicial, fue hecho un estudio de CEP de la producción durante tres días con muestreo de los propios operadores, los datos de peso se obtuvieron de las planillas diarias llenadas bajo operación en condiciones habituales de trabajo. En la tabla 1, se pueden visualizar los registros del primer día de las diez muestras de cada subgrupo Xi (desde i=1 hasta 10).

Tabla 1

Muestras del primer día Peso (Kg) - primer día

X1	23,65	23,47	23,38	23,65	23,67	23,34	23,49	23,39	23,61	23,56
X2	23,35	23,62	23,75	23,57	23,23	23,68	23,75	23,65	23,48	23,79
X3	23,71	23,38	23,51	23,68	23,24	23,61	23,66	23,29	23,58	23,47
X4	23,50	23,42	23,43	23,39	23,29	23,45	23,31	23,47	23,29	23,46
X5	23,55	23,25	23,13	23,67	23,71	23,33	23,62	23,09	23,60	23,47
X6	23,25	23,26	23,29	23,75	23,18	22,99	23,36	23,21	23,12	23,72
X7	23,51	23,23	23,38	23,70	23,32	23,57	23,68	23,58	23,55	23,65
X8	23,47	23,31	23,57	23,41	23,44	23,29	23,57	23,42	23,41	23,55
X9	23,78	23,72	23,73	23,67	23,65	23,33	23,65	23,68	23,72	23,59
X10	23,63	23,68	23,33	22,98	23,55	23,12	23,39	23,14	22,96	23,21

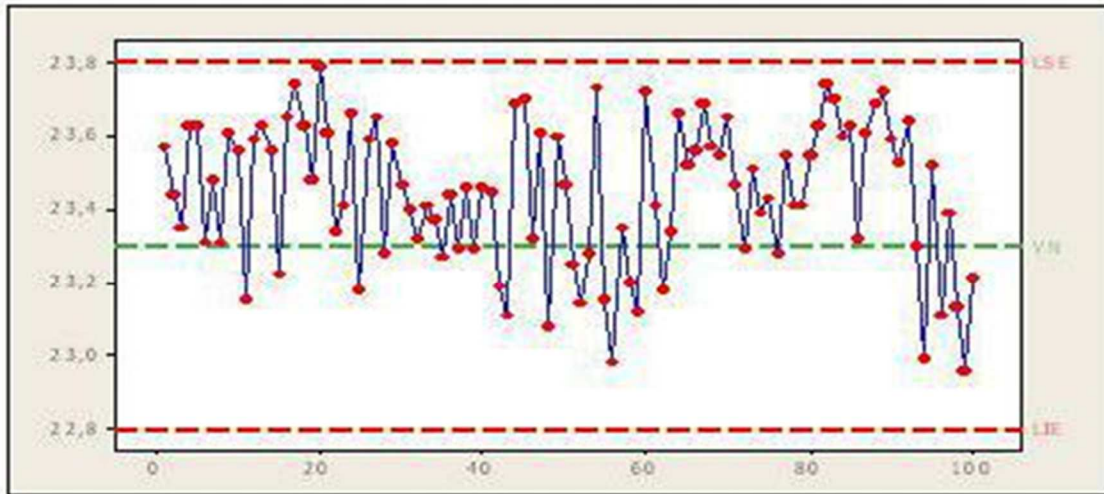


Figura 1. Carta de control del primer día.

Fuente: Control Estadístico de Procesos de Manufactura – SPC. Centro de ingeniería de la calidad

Por la carta de control se observa que todos los resultados de peso dieron dentro del especificado, observándose que prácticamente el 75 % de las muestras reportaron un peso por encima del valor nominal, muchas de ellas muy próximas al límite superior de especificación.

Posteriormente se procedió a obtener el histograma figura 2 y los valores de Cp y Cpk.

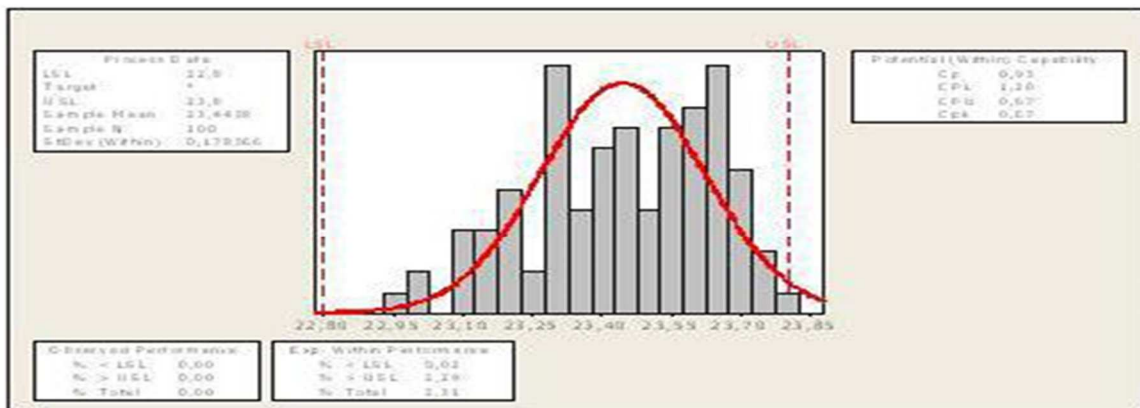


Figura 2. Histograma y capacidad del proceso del primer día

Fuente: Control Estadístico de Procesos de Manufactura – SPC. Centro de ingeniería de la calidad

La salida del MINITAB para el análisis de capacidad presenta un histograma de los datos, con una curva de distribución normal representada. La curva es generada basándose en la media del proceso y en el desvío dentro de los subgrupos. LSL (LIE) y USL (LSE) corresponden a los límites de especificación inferior y superior, respectivamente. Es calculado también el porcentaje de partes por millón, bajo dos aspectos distintos: de acuerdo con los valores de las muestras (Observed Performance) y con base en la curva continuada (Within Performance).

El valor de % se refiere a la parcela de productos fabricados fuera de los límites de especificación a cada millón de piezas producidas.

Se observó que afirmando que el proceso no está bajo control, no fue producida ninguna pieza con peso fuera de la especificación, no obstante, existe la posibilidad de que el 2,29 % de las piezas fabricadas en el futuro, estén por encima del límite superior y 0,02% por debajo del límite inferior debido al desplazamiento de la distribución sobrepasando los límites. Los índices Cp y Cpk fueron de 0,93 0,67 respectivamente, luego, como se puede percibir en el histograma, existe un desplazamiento del proceso para la derecha. El Cp mide la dispersión del proceso con relación a los límites de especificación sin contar con la localización media del proceso, el Cpk toma en cuenta la variabilidad del proceso y su ubicación con relación a los límites, luego, la variabilidad es alta. Entonces el proceso es incapaz ya que el valor de Cpk es menor que 1,00.

Tabla 2

Muestras del sexto día Peso (Kg) - sexto día

X1	23,25	23,28	23,38	23,11	23,34	23,33	23,25	23,17	23,43	23,13
X2	23,35	23,28	23,35	23,36	23,36	23,30	23,40	23,34	23,32	23,29
X3	23,35	23,38	23,28	23,15	23,38	23,43	23,33	23,31	23,17	23,31
X4	23,27	23,34	23,37	23,18	23,16	23,30	23,15	23,29	23,32	23,24
X5	23,48	23,31	23,46	23,37	23,15	23,39	23,33	23,45	23,26	23,26
X6	23,28	23,25	23,17	23,29	23,22	23,31	23,25	23,21	23,38	23,32
X7	23,35	23,28	23,33	23,55	23,43	23,35	23,32	23,24	23,37	23,18
X8	23,26	23,41	23,24	23,22	23,26	23,38	23,40	23,24	23,36	23,30
X9	23,22	23,32	23,12	23,28	23,50	23,27	23,16	23,32	23,31	23,05
X10	23,32	23,31	23,35	23,41	23,32	23,38	23,28	23,37	23,29	23,42

Tomando como base los valores muestreados, se realizó el estudio de CEP del sexto día y su carta de control. Ver figura 3.

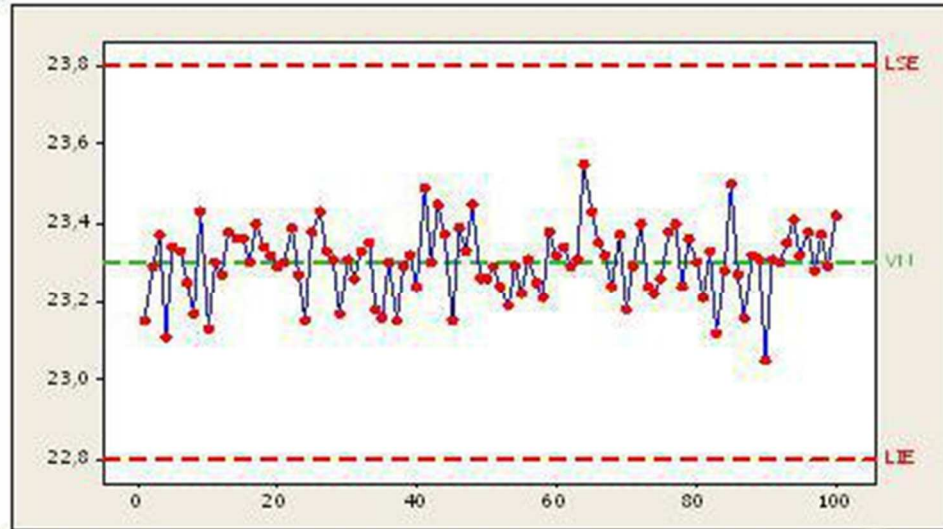


Figura 3. Carta de control del sexto día.

Fuente: Control Estadístico de Procesos de Manufactura – SPC. Centro de ingeniería de la calidad

Se observó en el gráfico que todas las muestras están dentro de la especificación de peso establecidas y su distribución no presenta puntos próximos a los límites, se encuentra mayormente distribuida en torno al valor nominal.

Posteriormente se obtuvo el histograma y los cálculos de Cp y Cpk correspondientes a este día. Ver figura 4.

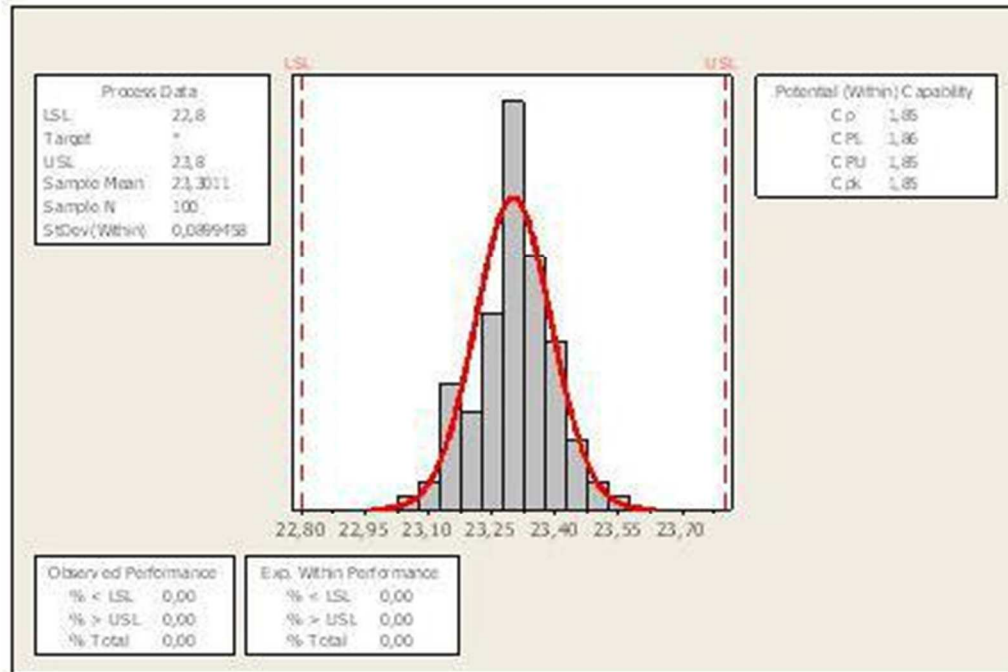


Figura 4. Histograma y capacidad del proceso del sexto día.

Fuente: Control Estadístico de Procesos de Manufactura – SPC. Centro de ingeniería de la calidad

No fue constatada ninguna muestra fuera de la banda de especificación, y ninguna posibilidad de que futuras producciones den fuera de los límites de especificaciones, se puede visualizar como la distribución normal se queda totalmente dentro de los límites y bien centralizada. Los índices Cp y Cpk reportaron un valor de 1,85, la variabilidad es nula y la centralización de la distribución es prácticamente perfecta. El proceso ahora pasa a ser capaz nuevamente en el sexto día, $Cpk > 1,33$.

Haciendo la comparación entre el sexto día de la segunda situación y el primer día de la primera situación, se nota la gran diferencia entre un proceso bien monitorizado, tomando medidas preventivas y correctivas, y un proceso sin estas acciones.

En esta segunda situación, el análisis por atributos de color no arrojó ningún tipo de problema en alteraciones del color del producto.

Basados en los resultados, se verificó que en ninguna de las dos situaciones de estudio realizadas fueron producidas piezas fuera de los límites de peso y con alteración de color.

CONCLUSIONES

Fueron presentados elementos básicos necesarios del Control Estadístico de Proceso (CEP) y aplicados para evaluar las posibilidades de mejorar un proceso productivo, los resultados mostraron la necesidad de un control más riguroso de la calidad de los insumos.

Las variables definidas tomando como base los registros históricos de paradas en el equipo debido a problemas de calidad fueron el peso, color del producto, resultando bastantes satisfactorias generando resultados confiables. Se observó que la única variable que no presentó ninguna anomalía desde el inicio del estudio fue relacionada a la alteración de color.

Al analizar los posibles errores y variaciones indicados por los gráficos de control de acuerdo con la literatura, fueron detectados errores y variaciones perceptibles en la calidad del producto específicamente en el peso cuando no existió un control riguroso del proceso (primera situación).

Al comparar los resultados logrados con el estudio de CEP antes y después del monitoreo directo en la línea de producción se percibe la gran diferencia de un rígido control de calidad con monitoreo constante en la línea y bajo condiciones normales de trabajo (situación segunda).

GLOSARIO

CEP: Control estadístico del proceso

Cp: Índice de Capacidad Potencial del Proceso

Cpk: Índice que toma en cuenta la variabilidad del proceso y su ubicación con relación a los límites

k: Índice que representa la porción de la dispersión permitida del valor del proceso no producida

LSE, USL: límite superior de especificación

LIE, LSL: límite inferior de especificación

TLC: Teorema central del limite

VN: valor nominal

Letras griegas

μ : valores de la media de los datos del proceso

σ : varianza de los datos del proceso

 <p>Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación</p>	<p>Control Estadístico de Procesos (CEP)</p>	<p>Versión: Aprobado por:</p>
---	---	-----------------------------------

Bibliografía

1. ABIPLA, *Anuário Abipla 2012*. São Paulo, 2012, 234 p.
2. CAMPOS, R.; ROCHA, R. “O controle estatístico de processos (CEP) para o monitoramento da qualidade do farelo de soja no processo do óleo de soja na empresa CAC”. NUPEM, 2009, 13 p.
3. CAMPOS, V. F. TQC: Controle da Qualidade Total (estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
4. HEIZER, Jay; RENDER, Barry. Administração de operações. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001.
5. KUME, H. Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. 1ª edição, SAO PAULO. Gente, 1993, p.177-187.
6. MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004, 74 p.
7. RIBEIRO, J. L.; CATEN, C. S. Série Monográfica Qualidade – Controle Estatístico do Processo. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012,
8. SAMOBYL, R. W. Controle Estatístico de Qualidade. 1ª ed. 2009, editora: Campus Elsevier, 275 p.
9. WHEELER, D. J.; CHAMBERS, D. S. Understanding Statistical Process Control. 3ª ed. SPC Press, Knoxville – Tennessee, 2010.

Sítios WEB

<http://www.cicalidad.com/>

<http://www.elsevier.es/es-revista-revista-internacional-metodos-numericos-calculo-338-articulo-metodo-semianalitico-mecanica-del-contacto-S0213131515000553>

<https://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>