

Diagnóstico del Estado Actual del Proceso de Elaboración y Empaque del Producto Enlatado y Análisis de su Problemática de Sobrepeso Usando Seis Sigma

Paola Andrea Herrera Ospina

Engineering Management

Dr. Héctor J. Cruzado

Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental y Agrimensura

Universidad Politécnica de Puerto Rico

Resumen — *Se estudia el proceso de fabricación y empaque del producto enlatado de Industrias La Coruña debido a que se obtiene un producto con un peso mayor al declarado en la etiqueta causado por la variabilidad en los subprocesos, ocasionando sobrecostos en producción, pérdida de materia prima y violación a las regulaciones. Por lo tanto, se caracteriza y analiza el problema y sus causas, para validarlas junto con los datos y el sistema de medición y se proponen mejoras mediante la metodología Seis Sigma. Esto resultó en la identificación de subprocesos críticos para la variable peso, procesos no capaces y descentralizados, niveles sigma bajos, replanteamiento de límites de control y fuentes de variación. Esto evidencia la situación y su impacto, el planteamiento de mejoras y estrategias de solución y la validez y efectividad de las herramientas aplicadas.*

Términos clave — *Seis Sigma, estadística descriptiva, calidad, procesos.*

INTRODUCCIÓN

Industrias La Coruña es una compañía líder en el sector de productos embutidos cárnicos que tiene como misión elaborar y mercadear productos con un alto estándar de calidad para obtener el mayor beneficio económico posible. Pero tiene en la línea de enlatados, productos con sobrepeso, que la lleva a incumplir con estos estándares y la aleja del alcance de su objetivo económico. Para mejorar esta situación, se realiza este estudio estadístico y exploratorio para realizar un diagnóstico del estado actual del proceso de elaboración y empaque y el análisis de su problemática de sobrepeso mediante la metodología Seis Sigma para generar propuestas y

trabajar sobre las causas de variabilidad para eliminarlas o mitigarlas. Se presenta en este documento la revisión de la literatura, el enfoque de análisis, que detalla los temas a analizar y los métodos utilizados, para luego, describir los resultados arrojados y discutir temas críticos con alto impacto en el proceso y, por último, el planteamiento de conclusiones, sus implicaciones y recomendaciones para trabajos futuros.

REVISIÓN DE LITERATURA

Seis Sigma es una metodología de calidad, “centrada en el cliente para lograr procesos, productos y servicios casi perfectos” [1]. Para desarrollarla, es esencial considerar el enfoque de mejora de calidad DMAIC que comprende las fases de: “Definir el problema con la mayor claridad. Medir el nivel actual de rendimiento y la voz de los clientes. Analizar los datos para determinar las causas del problema. Mejorar con soluciones correctas y el Control para mantener las ganancias” [2].

A medida que se interviene en este enfoque, se van incorporando herramientas en cada fase. Para este caso de estudio en la fase de Definir se incluye, una vez se ha descrito el proceso, el Diagrama SIPOC que relaciona proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

En la parte de Medir, se utiliza estadística descriptiva para analizar la problemática del proceso mediante recopilación de datos con resultados gráficos que muestren y evidencien situaciones utilizando “técnicas para organizar, resumir, presentar e interpretar un conjunto de datos para sacar conclusiones que no vayan más allá de los límites del conjunto de datos” [3].

Como ejemplos de esta estadística descriptiva utilizada, son las pruebas de normalidad como antesala a la capacidad del proceso, que determina si los datos están distribuidos normalmente. Esto da paso a la capacidad del proceso, que determina cuán capaz es el proceso, “indica que tan bien está funcionando un proceso con respecto a las expectativas del cliente y si cumple con los requisitos.” [4]. Además, provee las partes por millón totales que conducen a determinar el nivel sigma del proceso para recomendar aspectos a mejorar.

Otro ejemplo es el estudio RTY, que identifica las oportunidades de tener una característica de no calidad que conlleve a productos defectuosos o “la probabilidad de que una sola unidad pueda pasar por todos los pasos en un proceso sin defectos” [5].

En cuanto a la fase de Analizar se utilizan herramientas para el análisis de causas raíces y fuentes de variación para el análisis de causas del problema, como el diagrama 6M, que analiza aspectos como la mano de obra, método, maquinaria, medio ambiente, material y medición, que pueden influir en la variación del proceso.

ENFOQUE DE ANÁLISIS

El análisis comprende las fases DMAIC desde definir hasta analizar.

Definir

Se aplican herramientas cualitativas como entrevistas y reuniones con personal que interactúa con el proceso de estudio, se establece un marco de referencia para las actividades, flujos de recursos y resultados del proceso, para después profundizar acerca de la problemática de interés y su comportamiento. Se valida la descripción del proceso con el personal de dirección y se proponen diagramas que ilustran el funcionamiento del proceso completo.

Medir

Se utilizó la estadística descriptiva para esta fase como sigue:

- **Pruebas de Normalidad:** Se comprueba que los datos sigan una distribución normal para la variable peso, realizando la prueba de Anderson-Darlin.
- **Capacidad del Proceso:** Se determina el CP y CPK del proceso, para establecer si el proceso es capaz de cumplir los requerimientos del cliente y está centrado.
- **RTY:** Se calcula el RTY para establecer la probabilidad de que un producto “salga bueno al primer intento”.
- **Nivel Sigma:** Con los datos que se obtengan sobre las variables críticas que producen fuentes de variación, se determina el nivel sigma actual del proceso.

Analizar

Con el Diagrama 6M, se identifican posibles fuentes de variación para el análisis de causas del problema que producen sobrepeso en el proceso.

RESULTADOS

Caracterización del Problema

Se describieron 18 subprocesos y esquematizaron en el Diagrama SIPOC, como lo muestra la Figura 1 (A y B), para representar entradas, salidas, requisitos, clientes y proveedores del proceso.

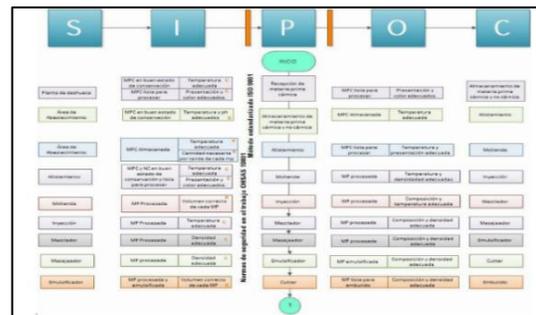


Figura 1A
Diagrama SIPOC

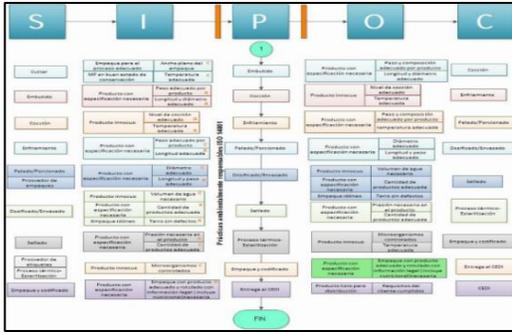


Figura 1B
Diagrama SIPOC (Continuación)

Análisis de Problemática en el Proceso

Se encontraron 7 subprocesos más relevantes en relación con el peso. Con validaciones estadísticas de datos históricos y descripciones se diagnosticó la situación actual como lo muestra la Figura 2 y la Figura 3, identificando dos subprocesos críticos, el de embutido y el de llenado. La distribución de los datos, como lo muestra la Figura 4 y la Figura 5 resultó normal para ambos subprocesos.

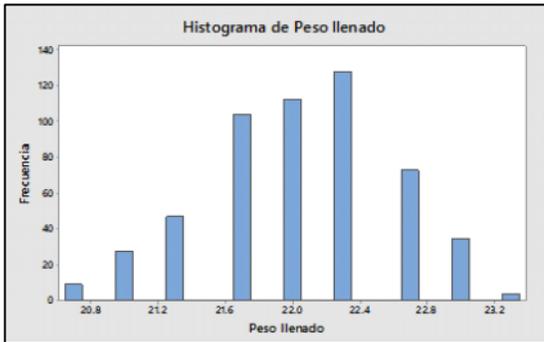


Figura 2
Histograma peso en embutido (gr)

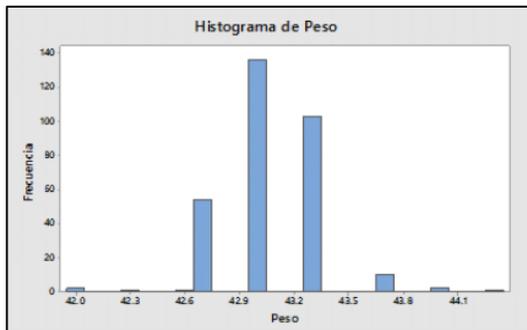


Figura 3
Histograma peso en llenado (gr)

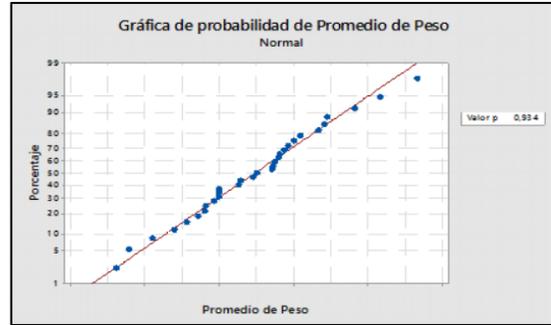


Figura 4
Prueba de Normalidad peso en Embutido

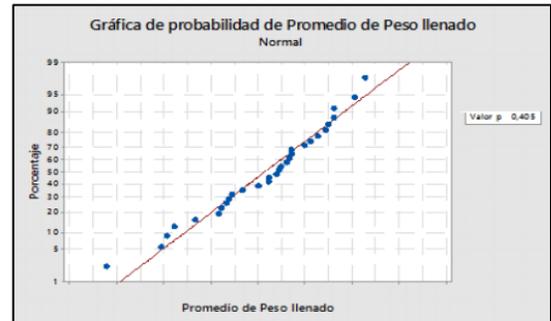


Figura 5
Prueba de Normalidad peso llenado

La Figura 6, muestra el análisis de los datos para el índice de la Capacidad del Proceso (C_p) y el índice de Capacidad Real (C_{pk}). Se tiene que el $C_p=0.69$, este valor es menor que 1 por lo que se concluye que el proceso no es capaz y está por fuera de control, lo que conlleva que se tendrán muchos productos que no están por dentro de los límites especificados y como el $C_{pk}=0.57$, es inferior al C_p encontrado, quiere decir que el proceso está descentrado.

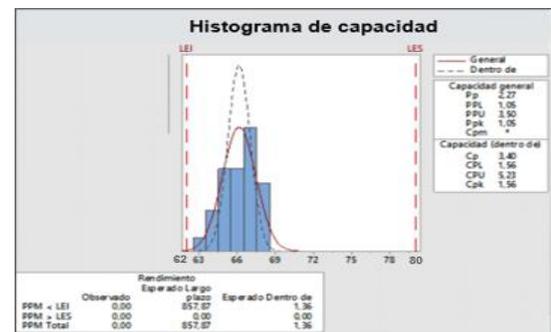


Figura 6
Gráfica capacidad proceso embutido

La Figura 7 muestra el análisis de los datos obtenidos en el subproceso de Llenado para el índice de Capacidad del Proceso (C_p) y el índice de

Capacidad Real (Cpk). Se tiene que el $C_p=3.40$, este valor es mayor a 1, por lo que se concluye que el proceso es capaz de cumplir con los límites de control y como el $C_{pk}= 1.56$, es inferior al C_p encontrado, quiere decir que el proceso está descentrado.

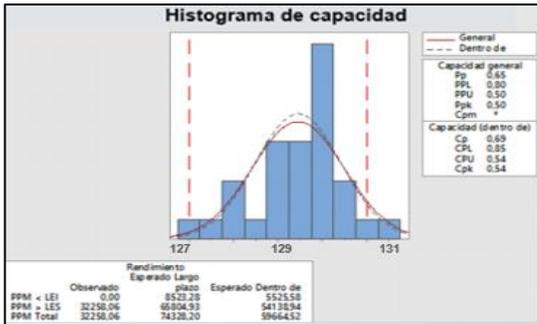


Figura 7
Gráfica de Capacidad de proceso de llenado

La Figura 8 muestra el subproceso de embutido con unas partes por millón totales de 166,250.78. El proceso se encuentra en un nivel sigma de 2, que es algo muy negativo para la compañía. Debe mejorar este resultado, a través de la implementación de propuestas de mejora que reduzcan la variabilidad del proceso.

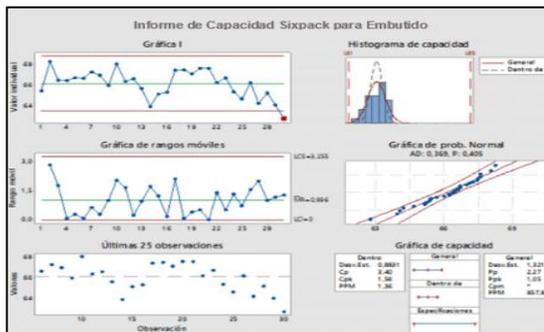


Figura 8
Análisis Seis Sigma Embutido

La Figura 9 muestra que el subproceso de Llenado tiene unas partes por millón totales de 859.23. El proceso se encuentra en un nivel sigma de 4, que es algo positivo, pero plantea la necesidad de validar si los límites actuales de especificación son los adecuados para las metas planteadas de la compañía en vías de reducir los desperdicios y sobrecostos.

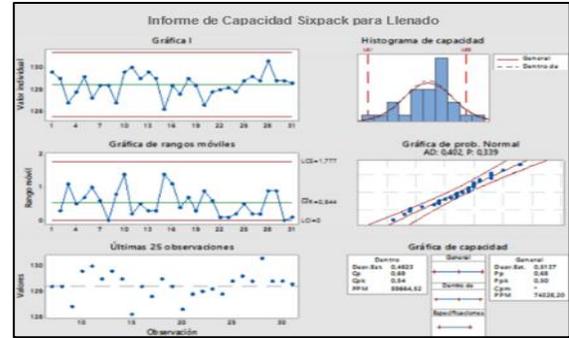


Figura 9
Análisis Seis Sigma Llenado

Se encontró en el subproceso de pelado/porcionado 0.605% de reprocesos; en el subproceso de empaque y codificado 0.334% de defectos. Teniendo en cuenta el registro de los defectos encontrados en la línea de elaboración en cada subproceso, se obtiene que el RTY es de 99.36%.

Análisis de Causas del Problema

La Figura 10 muestra el análisis realizado mediante del Diagrama 6M. Se encontró lo siguiente:

- **Mano de Obra:** Al existir fluctuaciones de la demanda de los productos, se cubren las necesidades de producción con personal temporal que pueden no tener la capacitación y experiencia suficiente para operar adecuadamente las máquinas.
- **Métodos de Trabajo:** En el subproceso de embutido el operario hace ajustes a los parámetros de la máquina, por lo que adiciona variabilidad al proceso, lo que indica que el método actual puede no ser adecuado, ya que, el proceso no debería ser ajustado manualmente de manera constante.
- **Materiales:** El principal insumo es la pasta por materia prima cárnica y no cárnica, esta se 'moviliza' entre los procesos de elaboración a diferentes temperaturas, dependiendo del tiempo que esta pase en un proceso u otro, por lo cual, la temperatura de la pasta puede influir en el sobrepeso.

- **Maquinaria:** Los equipos tienen una programación que les indica como operar de manera predeterminada pero puede ser manipulado por el operador de la máquina para cambiar los parámetros de sus funciones cuando el producto no está cumpliendo con los rangos suministrados por calidad. Por esto, es mayor la variabilidad del resultado del proceso.
- **Medio Ambiente:** El lugar físico donde se encuentra el proceso de elaboración no tiene temperatura controlada, sin embargo, el producto (compuesto por pasta) se encuentra a una inferior, esto facilita que la temperatura del producto varíe y no se tengan los resultados esperados, aumentando la variabilidad del mismo.
- **Medición:** El equipo para realizar la medición de peso del producto es electrónico, y existe la probabilidad de que se degaste y sufra una descalibración, mostrando valores alterados de medición. Además, el registro de la medición puede no realizarse adecuadamente, lo que muestra una mayor variabilidad en el proceso.

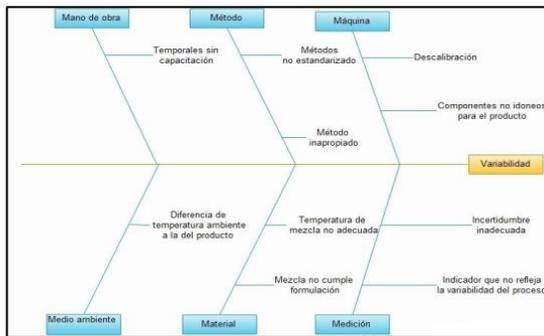


Figura 10
Diagrama 6M

DISCUSIÓN

Con los gráficos de control, se obtuvo el análisis de capacidad del proceso y el porcentaje de variabilidad que queda dentro de los límites de control de los diagramas. Además, los índices de capacidad acerca de cómo el proceso se ajusta a los límites de especificación. Esta herramienta arrojó información claramente identificada sobre la variabilidad en el peso y como resultado evidenció y

argumentó las recomendaciones para reducirlo o eliminarlo. Por otra parte, el nivel sigma, mostró el intervalo de tolerancia para los subprocesos de embutido y llenado, y el nivel sigma mediante las partes por millón en las que el proceso tiene un producto defectuoso o por fuera de las especificaciones. Mostrando la necesidad de implementar mejoras que aseguren la calidad de los procesos y productos de manera sostenida en el tiempo.

CONCLUSIONES

Se aplicó la metodología Seis Sigma para mitigar o eliminar el problema de “sobrepeso” en el producto enlatado causado por la variabilidad en los procesos y una calidad pobre en el subproceso de embutido y llenado. Por tanto, de acuerdo al alcance del estudio, se lleva a la práctica herramientas cualitativas y cuantitativas que posibilitan el logro del objetivo y se confirma la efectividad de estas dentro de cada una de las fases del enfoque DMAIC. Entre los hallazgos se encuentra significativa variabilidad en la variable peso y diámetro, la no capacidad de los procesos, subprocesos fuera de control, la descentralización de datos y los bajos niveles sigma en los subprocesos de embutido y llenado; además de algunas fuentes de variación encontradas a través del análisis del Diagrama 6M. Todo esto implica impactos en la calidad del producto, desperdicio de materia prima, sobrecostos, insatisfacción del cliente y en la sostenibilidad financiera de la compañía.

A futuro, el área de calidad y de ingeniería de procesos debe validar si los límites de control especificados para los subprocesos son los adecuados con la meta de reducción de desperdicio y sobrecostos. A su vez, la gerencia, debe evaluar las recomendaciones propuestas y decidir si implementarlas, considerando una priorización según el impacto de cada medida y la viabilidad de aplicación según sus recursos.

REFERENCIAS

- [1] Kumar, U. D., *et al.*, *Reliability and Six Sigma - Introduction*. In: *Reliability and Six Sigma*. Chapter 1. Springer, Boston, MA. 2006. pp. 3-4. Retrieved from https://ezproxy.pupr.edu:2093/10.1007/0-387-30256-5_1
- [2] De Feo, J.A. *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence, Seventh Edition. Six Sigma: A New Global Standard for Improvement*, Chapter 15 (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto). 2017. pp. 1-2. Retrieved from <https://ezproxy.pupr.edu:2053/content/book/9781259643613/toc-chapter/chapter15/section/section3>
- [3] Walker, H., *et al.*, *Applied Statistics for the Six Sigma Green Belt*. (pp. 9, 10). American Society for Quality (ASQ). 2005. pp. 15-16. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASSSGB0F/applied-statistics-six/applied-statistics-six>
- [4] Cudney, E., *et al.*, *Design for Six Sigma. A Practical Approach through Innovation. Capability Analysis*. Chapter 21. Boca Raton: CRC Press. 2017. pp. 226-227. Retrieved from <https://ezproxy.pupr.edu:2093/10.1201/9781315369082>
- [5] Brue, G. McGraw-Hill *36-Hour Course: Six Sigma. SOME STATISTICS*, Chapter- 3 (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto). 2006. pp. 10-11. Retrieved from <https://ezproxy.pupr.edu:2053/content/book/9780071430081/chapter/chapter3>