

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA SIX SIGMA EN MEJORA DEL PROCESO EMPAQUETADO DEL MOLINO XYZ*

Recibido: 15/09/2014
Aceptado: 24/11/2014

Ana Lucía Paque Salazar**
Denicce Licht Ardila ***
Nelson Corredor Sánchez ****

DESIGN, TECHNICAL IMPLEMENTATION OF THE SIX SIGMA PROCESS AT THE IMPROVEMENT OF THE "PACKAGING" OF THE XYZ MIL

Cómo citar este artículo: Paque, A., Ardila, D. y Corredor, N. (2014). Diseño e implementación de la técnica Six Sigma en mejora del proceso empaquetado del molino XYZ. *IngEam* (1), 42-49.

Resumen

En la presente investigación se utilizó la metodología Six Sigma para atender una situación real que ocasionaba problemas a la empresa molinera XYZ, pues la falta de precisión y de exactitud en el peso de la presentación libra en unos de sus productos hacía que la capacidad del proceso de empaquetado no fuera la adecuada. Esta situación permitió la aplicación de la herramienta, demostrando ser valiosa para la empresa, permitiendo beneficios tangibles y continuos. La metodología se desarrolla por medio fases: definición, medición, análisis, mejora y control. (DMAMC). Finalmente, se encontraron las causas reales de los problemas, llevando a la mejora y control, como su implementación para eliminar las desviaciones encontradas en el peso de las libras de arroz.

Palabras clave: causas asignables, causas fortuitas, DMAMC, desviación, empaquetado.

Abstract

Six Sigma methodology, developed in definition stages, measurement, analysis, improvement and control (DMAIC) caters situations that caused problems with milling company XYZ, such as non-precision and non-accuracy on the weight of the presentation in one of its products, made the packaging process capability not adequate. Situation that allowed the application of this tool proving to be valuable for the company with tangible and sustained benefits from the study and use of data and facts for the diagnosis and decision taking.

In the stages the packaging process is identified, the variables to be measured and the information necessary to know the situation, data collection was planned, the problem was quantified by defining the capacity of the actual process, the percentage of non-conforming product and the economic impact, the real causes were found, leading to improvement and control as well as their implementation to eliminate deviations found on the weight of pounds of rice.

Keywords: assignable causes, accidental causes, DMAIC, deviation, Packaging.

* Este artículo es resultado del proyecto de investigación realizado por el grupo de investigación PROCING, bajo la línea de investigación de *Desarrollo de productos, procesos, servicios e infraestructura para la industria con criterio de calidad y sostenibilidad*.

** Docente investigador de la Corporación Universitaria del Huila e ingeniero industrial. Investigador del grupo de investigación PROCING del Programa de Ingeniería Industrial y tutor del Semillero de Investigación Ingenius Dei. Correo electrónico: ana.paque@corhuila.edu.co.

*** Docente investigador de la Corporación Universitaria del Huila e ingeniero industrial. Director semillero de Investigación DAIA, adscrito al grupo de Investigación JURAN del Programa de Ingeniería Industrial. Correo electrónico: denicce.ardila@corhuila.edu.co.

**** Docente investigador de la Corporación Universitaria del Huila e ingeniero industrial. Adscrito al grupo de investigación PROCING del Programa de Ingeniería Industrial. Correo electrónico: nelson.corredor@corhuila.edu.co.



Introducción

La variación en los procesos genera impacto negativo en términos de costos, reproceso y desperdicios que finalmente afectan la percepción del cliente. Por lo tanto, identificar, disminuir y controlar las variaciones propias de cada proceso se debe convertir en una labor inaplazable; los líderes empresariales lo deben materializar si quieren obtener niveles de eficiencia que generen capacidad competitiva.

Los sistemas de llenado de producto en la industria del arroz presentan grandes diferencias que aumentan significativamente los costos de producción y determinan la calidad del producto, generando unas fluctuaciones que se presentan en el proceso de las unidades empaquetadas que impiden alcanzar el contenido real, haciendo casi imposible lograr un producto que cumpla con lo ofrecido al cliente. La aplicación de la metodología Six Sigma contribuye a mejorar la capacidad de los procesos incrementando su nivel de funcionamiento y disminuyendo la variabilidad de los mismos.

Planteamiento del problema

La mayoría de las empresas colombianas, en especial las que pertenecen a la región Surcolombiana, no conocen las herramientas y los métodos para detectar y corregir las variaciones que se presentan constantemente en la operación de empaquetado. Esta gran limitante crea ambientes en donde es difícil encontrar opciones de mejora que les permitan atender de forma eficiente las exigencias del mercado y a la vez afrontar la creciente competencia que en muchos casos amenaza su estabilidad y crecimiento.

La competencia, los estrechos márgenes de rentabilidad, la competencia desleal y el contrabando, han hecho que algunas empresas del sector industrial del arroz tomen conciencia de la importancia de desarrollar e implementar estrategias al interior de sus organizaciones, para lograr mejoras significativas.

Molinos XYZ se ha interesado en desarrollar procesos de mejora sostenible, en algunas inspecciones se ha evidenciado problemas que requieren atención para soluciones rápidas y eficientes en el proceso de empaquetado, el cual ha sido objeto de estudio para realizar la aplicación de la técnica. Dentro de los

problemas que se derivaron de las inspecciones se ha evidenciado que las unidades de producto empaquetado que excedan su contenido nominal hacen que se incremente el costo de producción, sin que este tenga un impacto favorable en el consumidor quien no percibe esta cantidad adicional, pero al contrario afecta de manera significativa los ingresos y con ello la rentabilidad de la organización.

De igual forma, se ha encontrado que se dosifica el producto con cantidades que no alcanzan el peso registrado, como contenido real (peso neto), afectando notoriamente el cumplimiento de los requisitos legales y la satisfacción del cliente, esto puede generar espacios para sanciones potenciales y demandas que la afectaría financieramente a la organización, creando así una imagen negativa y distorsionada de la empresa.

El empaquetar por encima de la cantidad referenciada en el contenido nominal genera un sobre costo. Las primeras inspecciones mostraron que el 6.9 % de las libras empaquetadas están por encima de 505 g, por otro lado las libras que están por debajo de 500 g (peso neto) es de 58.5 %, lo que significa que ante una vigilancia por un ente regulador la probabilidad de sanciones es extremadamente alta.

Previendo esta situación, la corrección inmediata implicaría que como mínimo se debe cumplir con el peso registrado en el contenido nominal (500 g). En este caso, se busca garantizar una media en el producto empaquetado igual a 500 g teniendo en cuenta las medidas de tendencia central y dispersión actual del proceso (promedio 499.15 g y desviación estándar 3.9368), se tendría que ajustar el sistema del volumen de llenado, regulando el sistema de dosificado y aumentando en 12 gramos aproximadamente el promedio total.

En este nuevo escenario se cumple con la normatividad, pero la producción estaría en unos niveles de sobrepeso, lo que equivale a \$ 86'862.125,21/mensuales, valor que estaría perdiendo la empresa por empaquetar unidades con mayor cantidad de arroz del establecido.

Marco teórico

Six Sigma es una estrategia de mejora continua que busca identificar las causas de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos de negocio, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente (Gutiérrez, 2004). La estrategia Six Sigma se basa en métodos estadísticos rigurosos que emplean herramientas de calidad y análisis

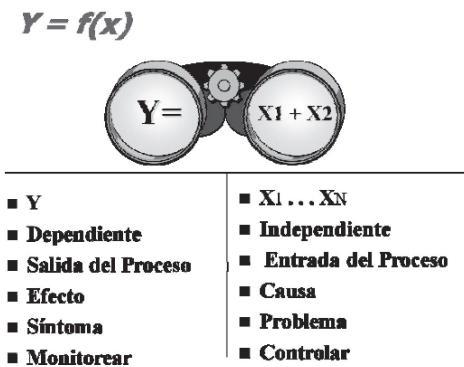


Ana Lucía Paque Salazar, Denicce Licht Ardila, Nelson Corredor Sánchez

matemáticos, ya sea para diseñar productos y procesos o para mejorar los ya existentes. Además, requiere que se optimicen las salidas del proceso mediante un enfoque en las entradas de los procesos involucrados, como puede verse en la gráfica 1 esto se describe mediante la siguiente ecuación:

$$y=f(x) \quad (1)$$

Esto se expresa como Y que es una función de z, donde Y es una variable dependiente de una salida del proceso, un efecto o síntoma que hay que monitorear y x son variables independientes de entradas o proceso que representan las causas o problemas que hay que controlar o que son controlables (Polesky, 2006).



Gráfica 1. Ecuación de la relación entre causa y efecto
 Fuente: Polesky (2006)

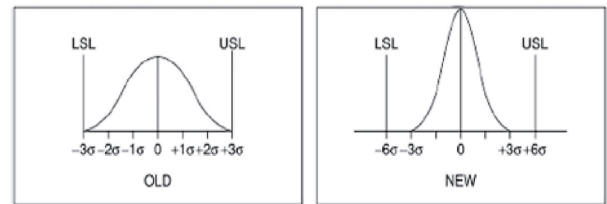
La meta de Six Sigma es lograr que los procesos tengan una calidad cuantitativa, esto quiere decir tener 3,4 defectos por millón de oportunidades o en otras palabras, estar bien 99.9997 % de las veces. Culturalmente esto significa que se deben ejecutar los procesos claves casi a la perfección (Polesky, 2006). Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización en el que se desarrollan proyectos de Six Sigma a lo largo y ancho, con el objetivo de lograr mejoras mediante la eliminación de defectos, reducir retrasos de productos, procesos y transacciones (Gutiérrez, 2004).

La letra griega sigma (σ) es utilizada en estadística para denominar la desviación estándar (medida de dispersión de los datos respecto al valor medio), mientras más alto sea el sigma consecuentemente menor la desviación estándar, el proceso es mejor, más preciso y menos variable (Willey, 2006).



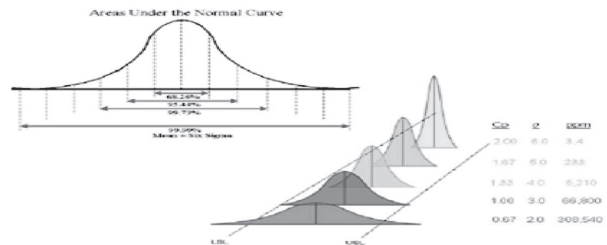
Como se mencionó en la estadística el valor de Six Sigma corresponde a 3.4 defectos por

millón. Esto se refiere a que de acuerdo con los límites de especificación del cliente, la variación de un proceso resulta en seis desviaciones estándar del proceso entre la media del proceso y los límites de especificación del cliente. Por lo tanto, Six Sigma se utiliza como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto (Escalante, 2003). En la gráfica 2 se muestra el cambio de un proceso con una calidad de tres sigma a uno con calidad seis sigma.



Gráfica 2. Cambio de un proceso con calidad tres sigma a seis sigma
 Fuente: Escalante (2003)

En la gráfica 3 se observa que cambiar de una calidad tres sigma a seis sigma significa pasar de un proceso con un rendimiento del 99.73 % (tres sigma) el cual genera 66,800 DPMO, a un rendimiento de 99.9997 % que genera 3.4 DPMO.



Gráfica 3. Demostración gráfica del nivel de seis sigma
 Fuente: Escalante (2003)

Otras métricas Six Sigma

Existen otras métricas para medir el desempeño de un proceso con un enfoque Six Sigma. Sin embargo, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Unidad: son las partes, productos o ensambles que son producidas por un proceso y por lo tanto es posible inspeccionar o evaluar su calidad.
- Oportunidad: cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que es adecuada.
- Defecto: cualquier no conformidad o desviación de la calidad específica de un producto.

DPU (defectos por unidad)

Métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene de la siguiente forma:

$$DPU = \frac{d}{U} \quad (2)$$

Donde d es el número de defectos observados y U es el número de unidades producidas en cierto periodo de tiempo.

DPO (defectos por oportunidad)

Se utiliza para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto y se obtiene de la siguiente manera:

$$DPO = \frac{d}{U \times O} \quad (3)$$

Donde O es el número de oportunidades de error por unidad. Se debe asegurar que solo se cuenten oportunidades que son significantes en el proceso.

DPMO (defectos por millón de oportunidades)

Este índice mide los efectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula de la siguiente manera:

$$DPMO = DPO \times 1000000 \quad (4)$$

Metodología

Se utilizó el proceso de mejora denominado DMAMC de la metodología Six Sigma. Este proceso que es conducido por datos consiste en mejorar procesos ya existentes y está compuesto por cinco fases que se presentan continuación (Pries, 2004):

1. Definición.
2. Medición.
3. Análisis.
4. Mejora (Improve).
5. Control.

Definición

Es la primera fase de la metodología DMAMC, se identifica el producto o el proceso que debe ser mejorado y asegura que los recursos estén en lugar para el proyecto

de mejora. Esta fase establece la expectativa para el proyecto y adecúa el enfoque de la estrategia Six Sigma a los requerimientos del cliente (Polesky, 2006):

- Definir los requerimientos del cliente.
- Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios.
- Identificar al *champion*, el dueño del proceso (*processowner*) y el equipo.
- Definir los recursos.
- Evaluar apoyo organizacional clave.
- Desarrollar en plan del proyecto.
- Desarrollar mapeo del proceso a nivel alto.

Medición

Es la segunda fase de la metodología DMAMC, esta fase define los defectos, consolida la información primordial para el producto o proceso y establece metas de mejora. La fase de medición permite entender la condición actual del proceso (baseline) antes de intentar identificar mejoras. Se basa en datos válidos por lo que elimina estimaciones y suposiciones que están trabajando en el proceso (Polesky, 2006).

En el proceso de empaquetado se tomaron muestras aleatorias producidas por 10 máquinas donde se midieron 10 unidades por cada máquina, identificando en la bolsa con un *sticker* la máquina de procedencia; se tomaron muestras cada media hora durante un turno de trabajo. Para garantizar la confiabilidad de los datos se repitió la toma de cada libra en una balanza electrónica.

Análisis

Es la tercera fase de la metodología DMAMC, esta fase examina los datos recolectados en la etapa de medición con el objetivo de generar una lista de propiedades de las fuentes de variación (x 's). Se enfoca en los esfuerzos de mejora mediante la superación de las épocas variables vitales (más probable responsables de la variación) de las muchas variables triviales (menos probable responsables de la variación) (Polesky, 2006). Esta consiste en:

- Definir los objetivos de desempeño.
- Identificar pasos de valor agregado y no valor agregado del proceso.



Ana Lucía Paque Salazar, Denicce Licht Ardila, Nelson Corredor Sánchez

- Identificar fuentes de variación.
- Determinar las x 's vitales en la relación $Y = f(x)$

Mejora (*improve*)

Es la cuarta fase de la metodología DMAMC, esta fase confirma que la solución propuesta va a alcanzar o a exceder las metas de mejora de calidad del proyecto. La solución a pequeña escala en un ambiente real de negocio asegura que se han arreglado las causas de variación y que la solución va a funcionar cuando se implementa por completo lo siguiente:

- Generar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz.
- Con base en una matriz de prioridades elegir la mejor solución.
- Definir tolerancias operacionales del sistema.
- Evaluar los modos de falla de la solución potencial.
- Validar mejoras potenciales mediante estudios piloto.
- Corregir/revaluar solución potencial.

Control

Es la última fase de la metodología DMAMC, en esta fase de control se implementa la solución que asegura que la solución sea sostenida y comparte las lecciones aprendidas de cualquier proyecto de mejora. Asegura que las mejoras al proceso una vez implementadas, serán sostenidas y que el proceso no se va a revertir a su estado anterior. Adicionalmente permite que se comparta información que puede acelerar mejoras similares en otras áreas. El control consiste en:

- Estandarizar el proceso.
- Documentar el plan de control.
- Monitorear el proceso.
- Cerrar y difundir el proyecto.

Recolección de la información

Los siguientes pasos fueron los que se utilizaron para recolectar la información, los cuales se evidencian así:



Tabla 1
 Registro toma de muestras

LABORATORISTA	MUESTRA	PESO
1	1	505.1
1	1	505.1
1	2	501.3
1	2	501.3
1	3	502.9
1	3	502.9
1	4	502.7
1	4	502.8
1	5	500.9
1	5	500.9
1	6	504.4
1	6	504.4
1	7	502.6
1	7	502.6
1	8	502.4
1	8	502.4
1	9	503.1
1	9	503.1
1	10	504.7
1	10	504.7
2	1	505.1
2	1	505.1
2	2	501.3
2	2	501.2
2	3	502.9
2	3	502.8
2	4	502.7
2	4	502.8
2	5	500.9
2	5	500.8
2	6	504.4
2	6	504.3
2	7	502.7
2	7	502.6
2	8	502.4
2	8	502.4
2	9	503.1
2	9	503
2	10	504.7
2	10	504.7

Fuente: elaboración propia.

Diseño e implementación de la técnica six sigma en mejora del proceso empaquetado del molino xyz

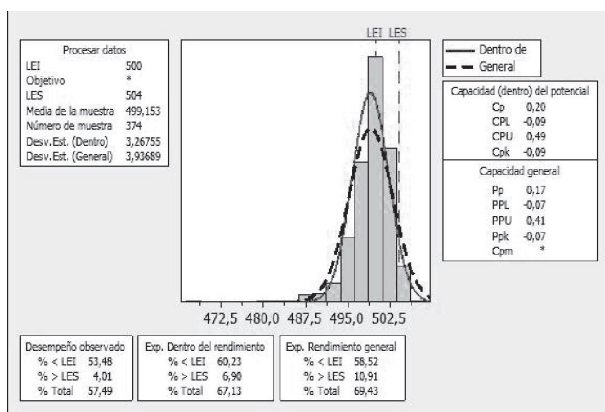
- El estudio R&R de la balanza.
- Selección de forma aleatoria de 10 libras de producción dentro del rango especificado (500g-505g).
- Identificó cada una de las libras con un *sticker* que va desde 1 hasta 10.
- Obtuvo en orden aleatorio las 10 primeras mediciones del laboratorista 1.

Para la segunda muestra se realizaron las 10 mediciones donde se:

- Obtuvo los dos ensayos para cada una de las muestras y las dos mediciones.
- Hizo el análisis estadístico utilizando el Software Minitab16.

Es de anotar que las mediciones en cada una de las muestras no eran conocidas por los laboratoristas, es decir; en cada medición realizada el laboratorista desconocía el peso de la libra en la muestra anterior.

Utilizando histogramas de frecuencias, capacidad de proceso, producto no conforme y gráfica de valores individuales se obtuvo los siguientes resultados: muestra con apariencia de tipo normal con datos aislados hacia el lado izquierdo, la amplitud del proceso es mayor respecto a la amplitud de las especificaciones y el proceso se encuentra descentrado hacia la izquierda.



Gráfica 4. Capacidad de proceso de peso
Fuente: elaboración propia.

Se efectuó una inspección de las libras en el proceso de empaquetado en la planta de molinos XYZ para establecer el estado actual del sistema de llenado. La IngeEam (1): 42 - 49, 2014. Armenia - Colombia

característica de calidad a evaluar es el peso de las libras y su especificación es de 502 +/- 2 gramos. Por tanto, el sistema presenta poca habilidad para cumplir con las especificaciones establecidas y la capacidad potencial (0.20) refleja el grado de dispersión de sus datos. La capacidad de proceso superior e inferior muestra claramente la tendencia que tiene los pesos frente a los parámetros esperados. El 58,52 % de la producción es probable que estén por debajo de 500 gramos y el 10,91 % de las libras superan los 504 gramos. Este diagnóstico indica que solo el 30,57 % de las libras producidas por el sistema de llenado cumplen con el peso deseado.

Una vez obtenidos los resultados se procedió a incidir en las causas del problema, allí se arrojaron posibles hipótesis que fueron verificadas en el estudio y las variables que obtuvieron más de 8 puntos fueron las elegidas para su análisis.

Tabla 2
Matriz de prioridades

	VARIABLE DE SALIDA	PESO	% PARTIDO	% YESO	% CENTRO BLANCO	SELLADO BOLSA	IMPRESIÓN BOLSA	TOTAL
VARIABLES DE PROCESO	PONDERACIÓN	10	10	5	5	10	10	
	TAMAÑO VASO	10	5	1	1	1	1	180
	NIVEL DE TOLVAS	8	1	1	1	1	1	120
	CUCHILLAS MÁQUINAS	1	1	1	1	10	1	140
VARIABLES DE ENTRADA	% GRANO PARTIDO	10	10	1	1	1	1	230
	POLIETILENO	4	1	1	1	10	10	260
	LLENADO TOLVAS	10	8	1	1	1	1	210

Fuente: elaboración propia.

Resultados

En la tabla 3 se muestra que al aplicar las mediciones sobre los vasos dosificadores se pudo determinar que no cumplían con un patrón de medida y por ende generaban diferencias en el peso.



Ana Lucía Paque Salazar, Denicce Licht Ardila, Nelson Corredor Sánchez

Tabla 3
Mediciones Vasos Dosificadores

VASOS DOSIFICADORES MÁQUINA								
	VASOS INTERNO 1	VASOS INTERNO 2	VASOS INTERNO 3	VASOS INTERNO 4	VASOS INTERNO 5	VASOS INTERNO 6	VASOS INTERNO 7	VASOS INTERNO 8
DIAMETRO INTERNO	95 mm	95 mm	95 mm	95 mm	95 mm	95 mm	95 mm	95 mm
ALTURA	59.4 mm	58.2 mm	58.6 mm	59 mm	59.4 mm	60.3 mm	59.4 mm	61m m
VASOS DOSIFICADORES EXTERNO								
	VASOS EXTERNO 1	VASOS EXTERNO 2	VASOS EXTERNO 3	VASOS EXTERNO 4	VASOS EXTERNO 5	VASOS EXTERNO 6	VASOS EXTERNO 7	VASOS EXTERNO 8
DIAMETRO INTERNO	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
ALTURA	59 mm	58 mm	58.4 mm	58 mm	58.7 mm	58 mm	58 mm	58 mm

Fuente: elaboración propia.

De los resultados obtenidos se puede determinar:

a. Rectificar plato giratorio superior

La acción consiste en maquinar las dos superficies del plato giratorio. En estas superficie van ubicados los vasos dosificadores internos y se pretende obtener una superficie completamente plana, para garantizar una longitud vertical homogénea de todos los vasos.

b. Cambiar barredores

Son dos dispositivos ubicados sobre una de las superficies del plato giratorio, su función consiste en retirar el excedente de arroz de los vasos dosificadores. Con el uso pierde su forma y su funcionalidad, se realizará esta tarea con una frecuencia no superior a 30 días.

c. Mantener arroz en las tolvas en un nivel superior al 40 % de su capacidad



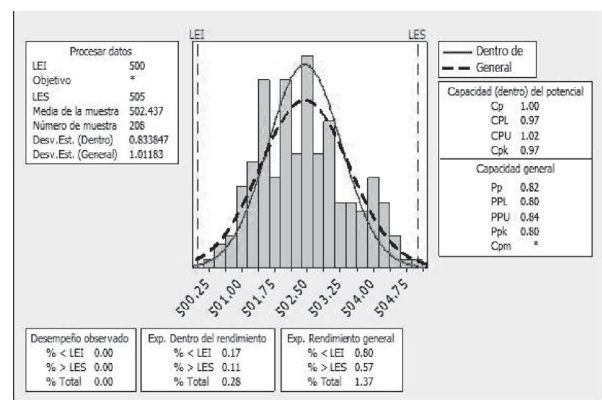
Al caer el nivel del arroz por debajo del 25 % se altera la exactitud en los pesos de

las libras. Se presentan dos situaciones: 1) la tolva que alimenta la máquina presenta segmentación de grano partido y flotan en la parte superior, de manera que cuando se ha descargado gran parte de la tolva y se llega a niveles mínimos el grano partido aumenta afectando significativamente el peso del producto a empacar; 2) otro aspecto es el instante en donde se debe suministrar carga, pues precisamente esta actividad se debe realizar cuando el contenido esté en los niveles referenciados, de lo contrario el arroz que proviene de la carga pasa directamente a los vasos a una temperatura mayor (fricción en los pulidores), este fenómeno se da por el vaciado central que se forma en la descarga.

Inicialmente el operario de la carga debe garantizar un nivel mínimo del 40 % aproximadamente, después de validar esta condición se planea instalar un sensor de nivel que haga esta labor y en la fase de control del proyecto se mencionaran los detalles.

d. Limpiar todos los vasos

El arroz blanco a empacar trae pequeñas partículas de harina, resultado del proceso de pulimento. En la gráfica 5 se pueden visualizar las variaciones que se presentan al entrar en contacto con los vasos dosificadores, pues se va generando una ligera película sobre sus paredes que disminuye el volumen real de los vasos y por ende su contenido. Las máquinas deben realizar una rutina de limpieza de cada vaso con una frecuencia no mayor a ocho días, tiempo en el que se evita la acumulación de la película de harina.



Gráfica 5. Implementación de mejora
Fuente: elaboración propia.

El promedio de los pesos está muy cerca al promedio objetivo de la especificación, se disminuyó la dispersión durante la prueba, la desviación fue de 1.01 y el porcentaje probable de producto no conforme está en 1.37. Estos

resultados son satisfactorios teniendo en cuenta lo mecánico del proceso de empaquetado; además están muy cercanos a los objetivos propuestos.

El promedio “antes” del total de la producción fue de 499,153 gramos, el promedio “después” es de 502.25 gramos. Se evidencia que el centramiento mejoró haciendo que la exactitud del proceso tenga niveles aceptables. Respecto a la dispersión, la desviación estándar disminuyó en un 77,35 %, pues al iniciar el proyecto mostraba 3,93 realizando los ajustes bajo 0.89.

La capacidad de proceso real pasó de un -0.07 a un 0.65, de la total de la producción, el proceso estaba arrojando un 67,13 % de producto por fuera de especificación. Ahora este porcentaje bajó a un 3.12 % y se logró una mejora en este aspecto de 95.35 %.

También se hizo un estimado de lo que le costaría a la empresa tener producto por encima de 500 gramos con los niveles de dispersión encontrados al inicio de este estudio y se determinó que sería de \$ 86.000.000 mensuales aproximadamente, con la mejora hecha al proceso se estima que ese costo bajó solo \$ 130.000 mensuales.

Conclusiones

Cuando el mejoramiento continuo se convierte en una cultura, las empresas alcanzan altos niveles de competitividad. Los resultados en todos sus niveles son sobresalientes, la participación constante de los empleados en el análisis y solución de problemas es una de las características más importantes, ya que genera espacios para el desarrollo de potencialidades, una de las estrategias que utilizan las empresas para obtener el mejoramiento continuo es la implementación de la metodología Six Sigma.

El incumplimiento de parámetros afectaba la calidad del producto incurriendo en sobrecostos y abriendo escenarios para potenciales quejas de los clientes. Por tanto, en este proyecto se describen los elementos que se utilizaron en el desarrollo de las fases de definición, medición, análisis, mejora y control (DMAMC).

En la primera fase se definió el problema a solucionar, se fijaron objetivos y se identificó el proceso de empaquetado como el alcance del proyecto. En la segunda fase de la metodología Six Sigma se identificó la variables a medir y la información necesaria para conocer la situación actual del problema. Se planeó la recolección de datos, se cuantificó el problema mediante la definición de la capacidad de proceso real, el porcentaje de producto no conforme y el impacto económico.

En la fase de análisis se encontraron las causas reales que generaban el problema. Posteriormente, en la fase de mejora se determinaron las acciones y se programó su implementación para eliminar las desviaciones encontradas en el peso de las libras de arroz, la inversión hecha fue mínima comparada con otras alternativas que excedían el presupuesto de la empresa. Se midió el impacto en términos reales realizando una nueva medición. Los resultados mostraron una mejora significativa en términos económicos, capacidad de proceso y producto no conforme.

La capacidad de proceso real paso de un -0.07 a un 0.65, el proceso estaba arrojando un 67,13 % de producto por fuera de especificación, este porcentaje bajó a un 3.12 % y se logró una mejora en este aspecto del 95.35 %.

Se hizo un estimado de lo que le costaría a la empresa tener producto por encima de 500 gramos con los niveles de dispersión encontrados al inicio de este estudio. Y se determinó que sería de \$ 86.000.000 mensuales aproximadamente y con la mejora realizada al proceso se estima una reducción de \$ 130.000.

En la última fase de control se implementaron las siguientes acciones para mantener la mejora lograda: instalar dispositivos electrónicos para detectar las desviaciones durante el proceso de empaque de arroz, incluir un nuevo procedimiento al sistema de gestión de calidad e instalar cartas de control XR en cada una de las máquinas.

Referencias bibliográficas

Gutiérrez, H. (2004). *Vara control estadístico de la calidad y Six Sigma*. México: Mc Graw Hill.

Escalante, V. (2003). *Control estadístico de la calidad Seis Sigma*. México: Mc Graw Hill.

Pries, M. (2004). Persistence of employment fluctuations: A Model of recurring job loss. *Review of Economic Studies* (1), 193-215.

Polesky, G. (2006). *Curso de preparación para Green Belt en la Metodología Seis Sigma*. Puebla: Universidad de las Américas.

Wiley, L. (2006). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa