

# ***Disminución en la Variación del Torque en la Línea de Producción de Empaque***

*Eddie Pomales González  
Maestría en Manufactura Competitiva  
Rafael Nieves, PharmD.  
Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

---

**Resumen** – *El sellamiento de los productos ha sido de gran importancia para la industria del empaquetamiento ya que un buen sellamiento asegura que el producto va a permanecer a salvo de contaminación. En orden de conseguir un buen sellamiento es necesario la aplicación correcta de torque a la tapa del producto. La compañía X ha reportado que luego de una inspección encontraron que alrededor del 16% de los tubos del producto Y estaban siendo rechazados en la línea de producción. Aplicando el concepto de Seis Sigma con la metodología DMAIC se hizo una investigación. Utilizando análisis de Pareto se encontró que el defecto causante de la mayor cantidad de tubos rechazados es la detección de fuga y que el mayor causante de fuga es la variación en el torque. Al analizar la tendencia por semana de tubos rechazados por disminución en el torque se estableció 851 tubos como base del proyecto y el objetivo era disminuirla a 600 tubos. Se determinó aumentar los valores del torque al momento del tapado para asegurar valores aceptables del torque aun después que ocurra la relajación. Al finalizar el estudio la base de tubos rechazados por torque se disminuyó a 428 tubos por semana. Esto representa una disminución de 52% en tubos rechazados por torque en la línea de producción del Producto Y.*

**Palabras Claves** — *DMAIC, Línea de Producción, Torque, Tubos Rechazados.*

## **INTRODUCCIÓN**

El empaquetamiento de un producto debe ser lo suficientemente robusto para que el producto pueda aguantar el transporte desde el lugar de manufactura hasta su destino final y aguantar largos periodos de almacenamiento. El empaque debe ser lo suficientemente sellado para mantener la

esterilidad y no permitir rupturas prematuras. Además el empaque debe permitir al usuario final abrir el producto con facilidad.

Con los años, el sellamiento de los productos ha sido de gran importancia para la industria del empaquetamiento ya que los productos necesitan ser a pruebas de escapes. Un buen sellamiento asegura que el producto va a permanecer a salvo de contaminación.

En orden de conseguir un buen sellamiento es necesario la aplicación correcta de torque a la tapa del producto. El torque es la fuerza de torsión que produce un giro. Cuando la aplicación del torque es inconsistente, el resultado es un sellamiento inconsistente. Como resultado de un sellamiento inconsistente se obtienen productos con escapes que son rechazados y terminan siendo pérdidas para la compañía.

De esta manera, la medida del torque puede ser la diferencia entre un producto empacado aceptablemente y uno rechazado.

## **Descripción de la Investigación**

La compañía X ha reportado que luego de una inspección encontraron que alrededor del 16% de los tubos del producto Y tienen torque menor (25 a 31 in-oz) al comparar con las especificaciones de 32 in-oz. Estos tubos fueron rechazados por fuga del producto.

Esta investigación va a estar enfocada en hallar las posibles causas en la variación del torque en los tubos del producto Y. Luego de hallar las causas, tomar acción para corregirlas y de esta manera disminuir la cantidad de tubos rechazados por variación en el torque. Aplicaremos el concepto de Seis Sigma para trabajar el proyecto con la metodología DMAIC. Siguiendo la metodología DMAIC podremos conseguir el objetivo principal

de este proyecto de manera organizada aplicando los conceptos básicos de calidad.

### **Objetivo de la Investigación**

El objetivo de esta investigación es disminuir la línea base de los tubos del Producto Y rechazados por variación en el torque en un 95%. Se va a llevar a cabo una investigación para hallar las causas de la variación en el torque y se tomarán medidas correctivas / preventivas para solucionar el problema.

### **Contribución de la Investigación**

La medida del torque es una prueba importante en la industria del empaquetamiento ya que va a determinar si un producto es empacado aceptablemente o es rechazado. Cuando la aplicación del torque es incorrecta, se obtiene un sellamiento incorrecto que resulta en el rechazo del producto.

Esta investigación pretende reducir la variación en el torque del producto Y y de esta manera garantizar la calidad del producto. Además, al disminuir la cantidad de tubos rechazados se contribuye a la compañía al disminuir los costos, reducir los desperdicios y mejorar su rendimiento. En pocas palabras al disminuir la cantidad de tubos rechazados se disminuyen las pérdidas monetarias y aumenta el inventario lo que termina en ganancias para la misma.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

La eficiencia de las operaciones de empaque es clave para reducir los costos de inventario, racionalizar las cadenas de suministro, permitir estrategias de mercadeo, y construir y proteger la equivalencia de marca. También juegan un papel crucial en la respuesta eficaz y a tiempo a consumidores cambiantes y demandas minoristas y en el cumplimiento de nuevos requisitos normativos. [1]

¿Cómo se sabe si su producto está empacado suficientemente bien? El empaque de su producto debe ser lo suficientemente resistente para aguantar su transporte, además debe soportar un largo

periodo de almacenamiento. En el empaque se debe sellar bien el producto para que éste mantenga su esterilidad y no ocurra un rompimiento anticipado. [2]

Para determinar la calidad del empaque, el valor de la fuerza o el torque puede representar el esfuerzo en abrir el producto. La fuerza se define como la capacidad de mover un cuerpo que tiene peso o que tiene resistencia. El torque es una magnitud vectorial obtenida a partir del punto de aplicación de la fuerza. El torque promueve un giro en el cuerpo sobre el cual se aplica.

El torque es creado por dos componentes, presión y rotación. El torque puede ser aplicado durante la colocación de la tapa al envase del producto. El problema del torque de la tapa es que si se aplica demasiado torque, al consumidor se le va hacer difícil remover la tapa. Sin embargo, si la tapa está muy suelta el consumidor no va a creer que el producto dentro del envase sea seguro. [3]

El rendimiento del sellamiento en los productos es el factor más importante que afecta las fugas y deterioración del producto. Al controlar el rendimiento del sellamiento y el valor del torque se puede garantizar la calidad del producto. [4]

En las pruebas de empaquetamiento, el valor del torque obtenido durante una prueba se compara con un estándar. En el caso de la tapa de una botella de un tubo del Producto Y, el torque específico está en el rango de 40 a 48 oz-in, si la prueba resulta en un torque menor de 40 oz-in o mayor de 48 oz-in se considera un producto inaceptable.

Cuando el torque es mayor del torque específico puede resultar en estrés en la tapa, lo que causa agrietamiento. Insuficiente torque puede causar escapes, éstos pueden no ser percibido en la línea de empaque. Los escapes pueden ocurrir cuando los productos dejan la planta para ser entregados y la vibración del proceso de entrega puede aflojar las tapas.

Con el tiempo el torque aplicado inicialmente se va perdiendo, a esto se le llama relajación del torque. Se estima que el torque va a sufrir de una relajación de 20 a 25% luego de la manufactura del

producto. Cambios en temperatura provoca que las tapas de los envases se relajen más de los esperando provocando una gran disminución en el torque. [5]

“Cappers” junto con monitores de torque permiten que el torque pueda ser medido y monitoreado. Equipos comúnmente disponibles pueden acompañar pruebas para medir el torque. Entre los dispositivos más básicos de medición de carga disponibles se encuentran los medidores digitales de torque, que son instrumentos portátiles que integran una célula de carga con la electrónica y una pantalla. Se utilizan normalmente calibradores en junto con pruebas estándares manuales o motorizadas. Mediante el control de la velocidad de la prueba, las pruebas estándares ayudan para asegurar la consistencia entre las muestras y lotes. Una amplia gama de capacidades de carga de los medidores y las pruebas estándares reflejan el número de diferentes fuerzas de empaque. [6]

La data sobre fuerza y torque puede dar mucha información. El valor de mayor interés es la carga máxima. La carga máxima es el valor de fuerza o torque en el cual la muestra se rompe, afloja, etc. Estos valores pueden indicar el rendimiento del empaque.

En muchos casos se desea tener más data. Es importante tener la instrumentación adecuada junto con un software. Algunos instrumentos para medir fuerza y torque son capaces de proveer data en tiempo real que puede ser colectada en una computadora para ser analizada.

¿Qué es Seis Sigma? El concepto de Seis Sigma es una herramienta o metodología que se utiliza para mejorar los procesos enfocado en reducir o eliminar los defectos en el producto final el que se le entrega al cliente. El nivel de seis sigma o sea la meta es producir 3.4 defectos por millón de oportunidades prácticamente eliminar los defectos. Esta filosofía se puede aplicar a cualquier proceso para eliminar las ineficiencias y aumentar la calidad del producto y por consiguiente la satisfacción del cliente.

En la metodología de Seis Sigma el modelo a utilizarse para el proyecto es DMAIC. Para lograr

el objetivo este modelo cuenta de cinco fases que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar como se ilustra en la Figura 1. En la primera fase que es la de definir realmente lo que se hace es identificar el proyecto el cual debe ser evaluado para evitar la inadecuada utilización de recurso. En la segunda fase la de medir las variables ya están definidas a partir de estas caracterizaciones se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso. En la tercera fase la de análisis se evalúan los datos obtenidos para identificar la causa fundamental de problema y las oportunidades de mejorar. La cuarta fase se identifican las acciones correctivas a implementar por lo que se desarrolla un plan a seguir. En la última fase de control consiste en diseñar controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto se mantenga. [7]



**Figura 1**  
**Fases de la Metodología Seis Sigma**

## **METODOLOGÍA**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto. Se utilizó la metodología de Seis Sigma DMAIC (Define, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). La cual se presenta en detalle cómo la metodología DMAIC se llevarán a cabo. La metodología de la investigación en este proyecto consiste en los pasos siguientes.

- **Definir** se puede resumir como la creación y el alcance del proyecto, los objetivos a seguir. Por lo que se enviara una notificación del proyecto la cual tiene que ser aprobada por la

junta de la compañía. Luego se hace un bosquejo del proceso de principio a fin.

- **Medir** en este comenzamos con un esquema de principio a fin del proceso de empaque para poder analizar mejor paso a paso este y recopilamos los datos.
- **Analizar** en esta fase se utilizan todos los datos adquiridos de la empaquetadora sobre el torque para analizar y determinar las causas fundamentales de la variación en el torque.
- **Mejorar** en esta fase luego de identificar los factores más significativos que afectan el torque se presentan las posibles soluciones o solución para el problema.
- **Control** en esta fase que es la última se indica la finalización de proyecto también se implementa un informe bisemanal el cual indique el estatus y desempeño del proyecto ya finalizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de Seis Sigma en la línea de producción de Y, se realizó siguiendo las fases DMAIC, durante este procedimiento estructurado fue posible determinar las causas que originan el rechazo de tubos del producto Y. A continuación se presentan los pasos y las actividades realizadas en la compañía X.

### Definir

La compañía X fue fundada en 1949 y se especializa en la fabricación de productos de cuidado personal. La mayoría de estos productos se venden sin receta y son cremas o gel. El producto Y es un gel utilizado para el cuidado personal femenino.

Recientemente se detectó un problema crítico en la línea de producción del Producto Y, ya que se estaba rechazando entre el 8 al 16% de los tubos de este producto. Este alto número de tubos rechazados originó una investigación de la línea de producción del Producto Y. La Figura 2 muestra la cantidad de tubos rechazados durante 4 meses.

El diagrama de la línea de producción del Producto Y se muestra en la Figura 3. La línea de

producción tiene varios puntos de control y todos se encuentran luego de la colocación de la etiqueta. Entre los puntos de control se encuentra una balanza que mide el peso de todos los tubos y descarta todos aquellos que no cumplen con el peso requerido. Además, todos los tubos pasan por un escáner que detecta humedad y fuga. Cada 1,000 tubos se toma un tubo como muestra para verificación de la etiqueta. Cada 2 a 3 horas se toman 5 tubos como muestra para verificar torque.

### Medir

Para determinar cuál problema de la línea de producción del Producto Y se realizó un análisis de Pareto donde se estudiaron los diferentes defectos que provocan el rechazo de los tubos. En la Figura 4 se puede observar que el defecto que está causando la mayor cantidad de tubos rechazados es la detección de fuga del producto.

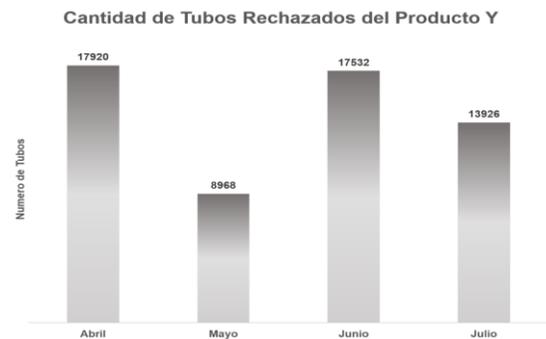


Figura 2

### Cantidad de tubos Rechazados en la Línea de Producción

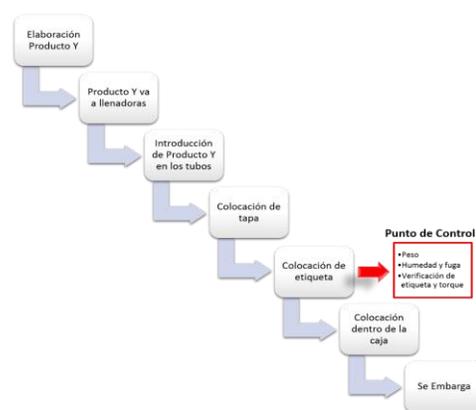


Figura 3

### Diagrama de la Línea de Producción del Producto Y

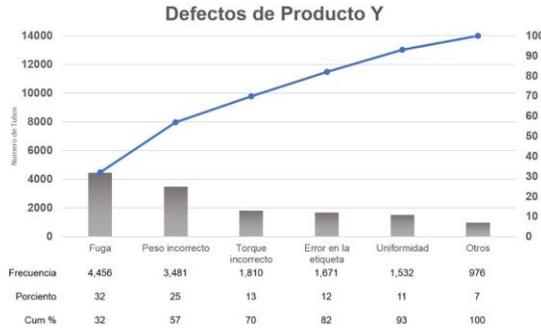


Figura 4

Gráfica de Pareto del Producto Y Rechazados

De esta forma se identificó el problema de la fuga como uno crítico para poder disminuir la cantidad de tubos rechazados. Hay varias razones por la que se puede producir una fuga en el tubo del producto, así que se utilizó el análisis de Pareto nuevamente para identificar la razón principal de las fugas en los tubos del Producto Y. En la Figura 5 se observa que la mayor causa de fuga es problemas con el torque.



Figure 5

Gráfica de Pareto del Producto Y con Fuga

Se determinó que el mayor causante de tubos rechazados era el torque. La variabilidad del torque estaba ocasionando 25% de los rechazos. Utilizando este análisis se pudo determinar el área donde se iba a central el estudio para la disminución de tubos rechazados del Producto Y. La Figura 6 muestra el diagrama del proyecto que se construyó utilizando los análisis de Pareto. Así se logró central el proyecto en un problema que al resolverse puede disminuir considerablemente la cantidad de tubos rechazados.

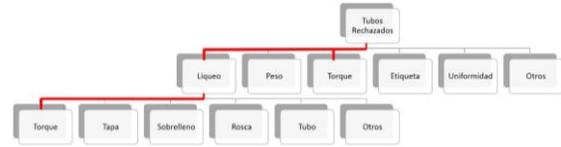


Figura 6  
Diagrama de Selección de Proyecto

### Analizar

Durante la fase de medición se determinó que la variabilidad en el torque era el mayor causante de rechazos en la línea de producción del Producto Y. Estos tubos se les corregía el torque y luego eran empacados y embargados. Lo que producía más trabajo y retraso en la línea de producción. Se analizó la tendencia por semana de tubos rechazados por disminución en el torque por 6 semanas. En la Figura 7 se muestra que el promedio de tubos rechazados por torque por semana fue 851 lo que se considera la base del proyecto. La menor cantidad de rechazos por torque (entitlement) fue 586. El objetivo de este proyecto era disminuir la cantidad de tubos rechazados 95% de la base al “entitlement”, lo que se determinó que era 600 tubos. Esto representa que se disminuiría 30% de los tubos rechazados por torque en la línea de producción.

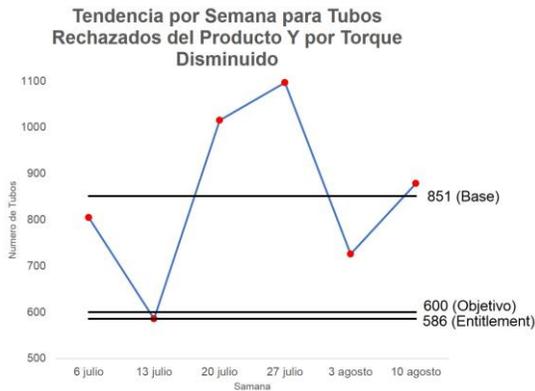
Una vez establecido el proyecto completamente y el objetivo fue determinado, se realizaron sesiones de lluvia de ideas en la que participaron personal de producción, de calidad, de proceso y de mantenimiento, en estas sesiones se evaluaron cada una de las causas potenciales y los posibles planes de acción que se tenían que implementar para corregir la problemática en la variabilidad del torque.

La tabla 1, muestra la tabla de potenciales errores en la línea de producción del Producto Y relacionados con la variabilidad del torque. En esta tabla se describe el modo de falla y las posibles causas de éstas.

### Mejorar

Como etapa de mejoramiento se calibraron los instrumentos de tapado y no se encontró ningún problema en éstos. Lo que elimino la probabilidad

de que éstos fueran los causantes de la variabilidad en el torque. Al medir el torque en la línea de producción luego del tapado encontramos que éste estaba siendo aplicado correctamente y todos los tubos tenían un torque mayor de 40 in-oz y estaban dentro de los límites esperados (40 a 48 in-oz).



**Figura 7**  
Gráfica de Tendencia

**Tabla 1**  
Tabla de Modos de Falla

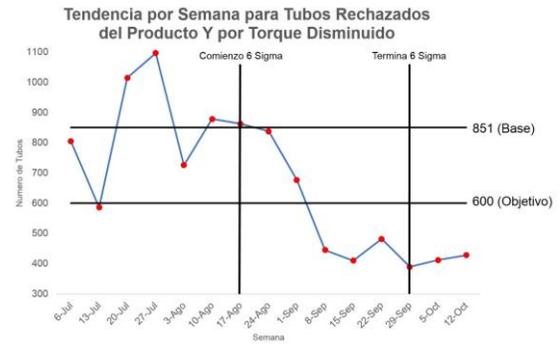
|   | Modo de falla                              | Causa  |
|---|--|--|
| 1 | No se aplica suficiente torque             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de la línea de producción</li> <li>• Des calibración del instrumento</li> </ul> |
| 2 | Torque no es aplicado correctamente        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapas incorrectas o con falla</li> <li>• Instrumento</li> </ul>                           |
| 3 | Relajación del torque mayor de lo esperado | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variabilidad de temperatura</li> <li>• Manejo del producto</li> </ul>                     |

Se espera que luego del tapado ocurra una relajación del 20% al 25% después de la producción. Esta relajación es mayor y antes de lo esperado. Para prevenir y corregir esta variabilidad de torque se reunió a todo el personal de producción para crear conciencia del problema. Se revisaron las especificaciones del torque y se determinó aumentar los valores de torque (45 a 52 in-oz) para asegurar valores del torque alto aun después que ocurra la relajación.

### Control

Una vez implementada las mejoras se observó una reducción en la cantidad de tubos con torque disminuido en la línea de producción. Se había determinado como objetivo disminuir la base de tubos rechazados por torque de 851 a 600 tubos por semana. La base de tubos rechazados por torque se disminuyó a 428 tubos por semana como se puede

observar en la Figura 8. Esto representa una disminución de 52% en tubos rechazados por torque en la línea de producción del Producto Y.



**Figura 8**  
Gráfica de Tendencia Después de Aplicar Seis Sigma

La frecuencia de prueba de torque se revisó y se determinó aumentar ésta. Se revisaban 5 tubos de cada lado de la maquina cada 2 a 3 horas y se aumentó a revisar 5 tubos de cada lado de la maquina cada hora. Las pruebas de torque tienen que ser registradas en un formato de control, asignado para su monitoreo y registro al departamento de calidad. Esta información del comportamiento del torque nos puede ayudar a aplicar acciones correctivas antes de que se presenten los problemas de calidad.

### CONCLUSIÓN

La metodología Seis Sigma proporciona una herramienta de mejora continua y sustancial a través del uso de herramientas estadística que nos ayudan en la mejora de los procesos, la satisfacción del cliente y la optimización de los recursos. La implementación de este tipo de proyecto, se debe de ver como una inversión que se recuperará en corto y mediano plazo.

Mediante la implementación de la metodología Seis Sigma en la línea de producción del Producto Y en la Compañía X, se disminuyó la cantidad de tubos rechazados detectados como defectuosos en la línea de producción. Este proyecto ayudó a disminuir este problema que se tenía en el área de producción, ya que el problema de variabilidad de torque en los tubos se presentaba desde hacía meses

y no se había tomado ninguna acción correctiva en la línea de producción para acabar con esta problemática.

En este proyecto se identificó la variabilidad en el torque como la mayor causante de tubos rechazados del Producto Y. Luego de revisar y aumentar las especificaciones del torque, los tubos rechazados por torque disminuyeron por 52%. La aplicación de monitoreo del torque con más frecuencia puede evitar problemas futuros en la calidad del producto.

### REFERENCIAS

- [1] J. Balanchard, "Packaging Operations: The Good, the Bad and the Ugly," *Food Engineering*, 2007. Available: <http://www.foodengineeringmag.com/articles/85822-packaging-operations-the-good-the-bad-the-ugly>.
- [2] M. Fridman, "Testing: Testing Force and Torque in Packaging," *Pharmaceutical & Medical Packaging News*. Vol 16, No. 9, 2008.
- [3] C. Barry, "Tech improvements lead to capper flexibility: large cap applications and torque enhancements put a new spin on capping equipment innovations," *Food & Drug Packaging*, 2004. Available: <http://www.highbeam.com>.
- [4] T. Bao, "The Torque Value Testing for Bottle Cap/Closure- Lock Force & Open Force." *Food and Nutrition*, 2009. Available: <http://www.pressbox.co.uk/>.
- [5] M. Borchers and A. Elboudwarej, "Temperature effects on torque and bottle opening," *Packaging World*, 2005. Available: [http:// http://www.packworld.com/](http://http://www.packworld.com/).
- [6] NJM/CLI Packaging Systems Int'l, "Cap Retorquer Reapplies Torque after Induction Sealing." *Pharmaceutical Processing*, 2010. Available: <http://www.pharmpro.com/>.
- [7] M. S. Raisinghani et al., "Six Sigma: concepts, tools, and applications." *Industrial Management & Data Systems*. Vol 105, No. 4, 2005.