

Desarrollo de un Plan para la Reducción de Merma Utilizando la Metodología Seis Sigma en una Planta de Productos Lácteos

Joanne E. Montañez Cáliz
Maestría en Manufactura Competitiva
Advisor: Rafael Nieves, PharmD.
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Puerto Rico

Resúmen — *La cuantificación de las mermas que surgen desde el proceso de recepción hasta el procesamiento debe ser de suma importancia para una empresa. Durante los últimos años el aumento paulatino al costo de la materia prima afectó de manera directa los costos de elaboración en una empresa de productos lácteos. Aplicando el concepto de Seis Sigma con la metodología DMAIC se investigó las áreas del proceso y se determinó cuáles eran las áreas donde había mayor porcentaje de desperdicio (merma) y sus posibles causas. De esta forma se permitió recuperar el 75% del producto que estaba destinado a pérdida y se impactó positivamente el costo en la elaboración de otros productos.*

Palabras Claves — *DMAIC, Línea de Producto, Muda, Seis Sigma.*

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una empresa de manufactura que se dedica a la producción de productos lácteos ha notado que existe una gran oportunidad de reducir el porcentaje de merma con el fin de aumentar la productividad de su proceso de manufactura. Durante los últimos años el aumento paulatino al costo de la materia prima ha afectado de manera directa los costos de elaboración.

La compañía ha visualizado la importancia de establecer la evaluación y cuantificación de las mermas que surgen desde el proceso de recepción de materia prima hasta el procesamiento de los diferentes productos, con el fin de reutilizar estos desperdicios siempre y cuando cumplan con los estándares de calidad establecidos.

Descripción de la Investigación

Esta investigación creará un sistema completo que permita a la compañía recuperar y reutilizar gran parte de la materia prima desperdiciada en las líneas

de llenadoras y de transferencia de producto a través de toda la planta procesadora. Esto permitirá el mejoramiento continuo reduciendo el porcentaje de merma y a su vez aumentar la productividad.

Objetivos de la Investigación

Los objetivos de esta investigación son:

- Mejorar la eficiencia y lograr reducir los costos de producción.
- Establecer los puntos críticos de merma a través del análisis de los procesos involucrados.
- Desarrollar e implementar un sistema de recuperación para estandarizar el recobro de producto.
- Implementar el uso de la materia prima recuperada en la elaboración de productos tales como queso y mantecado.

Determinar el impacto financiero en las áreas de reducción de merma y en el producto final elaborado con la materia prima recuperada.

Contribución de la Investigación

La principal contribución de esta investigación es mejorar la productividad de los procesos mediante la reducción de desperdicios de materia prima. Esta disminución en los desperdicios conllevará a una reducción de costos de elaboración y de esta manera aumenta la rentabilidad y ganancias de la empresa.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el mundo de hoy, las empresas se han vuelto altamente competitivas. Todas las industrias y las organizaciones deben funcionar satisfactoriamente para poder sobrevivir y ser rentables. Según OECD 2015, la industria láctea actualmente se encuentra en constante crecimiento y su diversificación hace que

su demanda aumente. Actualmente se producen 260 millones de cuartillos de leche al año donde la Industria Lechera (Indulac) procesa aproximadamente 45 millones en productos bajo su marca. (Ley 97,2016)

Desde el año 2006, Indulac se ha afectado por el incremento en el precio/costo de su materia prima principal de unos 32 centavos a 80 centavos por cuartillo de leche. La empresa ha notado que existe una gran oportunidad de eliminar y/o reducir el porcentaje de merma (desperdicio).

Para lograr el éxito de cualquier estrategia, es necesario el uso de herramientas que se centren en el desarrollo constante.

SEIS SIGMA

Seis Sigma es una implementación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de principios y técnicas de calidad comprobada, con el objetivo principal de mejorar el rendimiento de los procesos buscando reducir costos, mejorar la satisfacción del cliente, y aumentar ingresos, por lo tanto, aumentar las ganancias [1]. Según Yang este lo describe como un enfoque centrado en el proceso para la mejora del negocio y característica clave es "mejorar un proceso a la vez". El proceso podría ser un sistema de producción, un sistema de facturación del cliente o un producto en sí mismo [2].

Sigma es la medida utilizada para evaluar el rendimiento del proceso y los resultados de los esfuerzos de mejora, una forma de medir la calidad. Muchas empresas utilizan sigma para medir la calidad porque es un estándar que refleja el grado de control sobre cualquier proceso para cumplir con el estándar de rendimiento establecido [3]. La escala Sigma mide "Defects Per Million Opportunities" (DPMO) y esto equivale a 3.4 defectos por millón de oportunidades. Esta métrica Sigma permite comparar procesos diferentes en términos del número de defectos generados por el proceso en un millón de oportunidades. Además esta escala se utiliza para establecer un nivel de referencia de rendimiento y para medir este en la medida en que se ejecutan los proyectos de mejora [3].

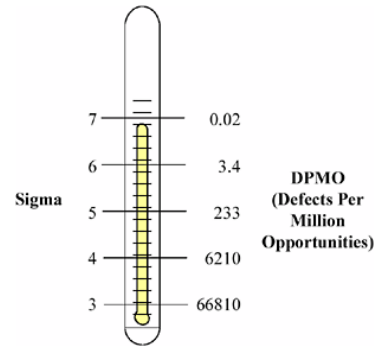


Figure 1
Sigma Scale- Introduction to Six Sigma (2005)

METODOLOGÍA DMAIC

DMAIC se puede considerar como una ruta exitosa para la resolución de problemas la mejora de procesos y/o productos. Es un conjunto de prácticas potentes, sólidas y diseñadas para mejorar la tasa de éxito de los equipos de resolución de problemas. Esta metodología se desarrolló específicamente para ayudar a los equipos a resolver problemas de raíz de manera más eficiente y con mayor consistencia y repetibilidad entre los equipos [4].



Figure 2
Steps in the Six Sigma DMAIC Methodology

DMAIC (FASES)

Las cinco fases clave de la metodología Six Sigma se presentan como el acrónimo DMAIC y el cual significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve), y Control.

- **Definir.** El objetivo de esta fase es identificar la condición actual del proceso, por ende, se debe realizar el planteamiento del problema, paretos que determinen la condición actual con el fin de entender y determinar el alcance del proyecto.
- **Medición.** Esta fase para recolectar datos relevantes y para determinar el rendimiento actual; cuantificar el problema.

- **Analizar.** Estas se analizan para investigar la causa de los problemas y convertir los datos en información que proporcione información detallada para encontrar la raíz de la causa del problema.
- **Mejorar (Improve).** Una vez que se analizan los datos podemos inferir algunas soluciones al problema y hacer cambios en el proceso. Seguramente, una vez que mejoramos el proceso podemos medir los resultados para ver si los mismos son positivos o si se necesita realizar otros cambios.
- **Control.** Esta última fase se inicia asegurando que las nuevas condiciones del proceso estén documentadas y monitoreadas a través de métodos de control estadístico de procesos (SPC) [5].

MANUFACTURA ESBELTA

Manufactura Esbelta, de acuerdo con una definición ampliamente aceptada, es "un enfoque sistemático para identificar y eliminar residuos (actividades sin valor agregado) a través de la mejora continua al hacer fluir el producto a la atracción del cliente en busca de la perfección" [6]. Es un conjunto de técnicas que permiten reducir y eliminar los desechos. Este sistema no solo hará que una compañía sea más ágil, sino que, será más flexible y receptiva al reducir el desperdicio, quitarles tiempo a los procesos y crear un mejor flujo [6].

MUDA (DESPERDICIO, MERMA)

Muda es una actividad o parte en el proceso que no agrega valor; un desperdicio físico de tiempo, recursos y dinero. Estos desechos fueron categorizados por Taiichi Ohno dentro del sistema de producción de Toyota. Para eliminar el desperdicio, es importante entender exactamente qué residuos hay y dónde existe. Mientras que los productos difieren significativamente entre las fábricas, los desechos típicos que se encuentran en los entornos de fabricación son bastante similares [7].

METODOLOGÍA

La metodología de resolución de problemas DMAIC (Figura 3) se desarrolló para ayudar a los equipos a responder cinco preguntas clave con respecto a cualquier problema u oportunidad [6].

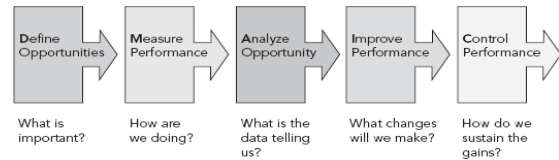


Figura 3
Metodología de Mejora DMAIC

En la fase de Definir, se realizará la identificación del proceso a mejorarse. Se utilizará la herramienta conocida como "Project Charter", el cual define cual es el alcance del proyecto, los objetivos y se determinará quienes serán los integrantes del equipo de trabajo. Además de identificar cual es el problema y cuáles son las oportunidades que tenemos como equipo para poder resolver. El equipo seleccionado se encargará de validar el proceso actual utilizando un diagrama SIPOC.

En la fase Medir, se utilizarán herramientas internas para recopilar la información de los últimos tres (3) meses relacionadas a la pérdida de producto en las diferentes líneas de procesos y se establecerá el porcentaje de merma (desperdicio) actual. En esta Fase se realizará un Diagrama de Flujo del Proceso para comprender e identificar los puntos en el proceso donde se puede generar un porcentaje mayor de mermas y se verificará el comportamiento desde el recibo de materia prima hasta el producto final. Estas medidas se compararán con los datos recolectados al final del estudio para determinar si hubo un mejoramiento significativo. Con la información recopilada en la fase de analizar, se evaluarán los datos obtenidos con el propósito de identificar y seleccionar las posibles causas que influyen en las mermas a través de un diagrama de causa y efecto. En la fase de Mejora se evaluarán las soluciones y se definirá un plan de implementación para cada una de ellas en las diferentes etapas del proceso. Esta etapa se estará estandarizando las acciones que se van a tomar para optimizar el

proceso y evitar el desperdicio de materia prima que se pueda utilizar para la elaboración de otros productos. En adicción se verificarán los beneficios en costos basados en la reducción del porcentaje de merma.

En la fase final de Control, se desarrollarán procedimientos e instrucciones de trabajo para instruir a los operadores para así lograr mantener las mejoras en el proceso. Después de la implementación de las mejoras en las diferentes áreas del proceso se generará un informe mensual de los porcentos de merma en cada área para confirmar si el proceso está en completo control o necesita mejorar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A raíz del aumento del 50% del costo de la materia prima se realizó una evaluación de los sistemas existentes: recepción, almacenamiento en silos, queso, mantequilla, sistemas de transferencia y UHT. Se utilizó la herramienta Diagrama SIPOC junto con personal de las áreas involucradas para de esta manera realizar el mapa del proceso más detallado, ver figura 4.

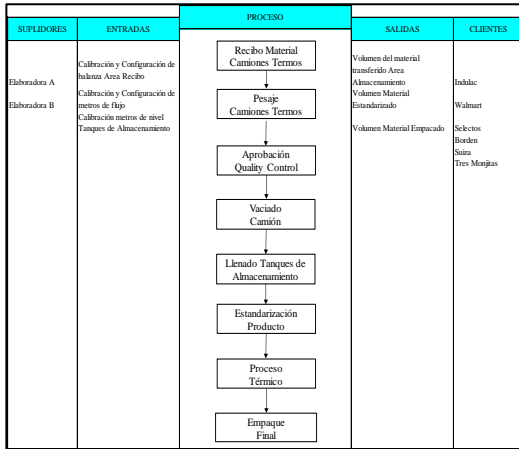


Figura 4
SIPOC del Proceso

Se evaluó cada área del proceso para determinar el estado actual de los equipos y la cantidad de pérdidas de producto. Durante un periodo de tres meses se recopiló datos de la cantidad de producto bueno que se adjudicaba como merma (desperdicio). En la Tabla 1 muestra el volumen total en cuartillos

de producto perdido en las diferentes áreas o líneas de transferencia durante el mes de diciembre, enero y febrero.

Tabla 1
Total Producto “Merma” por tres (3) Meses

Línea de Producto	Tamaño Tuberia (in)	Actual Id (in)	Largo (ft)	Volumen (Gal)	Volumen (Quarts)	Tiempo Mes	Diciembre	Enero	Febrero	3 Meses de Leche Perdida (Qts) / Año
Recepcion #1	3	2.87	160	53.77	215.06	24	5161	5058	5265	15484
Recepcion #2	3	2.87	160	53.77	215.06	24	5161	5125	5198	15484
Crueda a Silos de Queso	2	1.87	368	52.50	209.99	20	4200	3995	4405	12600
Crueda al Separador	2.5	2.37	280	64.16	256.64	20	5133	5225	5041	15399
Crueda a Silos de UHT	2.5	2.37	336	76.99	307.97	20	6158	6183	6136	18478
Crueda en Silos Queso a Pasteurizador	2	1.87	48	16.85	67.39	20	348	568	520	1633
Pasteurizador a Tiro Queso	2.5	2.37	64	14.67	58.68	20	1173	1205	1142	3520
Silos a Silos UHT	2	1.87	80	11.41	45.65	20	913	888	828	2739
Crema a Tanque de Crema	1.5	1.37	136	10.41	41.65	20	833	840	826	2499
Silos de UHT a Esterilizador #1	2	1.87	96	13.70	54.78	20	1096	1063	1138	3297
Silos de UHT a Esterilizador #2	2	1.87	88	12.55	50.22	20	1004	1016	993	3013
Crema del Sep. A Tanque de Crema	1.5	1.37	240	18.38	73.51	20	1470	1389	1551	4410
Esterilizadores				215.00	860.00	20	17200	17840	16560	51600
CP Crueda				50.00	200.00	24	4800	5120	4480	14400
CP UHT #1				150.00	600.00	8	4800	4896	4604	14400
CP UHT #2				200.00	800.00	20	16000	15880	15120	48000
Totales / Ds				1004.14197	4016.591888		75652	76389	74916	228956

En la Figura 5 se muestra más detallada la cantidad por mes de producto perdido en cuartillos para los meses de diciembre, enero y febrero.

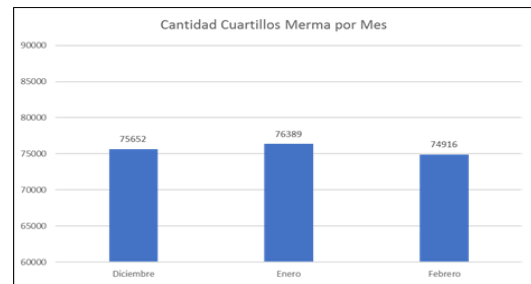


Figura 5
Total Producto Perdido Mensual en Cuartillos

Luego de realizar la recolección de los datos y usando un análisis de Pareto como herramienta estadística para presentar e identificar las áreas del proceso que provocan la mayor cantidad de merma del producto. En la Figura 6 se puede observar las áreas que están causando la mayor cantidad de merma de producto.

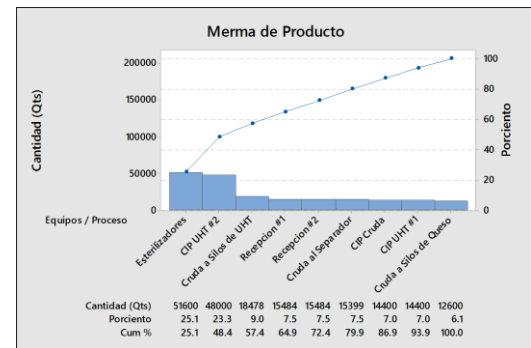


Figura 6
Gráfica de Pareto

La identificación de causas se realizó por medio de lluvia de ideas del personal involucrado en el proceso. De esta manera se representan en los cuadros de identificación las causas y las variables que influyen, mostrando cuales podrían estar afectando en mayor o menor proporción el proceso. Se procedió a realizar un diagrama de causa y efecto y de esta manera identificar las posibles causas para la pérdida de producto. En la figura 7 se muestra el diagrama causa y efecto en la merma de producto.

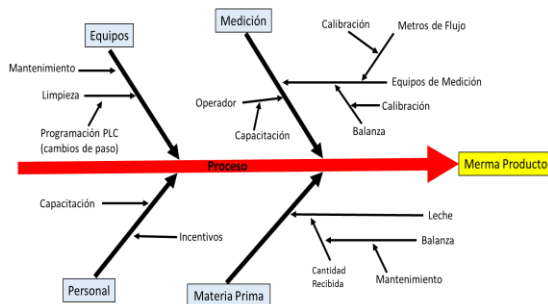


Figura 7
Diagrama Causa y Efecto en la Merma de Producto

Se evaluaron cada una de las causas potenciales y los posibles planes de acción que se tienen que implementar para corregir la problemática de la pérdida de producto.

Como parte de la etapa de mejoramiento se calibraron todos los instrumentos de pesaje y de flujo y no se encontró ningún problema en éstos. Lo que eliminó la probabilidad de que éstos fueran los causantes de la merma de producto.

Según discutido con el departamento de producción y mantenimiento los esterilizadores se alimentan de una línea de transferencia común desde los Silos en el área UHT, e incluso, aunque estas líneas son más cortas, son una fuente de merma, ya que se dejan llenas de producto. Estas fuentes de merma deben eliminarse mediante el uso de “Water Flush” y/o soplado de aire.

En adición, en los equipos esterilizadores los pasos de agua a desagüe son también una fuente importante de merma, ya que hay una gran cantidad de sólidos lácteos que van directamente al drenaje con cada cambio de paso. Como manera de recuperación estos deberían estar equipados con

instrumentos de detección de sólidos para detectar producto y/o sólidos lácteos.

Una vez se implementaron las medidas en los equipos identificados como causantes de la merma, se observó una reducción significativa en esos equipos, ya que el 75% del producto que iba al drenaje se logró recuperar. El departamento de calidad realiza análisis rutinarios y aprueba la utilización de este producto recuperado en la preparación de productos tales como queso y mantecado.

CONCLUSIÓN

La metodología Seis Sigma es una herramienta de mejora continua eficaz que provee y facilita las mejoras de los procesos y la optimización de los recursos. Mediante la implementación de la metodología Seis Sigma en esta investigación, se logró identificar los puntos críticos, desarrollar y crear un sistema de recuperación en varios de los equipos identificados como los principales causantes de la merma. De esta forma se permitió recuperar el 75% del producto que estaba destinado a pérdida valorada en \$51,065, e impactando positivamente el costo en la elaboración de otros productos.

Los próximos pasos después de esta investigación, es estabilizar la operación con un nuevo procedimiento de operación donde incluya todos los pasos a seguir para la recuperación del producto, recopilar nuevos datos y observaciones de las nuevas instrucciones de trabajo implementadas. Se volverán a tomar data por un periodo de tres meses para corroborar que la data obtenida sea la correcta y se realizará un análisis de todas las oportunidades observadas durante este período de tiempo para determinar si se debe realizar otro proyecto de mejora continua.

REFERENCIAS

- [1] T. Pyzdek and P. Keller, *Six Sigma Handbook*, Fourth Edition. Building the Responsive Six Sigma Organization, New York, McGraw-Hill Professional, 2014, pp.1-54.
- [2] Y. Kai, and B. El-Haik, *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*, New York: McGraw-Hill Professional, 2003.

- [3] T. McCarty, L. Daniels, M. Bremer and P. Gupta, *Six Sigma Black Belt Handbook (Six SIGMA Operational Methods)*. Introduction to Six Sigma, Chapter 1, McGraw-Hill Professional, 2005.
- [4] T. McCarty; M. Jordan and D. Probst, *Six Sigma for Sustainability: How Organizations Design and Deploy Winning Environmental Programs, Transformational Change and the Power of Teams*, Chapter 2, McGraw-Hill Professional, 2011.
- [5] S. Park, *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, DMAIC Process*, Six Sigma Framework Chapter, APO, 2003, pp. 37-40.
- [6] L. Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing*, Second Edition, Lean Manufacturing and the Toyota Production System, McGraw-Hill Professional, Access Engineering, 2015.
- [7] D. McBride, The 7 Manufacturing Wastes, EMS Consulting Group. [Online]. Available: <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>.