

ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANUFACTURA PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN UNA EMPRESA DE PLÁSTICOS

ANALYSIS OF THE MANUFACTURING PROCESS FOR THE APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY IN A PLASTICS COMPANY

Josué Samaniego Leyva

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
jos.sam.ley@outlook.com

Moisés Tapia Esquivias

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
moises.tapia@itcelaya.edu.mx

Recepción: 7/mayo/2020

Aceptación: 24/noviembre/2020

Resumen

La aplicación de la metodología DMAIC es importante en el proceso de manufactura de la empresa para reducir la variabilidad en el producto, esto debido a los cada vez más altos requerimientos de calidad y confiabilidad que exigen los clientes. Esta problemática tiene que ser atendida y resuelta si la empresa busca convertirse en una organización de clase mundial para competir en el mercado internacional. Por otro lado, si estos problemas no son atendidos las organizaciones tienden a tener pérdidas monetarias por productos mal fabricados, cancelaciones de contratos y falta de nuevos clientes, la suma de estos factores puede llevar a la bancarrota.

Para lograr este objetivo es necesario la aplicación de la metodología DMAIC, ya que es la más completa para la reducción de la variabilidad en los procesos industriales y, por ende, reducir los niveles desperdicio, sin embargo, se requiere un análisis del proceso para localizar las zonas que generan desperfectos en el proceso.

Palabras Clave: *DMAIC, inyección de plástico, máquina de moldeo, poliestireno, Seis Sigma.*

Abstract

The application of the DMAIC methodology is important in the manufacturing process of the company to reduce the variability in the product, this due to the increasingly high quality and reliability requirements demanded by customers.

This problem has to be addressed and resolved if the company seeks to become a world-class organization to compete in the international market. On the other hand, if these problems are not addressed, organizations tend to have monetary losses due to poorly manufactured products, cancellation of contracts and lack of new customers, the sum of these factors can lead to bankruptcy.

To achieve this objective, the application of the DMAIC methodology is necessary, since it is the most complete for reducing variability in industrial processes and, therefore, reducing waste levels, however, an analysis of the process is required to locate the areas that cause damage to the process.

Keywords: DMAIC, molding machine, plastic injection, polystyrene, Six Sigma.

1. Introducción

Los cada vez más altos requerimientos de calidad y confiabilidad que exigen los clientes es una de las problemáticas de cualquier empresa. Esta problemática tiene que ser atendida y resuelta si la empresa busca convertirse en una organización de clase mundial para competir en el mercado internacional.

Por otro lado, si los problemas no son atendidos las organizaciones tienden a tener pérdidas monetarias por productos mal fabricados, cancelaciones de contratos y falta de nuevos clientes, la suma de estos factores puede llevar a la bancarrota.

Los departamentos de calidad de cualquier empresa cuentan con varias herramientas y metodologías que facilitan la identificación, así como la solución de estas problemáticas. Una de estas metodologías es DMAIC, llamado así por las siglas en inglés de "Define, Measure, Analyze, Improve and Control" la cual desde la década de los ochenta se ha ido afianzando como una de las metodologías con mejores resultados. Los resultados de aplicar esta metodología son la reducción de los defectos en los procesos para llevar la calidad de los productos a un nivel cercano a la perfección.

Los resultados se traducen en un rango de seis sigma para conocer más fácilmente la variabilidad del proceso. La propuesta está dirigida a la reducción de la variabilidad para aumentar el nivel de seis sigma en un proceso de producción de la empresa para que logre cumplir con los estándares de calidad de los clientes de la zona. Esto se logrará mediante la estandarización de los parámetros de prensas en el área de moldeo. Para lograr lo mencionado se hará un análisis preliminar del proceso para descubrir si es posible emplear Six Sigma por medio de la metodología DMAIC para estandarizar los parámetros con los que trabajan las prensas, ya que los parámetros oficiales de Estados Unidos y Japón no funcionan en esta zona.

2. Métodos

Definición de calidad

Diferentes individuos y organizaciones han dado diferentes definiciones para Calidad, por ejemplo, [International Six Sigma Institute, 2018]:

- Deming: “Calidad es definida por el punto de vista del cliente como cualquier cosa que mejore su satisfacción”.
- Juran: “Actitud para el uso. Aquellas características del producto que satisfacen las necesidades de los clientes y, por lo tanto, proporcionan satisfacción al producto. Libertad de las deficiencias”.
- American Society for Quality: “La totalidad de las características de un producto o servicio relacionadas con su habilidad para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas.
- Customer Operation Performance Center: “Calidad es definida como el conocimiento que permitiría a los agentes proveer una solución precisa y consistente al cliente al primer intento”.
- International Organization for Standardization: “Grado en que un conjunto de características inherentes, de un producto o servicio, cumple los requisitos”.

Definición de defecto

La definición de defecto es: “Una no conformidad relativa a un requerimiento específico del cliente” [Martin, 2009]. Otra definición aceptada es “Una no

conformidad de una de muchas posibles características de calidad de una unidad que puede provocar insatisfacción del cliente” [Polesky, 2006].

Los 12 pasos en Six Sigma

Esta estrategia ayuda al usuario de Six Sigma a llevar un correcto orden en el uso e implementación de las herramientas de estadísticas, de Lean Manufacturing y de calidad [González, Guzmán, Hernández, & Rebollar, 2008]:

- Seleccionar la característica crítica para la calidad (CTQ): El objetivo de este paso es encontrar el problema que se va a mejorar y justificarlo.
- Definir el estándar de desempeño: Aquí se determina cómo se va a medir el CTQ seleccionado.
- Validar el sistema de medición (Y's): Determinar qué tan confiable es la medición del estándar de desempeño del CTQ seleccionado.
- Establecer la capacidad del producto: En este paso se determina cuanta variación se tiene en el CTQ seleccionado y determinar qué tipo de problema estadístico se tiene.
- Definir los objetivos de desempeño: El objetivo de este paso es determinar en qué momento se podrá decir que el proyecto ya está terminado.
- Identificar las fuentes de variación: Determinar qué factores pueden estar afectando el CTQ seleccionado.
- Tamizar las causas potenciales: Aquí se identifican las causas vitales que afectan el CTQ.
- Encontrar la relación entre las variables: El objetivo de este paso es determinar cómo afectan al CTQ los factores triviales y encontrar los valores óptimos de operación.
- Establecer las tolerancias de operación: Determinar las especificaciones que se deben seguir para controlar los factores poco triviales.
- Validar el sistema de medición (X's): Aquí se determina que tan bien se están midiendo los factores vitales.
- Determinar la capacidad del proceso: Este paso es determinar si el proceso será capaz de cumplir con las tolerancias requeridas en los factores vitales.

- Implementar los controles de proceso: El objetivo de este último paso es establecer controles para asegurar que el cambio realizado permanecerá en el tiempo hasta que se presente una nueva mejora, definir acciones de mejora concretas, evaluar los beneficios logrados, verificar si se lograron los objetivos planteados, así como también verificar si se puede replicar en otras máquinas, plantas del grupo o procesos similares y por último felicitar al equipo que participó en la implementación.

Objetivo de DMAIC

Mientras que los métodos de Six-Sigma incluyen muchas herramientas estadísticas que se empleaban en otros movimientos por la calidad, aquí se aplican de manera sistemática y enfocadas en los proyectos, mediante el ciclo de definir, medir, analizar, mejorar y controlar. El objetivo general de la metodología es entender y lograr lo que quiere el cliente, ya que se considera la clave para la rentabilidad de un proceso de producción [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009].

Análisis del proceso

La empresa presenta problemas en varios puntos del proceso de manufactura como son el caso del área de moldeo, la fase de pre-expansión y el sistema de silos. Para familiarizarse con el procedimiento se realiza un análisis de este para encontrar la etapa en la que se podría reducir la cantidad de desperdicio.

La figura 1 detalla el proceso de manufactura, primer paso consiste en expandir la materia prima la cual es Styropek BF 495 y BFL 397 el cual es un poliestireno expandido (EPS) que se utiliza en la compañía para la fabricación de paneles de aislamiento térmico, aislamiento acústico y para la fabricación de empaques para transporte de piezas automotrices [Styropek SA de CV, 2020]. Este material se expande a diferentes densidades dependiendo de la pieza a fabricar.

Una vez expandido el material se deja reposar, por un mínimo de 25 horas hasta un máximo de 9 días, en alguno de los 18 silos con los que cuenta la planta con la finalidad de eliminar el gas pentano que genera el material durante el proceso de expansión.

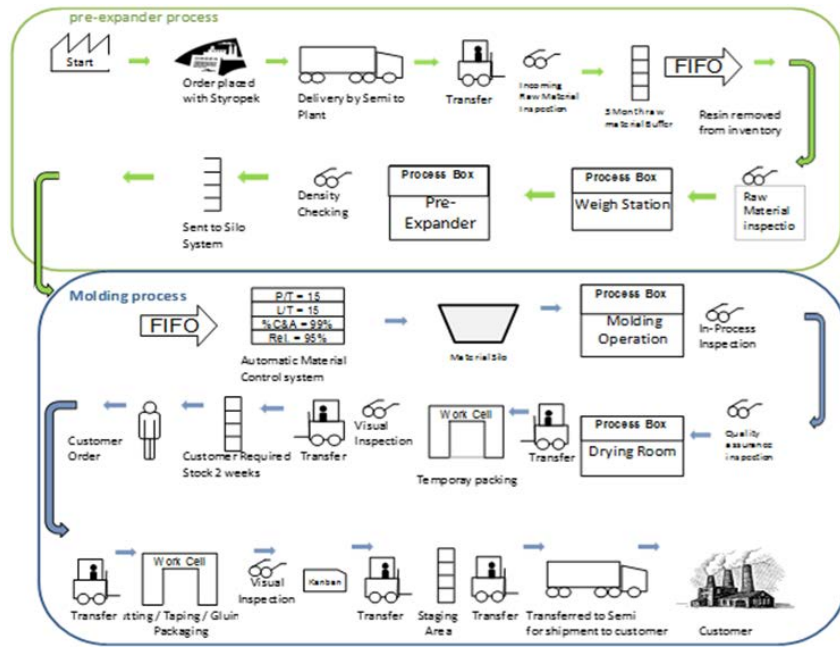


Figura 1 Diagrama de proceso.

Finalmente, una vez que el material elimina el gas pentano, el poliestireno se envía por medio de conductos a las prensas. Actualmente la planta cuenta con dos marcas y estilos en máquinas de moldeo:

- El estilo antiguo que es un servo eléctrico donde un motor eléctrico acciona un tornillo largo para girar el lado móvil de la prensa.
- El segundo estilo es electrohidráulico; un motor eléctrico acciona una bomba hidráulica que genera aceite a alta presión para mover los cilindros en el lado móvil de la prensa [Sekisui Plastics, 2020].

Después de analizar el proceso, y utilizando la base de datos del área de calidad, se decide analizar el sistema de moldeo como posible etapa del proceso donde sería posible aplicar la metodología Six Sigma ya que es donde se presenta una gran cantidad de desperdicio. Aunado a esto, se desconoce el efecto que producen en el producto los parámetros controlables del sistema de moldeo.

Parámetros críticos

Una vez que se decide que la etapa problemática es la de moldeo se procede a elegir que parámetros causan que las piezas sufran desperfectos.

Ya que la empresa no cuenta con documentación oficial de cómo afecta, realmente, cada parámetro al producto se efectúa una junta con los técnicos para decidir qué parámetros, en su experiencia, afectan al producto final, tabla 1.

Tabla 1 Parámetros críticos.

Parámetro	Unidades	Parámetro	Unidades
Rejilla de llenado	Milímetros	Vapor autoclave M2	Bar
Llenado A	Segundos	Agua refrigeración M1	Segundos
Aire de llenado	Bar	Refrigeración M1	Segundos
Vapor cruzado M1	Segundos y Bar	Agua refrigeración M2	Segundos
Vapor cruzado M2	Segundos y Bar	Refrigeración M2	Segundos
Vapor autoclave M1	Bar	Estabilidad	Segundos

Tipos de defecto

La tabla 2 muestra los tipos de defectos que pueden llegar a presentar las piezas.

Tabla 2 Tipos de defecto principales.

Defecto	Causas
Post expansion	• Exceso de tiempo de vapor de autoclave.
Conveyor damage	• Parte terminada cae sobre el receptor de piezas.
Poor fusion	• No hay suficiente tiempo de vaporizado. • Ajuste de presión de vapor bajo.
Protrusion	• Ajuste de presión de aire de llenado alto. • Ajuste de tiempo de aire de llenado alto.
Alignment/Flash	• Moldes mal alineados.
Collapsed	• Daño causado por pobre fusión.
Dirty	• Presencia de suciedad dentro del molde.
Heavy	• Ajuste de presión de aire de llenado alto. • Ajuste de tiempo de aire de llenado alto.
Light	• Ajuste de presión de aire de llenado bajo. • Ajuste de tiempo de aire de llenado bajo.
Mis Fill	• Ajuste de presión de aire de llenado bajo.
Stuck in Press	• Parte atorada en cavidad. • Perno de eyección daña parte de la pieza durante la eyección.

Piezas críticas

Se realiza un análisis de las piezas que producen mayor cantidad de desperdicio cada mes, con esto se puede obtener la cantidad de desperdicio (en gramos) que se produce en un año (figura 2).

Muchas de las piezas se producen en el mismo molde, por lo tanto, centramos nuestra atención a los moldes de Pikachu, Spoon, 501-01666-02 y Sax debido a que son las que generan mayor cantidad de desperdicio (tabla 3).

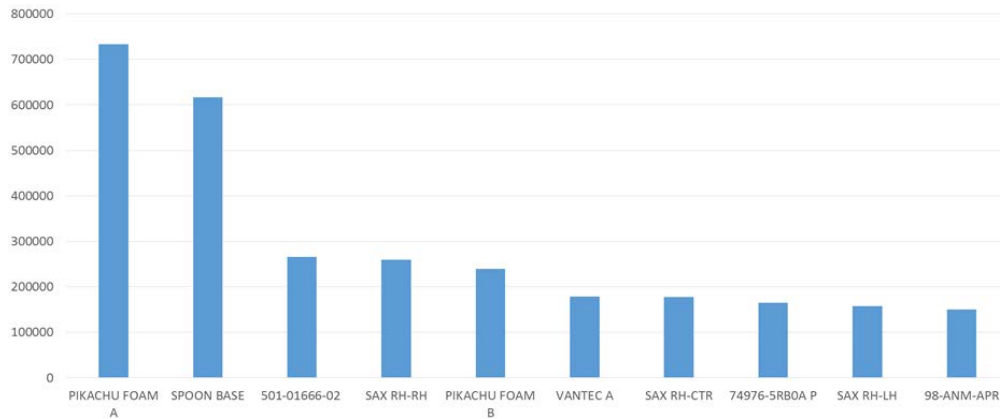


Figura 2 Piezas que generan mayor desperdicio.

Tabla 3 Moldes críticos

Molde	Peso (g)	Piezas	Porcentaje del total
SAX	1361120	2190	19.36
PIKACHU	1017791	514	14.48
SPOON	713704	382	10.15
501-01666-02	291060	1386	4.14

Logrando identificar los moldes con problemas de producción se procede a un análisis de los defectos que presentan las piezas en estos moldes. Las piezas y los tipos defectos que sufren se muestran en la figura 3.

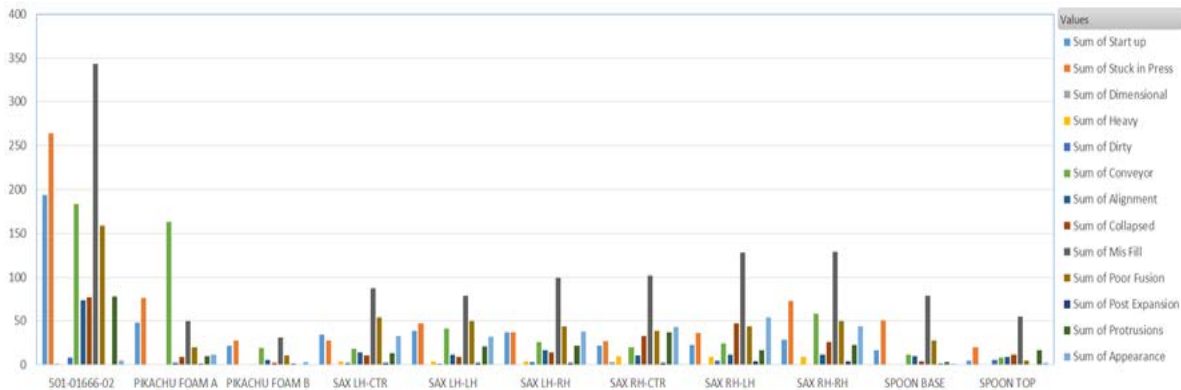


Figura 3 Defectos en piezas.

Se realiza un nuevo proceso de selección, primero dejando de considerar la pieza 501-01666-02 ya que se dejará de producir, también se deja de considerar los daños que son causados por variables que no podemos controlar en la prensa mediante parámetros o que son por causas desconocidas, cómo se muestra en la figura 4.

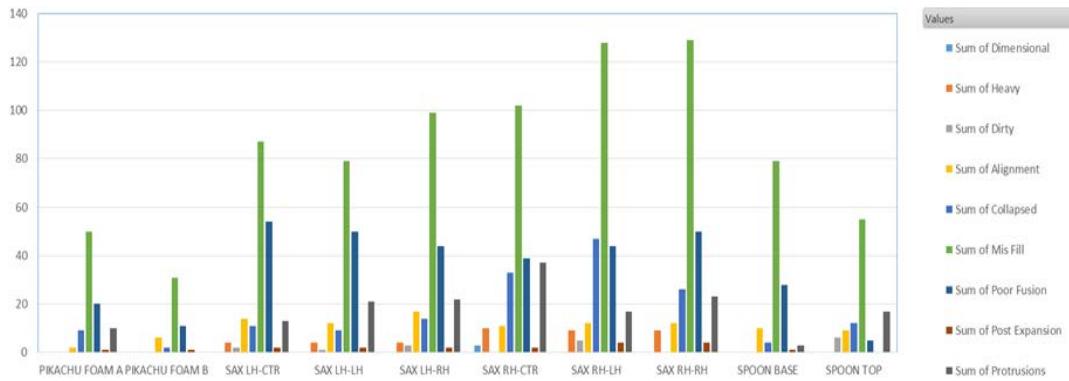


Figura 4 Nueva selección de piezas y sus defectos.

Se observa que uno de los daños presentes en la mayoría de las piezas es el de falta de llenado (misfill) y pobre fusión (poor fusion). Considerando esto, y el porcentaje de desperdicio de cada pieza, se hace un nuevo análisis del porcentaje de desperdicio causado por estas dos fallas para obtener los moldes y el tipo de defecto que se presentan con mayor frecuencia (tabla 4).

Tabla 4 Moldes críticos con defectos controlables.

Molde	Piezas por mis fiil y poor fusion	Porcentaje del total
SAX	844	7.46
PIKACHU	46	1.3
SPOON	132	3.5

Captura de parámetros

Para conocer como los parámetros afectan a las piezas, a lo largo de tres semanas se realiza un registro de los valores utilizados en cada corrida del molde, considerando si estos valores de los parámetros generaron defectos en las piezas o no (figura 5).

MOLDE	IT	REJILLA D	LLENA	AIRE	VAPOR CR	VAPOR CR	VAPOR CI	VAPOR	VAPOR A	VAPOR	VAPOR	AGUA	REFRI	AGU	REF	ESTAB	SCRAP (G
SPOON		6	12	4.5	3.9	0.95	3.8	0.95	4.7	1	1	17	17	17	17	24	32153
SPOON		6	12	4.5	3.9	0.95	4.2	0.95	5.2	1	1	16	16	16	16	24	3968
SPOON		8	15	4	3.9	0.95	4.2	0.95	5.2	1	1	16	16	16	16	24	3968
SPOON		8.4	15	4.4	3.9	0.95	4.2	0.95	5.2	1	1	18	16	16	16	24	0
SPOON		8.4	10	4.9	3.7	0.95	4.3	0.95	5.4	1	1	15	15	15	15	20	0
SPOON		8.4	10	4.9	3.2	0.95	3.7	0.98	4.8	1	1	13	13	13	13	20	496
SPOON		8.4	6.3	4.9	2.7	0.95	3.4	0.98	4.5	1	1	15	15	15	15	20	0
SPOON		9.4	14	3.5	4	0.95	4	0.95	6	0.9	1.1	16	16	16	16	25	
SPOON		9.4	12	3.1	4	0.95	4	0.95	6	0.9	1.1	16	16	16	16	25	
SPOON		9.4	12	3.1	4	0.95	4	0.95	6	0.9	1.1	16	16	16	16	25	
SPOON		10.2	12	3.1	3	0.85	3	0.85	4.5	0.9	0.95	23	23	23	23	27	
SPOON		10.2	12	3.1	3	0.85	3	0.85	3.8	0.95	0.95	23	23	23	23	27	
SPOON		10.6	12	3.1	3	0.85	3	0.85	4.2	0.95	0.95	23	23	23	23	27	
SPOON		11	12	3.2	3.4	0.9	3.6	0.9	4.8	0.95	1	23	23	23	23	27	

Figura 5 Captura del registro de valores de parámetros.

Finalmente, para saber si los valores son posibles de controlar se grafica el comportamiento de los valores que no generan desperdicio; y así lograr observar cómo estos se comportan.

3. Resultados

Durante el análisis de los valores de los parámetros se observó que la ubicación del silo donde se almacena el material y el tiempo de maduración del material influyen los parámetros debido a la cantidad de aire a la que se exponen, por lo que se decide agregar el silo y los días de maduración del material a las gráficas. La figura 6 muestra la distribución de los silos.

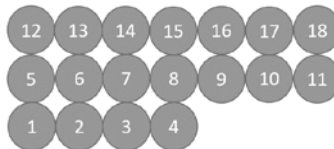


Figura 6 Mapa de silos.

Molde Sax

En la figura 7 se puede observar la comparación de las corridas del molde Sax utilizando material con un día de maduración en los silos 5, 6, 8 y 15.

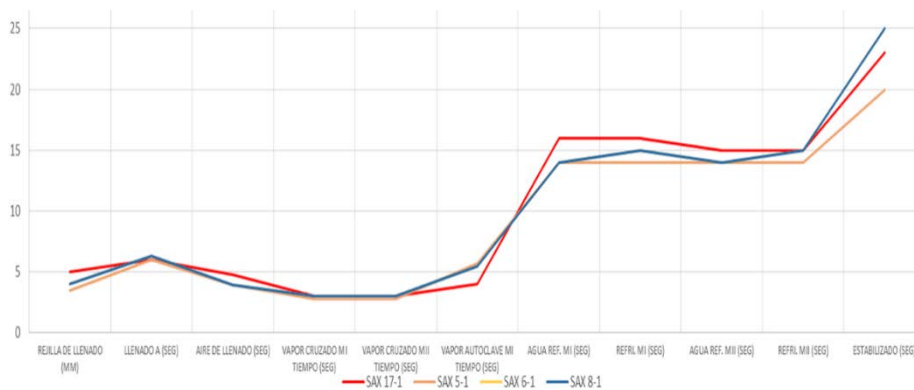


Figura 7 Molde Sax 1.

En la figura 8 se puede observar la comparación de las corridas del molde Sax con material con uno y tres días de maduración utilizando el silo 6. En la figura 9 se

puede observar la comparación de las corridas del molde Sax con material con uno y tres días de maduración utilizando el silo 5. En la figura 10 se puede observar la comparación de las corridas del molde Sax utilizando material con tres días de maduración en los silos 5, 6, 10 y 11.

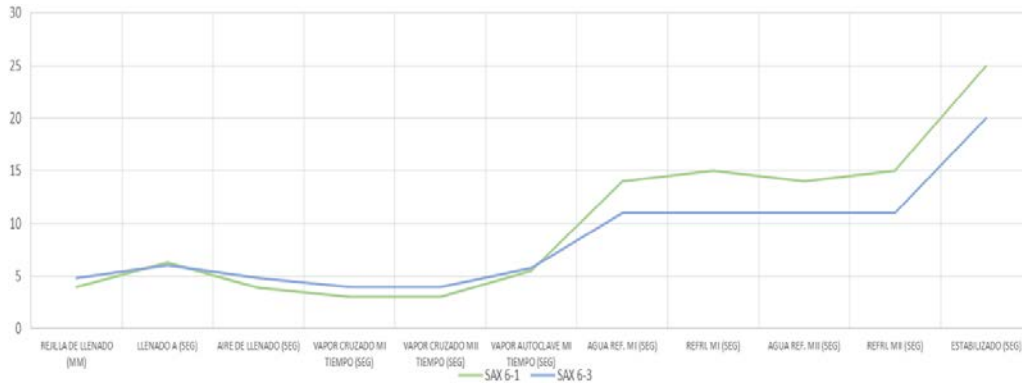


Figura 8 Molde Sax 2.

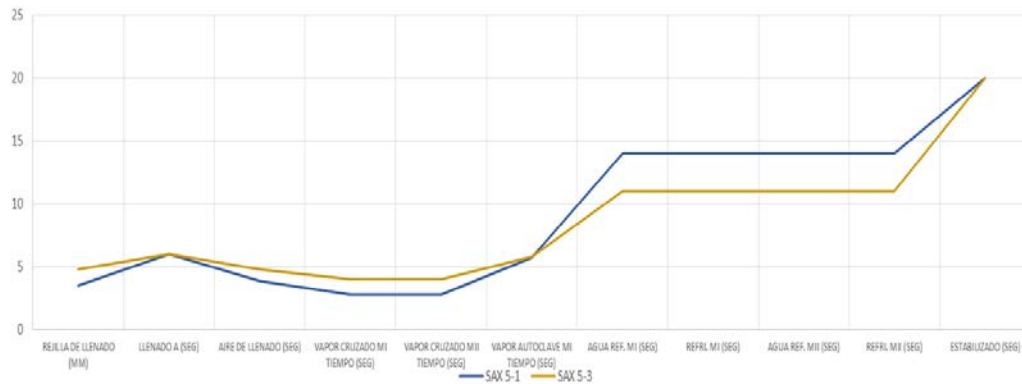


Figura 9 Molde Sax 3.

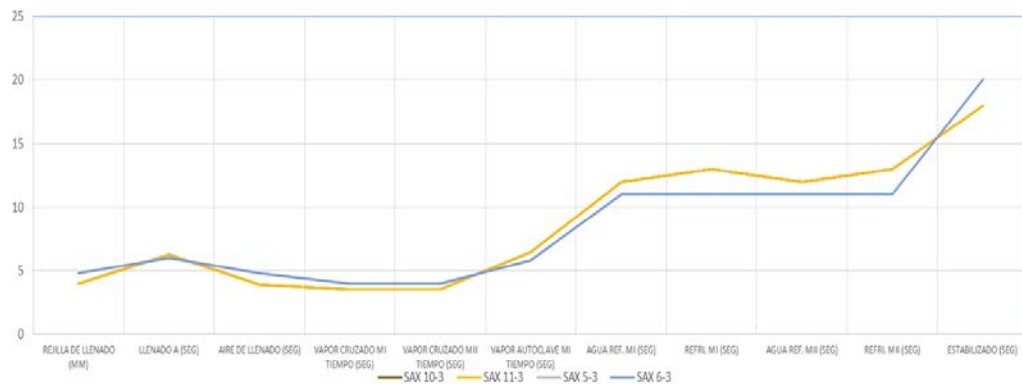


Figura 10 Molde Sax 4.

Molde Pikachu

En la figura 11 se puede observar la comparación de las corridas del molde Pikachu utilizando material con tres días de maduración en los silos 12, 14 y 15. En la figura 12 se puede observar la comparación de las corridas del molde Pikachu con material con uno y tres días de maduración utilizando el silo 15.

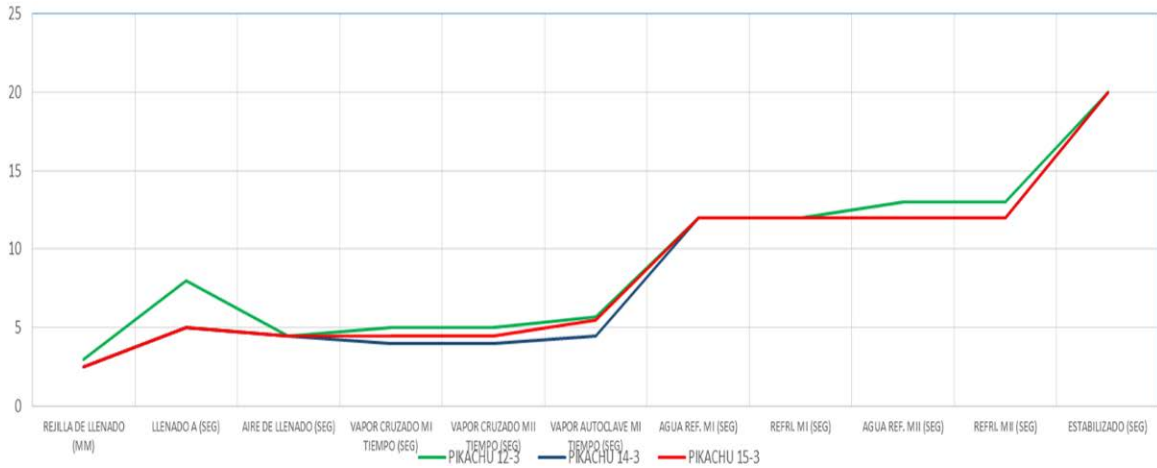


Figura 11 Molde Pikachu 1.

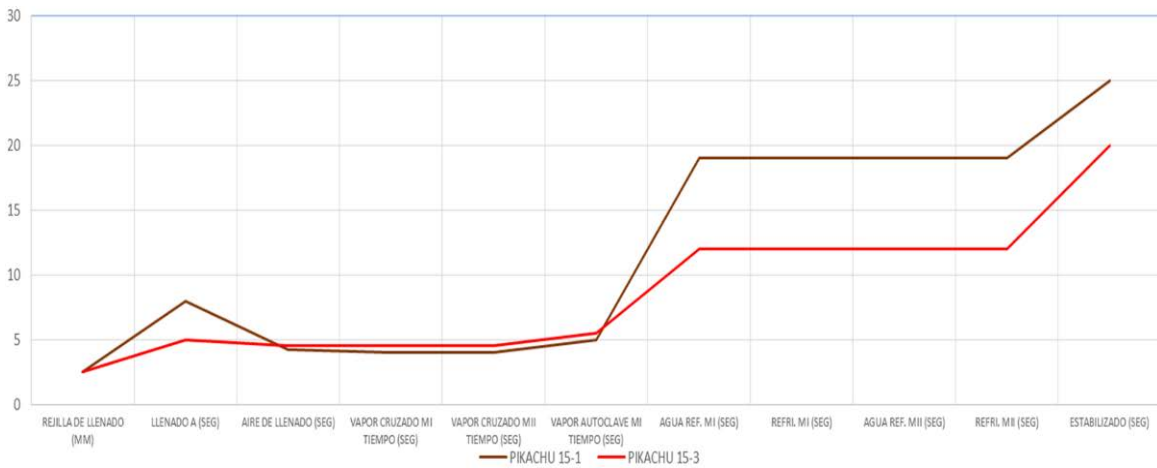


Figura 12 Molde Pikachu 2.

Molde Spoon

En la figura 13 se puede observar la comparación de las corridas del molde Spoon con material con tres días de maduración en el silo 9 y con material de un día de maduración en el silo 17.

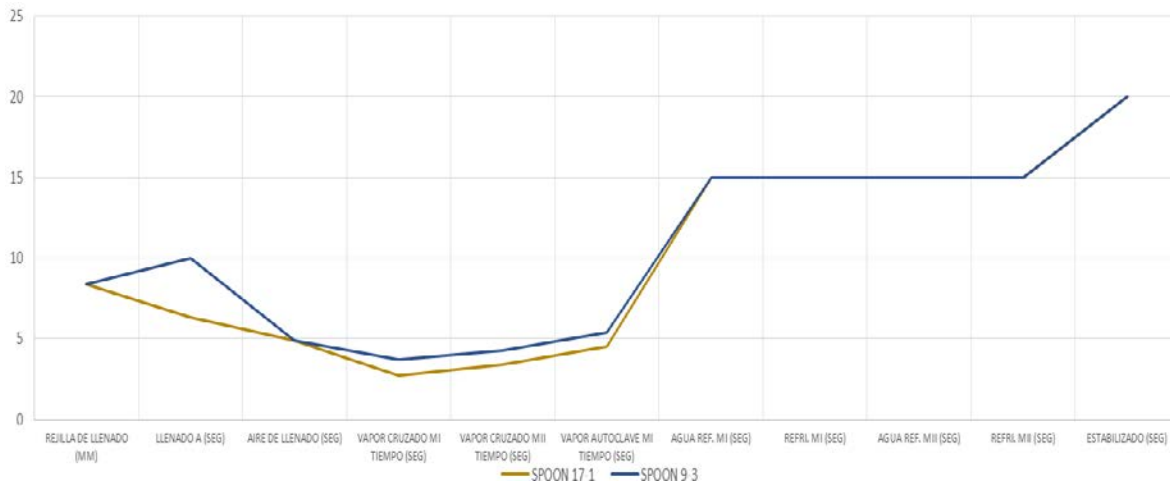


Figura 13 Molde Spoon.

4. Conclusiones

Observando las gráficas y como los parámetros se asemejan, bajo ciertas condiciones, se puede concluir que es viable aplicar la metodología DMAIC en este proceso.

Con ayuda de un software, como Design Expert, sería posible reducir la cantidad de desperdicio mediante la estandarización de un rango efectivo para cada parámetro o lograr unos parámetros óptimos para cada molde.

Además, sería posible analizar la posibilidad de que varias piezas de tamaño o forma similar funcionen con parámetros iguales o dentro del mismo rango de valores efectivos.

Esta metodología también ayudaría a saber si es posible controlar las variaciones en los parámetros debidas a la ubicación del silo y el tiempo de maduración del material, ya que estos se ven afectados mayormente por efectos de factores externos como son las condiciones climáticas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] International Six Sigma Institute; Six Sigma Revealed, 2018.
- [2] Martin, J., Lean Six Sigma For The Office, CRC Press, 2009.
- [3] Polesky, G., Curso de preparación para Green Belt en la Metodología Seis Sigma, 2006.

- [4] González, F., Guzmán, E., Hernández, J., & Rebollar, S.; Implementación de un proyecto de mejora basado en las estrategias Lean Manufacturing y Six Sigma: caso de estudio Beachmold México; *Panorama Administrativo*, pág. 57-92, 2008.
- [5] Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N., *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*, McGraw-Hill, 2009.
- [6] Styropek SA de CV, Boletín técnico: <https://plastics.ulprospector.com/es/datasheet/e371980/styropek-bf-495>.
- [7] Sekisui Plastics; *Foam molding manual*, pág. 6-21.