

IMPLEMENTACIÓN LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA “GOMIT MARCELA”

IMPLEMENTATION LEAN SIX SIGMA IN THE COMPANY "GOMIT MARCELA"

Serrano-González, Sergio¹, Santillán-Valdelamar, María Guadalupe², Dimas-Díaz, Francelin³, Hernández Jiménez Ariel⁴, Cruz-Neria, David⁵.

^a Tecnológico Nacional de México. ITS del Occidente del Estado de Hidalgo. División de Ingeniería Industrial. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo. México. *sserrano@itsoeh.edu.mx

RESUMEN. La implementación Lean Six Sigma (LSS) se ajusta a la reducción de la variabilidad y eliminación de desperdicios para la satisfacción de cliente y en la mejora financiera de la empresa en cuestión de costo, entrega y calidad. El proyecto se realizó en la empresa llamada "Gomit Marcela", dedicada a la producción de gomitas, cuenta con los departamentos de almacén de materia prima, fundido, llenado de moldes, enfriado, azucarado, empaquetado y almacén de producto terminado, en los cuales se detectaron los siguientes problemas no cumple las especificaciones de tamaño de gomita y el desperdicio se debe al material del molde, mantenimiento de molde y maquinaria. Se implementa la metodología DMAIC para reducir el número de defectos durante la producción de un día de trabajo, para el despliegue de cada etapa se utilizan herramientas de Lean Manufacturing entre otras técnicas que contribuyen al desarrollo del proyecto como la Voz del cliente (Voc), Crítico para la calidad (CTQ), Pareto, Diagrama de flujo de proceso y Mapa de la cadena de valor (VSM). Se obtiene como resultado una reducción de tiempo en la fabricación de gomitas de un 10% a 15% durante la implementación se disminuyeron los desperdicios.

Palabras clave: LEAN SIX SIGMA, DMAIC, VSM.

ABSTRACT. The implementation of Lean Six Sigma (LSS) is adjusted to the reduction of variability and elimination of waste for customer satisfaction and in the financial improvement of the company in terms of cost, delivery and quality. The project was carried out in the company called "Gomit Marcela", dedicated to the production of gummies, it has the departments of raw material warehouse, melting, mold filling, cooling, sugaring, packaging and finished product warehouse, in which the following problems were detected: it does not meet the gummy size specifications and the waste is due to the mold material, mold maintenance and machinery. The DMAIC methodology is implemented to reduce the number of defects during the production of a working day, for the deployment of each stage Lean Manufacturing tools are used among other techniques that contribute to the development of the project such as the Voice of the Client (Voc), Critical to Quality (CTQ), Pareto, Process Flow Diagram and Value Stream Map (VSM). The result is a reduction in time in the manufacture of gummies of 10% to 15% during implementation, waste was reduced.

Key words: LEAN SIX SIGMA, DMAIC, VSM.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad surge la necesidad a nivel nacional, estatal y regional de las empresas por mejorar y reducir la variabilidad, Gomit Marcela empresa regional aplica en su área de producción Lean Six Sigma. Six Sigma tiene el objetivo de reducir la variabilidad de los procesos, que producen insatisfacción en los clientes, mientras que Lean Manufacturing busca eliminar desperdicios en los procesos.¹

Ambas metodologías parecen diferentes, pero son plenamente complementarias; el trabajo en equipo y la operación del cliente son pilares fundamentales de la mejora. Como métrica, six sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en

cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación.²

Y como tal la metodología Lean Six Sigma (LSS) se centra en la eliminación de desperdicios, en la reducción de la variación para lograr la satisfacción del cliente y en la mejora financiera de la empresa en cuestión de costo, entrega y calidad.³

La metodología LSS utiliza una herramienta científica esto para la solución de los problemas presentados, la llamada metodología DMAIC que por cada una de sus siglas significa; D: Definir los objetivos de la actividad de mejora. M: Medir el proceso existente.

A: Analizar el proceso para identificar las formas de cerrar las brechas entre el rendimiento actual y el objetivo deseado. I: Implementar mejoras en el proceso. C: Controlar el nuevo proceso.⁴

En el mapeo de flujo de valor (VSM) se visualiza el proceso e identifican desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva. Un mapa del estado actual muestra los procesos/sistemas de trabajo como actualmente existen. Para poder establecer un estado futuro es indispensable empezar por establecer las características básicas de una cadena de valor esbelta, las cuales se deben cumplir.⁵

Se han generado distintas metodologías modernas como lo son Six Sigma y Lean Manufacturing que se han incorporado a la estrategia organizacional en empresas del sector público y privado; en grandes, medianas y pequeñas empresas obteniendo grandes beneficios medidos en términos de eficiencia y efectividad.^{6,7}

La voz del cliente (VOC) es un procedimiento de análisis crítico que proporciona información precisa sobre los requisitos de entrada del cliente para la salida de un producto/servicio. Que podría obtenerse mediante preguntas directas e indirectas, permitirá comprender con éxito las necesidades, los deseos, las percepciones y las preferencias de los clientes.⁸

Los críticos para la calidad CTQ son parámetros que definen las demandas y preferencias de los clientes internos y externos. Los criterios definidos deben ser comprensibles para todo el personal. Histograma, Análisis de Pareto, Calidad Los gráficos de control son las herramientas y regresión lineal estadísticas más comunes en este paso. Se pueden utilizar diagramas de flujo de trabajo y diagramas de espina de pescado.⁹

De acuerdo con un sondeo realizado en la empresa "Gomit Marcela" se desplego un Tree CTQ que permitió detectar tres principales defectos las gomitas no cumplen con el tamaño de 196 gomitas por molde en promedio de 28 gomitas no cumplen las especificaciones de tamaño, representando un 14.28% de la producción total, implicando un re trabajo que conlleva a costos, de acuerdo a datos

actuales en promedio se producen 49,000 gomitas al día.

Takt time es un parámetro de diseño utilizado en un entorno de producción, ya sea fabricación o construcción que marca el paso de la tasa de producción para que coincida con la tasa de demanda del cliente, sin excederla.¹⁰

El Takt Time es definida como: "la unidad de tiempo dentro de la cual se debe producir un producto (tasa de oferta) en con el fin de igualar la tasa a la que se necesita ese producto (tasa de demanda)"¹¹

La implementación de la metodología Lean Six Sigma (LSS) en la empresa "Gomit Marcela" permitirá aumentar la producción de gomitas reduciendo el número de defectos.

El objetivo de la presente investigación aplica la metodología DMAIC para reducir el número de piezas con defecto del tamaño en la producción en la empresa "Gomit Marcela"

METODOLOGÍA

Las Instituciones de Educación Superior (IES), tienen actualmente la necesidad de obtener procesos más efectivos, eficientes y económicos; para ello, han buscado y deben encontrar distintas y diversas metodologías que aseguren estos resultados.^{12,13}

El proyecto utiliza e implementa la metodología DMAIC para reducir el número de defectos.

Etapa Definir

Se conforma el equipo de trabajo Six sigma, donde se designan roles, actividades, se define el título del proyecto, se realiza el Project charter.

En esta etapa se detectaron tres principales defectos de acuerdo al objetivo solo se dará seguimiento a un defecto.

Se aplicó un VOC véase tabla 1, donde se muestran las características de calidad de los desperdicios, duración y textura, así como la medición, la meta a llegar y los límites los cuales están permitidos para la elaboración de la producción.

Un molde contiene 196 gomitas de los cuales en promedio 7000 gomitas no cumplen con las especificaciones de tamaño representando el 14.28% de la producción ocasionando retrabajo que generan costos, datos actuales indican que en promedio se producen 250 moldes por semana de gomitas en la empresa. Se despliega CTQ Tree donde se determinan defectos véase figura 1, se analizan los defectos más relevantes y sus posibles causas, de acuerdo al sondeo realizado.

A continuación, se muestran los datos de producción véase tabla 2, información recolectada al inicio del proyecto, se observan tiempos empleados por cada etapa del proceso, costos de embalaje, así como costos la materia prima para la producción de las gomitas y su reparto comercial. Diagrama de Pareto véase figura 2, obtenidos de datos para elaboración de Pareto representados en porcentajes los defectos. Datos para elaboración de Pareto véase tabla 3, contiene defectos, frecuencia y porcentajes.

Tabla 1. Datos de Producción de la empresa “Gomit Marcela”.

Voc	Características de calidad.	CTQ´S Requerimientos	Calificación	Medición	Meta	Limites
Desperdicio	Mantenimiento de maquinaria	Obstrucción del dispensador	Bueno	12 meses	4 meses	4-6 meses
	Tipo de molde	Inversión para el nuevo material molde	Critico	\$ -	\$20	\$ 20 – 70
Duración	Formulación de la receta	Cambios en el proceso	Bueno	\$ -	\$300	\$500-600
		No existe manual de maquinaria	Critico	\$ -	\$ 50	\$ 50- 70
	Falta de especificaciones	Falta de especificaciones, cantidades para el molde de producto fundido	Critico	\$ -	\$ 50	\$ 50- 70
Textura	Falta de instrumentos para medir	Sellado	Bueno	\$ 5.00	\$ 2.00	\$ 2- 4
		Medir el tamaño	Critico	6 días	2 días	2-4 días
		Medición de la temperatura de fundición	Critico	0 veces	1 vez	1-2 veces al día

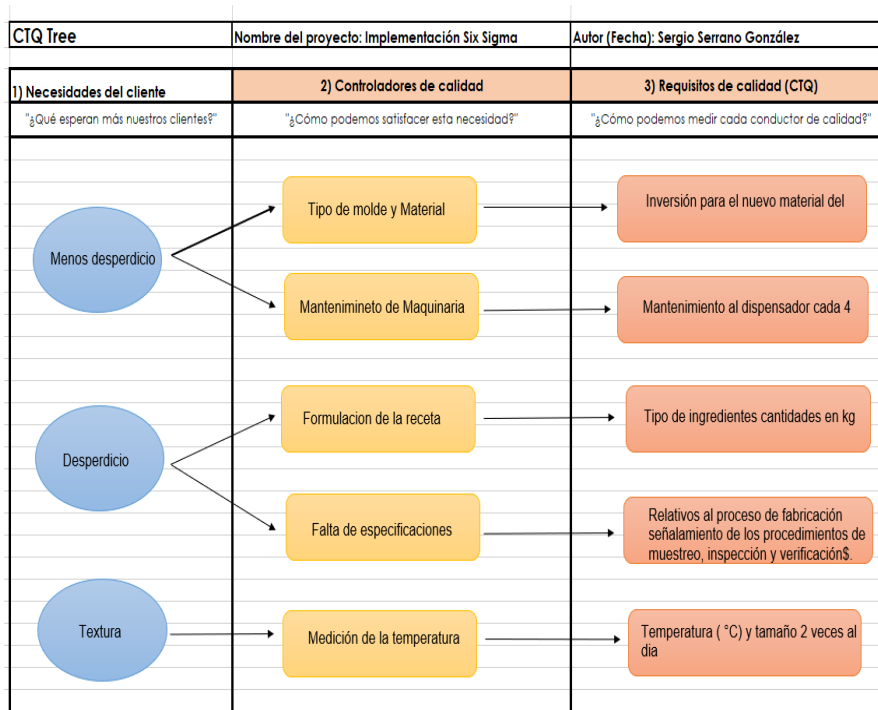


Figura 1. Tree CTQ se determinan defectos.

Tabla 2. Datos de Producción de la empresa “Gomit Marcela”.

Tiempo de trabajo	9 horas	Núm. De turnos de trabajo	1(8 a.m-6 p.m.)
Número de trabajadores	9 operarios	Gasto mensual de gas L.P para fundido	\$ 5,500.00
# de tablas con molde	250	Costo de combustible para reparto a mayorista (Ecatepec)	\$ 350.00
Moldes por tabla	196	Costo de combustible para reparto en la zona	\$ 351.00
Gomitas por molde que no cumplen con las especificaciones	28	Costo por abasto de materia prima (Combustible)	\$ 1,500.00
Tiempo de secado	8 horas	Valor de venta por bolsa (Mayoreo)	\$ 33.00
Tiempo de fundición de MP	45 min	Valor de venta por bolsa (Menudeo)	\$ 38.00
Desmolde de moldes por tabla	5min/tabla		
Costos de materia prima		Costos de embalaje	
Materia prima	Cantidad por unidad	Costo	Embalaje
Glucosa	27kg	\$ 365.00	Caja
Azúcar	50kg	\$ 850.00	Bolsa
Grenetina	12kg	\$ 1,680.0	

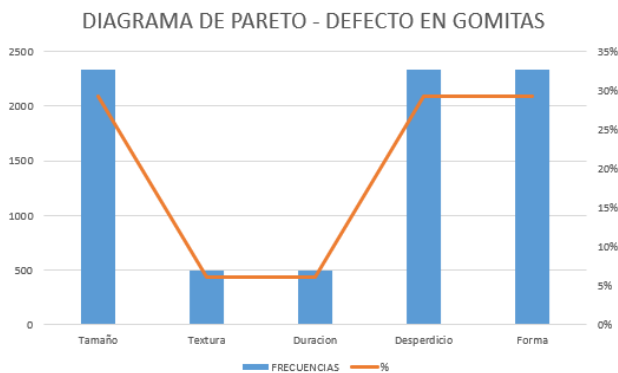

Figura 2. Diagrama de Pareto.

Tabla 3. Datos para elaboración de Pareto.

Defectos	Frecuencias	%	Acumulado	%Acumulado
Tamaño	2334	29%	2334	11%
Textura	490	6%	2824	13%
Duración	490	6%	3314	15%
Desperdicio	2334	29%	5648	26%
Forma	2334	29%	7982	36%
			22102	100%
Total	7982	100%		

Etapa medir

Se realiza la recolección de datos, se definen que mediciones y que aspectos son necesarios medir de acuerdo al CTQ como el porcentaje de desperdicio, tiempos de proceso, paros, Takt time, para lo cual se utilizó la herramienta de lean VSM véase figura 3, (Mapa de Situación Actual de la empresa).

Se seleccionó el producto con mayor comercialización en la localidad. Se identifican los procesos recepción de materia prima, empaquetado, venta a mayoristas y consumidores final.

Tiempo Takt = 10,080 segundos / 9,000 piezas = 1.12 segundos / pieza.

Un cliente compra una pieza cada 1.12 seg., de tal manera que el tiempo estándar por pieza debe ser igual o inferior a 1.12 seg., para satisfacer la demanda del cliente.

Se toma de referencia el Diagrama de flujo que muestra el proceso y detalla de actividades y en qué momento las gomitas defectuosas son llevadas a reproceso.

Calculó del nivel Six Sigma véase tabla 4, que muestra el nivel sigma de la empresa, realizando cada una de las operaciones concluimos que en nivel de Gomit Marcela es de 3 α .

Etapa analizar

Se determina la causa raíz de los problemas y/o defectos, se entiende la razón para la variación e identifica las causas potenciales y oportunidades de mejora en el proceso.

Planea atacar el problema del tamaño de las piezas que no cumplen con las especificaciones véase Ec. 1, donde se calcula la producción diaria.

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 250 \text{ moldes} \times 196 \text{ gomitas} \\ &= 49000 \text{ Piezas} \end{aligned}$$

Ec. (1)

Se conoce que 28 piezas/molde no cumplen con las especificaciones.

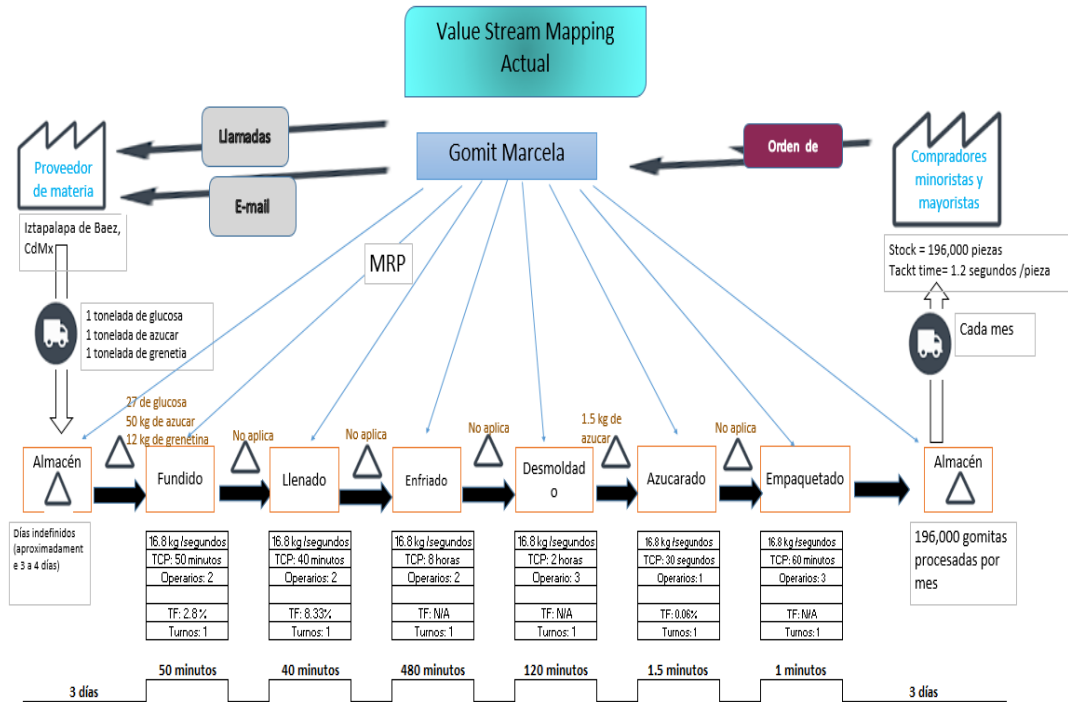


Figura 3. VSM (Mapa de situación actual de la empresa)

Tabla 4. Nivel Six Sigma.

1	Número de unidades procesadas	N	49000
2	Numero de defectos posibles por unidad	O	2
3	Numero de unidades defectuosas detectadas	D	7000
4	Defectos por unidad	$DPO=D/(N*O)$	7.14 %
5	Productividad o rendimiento del proceso	$(1-DPO) * 100$	92.86 %
6	Nivel de sigma del proceso	$=inv.norm.estand("PRODUCTIVIDAD") + 1.25$	3.0

$$Desperdicio = \frac{7000 \text{ Piezas / semana}}{98 \text{ gomitas / kg}} = 71.42 \text{ bolsas de desperdicio}$$

Ec. (4)

Se determina que 71.42 bolsas no completan el proceso debido a que son llevadas a re trabajo. Las 72 bolsas originan una perdida semanal de \$2343. Considerar que en promedio la empresa tarda una semana en producir:

Determinación del desperdicio véase Ec. 2, se realiza el siguiente calculo:

$$Desperdicio = 28 \text{ Piezas de desperdicio} \times 250 \text{ moldes} = 7000 \frac{\text{piezas}}{\text{semana}}$$

no cumplen con las especificaciones

Ec. (2)

500 bolsas/día, por lo que:

$$Cantidad \text{ por bolsa} = \frac{49000 \text{ gomitas}}{500 \text{ bolsas}} = 98 \text{ gomitas contiene en promedio una bolsa.}$$

Ec. (3)

Cálculo del desperdicio véase Ec. 4, para conocer cuantas bolsas de gomitas no son conformes:

$$Estimado \text{ de perdida mensual} = 2343 \frac{\text{perdida}}{\text{semana}} \times 4 \text{ semanas} = \$9362 \text{ ventas que no se logran mensualmente}$$

Ec. (5)

$$Estimado \text{ de perdida anual} = \$9362 \times 12 \text{ meses} = \$112464 \text{ anuales}$$

Ec. (6)

Etapa de mejora

El 14.28% de la producción no cumple la especificación de tamaño de gomita siendo principal problemática y variable del proceso que determinara la efectividad que se busca resolver y abordar en la propuesta de mejora.

La variable del proceso que determina la efectividad es la cantidad de producción de gomitas con la especificación.

Se propone que llenado manual de los moldes que no cumplan con las especificaciones, además de una estandarización.

Se observó que personal que introduce los moldes dentro de la máquina que dispensa el líquido se mantiene sin actividad en el proceso de llenado por lo que este tiempo podría ser utilizado para rellenar los moldes incompletos.

Muestras

La fórmula para calcular el tamaño de muestra véase Ec. 7, cuando se desconoce el tamaño de la población.¹² Se conoce que por semana se producen en promedio 250 moldes de gomitas.

$$n = \frac{N \times z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Ec. (7)

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

$$n = \frac{250 \times 1.96 \times 0.5 \times 0.5}{0.1^2 \times (250 - 1) + 1.96 \times 0.5 \times 0.5} = 69 \text{ muestras}$$

Ec. (8)

Se Implementa un estudio de tiempos y movimientos para verificar que la velocidad de producción no disminuya.

De acuerdo a la muestra obtenida a 69 moldes se le toman tiempos de llenado, véase los resultados en la tabla 5.

Tabla 5. Tiempo de muestras

Tomas de tiempo de las muestras en segundos						Promedio
13.71	13.21	14.31	14.47	15.84	13.78	13.89

Se toman dos muestras extras del proceso debido que algunas presentaron contratiempos. Lo que indica que el personal encargado de retirar los moldes se mantiene en promedio 13.89 segundos sin actividad por lo que en este lapso se podría aplicar la técnica de llenado manual de los moldes. Realizando una inspección visual, detectando los que no cumplen con las especificaciones.

Control

Estandarización.

Especificación de contenido que una gomita tiene en promedio 5 ml de producto fundido o pesar alrededor de 10.2040 gramos para que cumplan con los estándares.

¿Cómo se llevará a cabo el control?

Mediante la medición de muestras de lotes completos en los que se llevará la contabilización de producción total de paquetes completos para corroborar la efectividad y eficacia del proceso.

La mejora es la medición véase tabla 6, donde cada hora por dos semanas de producción, se realiza el conteo semanal de producción que se registra durante un mes donde se observará la evolución de la propuesta.

Tabla 6. Formato de conteo.

Nombre del encargado:				
Núm. De lote:			Fecha de lote:	
Conteo				
Núm. de piezas defecto	De con	Sumatoria	Costo de retrabajo	% de reducción

¿Cómo lo vamos a hacer?

El rellenado será manual por parte de los operarios utilizando un dispensador Squeeze véase fig. 5, tiene el mismo funcionamiento que los dispensadores de la maquinaria que ocupa el sistema.

La producción semanal es mayor 49,000 pza./sem. Si esperamos una mejora de un 5% respecto a la producción tomando en cuenta el 100% de producción, el 14.29% son piezas con defecto en un plazo de 4 semanas se debe reducir las piezas con defectos, esperando que en total se obtenga el 95%

de piezas conforme a las especificaciones y que de acuerdo a un pronóstico véase tabla 7.



Figura 5. Dispensador.
Fuente: AliExpress

Tabla 7. Pronóstico de mejora.

Fecha	Número de defectos	% de mejora	Total, de eficiencia de piezas
Periodo 1	7000	0%	42000
Periodo 2	2100	5%	44100.01
Periodo 3	2205	5%	46305
Periodo 4	2315.3	5%	48620

Con la mejora en producción se espera un aprovechamiento del 5% respecto a la producción de la semana anterior, tomando en cuenta la adaptación del personal a la tabla anterior, si el proyecto se implementara se estaría produciendo el 99.23% esto nos indicaría una mejora considerable.

La reducción de este defecto véase tabla 8 y figura 6, tendría un gran impacto quedando de la siguiente manera.

Tabla 8. Defectos en la producción de gomitas.

Defectos	Frecuencias	%	Acumulado	%Acumulado
Tamaño	0.5467	2%	0.5467	1%
Textura	5	22%	5.5467	9%
Duración	10	44%	15.5467	25%
Desperdicio	2	9%	17.5467	28%
Forma	5	22%	22.5467	37%
			61.7335	100%
Total	22.5467	100%		

El análisis indica que en promedio 377 gomitas o 3.85 bolsas no serían detectadas quedarían con defecto de tamaño. Esto da que se estaría reduciendo de 71.42 bolsas en promedio a 3.85 bolsas de 1 kg de producto para re trabajo.

Comparando la pérdida por retrabajo esta sería mínima. Ya que el costo de producción de una gomita es de \$0.09, en la implementación se estaría gastando en retrabajo \$33.93 pesos semanalmente, pero en costo de insumos por retrabajos se gastaría mensualmente \$785.71 y de ventas \$9362 es lo que se estaba perdiendo ahora se reduce está perdida por defecto de tamaño.

DIAGRAMA DE PARETO - DEFECTO EN GOMITAS

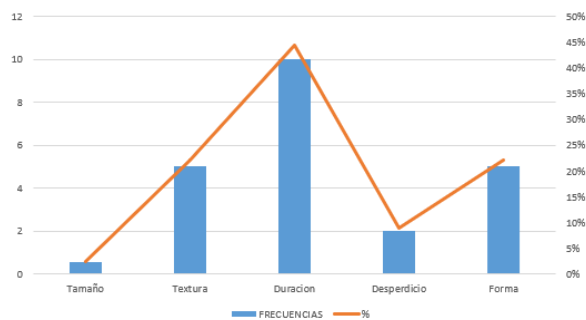


Figura 6. Defectos en la producción de gomitas.

Se realiza el control del proceso mediante una carta de control P.

Se toman 20 muestras véase tabla 9, la cual lleva a cabo con un porcentaje de defectos, se realiza la ejecución de la tabla de control P en el software MINITAB.

Tabla 9. Carta de control P.

Tamaño	No. De defectos	Porcentaje de defectos	Tamaño	No. De defectos	Porcentaje de defectos
198	10	0.05050505	198	9	0.04545455
198	5	0.02525253	198	9	0.04545455
198	8	0.04040404	198	8	0.04040404
198	8	0.04040404	198	10	0.05050505
198	7	0.03535354	198	10	0.05050505
198	9	0.04545455	198	9	0.04545455
198	10	0.05050505	198	8	0.04040404
198	8	0.04040404	198	7	0.03535354
198	9	0.04545455	198	10	0.05050505

Gráfico de control P véase figura 7, como resultado de la medición de tomas de muestra. Los datos de atributos por tanto sólo asumen 2 valores: "bueno" o "malo" ("aceptable" o "defectuoso"). Este tipo de gráfico se adapta a las necesidades de nuestro proceso en el cual se presentan productos finales que no cumplen con las especificaciones de tamaño.

Indica de acuerdo a la gráfica por cada 198 moldes de gomitas se espera que 0.0432 o 4.32% presenten

algún defecto en el tamaño, así el proceso estaría bajo control y se reduciría el número de defectos.

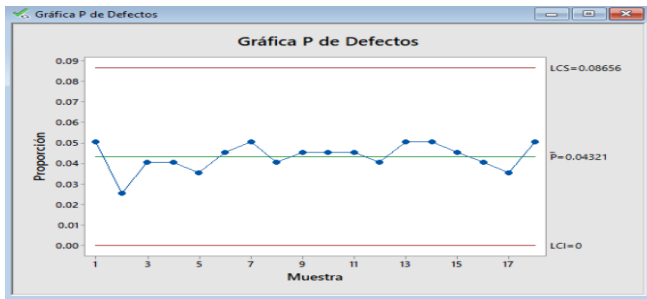


Figura 7. Gráfica P de las tomas de muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con aplicación de la metodología DMAIC se obtuvo una reducción del defecto de tamaño y del tiempo en la fabricación de gomitas de un 10% a 15%, utilizando el formato de conteo que permitió detectar la variación de tamaño y tomar la acción de rellenar manualmente con el dispensador (Squeeza).

La producción de piezas con defecto es inherente a cualquier proceso, por lo que se debe invertir en controles robustos que permitan su detección y de esa forma evitar los escapes a cliente.¹⁵

La implementación generó un impacto positivo en lo financiero y operacional, la evaluación de los resultados del portafolio de proyectos muestra que aún se deben generar cambios fundamentales para lograr mejores resultados, estos cambios son: generar mayor compromiso de la dirección y el personal con la implementación de las acciones propuestas; implementar procesos de capacitación y entrenamiento de los operarios del área de producción; crear políticas y sistemas de incentivos.¹⁶

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología DMAIC en este proyecto mejoró la producción de las gomitas disminuyendo los errores y stocks, demostrando que es una herramienta útil y de fácil aplicación para la solución de los problemas presentados en cualquier empresa.

AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

El agradecimiento a la empresa Gomit Marcela. por el apoyo, confianza y facilitación de los medios suficientes para la implementación de la metodología de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138–155. doi:10.1108/02656711011014276.
- [2] Socconini, L. (2015). *Lean Six Sigma Green Belt (Vol. 1)*. Barcelona: Marge books. Recuperado el.
- [3] Hilton, R. J., & Sohal, A. (2012). A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29(1), 54–70. doi:10.1108/02656711211190873.
- [4] Pavão, D. N., Buttignol, M., Pereira, A. J., Tanjoni, R., Almeida, E. H. P. de, Leisnock, P., Silva, E. (2018). Efficiency in the operational process: reduction of incorrect entries and guarantee of compliance in the rendering of accounts. *Einstein (São Paulo)*, 16(4). doi:10.31744/einstein_journal/2018GS4200.
- [5] Calva, R. C. C. (2011). *VSM: Mapeo del Flujo de Valor*. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro. Rafael Carlos Cabrera Calva.
- [6] Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Revista Chilena de Ingeniería*, 263-277.
- [7] J. Antony, N. Krishan, D. Cullen and M. Kumar. "Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs)" *Int. J. Product. Perform. Manag.* Vol. 61 N° 8, pp. 940-948. 2012. ISSN: 1741-0401. DOI: 10.1108/17410401211277165.
- [8] Aguwa, C. C., Monplaisir, L., & Turgut, O. (2012). Voice of the customer: Customer satisfaction ratio-based analysis. *Expert Systems with Applications*, 39(11), 10112-10119.
- [9] Jin, K., Abdul-Razzak, H., Elkassabgi, Y., Zhou, H., & Herrera, A. (2009). "Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement". *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, 3(1), 85-89.
- [10] Hopp, W.J. and Spearman, M.L. (2008). "Shop Floor Control." *Factory Physics*, Waveland Press, Long Grove, IL, p. 495.
- [11] Frandson, A., Berghede, K., and Tommelein, I. (2013). "Takt-time planning for construction of exterior cladding." *Proc. 21st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 21)*, Fortaleza, Brazil
- [12] Guerrero Moreno, D., & Silva Leal, J. (2019). Revisión de la implementación de Lean Six Sigma en Instituciones de Educación Superior. *Revista Chilena de Ingeniería*, 652-667.

[13] P. Ramasubramanian. "Six Sigma in Educational Institutions". Int. J. Eng. Pract. Res. Vol. 1 N° 1, pp. 1-5. 2012. ISSN: 2326-5914.

[14] Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, 2, 1-13.

[15] Macías Oliva, R. (2021). Costos de no-calidad en las empresas del sector automotriz.

[16] Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.