

## Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción

### Implementation of the stages Define and Measure the DMAIC methodology in a production line

GARCÍA-ÁVILA, Héctor José†, CAMPOS-GARCÍA, Josefina\*, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía

*Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ensenada Institución*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Héctor José García-Ávila* / ORC ID: 0000-0003-1212-8194, CVU CONACYT ID: 1000296

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Josefina, Campos-García* / ORC ID: 0000-0001-6345-2125, CVU CONACYT ID: 277648

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Margarita, Cervantes-Trujano* / ORC ID: 0000-0002-8857-9023, CVU CONACYT ID: 121516

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *María Lucía, Romero Ocampo* / ORC ID: 0000-0001-5302-6210, CVU CONACYT ID: 741919

DOI: 10.35429/JIE.2019.8.3.14.20

Recibido 05 de Abril, 2019, Aceptado, 11 de Junio, 2019

#### Resumen

El presente estudio se realizó en una empresa de fabricación de envases de metal ubicada en Ensenada, Baja California. Se aplicó la metodología DMAMC en las etapas de "Definir y Medir" para el análisis y poder proponer estrategias que permitan incrementar la eficiencia, mantener los controles en la cadena cliente - proveedor, cumplir con los requerimientos del cliente y cubrir los requisitos de uso, oportunidad, costo acordado y duración. Se seleccionó la línea de producción del producto más vendido y se determinaron las características críticas del proceso global con proveedores clave, entradas, salidas y usuarios. El producto que se seleccionó representa el 60% de las ventas de la empresa y tiene un elevado porcentaje de rechazo, que equivale a pérdidas mensuales de \$12,500,000.00 dólares. Con este estudio, se identificó, de forma puntual, los factores que afectan el desempeño de los procesos y se proponen las soluciones que puedan ser implementadas para aumentar la productividad, la calidad y mejorar la satisfacción del cliente.

#### DMAMC, Proceso, Producto

#### Abstract

The present study was carried out in a metal packaging manufacturing company located in Ensenada Baja California. The DMAMC methodology was applied in the "Define and Measure" stages for the analysis and to be able to propose strategies that allow to increase the efficiency, maintain the controls in the client - supplier chain, meet the client 's requirements and cover the requirements of use, opportunity, agreed cost and duration. The production line of the most sold product was selected and the critical characteristics of the global process were determined with key suppliers, inputs, outputs and users. The product that was selected represents 60% of the company's sales and has a high rejection percentage, which is equivalent to monthly losses of \$ 12,500,000.00 dollars. With this study, we identified, in a timely manner, the factors that affect the performance of the processes and proposed solutions that can be implemented to increase productivity, quality and improve customer satisfaction.

#### DMAIC, Process, Product

**Citación:** GARCÍA-ÁVILA, Héctor José, CAMPOS-GARCÍA, Josefina, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía. Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-8: 14-20

\* Correspondencia del Autor (correo electrónico: josefinadelapaz@ite.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La industria de fabricación de envases de metal para el envasado de alimentos incrementó su crecimiento en el mundo (Redacción Énfasis Packaging, 2016) y en México esta se distribuye en los estados de Baja California, Morelos y Guanajuato entre otros estados. Dado que una gran parte de sus productos son empleados en la industria alimenticia, los controles establecidos en la cadena cliente-proveedor deben garantizar que los envases son seguros para conservar los alimentos los cuales no deben ser “contaminados, deteriorados o alterados” (Garcinuño, 2013), el aseguramiento de la calidad de los productos dependen en gran medida del seguimiento puntual y mantenimiento de los controles establecidos.

En este sentido, se debe asegurar que el recubrimiento interior de barniz proteja los alimentos del metal del envase y de las tapas inferior y superior, por lo que es imprescindible que el barnizado sea completamente uniforme y cubra el 100% de las superficies del envase que entran en contacto con los alimentos. Por ello es importante asegurarse que el barnizado de las latas sea de grado alimenticio, y que se cumpla con la especificación requerida durante el proceso de curado. Los alimentos envasados no deben de estar contaminados por agentes extraños, por lo que es vital que durante el proceso se trabaje con estrictos estándares de calidad.

Por lo tanto, cualquier falla que ocurra durante el proceso afectaría las propiedades de los alimentos, provocando que sean rechazados.

El presente estudio se realizó para analizar el bajo desempeño de la Línea 1 de fabricación del envase de 603 x 410 mm en una empresa ubicada en la ciudad de Ensenada, Baja California en la que se reporta una eficiencia promedio del 50%. La hipótesis central de esta investigación se basa en la aplicación de las etapas de “Definir y Medir” de la Metodología DMAMC en la “Línea 1”, que permitirán conocer el proceso, definir las características críticas de calidad y detectar aquellos procesos que afectan la productividad, todo esto mediante la aplicación de las herramientas Gemba, Mapeo de Proceso, SIPOC y Diagrama de Ishikawa.

Este estudio no comprende las etapas de “Análisis, Mejora y Control”, mismas que serán implementadas en una segunda etapa de la investigación.

En el desarrollo de la investigación se definieron de forma preliminar las características críticas de calidad (CTQ) de los envases como: a) la altura b) diámetro de la lata, c) la capa de barniz interior, d) la capa de barniz exterior, e) el curado del barniz, f) la altura de la pestaña, g) la profundidad del cordón, h) el gancho de cierre de la tapa del fondo, i) la cantidad de aire aplicado para verificar la ausencia de fugas que debe ser de 30 lb.

Las características críticas de calidad en el área de empaque son: a) el paletizado (libre de elementos físicos, químicos o biológicos) y b) el embalaje (la envoltura debe estar sellada completamente).

La aportación de la metodología DMAMC en esta investigación fue dado gracias a su enfoque y herramientas, ya que su aplicación permitió detectar los factores que afectaron el desempeño de los procesos.

Los resultados obtenidos permiten establecer las bases para que en una segunda investigación se apliquen las etapas de Analizar, Mejorar y Controlar. Lo anterior hará posible encontrar soluciones óptimas para mejorar la productividad de la línea 1, mejorar la calidad y, por tanto, aumentar la satisfacción del cliente. DMAMC es una metodología aplicable al mejoramiento de los procesos de cualquier empresa.

En la segunda sección de esta investigación se describe el método DMAMC, se desarrollan las etapas de Definir y Medir y las herramientas empleadas para analizar la información recabada del proceso. La tercera sección corresponde a la metodología empleada, se hace énfasis en los procesos involucrados en la fabricación de los envases, los datos recabados y las características críticas de calidad. La cuarta sección corresponde a los resultados, en ella se especifica el cumplimiento de la hipótesis central de investigación al definirse los procesos y las CTQ que afectaron mayormente la eficiencia de la línea y, se hace referencia a los resultados obtenidos con las herramientas aplicadas. En la quinta sección se presentan las conclusiones del estudio.

## Descripción del método

En Seis Sigma se define un proceso como “una combinación de actividades que toman una o más entradas de factores de producción o servicio y crean una salida con valor para el cliente” (Socconini, 2016). Para Pyzdek (2010), “un proceso consiste en tareas repetibles, realizadas en un orden específico”, bajo esta perspectiva todo lo que se hace representa un proceso.

Seis sigma es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de los procesos mediante decisiones acertadas y comprender las necesidades de los clientes (Herrera, 2013), por ello, Pérez (2014) lo considera como un método de referencia para satisfacer las necesidades de los clientes. “Al lograr tener un proceso con fallos mínimos se obtiene un grado de perfección en los procesos” (Flores, 2018).

Las siglas de DMAMC significan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, la cual es la principal herramienta de Seis Sigma; éste método es utilizado para dar solución a los problemas dado que se enfoca en la mejora de los procesos “reduciendo la cantidad de errores y defectos en el producto final” (Vilela, 2018). A continuación, se definen las dos etapas a realizarse en la presente investigación:

### Definir

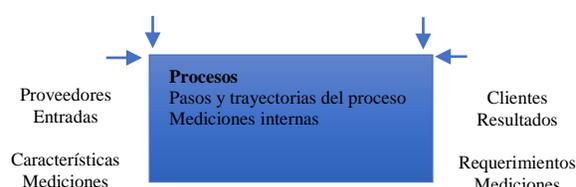
Es la primera etapa de la metodología DMAMC, esta fase se enfoca en delimitar el proyecto, aquí se debe determinar el por qué del proyecto, su alcance, y se deben visualizar los beneficios potenciales a alcanzar, así como definir las métricas con las que se medirá el éxito, y los involucrados en el mismo (Gutiérrez, 2013).

Los criterios para la selección y definición de proyectos se consideran entre otros “la mejora de la capacidad de los procesos y la reducción de defectos o desperdicios en las etapas más críticas del proceso” (Gutiérrez, 2013).

Considerando lo anterior, la búsqueda de la mejora de los procesos y la reducción de los desperdicios debe obedecer a los requerimientos del cliente en cuanto “a tiempo de entrega, precio y calidad” (Socconini, 2016).

Para el logro de lo anterior, se pueden utilizar herramientas como SIPOC, Gemba, (Bersbach, 2009) y Diagrama de Ishikawa.

En palabras de Socconini (2016), el diagrama SIPOC nos muestra gráficamente las etapas del proceso, desde Proveedores hasta Clientes, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1** Diagrama SIPOC representa el proceso general

Los factores que influyen en la variabilidad del proceso de fabricación de los envases metálicos en la cadena cliente-proveedor interna son materiales, maquinaria, método y mediciones. Los datos recabados al final del proceso pueden ser utilizados para retroalimentarlo.

Gemba, término japonés que significa “lugar real”, se refiere a “el lugar donde se forman los productos y servicios” (Suárez, 2007).

Mientras que el diagrama de Ishikawa, como herramienta básica de control y mejora de la calidad (García, 2018) nos permite “identificar la causa raíz del problema” (Accelper Consulting, 2015).

### Medir

En esta etapa de la metodología se obtienen mediciones inherentes a la materia prima, proceso, productos terminados y la satisfacción de los clientes, por ello dentro de la organización se “debe planificar e implementar procedimientos de seguimiento con el propósito de validar la información” (Herrera, 2011).

Bersbach (2009), indica que la recolección de datos se debe realizar directamente donde se lleva a cabo el proceso, con la finalidad de recopilar hechos y datos descartando así opiniones. Otro aspecto importante de esta fase es el establecimiento de los objetivos que se deben incluir y que a continuación se enlistan:

**Describir el proceso** con detalle para completar los puntos clave de decisión y la funcionalidad detallada del proceso.

**Definir métricas** para verificar el desempeño del proceso y estimar la línea base

**Obtener datos del proceso** para procesarlos en la base de análisis.

**Evaluar el sistema de medición** para cuantificar los errores asociados con la métrica (Socconini, 2016).

## Metodología

### Etapas de definir el problema

En la línea 1 de la planta fabricante de envases para empacar alimentos, se seleccionó el producto con mayor venta, el cual representó el 60% de las mismas. Se reporta en el año 2017 la producción de piezas con la calidad requerida fue del 39% del tiempo productivo, lo que representó una pérdida mensual de \$12,500,000.00 dólares para la empresa.

El envase tiene dimensiones de 410 milímetros de altura por 603 milímetros de diámetro; los métricos considerados son la eficiencia de la línea 1, un indicador basado en la calidad del producto que es la tasa mensual de calidad y que se calcula a partir del porcentaje producido sin defecto. La eficiencia de la línea se define por la ecuación (1):

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ de\ piezas}{Tiempo\ empleado} \quad (1)$$

La tasa de calidad mensual se define por la ecuación (2):

$$Tasa\ de\ calidad\ mensual = \frac{Total\ de\ piezas\ buenas}{Total\ de\ piezas\ producidas} \quad (2)$$

### Etapas de medir el proceso

Para Gómez (2012), para medir el desempeño del proceso se deben considerar las características críticas de calidad que establezcan cuantitativamente los defectos. Por ello se realizó un análisis del desempeño en tiempo real (Gemba) y se analizó la información obtenida de 2017, lo que permitió identificar las causas tanto de rechazo como de tiempo improductivo que impactaron en la eficiencia de la línea 1 y en el indicador de calidad.

Para el registro de la información se consideraron datos como: el número de orden, el código del producto y su descripción, las unidades por hora esperadas (que en este caso fue de 900 piezas por hora), el turno y la fecha, la hora de inicio y la hora final, el tiempo total de producción, los tiempos de paro y la clave de paro, la cantidad producida con la calidad requerida, la cantidad defectuosa y su código de rechazo.

De la herramienta DMAMC, solo se aplicaron las dos primeras etapas, que son las de Definir y Medir para identificar los aspectos y variables que influyen en el desempeño de la línea 1 de la fabricación de envases.

Para la etapa de Definir se utilizaron las herramientas GEMBA, SIPOC, y el Diagrama de Ishikawa y para Medir el Mapeo del Proceso.

## Resultados

Para el año 2017, se determinó en la línea 1 una eficiencia promedio del 50% (tabla 1 y gráfica 1). Alcanzando la máxima eficiencia en el mes de mayo (57.21%) y la mínima en el mes de junio (41.34%).

Mes	% Eficiencia	Mes	% Eficiencia
Enero	46.48	Julio	47.85
Febrero	53.03	Agosto	50.12
Marzo	47.95	Septiembre	53.03
Abril	53.42	Octubre	47.01
Mayo	57.21	Noviembre	55.00
Junio	41.34	Diciembre	53.81
% promedio de eficiencia 50.52			

**Tabla 1** Eficiencia de producción 2017 en la línea 1



**Gráfica 1** Variación en la eficiencia de producción anual (2017) en la línea 1

En esta etapa del proyecto, se identificaron los procesos, las operaciones y las características críticas del producto (CQT) como se muestra en la Tabla 2.

Proceso	Operación	CQT
Cortar cuerpo	Cortar lámina en tiras.	Altura: 410 mm Ancho: 603 mm
Formar cuerpo	Crear cilindro en máquina.	Diámetro: 603mm
Barnizado	Aplicar barniz para evitar corrosión.	Cobertura 100% las caras del envase.
Curado	Curar barniz en horno.	Curado en superficie al 100%.
Pestañado	Crear pequeño dobles en la orilla.	Altura de pestaña, 0.10 mm
Acordonado	Mejorar la resistencia del envase con tres deformaciones.	Profundidad del cordón: 0.47 mm
Engargolado	Colocar tapa en fondo del envase.	Gancho de cierre: 0.30 mm
Probadora	Detectar fugas con aire a presión.	30 lb. De aire a presión.
Paletizado	Paletizado automático	Revisión visual por material extraño (físico, químico o biológico).
Embalado	Aplicar película plástica a toda la tarima	Envoltura total sin orificios externos.

Tabla 2 Proceso de fabricación de envase metálico y CTQ

Las causas de rechazo por las cuales se produce una eficiencia promedio del 50% fueron en cuerpo: 1) descuadrado, 2) con rebaba, 3) rallado, 4) oxidado y 5) fuera de dimensiones; en pestaña: 1) reventada, 2) abierta, 3) golpeada; envase deforme: 1) costuras sin soldar/abierta, 2) oxidación interior, 3) forma ovalada, 4) golpe leve exterior, 5) costura sin soldar; barniz: 1) crudo, 2) quemado; polvo: 1) mal aplicado, 2) quemado, 3) crudo; y pruebas de calidad.

Diagrama de Ishikawa

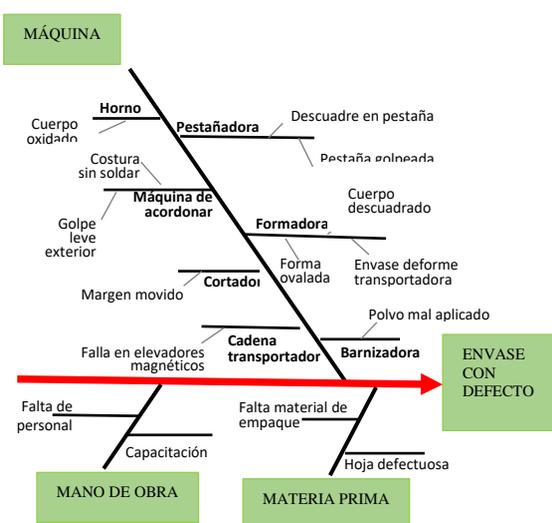


Figura 2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa (Figura 2) se realizó con el propósito de identificar la causa raíz del bajo desempeño de la Línea 1. Se identificaron los procesos y las características críticas de calidad que generan en mayor cantidad envases defectuosos.

SIPOC

El SIPOC (Tabla 3), muestra el proceso con proveedores, materias primas, procesos, salidas y clientes.

Prov.		Almacén materia prima	Área de corte	Área formado Almacén de Materia prima	Área de barniz	Área de barniz
Entrada	Material	Rollo de acero o aluminio	Tiras de lámina	Barniz	Envase con barniz	Envase c/barniz curado
	Medición	Altura del envase: 410 mm	Diámetro de cilindro	Aplicar de polvo	Temperatura de curado	Altura pestaña
	Método	Corte	Formado por rolado	Barniz electro-estático	Horneado	Plegado
	Máquina	Máquina de corte	Máquina formado	Brazo aplicador	Horno	Pestañador a
Proceso		1 corte de cuerpo. Corte lámina en tiras.	2 formado del envase cilíndrico	3 barniz FDA interior-exterior	4 curado Curar barniz	5 pestañado Hacer dobles
Salidas		Plantillas	Cilindro	Cilindro con barniz interior y exterior	Envase curado con costura para uso alimenticio	Envase con poner tapa en fondo
Clientes		Formado de cuerpo	Barniz	Curado	Pestañado	Acordonado
Prov.		Área de pestañado	Área de acordonar	Área de engargolar	Área de probadora	Envase en pallet
Entrada	Material	Envase con dobles en orilla	Envase c/cordón	Envase engargolado	Envase sin fugas de aire	Envase terminado
	Medición	Profundidad del cordón	Gancho de cuerpo	Presión de aire Libras	Cantidad de envases	N/A
	Método	Acordonar	Engargolar	Aplicar aire a presión	Empacado	Emplayar
	Máquina	Máquina acordonado	Máquina cerradora	probadora de fugas	Paletizador a Edgon	Máquina emplaye M. R
Proceso		6 acordona p/mejorar su resistencia	7 engargola tapa en fondo d/envase	8 probador aire a presión, p/fugas	9 paletizado De acuerdo a especificación	10 embalar Emplaye p/evitar polvo y humedad
Salidas		Envase con cordón	Envase con fondo	Envase sin fuga	Envase empacado	Producto terminado
Clientes		Engargola	Área de probado	Área de empaque	Área de emplayado	Área de producto terminado

Tabla 3 Detalle del proceso de acuerdo al análisis SIPOC.

Considerando la máquina, la mano de obra y la materia prima, se destaca que el mayor impacto se observa en el proceso de las máquinas con 11 aspectos que se deben considerar; por otro lado, en la mano de obra, se registraron dos aspectos que son la falta de personal y la capacitación; en cuanto a la materia prima, destacan hojas defectuosas y la falta de material de empaque.

Mapeo del Proceso

En el mapeo del proceso (Figura 2), se indican las etapas de fabricación y las características críticas de calidad que tuvieron la mayor cantidad de rechazo, así mimos se indican todos los materiales, así como los insumos y la subcontratación del proceso de análisis microbiológicos necesario para el aseguramiento de la calidad del producto.

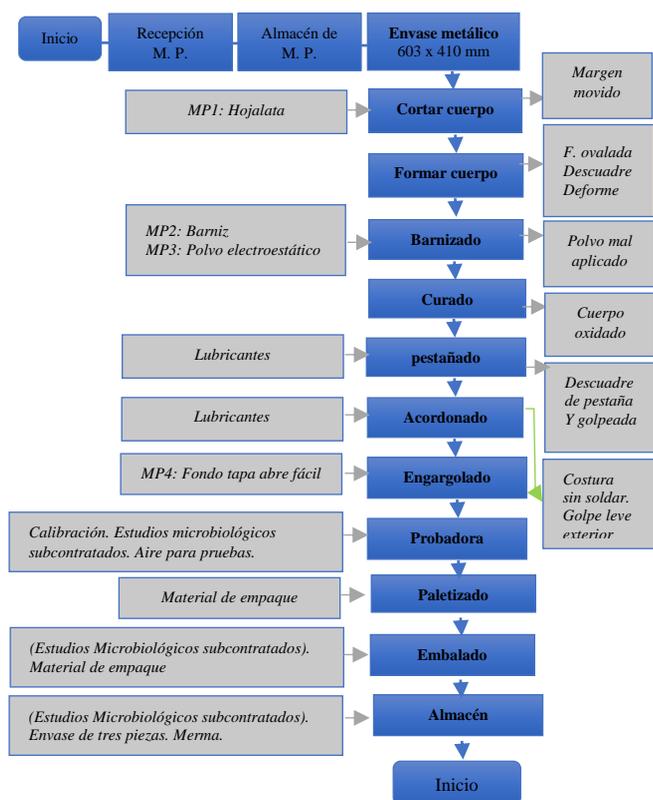


Figura 3 Mapeo del proceso de la lineal con producto defectuoso

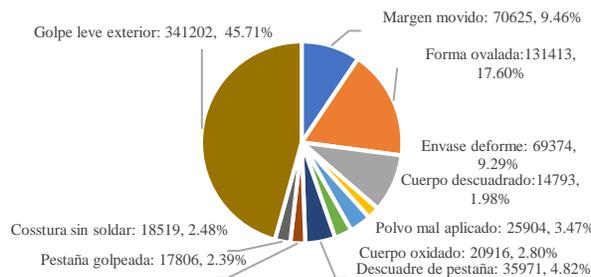
Se identificaron seis procesos con mayor margen de rechazos y CTQ (Tabla 4 y Gráfica 2), en donde el golpe leve en el exterior (46%), la forma ovalada (18%) y el margen movido (9%) representan los CTQ con mayor impacto en el rechazo.

Proceso	CTQ	Rechazos Feb-abril 2017
Cortar cuerpo	Margen movido	70,625
Formado de cuerpo	Forma ovalada	131,413
	Envase deforme	69,374
	Cuerpo descuadrado	14,793
Barnizado	Polvo mal aplicado	25,904
Curado	Cuerpo oxidado	20,916
Pestañado	Descuadre de pestaña	35,971
	Pestaña golpeada	17,806
Acordonado	Costura sin soldar	18,519
	Golpe leve en el exterior	341,202

Tabla 4 Proceso y CTQ de mayor rechazo

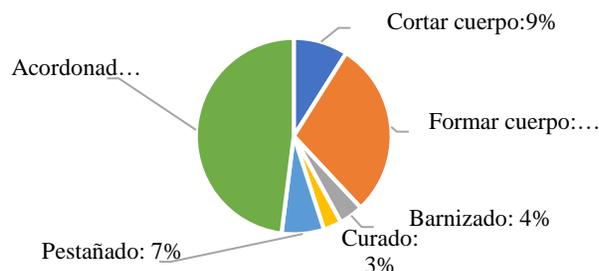
La Gráfica 2 muestra los rechazos por proceso y por características críticas de calidad en cantidad y porcentaje del mismo periodo, como se muestra, el rechazo por golpe leve en el exterior asciende a 341,202 equivalente al 46%.

Piezas rechazadas por CTQ's de febrero-abril 2017



Gráfica 2 Porcentajes de CTQ de rechazo en la línea 1

El porcentaje acumulado de rechazo corresponde al proceso de acordonado (48%), seguido del proceso de la forma del cuerpo (29%).



Gráfica 3 Porcentaje de rechazo por proceso.

Conclusiones

Para el año 2017, se determinó en la línea 1 de producción de envases una eficiencia promedio del 50%.

Se identificaron 8 características críticas de calidad del producto en las etapas del proceso de ensamble y se identificaron las causas de rechazos y de tiempo improductivo. De los procesos y las características críticas de calidad que generan en mayor cantidad envases defectuosos, destaca la máquina, la mano de obra y la materia prima.

El mayor impacto se observa en el proceso de las máquinas con 11 aspectos observados; seguida de la mano de obra con dos aspectos que son la falta de personal y la capacitación; así como la materia prima, con hojas defectuosas y la falta de material de empaque.

El porcentaje acumulado de mayor rechazo fue para el proceso de acordonado con el 48%.

Con lo anterior se concluye que se cumple con la hipótesis planteada en la introducción.

Con los resultados obtenidos, se llevará a cabo una investigación posterior, en donde se aplicarán las etapas de analizar, mejorar y controlar.

## Referencias

Bersbach, P. (08 de 10 de 2009). Bersbach Consulting from Process to Profit. Obtenido de <http://www.sixsigmatrainingsonsulting.com/uncategorized/the-roadmap-to-a-successful-six-sigmas-project/>

Flores, M. S. (Octubre de 2018). Aplicación de Seis Sigma para reducir la merma de cinta de sellado en una empresa de productos lácteos. Revista Ciencia Administrativa 2018. Congreso CIFCA, 4(Número especial), 35-45.

García, J. G. (Octubre de 2018). Control y Optimización de Procesos de Manufactura. Revista Administrativa 2018. Congreso CIFCA, 4(Número especial), 112-126.

Garcinuño, R. (2013). Contaminación de los alimentos durante los procesos de origen y almacenamiento. Revista del Centro asociado a la UNED de Melilla. Dialnet(36), 51-64.

Gómez, R. B. (11 de 06 de 2012). Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Biblioteca Digital Lasallista, 223-241.

Gutiérrez, H. D. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma . Mc Graw Hill Education. Herrera, R. F. (s.f.). Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus aplicaciones. 2011: Edición electrónica gratuita.

Pérez, E. G. (29 de 01 de 2014). Implementación de la Metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal,. Tecnología en Marcha, 27(3), 88-106.

Pyzdek, T. K. (2010). The Six Sigma Handbook. Mc Graw Hill.

Redacción Énfasis Packaging. (10 de 06 de 2016). Packaging.enfasis.com. Obtenido de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/75177-panorama-los-envases-metalicos>

Socconini, L. (2016). Certificación Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios. . Alfaomega.

Suárez, M. (2007). El Kaizen, la filosofía de Mejora Continua e Innovación de la Administración Total de la Calidad en Manufactura y Servicios. Panorama.

Tennant, G. (2002). Six Sigma Control Estadístico y Administración Total de la Calidad en Manufactura y Servicios. Panorama.

Vilela, E. (2018). Implementación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de Embalaje en la Empresa Sivein A. C. Lima. Lima Perú