





Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad

Application of DMAIC methodology in solving quality problems

^aLuis Asunción Pérez-Domínguez, ^bJosé Javier Pérez-Blanco, ^cLuz Angélica García-Villalba, ^dPerla Ivette Gómez-Zepeda

-  a Doctor en Ciencias de Ingeniería, luis.dominguez@uacj.mx, Universidad Autónoma Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México
-  b Estudiante Ingeniería Mecatronica, al132319@alumnos.uacj.mx, Universidad Autónoma Ciudad Juárez, Ciudad de Juárez, México
-  c Magister en Ingeniería, lugarcia@uacj.mx, Universidad Autónoma Ciudad de Juárez, Ciudad Juárez, México
-  d Doctor en Administración, pgomez@itcj.edu.mx, Instituto Tecnológico Ciudad de Juárez, Ciudad Juárez, México

Recibido: Julio 22 de 2019 **Aceptado:** Diciembre 20 de 2019

Forma de citar: L.A. Pérez-Domínguez, J.J. Pérez-Blanco, L.A. García-Villalba y P.I. Gómez-Zepeda, "aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad", *Mundo Fesc*, vol. 10, no. 19, pp. 55-66, 2020

Resumen

El presente trabajo habla de la metodología DMAIC (siglas en Inglés), y se como se implementó en una empresa de productos médicos, para la reducción de quejas de clientes, ya que es la causa principal del problema en la empresa. Con el método se busca una solución óptima para el proceso en la producción de citología. El problema ocurre en control de calidad al momento de inspeccionar el producto así que, al momento de jalar de manera manual el cepillo del casquillo, se desprende lo que representa el 70% de las fallas en el producto. Lo que genera material defectuoso y quedas de clientes. El objetivo del método es medir, analizar, mejorar y controlar. En cada fase de la metodología se presentan diagramas, histogramas, planes de control, diagrama de causa efecto y regresión. Con la elaboración de este proyecto se pudo demostrar a la empresa la importancia de emprender mejoras en sus procesos basándose en técnicas estadísticas, con el método DMAIC. Se obtuvieron resultados favorables para realizar mejoras en el sistema de calidad y de producción. La implementación del método permitió disminuir los costos y los re trabajos y tiempos de entrega hasta un 60%.

Palabras clave: DMAIC, Implementación, herramienta, estadística.

Abstract

This work talks about the DMAIC methodology, and how it is implemented in a medical products company, to reduce customer complaints, since it is the main cause of the problem in the company. The method will search for an optimal solution for the process in the production of cytology. The problem occurs in the quality control at the time of inspecting the product so, when manually pulling the brush from the cap, if it is neglected, which represents 70% of the failures in the product. What generates defective material and you are left with clients. The objective of the method is to measure, analyze, improve and control. In each phase of the methodology, diagrams, histograms, control planes, cause-effect diagram and regression are presented. With the development of this project, it was possible to demonstrate to the company the importance of providing improvements in its demonstration processes in statistical techniques, using the DMAIC method. Favorable results were obtained to make improvements in the quality and production system. The implementation of the method reduced costs and labor and delivery times by up to 60%.

Keywords: Implementation, tool, statistics, DMAIC.

Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: luis.dominguez@uacj.mx



Introducción

La competitividad global ha ocasionado que las compañías desarrollen estrategias para la reducción de costos operacionales con el fin de mantenerse en el mercado, con la ayuda de la industria 4.0, la manufactura esbelta, mejora continua, costos de operación y DMAIC.

La Industria 4.0 se establece como una serie de elementos de producción, los objetivos que se desea alcanzar es la puesta en marcha de un gran número de industrias inteligentes capaces de obtener un mayor número de adaptabilidad a los procesos de producción y así como una asignación más eficiente de los recursos. Los fundamentos que emplea esta revolución ante la evolución de sistemas de servicios, se crearon los sistemas de producción inteligentes que se constituyen en la unión de las tecnologías físicas y digitales; así como la integración de todas las etapas de desarrollo de un producto o proceso [1].

Lo que trae un importante impacto positivo, mayor eficiencia y aumento de la productividad [2]. La industria 4.0 se basa en cuatro conceptos:

- **Instancia:** los análisis en tiempo real garantizando un mayor asertividad en las tomas decisiones.
- **Virtualización:** la simulación por ordenador ya es una realidad, sin embargo, la evolución de la industria propone la monitorización remota de los procesos de producción con el fin de evitar fallas.
- **Descentralización:** la toma de decisiones con el fin de mejorar la producción en la industria, los sistemas toman decisiones basadas en análisis de datos.
- **Modularización:** en este concepto el módulo se divide por lo tanto una máquina producirá de acuerdo a la demanda ya que solo utiliza los recursos necesarios para realizar cada tarea lo que garantiza una optimización de la producción y ahorro energético.

La industria 4.0 abarca un gran número de áreas a las que se puede aplicar como se muestra en la figura 1.

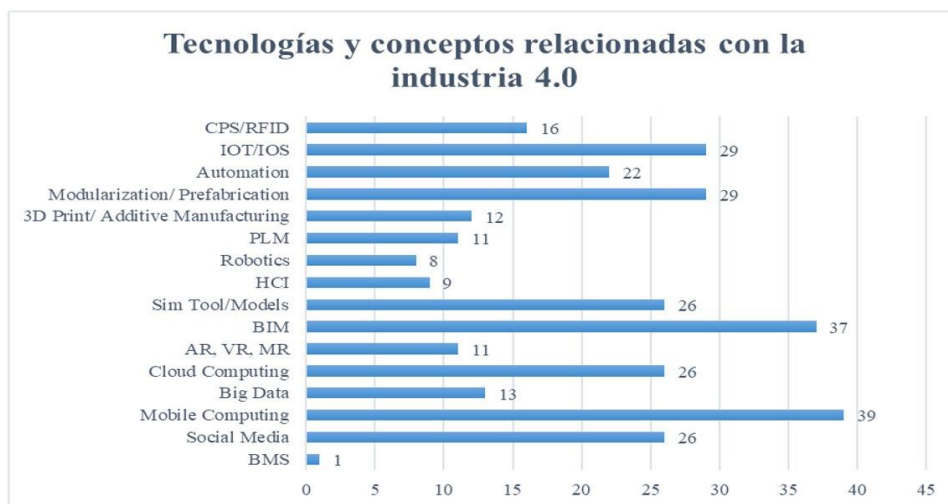


Figura 1. Tecnologías y conceptos relacionados con la industria 4.0

Manufactura esbelta es una de las herramientas con mayor éxito para la disminución de desperdicios es importante reconocer que esta filosofía trata de un mejoramiento de procesos que utiliza métodos y sistemas para mejorar el ambiente laboral, los procesos y el desempeño del negocio, creando en consecuencia clientes satisfechos. Su principal enfoque es la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en el diseño, la producción, la cadena de suministro y la relación con los clientes [3].

Para que una compañía se convierta en esbelta debe lograr un severo cambio cultural que puede llevarle varios años, la empresa debe ser el mejor proveedor de sus clientes, debe contar con el mejor personal y además, debe tener a los mejores proveedores como sus aliados.

Mejora continua implica un cambio de actitud del personal de la empresa. Se trata de incentivar este cambio de actitud hacia la mejora, utilizando las capacidades de todo el personal con el objetivo constante de llevar a la empresa al éxito. Es por ello que implementar esta metodología supone que elimines los desperdicios de tus sistemas productivos [4].

Los principales objetivos de los programas de mejora continua son:

- Aumentar el nivel de calidad.
- Mejorar la satisfacción del cliente (con disminución de las No Conformidades de clientes).
- Optimización de la gestión de la empresa.
- Incrementar en el rendimiento de equipos humanos.

Costos de operación son los gastos económicos que una empresa tiene que asumir esto ayudara a establecer una referencia para medir las ganancias y obtener una aproximación del punto de equilibrio de la entidad, ya que esto nos permitirá hacer futuras inversiones. Por tanto, los costos operacionales determinan todos los recursos que se necesitan para sacar adelante un proyecto.

DMAIC es un acrónimo de cinco fases interconectadas. Definir los objetivos del proyecto y medir el proceso, analizar y determinar la causa y el futuro proceso de control de rendimiento. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error [5].

- Definir los objetivos del proyecto y los resultados para ambos clientes internos y externos.
- Medir el proceso para determinar los resultados actuales.
- Analizar y determinar la causa (s) de los defectos.
- Mejorar el proceso de eliminación de defectos.
- Control del rendimiento futuro proceso.

La aplicación de DMAIC tiene un gran número de aplicación desde que se implementó por primera vez en 1969 hasta el día de hoy ver figura 2.

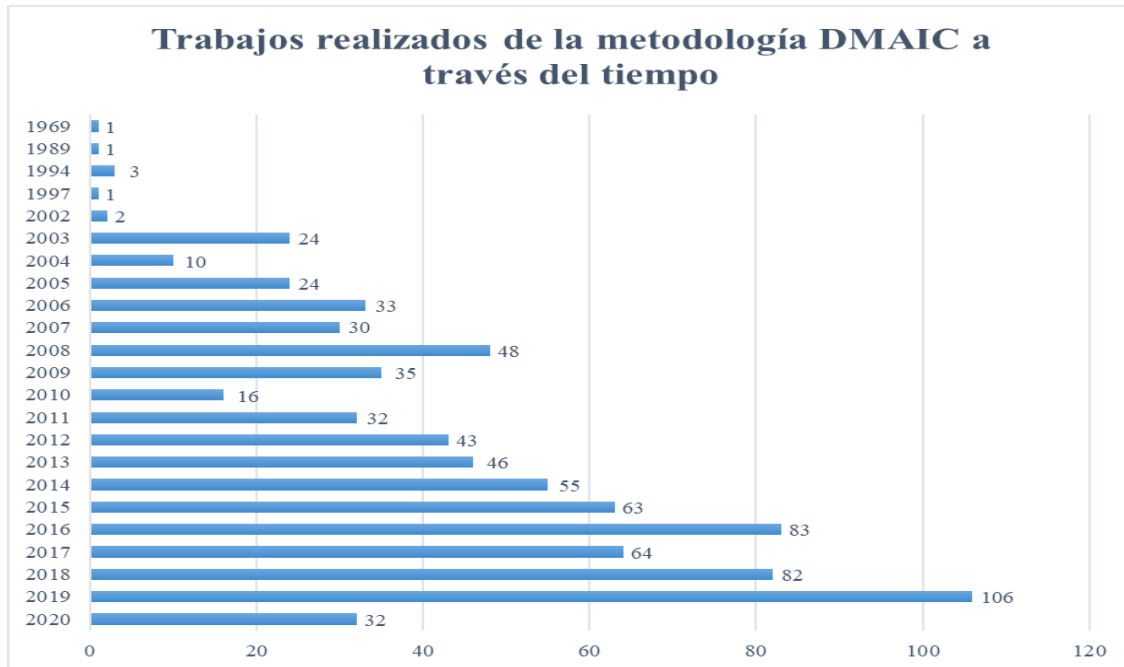


Figura 2. Trabajos realizados de la metodología DMAIC a través del tiempo.

- **Primera fase: Definir**

La metodología DMAIC es una herramienta muy potente que garantiza que los proyectos Seis Sigma sean abordados con rigor y que estos alcancen los resultados proyectados. En la primera etapa del DMAIC, “Definir”, se define claramente en qué consiste el proyecto, buscando la satisfacción del cliente, se comprende y define el proceso actual, con el fin de enfocar adecuadamente el proyecto e identificar oportunidades rápidas de mejora y establecer los objetivos de mejora de acuerdo con las necesidades y buscando la satisfacción del cliente [6].

- **Segunda fase: Medir**

En la etapa de Medición, se realiza la toma de datos para ser capaces de cuantificar el problema y tener una idea precisa de cuál es el punto de partida los objetivos que el equipo de mejora Seis Sigma debe cumplir en esta segunda etapa de la metodología DMAIC [7].

- **Tercera fase: Analizar**

Esta fase es muy importante de la metodología DMAIC. Las herramientas utilizadas y el orden en que se apliquen dependerán del problema del proceso y la manera en que será abordado para analizar los datos e información obtenidos en la fase anterior y convertir estos a información realmente útil con el fin de encontrar las causas raíz de los problemas, verificando las relaciones causas y efectos [8].

- **Fase cuatro: Mejorar**

La mejora de la fase se trata de eliminar la causa fundamental del problema. Se identifican las características del proceso que se puedan mejorar una vez realizado esto, las características son diagnosticadas para conocer si las mejoras en el proceso son relevantes [9].

- **Fase cinco: Controlar**

El objetivo del control es que los procesos sean estables y capaces. Un proceso estable

significa que el comportamiento de las variables definidas como claves se mantenga constante en el tiempo y por lo tanto dicho comportamiento sea fácilmente predecible [10].

Materiales y métodos

El presente trabajo aborda un caso práctico desarrollado en una compañía de productos médicos. el problema que se presenta en la empresa es el mal posicionamiento del casquillo en el cepillo, este problema se tiene un registro que se presentó en el área en el 2019, este problema se evidenció cuando el cliente envió una queja de este producto, al momento de inspeccionarlo por sus auditores de calidad este presentó un desprendimiento del casquillo ya que, en los meses de junio y julio, el material con un daño muy severo, el cual provocó que un paciente se pusiera en estado crítico por la falla del mismo.

La propuesta de implementación de la metodología DMAIC para la reducción de las quejas de cliente, con el uso de herramientas de la metodología como diagramas para el personal de producción y el uso de una máquina de prueba de jalón para la verificación del producto para el departamento de calidad de cytology para esto se tienen como objetivos definir los requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir, identificar posibles proyectos de mejora, identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso objeto de estudio mediante el uso de las herramientas diagrama entrada-proceso-salida, análisis de capacidad de proceso, gráfico Pareto, gráficos de control, analizar los datos (procesarlos) recogidos, para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento de los procesos, generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes, establecer un plan de controles que garanticen que la mejora

alcanzará el nivel deseado [11].

Seis sigma se utiliza para eliminar los costos de no calidad (desperdicios, reprocesos, etc.), reducir la variación de un aspecto o característica de un producto, acortar los tiempos de respuesta a las peticiones de los clientes, mejorar la productividad y acortar los tiempos de ciclo de cualquier tipo de proceso, centrándose en aquellas características o atributos que son clave para los clientes y, por tanto, mejorando notablemente su satisfacción. Para ello, la dirección identifica las cuestiones que más incidencia tienen en los resultados económicos y asigna a los mejores profesionales, tras formarlos intensivamente, a trabajar en los mismos [12].

La empresa Seis Sigma aporta una metodología de mejora basada en un esquema denominado DMAIC: Definir los problemas y situaciones a mejorar, Medir para obtener la información y los datos, Analizar la información recolectada, Implementar y emprender mejoras en los procesos y, finalmente, Controlar o rediseñar los procesos o productos existentes. Los elementos clave que soportan el DMAIC son los siguientes: conocimiento de los requerimientos del cliente, dirección basada en datos y hechos, mejora de procesos e implicación de la Dirección [13].

• Caso ilustrativo. Definir

En esta etapa como primera estancia se identifica el problema clave en el área de cytology, con ayuda de las herramientas de estadística como es el histograma y el diagrama de Pareto obtendremos los datos más relevantes que impactan a nuestro cliente. El historial de las quejas de cliente nos muestra la tendencia en defectos generados que un valor mínimo de quejas es de 23 a un máximo de 506 ver figura 3.

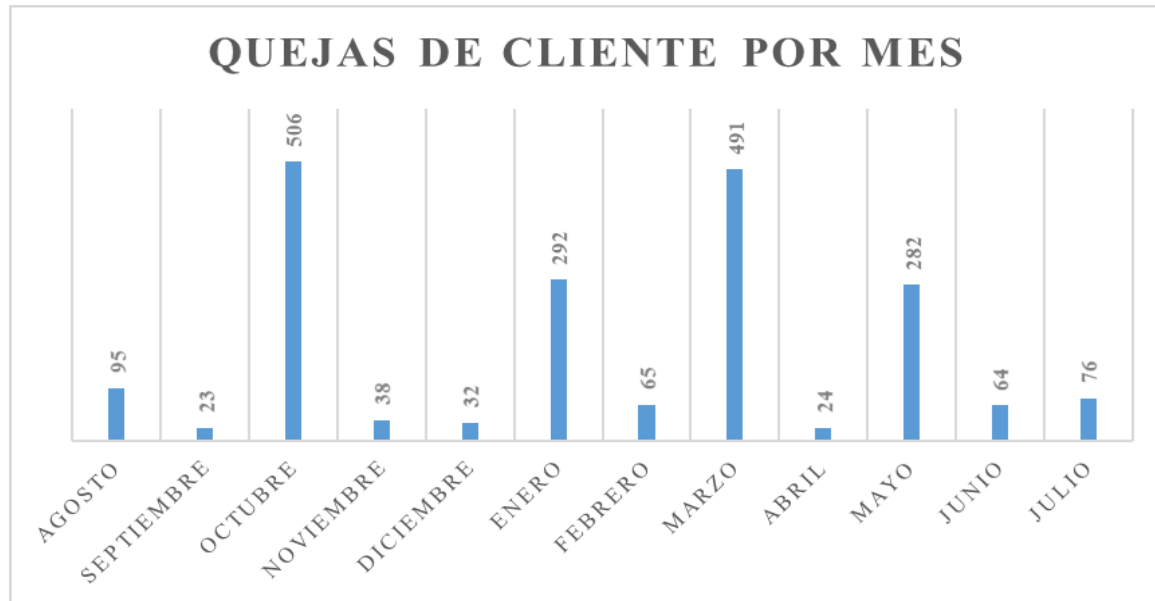


Figura 3. Quejas de cliente por mes.

El principio o regla de Pareto nos dice que, para diversos casos el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas, esto nos permite concentrar nuestros esfuerzos en aquellos problemas que representan ese 80% [14]. Con la recopilación de los datos se realizó un estudio realizado se encontró como clave dos factores claves que con llevan más del 80% de las quejas, la cual como principal tenemos casquillo flojo y en segunda instancia tenemos prensado mal del casquillo como se observa en la figura 4.

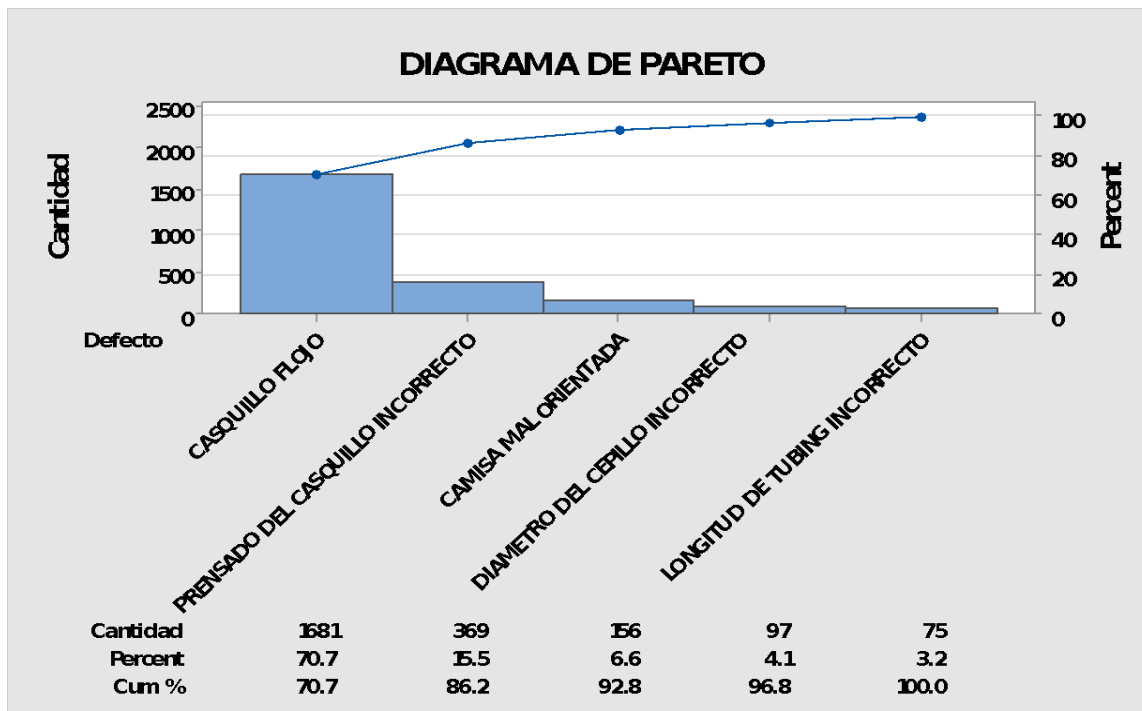


Figura 4. Diagrama de Pareto con los cinco principales defectos.

Obteniendo como mayor problema casquillo flojo con un 70.7% ver figura 5 del producto con defecto A) producto en buen estado B)

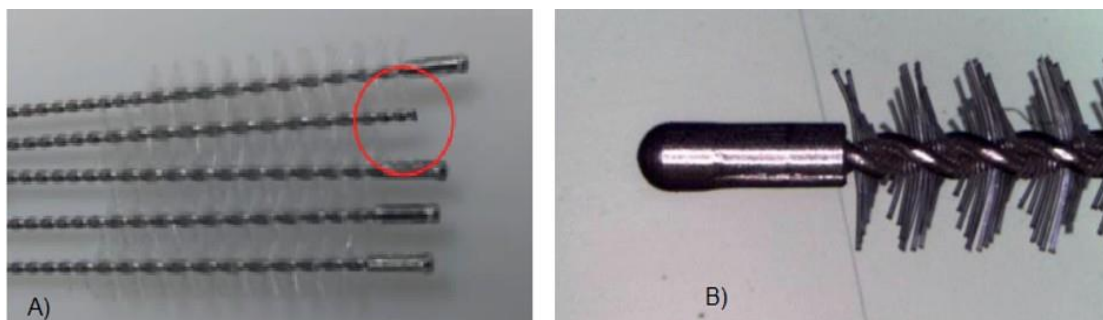


Figura 5. Producto de cytology

• **Medir**

Análisis R&R. Los estudios de repetitividad y reproducibilidad (R&R) tratan de analizar la variación entre el método de medición y las distintas personas que pueden realizar estas mediciones. Es decir, se va a tratar de reducir la variabilidad de la medición de un proceso mediante el estudio de los posibles motivos de variabilidad en la misma, con ello conseguiremos tener mayor exactitud de medición en el proceso, disminuyendo el gasto tanto de tiempo como de dinero [15].

Los sistemas de medición de atributos son aquellos donde los valores de medición son un número finito de categorías. Esto contrasta con los sistemas de medición de variables los

cuales pueden resultar en un número infinito de valores. Los más comunes de éstos son el gage (pasa/no pasa) el cual sólo cuenta con dos posibles resultados: Pasa / No Pasa. Para determinar el nivel de acuerdo, se utiliza la kappa (de Cohen) el cual mide el acuerdo entre las evaluaciones de dos evaluadores cuando están evaluando el mismo objeto. [16]

$$Kappa = (po - pe) / (1 - pe)$$

Donde:

po = Suma de las proporciones observadas.

pe = Suma de las proporciones esperadas.

La siguiente tabla I, muestra el significado en intervalos de los valores que pudiera tener kappa durante la evaluación:

Tabla I. Valores del estadístico Kappa.

0.90 – 1.00	El sistema de medición es excelente
0.70 – 0.89	El sistema de medición es capaz, pero necesita mejoras
0.50 – 0.69	El sistema de medición es marginal – necesita mejoras
0.00 – 0.49	El sistema de medición es inaceptable

Fuente: (Johnson & Bailey, 2012)

De acuerdo con el análisis R&R tenemos un resultado de repetitividad de cada uno de los inspectores ver figura 6.

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
J	20	17	85.00	(62.11, 96.79)
D	20	12	60.00	(36.05, 80.88)
C	20	15	75.00	(50.90, 91.34)

Figura 6 Resultado repetitividad.

• Analizar

En esta fase se realizó un análisis completo del proceso y se construyó un diagrama causa-efecto mediante una lluvia de ideas del equipo de trabajo para identificar las variables que pudieran estar afectando la resistencia a la prueba del jalón del producto, el cual se muestra en la figura 7 [17].

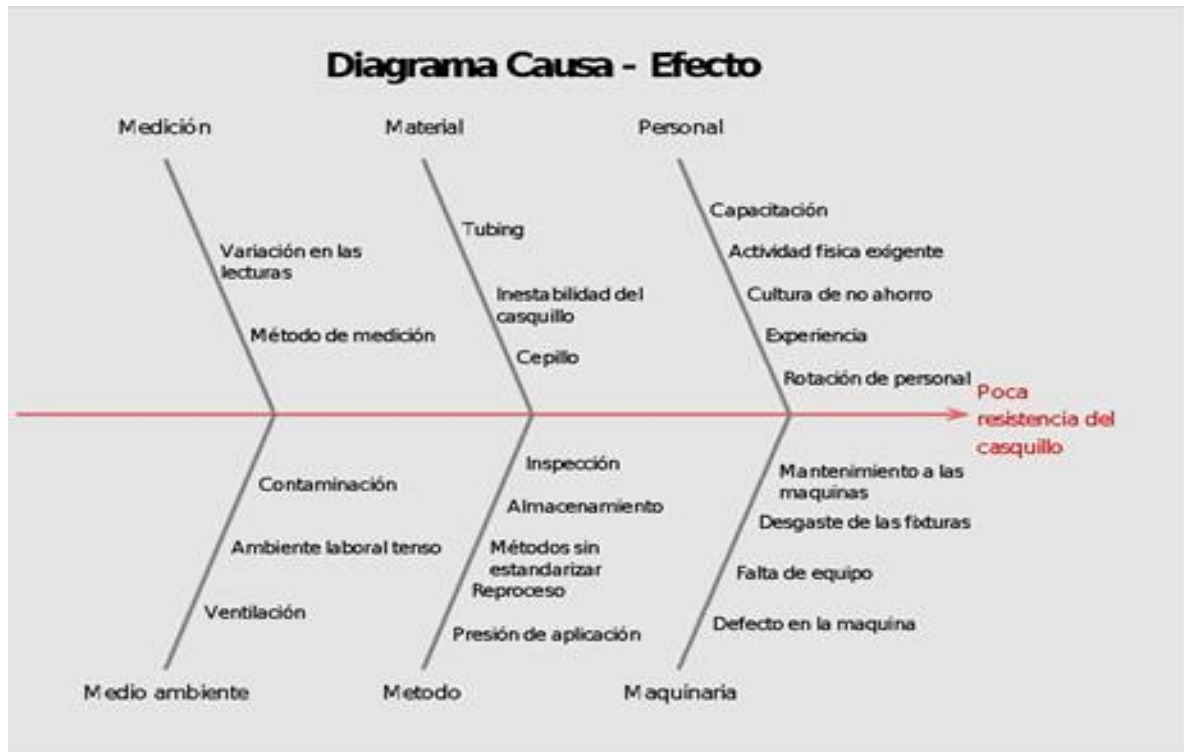


Figura 7. Diagrama causa - efecto. Fuente: Elaboración propia.

Mediante un análisis más a fondo con las causas posibles se concluyó que las variables para considerar en estudios posteriores serían las que se muestran.

Cantidad de loctite: Se probó a dos niveles, 100% y 75 % de aplicación y se eligió de esta manera porque había interés en conocer si con menos del 100% de aplicación el producto alcanzaría la resistencia necesaria.

Presión de aplicación. Este factor se evaluó dos niveles, el primer nivel es el que normalmente se trabaja, rango de 40-60 psi, y el segundo nivel 80-100 psi.

Desgaste del molde. El estado de los moldes de ensamble es un factor importante ya que

puede afectar en la resistencia final, por lo que se deberá fijar un proceso que sea mínimamente afectado por el desgaste del molde durante su vida útil.

Pulido: el pulido tiene que estar correctamente de acuerdo a los criterios de aceptación, el tubing tiene que quedar sin filos y suave al paso de la mano y cambiar la lija cada 50 piezas.

Personal: el personal nuevo o falta de entrenamiento esto se agrega la rotación del personal dentro de la empresa además se capacitará al personal en colocar las piezas en escantillón para minimizar los errores.

• **Mejorar**

En esta etapa se corrió el experimento utilizando los métodos Taguchi debido a que estos requieren un reducido número de corridas experimentales, con ellos se prueba solo una pequeña fracción de todas las combinaciones posibles de los factores, de tal manera que permitan calcular los efectos de todas las entradas sobre las salidas [18]. Para esto, primeramente, los factores se dividieron en factores de control y de ruido. Los factores estudiados tanto de control como de ruido, así como sus respectivos niveles se muestran en la figura 8.

Fact	Name	Level Values
A	Cable	1 2
B	Molde	1 2
C	Cantidad	100% 75%
D	Presión d	40-60psi 80-100psi

Figura 8. Factores y niveles.

En el método taguchi se obtuvieron los siguientes resultados donde se evaluaron los resultados obtenidos de la prueba de jalón y se dé termino que los elementos que más influyen en nuestro sistema son presión de aplicación y la cantidad de loctite (pegamento) ver figura 9 y el método taguchi menciona que mayor sea la pendiente y el posicionamiento son los factores más importantes figura 10.

Response Table for Means

Level	Cable	Molde	Cantidad loctite	Presión de aplicación
1	9.620	9.499	9.921	8.999
2	9.711	9.832	9.410	10.331
Delta	0.091	0.333	0.511	1.332
Rank	4	3	2	1

Figura 9. Resultado para medias.

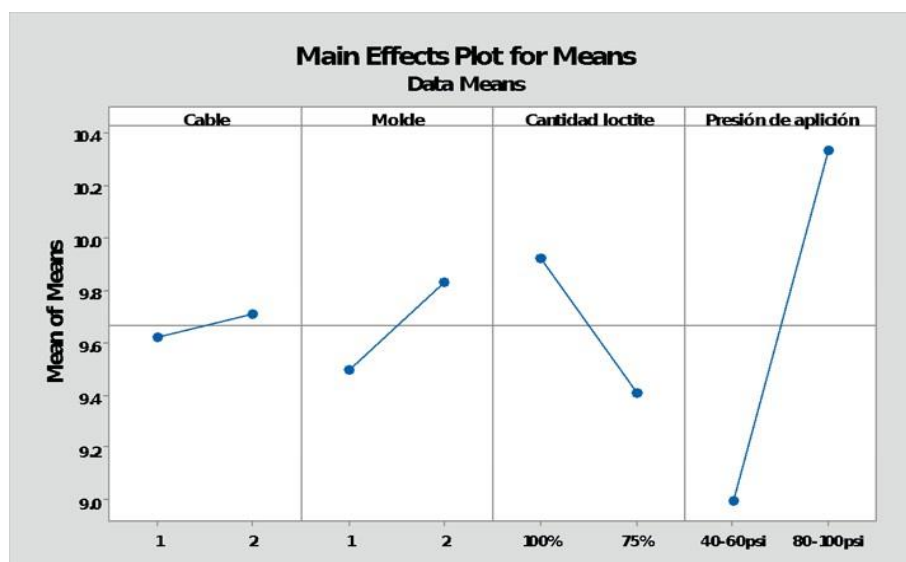


Figura 10. Diagrama taguchi

El diagrama de Pareto nos menciona la cantidad de porcentaje que cada uno de los elementos influye en nuestro diseño de experimentos ver figura 11.

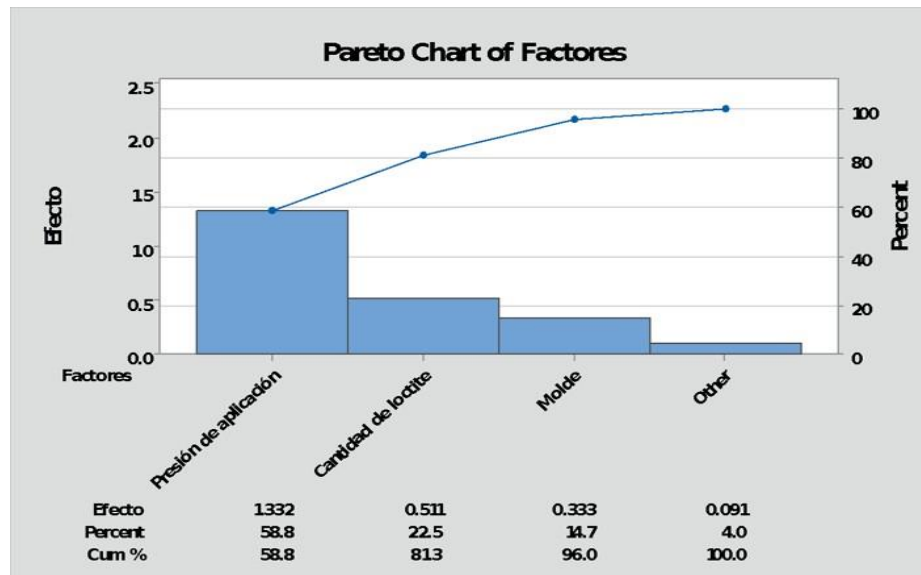


Figura 11. Pareto de los factores.

• Controlar

Al principio de la investigación se realizó una evaluación a los meses del año del 2019 donde se encontró el mes de agosto con el mayor número de rechazos el cual se muestra en tabla 2 con lo que se puso en práctica la metodología DMAIC el cual tuvo un gran impacto en la cantidad rechazada por el defecto de casquillo flojo.

Tabla II. Detalle Rechazos y costos.

Mes	Cantidad rechazada por casquillo flojo	Cantidad en dólares
ene-19	568	\$ 37,476.64
feb-19	557	\$ 36,750.86
mar-19	1089	\$ 71,852.22
abr-19	715	\$ 47,175.70
may-19	963	\$ 63,538.74
jun-19	846	\$ 55,819.08
jul-19	500	\$ 32,990.00
ago-19	1681	\$ 110,912.38
sep-19	886	\$ 58,458.28
oct-19	990	\$ 65,320.20
nov-19	864	\$ 57,006.72
dic-19	938	\$ 61,889.24
ene-20	77	\$ 5,080.46

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

El diagrama de Pareto ver figura 12 hace una fuerte comparación en el problema de rechazo de casquillo flojo donde al principio del problema se tiene un registro del 70.7% siendo este el principal defecto que se presentaba en la empresa y el diagrama actual de Pareto muestra una considerable reducción del problema al 9.3%.

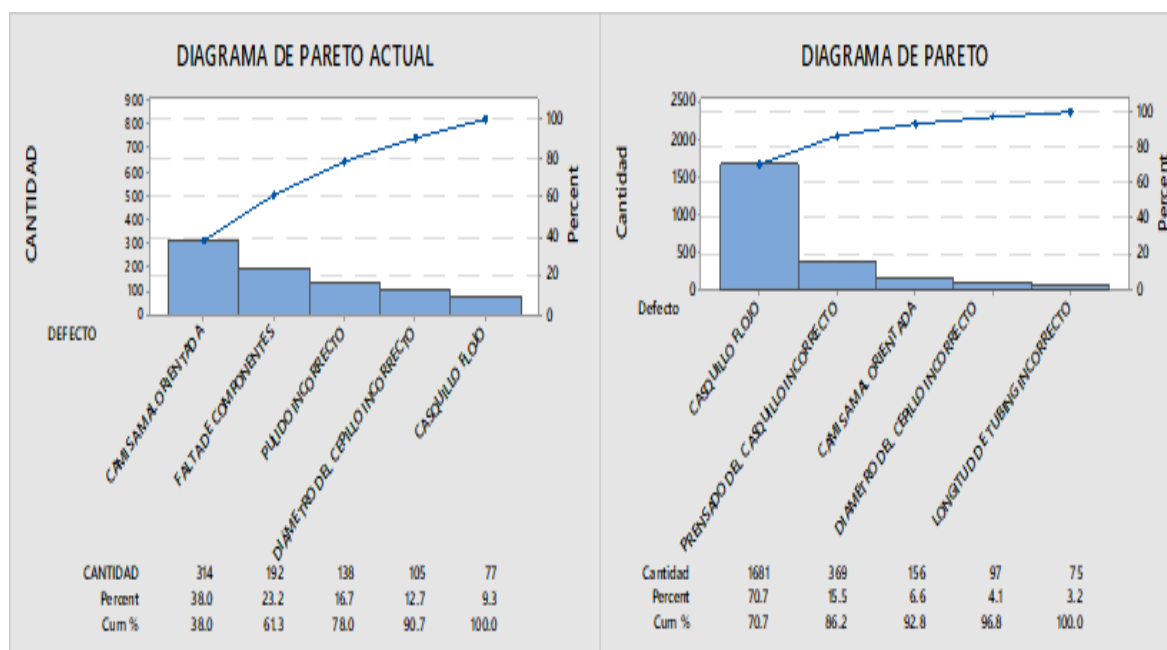


Figura 12 Comparación de Pareto antes de la aplicación de la metodología.

Conclusiones

La elaboración de este proyecto se pudo demostrar a la empresa la importancia de emprender mejoras en sus procesos basándose en técnicas estadísticas, siguiendo la metodología DMAIC en el área de cytology se obtuvieron resultados favorables para realizar mejoras en el sistema de calidad y de producción, el uso de esta herramienta permitió disminuir los costos, los rechazos re trabajos y tiempos de entrega hasta un 60%, otro aspecto importante es que para implementar la mejora, no fue necesaria ninguna inversión, sino solamente controlar el ajuste de cada uno de los factores en los niveles establecidos antes de este proyecto no existía una forma fija de operar el proceso y éste se modificaba dependiendo del punto

de vista o criterio de los operadores o del supervisor de línea.

Los resultados obtenidos en éste proyecto pretenden servir de estímulo a la empresa para el desarrollo de futuros proyectos y mejora de sus procesos mediante la aplicación de la metodología DMAIC.

Agradecimientos

Al Dr. Luis Asunción Pérez Domínguez, M. Luz Angélica García Villalba y Dra. Perla Ivette Gómez Zepeda por sus aportes.

Referencias

- [1] A. De La Espriella-Babiloni, "Comparación entre tecnologías emergentes y tradicionales en

- automatización e instrumentación industrial", *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, vol. 10, n.º 1, pp. 70-77, ene. 2019
- [2] W.S. Alaloul, M. Liew, N.A. W.A. Zawawi y I. B. Kennedy, "Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders" *ScienceDirect*, vol. 11, n.º 2, pp. 225-230, 2019
- [3] I.B. Víctor Manuel, "Manufactura Esbelta" *Conciencia Tecnológica*, vol. I, n.º 53, pp. 23-28, 2017
- [4] I. Kobayashi., 20 claves para mejorar la fábrica, Madrid: TPG- HOSTIN, 1993.
- [5] C.T. Carroll, Six Sigma for powerful improvement: a green belt DMAIC training system with software tools and a 25-lesson course, Boca Ratón Florida EE.UU.: Charles T Carroll, 2013
- [6] M. Uluskan, "Design of Experiments Based Six Sigma DMAIC Application: Electrostatic Powder Coating Process" *IEEE Xplore Digital Library*, pp. 11-23, 2019
- [7] P.S. Pande, R.P. Neuman, R.R. Cavanagh, t. J.M.C. Bernat y E.C. Bernat., Las claves practicas de seis sigma : una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos, México: McGraw-Hill, 2004
- [8] B. Athanasios, "Six Sigma DMAIC Enhanced with Capability Modelling" *Conference on Business Informatics*, pp. 24-27, 21 Agosto 2017
- [9] H. Gutiérrez y R. De la Vara, Control estadístico de calidad y Seis Sigma, México: McGraw Hill, 2008
- [10] V. Yepes y E. Pellicer, Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción, España: Acribia, 2005.
- [11] S.K. y J.R.K., "Cost-reduction and quality improvement using DMAIC in the SMEs" *Emerald Publishing Limited*, vol. 68, n.º 8, pp. 152-1540, 2019
- [12] T. McCarty, M. Bremer y L. Daniels, Six Sigma black belt handbook., México: McGraw Hill, 2005
- [13] C.T.F. Torres, Despliegue de seis sigma en una organización: Claves para el éxito., Argentina: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2006
- [14] T. Pyzdek y P.A. Keller, The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels., New York : McGraw-Hill Companies, 2010
- [15] L. Johnson y S.P. Bailey, Implementing an Expanded Gage R&R Study." ASQ World Conference on Quality and Improvement, EUA: Anaheim, 2012
- [16] R. Okeda Tanaka, "Mejora de procesos de una empresa a través de Six" Scielo, p. 19, 2008
- [17] M.A. Rodríguez, "Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz" *Diodo Emisor de Luz*, pp. 63-76, 2010
- [18] D.C. Montgomery, Introduction to statistical quality control, Pennsylvania: Hoboken, N.J., 2009