

## **Mejora del mantenimiento preventivo en área de moldeo a través de DMAIC**

*Improvement of preventive maintenance in the molding area through DMAIC*

**Jesús Molina de la Cruz**

TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ), México

[M23111964@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:M23111964@cdjuarez.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0007-2156-2693>

**Mirella Parada González**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Ciudad Juárez, México

[mirella.pg@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:mirella.pg@cdjuarez.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8257-685X>

**Adán Valles Chávez**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Ciudad Juárez, México

[avalles@itcj.edu.mx](mailto:avalles@itcj.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6559-0123>

**Eduardo Rafael Poblano Ojinaga**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Ciudad Juárez, México

[eduardo.po@cdjuarez.tecnm.com](mailto:eduardo.po@cdjuarez.tecnm.com)

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

### **Resumen**

En la actualidad, la mayoría de las empresas de diversas ramas están tratando de tener a sus empleados actualizados en herramientas de calidad y control para poder manejar los procesos. Una de las metodologías más utilizadas para la solución de problemas es la metodología de seis sigma, la cual usamos para este proyecto de mantenimiento preventivo en el área de moldeo. DMAIC se puede acomodar perfectamente porque el proceso que maneja la empresa nos ayuda

a ir más allá de los objetivos de la metodología.

**Palabras Claves:** Metodología DMAIC, solución de problemas, seis sigma.

### **Abstract**

Currently, most companies in various branches are trying to have their employees updated on quality and control tools to be able to manage processes. One of the most used methodologies for problem solving is the six-sigma methodology, which we used for this preventive maintenance project in the molding area. DMAIC can be perfectly accommodated because the process that the company manages helps us go beyond the objectives of the methodology.

**Keywords:** DMAIC methodology, problem solving, six sigma.

**Fecha Recepción:** mayo 2024

**Fecha Aceptación:** octubre 2024

---

### **Introducción**

El normal desarrollo del área de moldeo ha llevado a la introducción de un mantenimiento específico y rígido que esté relacionado con el proceso de desarrollo que ha alcanzado la empresa en cuestión en términos de progreso.

En las primeras etapas del desarrollo organizacional, es típico observar empresas de mantenimiento individuales. Una vez que la industria ha entrado en una fase de estabilidad corporativa y muestra algunas características de crecimiento, nace el mantenimiento correctivo; sin embargo, si la instalación se desarrolla y comienza a sentir la necesidad de organizar las actividades de mantenimiento y comenzar a trabajar con normalidad de acuerdo con el plan de mantenimiento periódico; en la siguiente etapa se iniciará la implementación de conceptos de diseño y herramientas técnicas en la ejecución de los trabajos de mantenimiento, y se introducirán sistemas de mantenimiento preventivo; y finalmente, cuando la organización encuentra que cuenta con equipos críticos o líneas de producción que superan en nivel a todas las demás, y cuando la operación de dichos equipos concentra el trabajo de la planta, se aplican las técnicas a los grupos mencionados. Pero en la mayoría de los casos estos aspectos se presentan porque se encuentran en un determinado punto del proceso de desarrollo, más que por la comodidad o la determinación de la dirección de saber cuál es cada filosofía de gestión del cuidado y definirla con base en estos conceptos filosóficos.

El mantenimiento preventivo es un mantenimiento que está preprogramado para evitar en la medida de lo posible daños inesperados, reducir los tiempos de inactividad por interrupciones de producción y así reducir sus costos.

El mantenimiento preventivo es simplemente una disposición sistemática de lo que se ha

hecho tradicionalmente; no soluciona todos los problemas que surgen durante el proceso productivo. La implementación de un sistema de mantenimiento preventivo que aumente la eficiencia de la producción es necesaria hoy en día, lo cual está directamente relacionado con la calidad de la información disponible para su implementación.

### **Planteamiento del problema**

El objetivo de implementar esta metodología es encontrar una solución efectiva al problema de reparación de moldes, que reduzca el impacto de las paradas de línea, retrasos en la entrega de moldes a la línea de producción y fallas en la calidad del producto.

Hoy en la actualidad no tenemos un control sobre el mantenimiento preventivo en nuestra empresa, ya que por la demanda hay moldes que duran más disparos sin bajar de las moldeadoras, por lo cual al bajar para un “mantenimiento preventivo” nos encontramos con la sorpresa de que en lugar de aplicar un mantenimiento preventivo se vuelve un correctivo y por consecuencia el tiempo de reparación se vuelve más largo de lo normal y esto impacta en el tiempo de producción y por consecuencia en las entregas a tiempo.

Es por esto que se planea la forma de implementar una metodología que nos ayude a controlar el mantenimiento preventivo, ya que teniendo un control podremos reducir costos, bajando los tiempos de taller en la mano de obra, partes para los moldes, así como en tiempos de maquinados de partes urgentes.

### **Preguntas de investigación**

¿Será sustentable el ahorro al finalizar el proyecto?

¿En qué porcentaje lograremos aumentar la productividad?

### **Objetivo general**

- Implementar el uso de una metodología como DMAIC que nos ayude en el área de moldeo para controlar los mantenimientos preventivos en los moldes.

### **Objetivos específicos**

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo para realizar los análisis e investigaciones necesarios en el proceso de mantenimiento del molde para identificar los componentes críticos que requieren mayor atención y llevarlos a una condición ideal, minimizando el impacto de fallas repetidas en herramientas.
- Definir la mejor forma de llevar un control en los mantenimientos preventivos.
- Medir el desgaste en los componentes del molde con mayor desgaste para poderlos atender con mayor prontitud.

- Mejorar los procesos de manufactura de las partes para un mejor desempeño.

### **Justificación**

Esta mejora nos ayudara a dar un mejor servicio, tanto al departamento de moldeo como a producción por lo tanto tendremos una mayor eficacia en las maquinas moldeadoras y así poder cumplir con nuestras metas de producción.

### **Hipótesis**

Lo que se pretende con este proyecto es demostrar que usando una metodología como DMAIC se pueden tener controlados todos los aspectos que lleva un mantenimiento preventivo y con esto tener una mayor eficiencia.

### **Marco teórico**

#### **Inyección de Plástico**

El procedimiento de inyección consiste en la fusión de un material plástico a través de ciertas condiciones y variables, para luego ser transportado a presión a través de los canales de un molde. Estos canales se mantienen a una temperatura inferior a la del plástico fundido, moviendo el material hasta llenar el núcleo del molde, el cual también se encuentra a baja temperatura. Aquí, el polímero líquido se transforma finalmente en sólido, y posteriormente se enfría gradualmente para permitir la extracción de las piezas sin deformaciones ni defectos.

El rápido avance de las máquinas de inyección en los últimos años se ha visto muy influenciado por la creciente demanda de productos plásticos en diversos sectores, incluidas las industrias ferroviaria, aeroespacial y alimentaria. Este crecimiento de la demanda, junto con la necesidad de una gama diversa de materias primas, ha impulsado el desarrollo de estas máquinas. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que el proceso de inyección es muy complejo y hay numerosas variables en juego. A pesar de la existencia de numerosos proyectos e investigaciones destinados a mejorar esta técnica, el proceso en sí sigue estando en gran medida inexplorado y lleno de potencial sin explotar. (Rosato, 2000)

El proceso de inyección de plástico tiene una inmensa importancia dentro de la industria del plástico, ya que ofrece soluciones rentables para la producción en masa de piezas. La creación y producción de modernas máquinas de inyección ejemplifican la dedicación de la industria al diseño y fabricación de maquinaria especializada para este fin.

Normalmente, el proceso de inyección consta de dos etapas diferenciadas: la fase inicial comprende la transformación del material de un estado sólido a líquido, mientras que la fase

posterior consiste en inyectar este material en el molde. La forma en que se ejecutan estos dos pasos puede distinguir una máquina de otra. (Rosato, 2000)

### **Breve historia del moldeo por inyección de plástico**

En 1862, Alexander Parkes presentó en una exposición internacional en Londres un novedoso material hecho a partir de la celulosa, al que bautizó como Parkesina. Este material podía calentarse, moldearse y enfriarse sin perder su forma. A pesar de sus cualidades, era muy delicado y caro, lo que restringía su aplicación.

Los hermanos John e Isaiah Hyatt crearon en 1868 un novedoso material plástico que superaba al desarrollado por Parkes, al que denominaron celuloide. Dos años después, en 1872, patentaron la primera máquina de moldeo por inyección de plástico, un proceso mucho más sencillo que los métodos de fabricación actuales.

Durante varios años, la industria de moldeo de plásticos no experimentó grandes cambios, pero después de la Segunda Guerra Mundial, la creciente demanda de productos en masa a bajo costo hizo que los artículos de plástico moldeado se volvieran sumamente populares. (privarsa, 2024)

Hace más de un siglo, en 1872, John Hyatt inventó una máquina que inyectaba material. Años después, en la mitad del siglo XX, la empresa alemana Cellon-Werkw se considera pionera en el desarrollo de la moderna máquina de inyección de plásticos. No obstante, en la década de los treinta, la compañía alemana Mentmore Manufacturing ya empleaba máquinas de moldeo por inyección para producir a gran escala la pluma estilográfica.

La primera máquina de inyección de plástico con sistemas eléctricos fue presentada en 1932; sin embargo, no fue hasta 1951 en los Estados Unidos que se creó la primera máquina con un tornillo o husillo, lo cual representó el cambio más importante en la historia de las máquinas de inyección. (TKNO, 2024)

Muchas áreas importantes de la industria han experimentado avances notables en las últimas décadas. Se han optimizado los procesos de diseño, el manejo del polímero y la implementación de sistemas informáticos de diseño asistido por computadora. Además, se ha mejorado el control del calentamiento y los procesos de control de calidad, lo que ha contribuido a una mayor eficiencia y calidad en la fabricación de productos.

Somos una empresa líder en la fabricación de productos de plástico. Nos especializamos en adaptar cada diseño según las necesidades de nuestros clientes, gracias a nuestra avanzada maquinaria de inyección de plástico. (TKNO, 2024)



**Ilustración 1 Moldeadora moderna**

Fuente: Pagina tkno especialistas en inyección de plástico.(2024)

<https://www.tkno.mx/historia-de-la-maquina-de-moldeo-por-inyeccion-de-plastico/>

### **Clasificación de plásticos**

Los plásticos se pueden clasificar de varias formas, y una de las principales clasificaciones asociadas a estos materiales es que son termoplásticos o termoestables. Otra clasificación son los materiales amorfos con estructuras moleculares aleatorias. Estas sustancias no se derriten, simplemente se ablandan y pueden ablandarse en un amplio rango de temperaturas porque solo se ablandan cuando se exponen a una fuente de calor.

Las sustancias cristalinas son estructuras moleculares de cadenas bien ordenadas. Cuando este material se calienta hasta su punto de fusión pasa directamente a la fase de endurecimiento sin pasar por la fase de ablandamiento. Si estos materiales se sobrecalientan, pueden provocar una degradación del rendimiento debido al sobrecalentamiento. También existen elastómeros, polímeros con una amplia gama de propiedades elásticas (Johannaber, 1994)

Una parte importante de este proyecto es la clasificación de los plásticos según su aplicación en la industria. Destacan los termoplásticos especiales, también conocidos como plásticos de ingeniería, que se caracterizan por tener mejores propiedades en comparación con los plásticos a granel. El resultado es una muy buena conductividad térmica, buena resistencia al impacto, alta temperatura de deformación, resistencia a elevadas tensiones mecánicas y alta

dureza. Se utiliza principalmente en aplicaciones que requieren un alto rendimiento. La figura 2-2 muestra el triángulo del calor industrial. Aquí podéis ver que encima están los termoplásticos, que son muy funcionales y económicos. A medida que avanza hacia abajo en el triángulo, encontrará aplicaciones más generales con menos demandas de energía química, física, térmica o eléctrica. El polímero reforzado PPE+PS+PA o termoplástico Noryl GTX 830, que se muestra en rojo en la esquina superior izquierda del triángulo, es una aleación de tres termoplásticos: nailon (PA), poliestireno (PS) y éter de polifenileno (EPP). ; La aleación produce termoplásticos de ingeniería altamente funcionales. Sumando cada característica se obtienen las ventajas del PA, un polímero sintético perteneciente al grupo de las poliamidas y clasificado como polímero de ingeniería, el PS, estándar, económico y muy duradero, y finalmente, el EPI, un polímero de altas prestaciones que contiene un 38%. fibra de vidrio. aditivos Un plástico amorfo. (Johannaber, 1994)

### **Mantenimiento de Moldes**

Para prevenir daños y prolongar su vida útil, es fundamental tener mucho cuidado al manipular el molde durante el mantenimiento y utilizar los sistemas de mantenimiento adecuados y adecuados. Los mantenimientos a realizar en el molde pueden ser:

- I) Cuando la máquina se encuentra en la producción de una determinada serie.
- II) Cuando el molde está fuera de la máquina.

El mantenimiento que se puede realizar mientras el molde aún está en la máquina debe realizarse rápidamente y evitar daños a largo plazo al molde en el futuro (industrias, 2010).

Cada molde debe tener un programa de mantenimiento, según el Programa de Mantenimiento de Moldes de Inyección de Uno Convenciones, ya que un mantenimiento regular garantizará que el molde funcione sin interrupciones, lo que ahorra tiempo y dinero. Muchos factores determinan la cantidad y la frecuencia del mantenimiento.

**Materiales:** Las herramientas de aluminio y las herramientas blandas se desgastarán en menos tiempo que el acero viejo.

**Facilidad de moldeo:** Las estructuras con herramientas o piezas complejas requieren más cuidado al abrir y cerrar el molde. Lavadoras, impulsores, corazones móviles, sistemas hidráulicos y mecánicos, intercambiadores de calor, sistemas musculares y piezas de expulsión se suman al mantenimiento requerido. (Bolaños Gudiel, 1990)

Daños: Posible mal funcionamiento por excesiva presión de sujeción, excesiva presión de inyección, excesiva compresión/plegado de piezas, movimientos de apertura y cierre, mala lubricación de la pieza, número de empujes, etc. vestirse en el molde.

Para disminuir el daño interno, se recomienda evitar el uso de herramientas duras; evitar el uso de agua tratada en el sistema de enfriamiento; y evitar una presión excesiva en las abrazaderas al perforar y llenar el molde. Lubricar las partes apropiadas, asegurándose de no tocar el molde al empujar la parte, y sellar el área de trabajo. (Bolaños Gudiel, 1990) Los niveles sugeridos para la atención al mantenimiento son:

- Implementar mantenimiento preventivo.
- Revisar el molde cada veinte mil ciclos, o cada diez días de producción.
- Cada 100.000 ciclos, le brindan mantenimiento al molde.
- Realizar mantenimiento significativo cada 250.000 ciclos.

### **Antecedentes del Mantenimiento**

Se organizan múltiples tareas en mantenimiento, actividad que ayuda a alcanzar altos niveles de fiabilidad en equipos, maquinaria, infraestructuras públicas, instalaciones, etc.

También puede definirse como un conjunto de medidas destinadas a hacer el mejor uso de los recursos productivos y mantener las condiciones necesarias para una producción eficiente y rentable.

La confiabilidad de un sistema complejo que consta de varios componentes puede ser muy pobre incluso si la confiabilidad de un individuo no es mala.

Esto es especialmente cierto dada la mayor variación en el rendimiento y el grado de dependencia e independencia de cada componente del sistema.

Esto es especialmente cierto cuando el trabajo es uno de los componentes. Si no haces el mantenimiento y gestión adecuada será muy difícil conseguir el realismo. También es cierto que, como resultado, estas mejoras pueden marcar la diferencia entre un buen y un mal servicio. (Cardona Revolorio, 1979)

### **Tipos de Mantenimiento**

En función del tipo de propiedad y de los criterios de administración, se pueden emplear diversos sistemas para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento.



Es posible dividir las actividades de mantenimiento en cuatro categorías:

- a) Mantenimiento directo. Tiene que ver con el equipo de producción.
- b) Conservación indirecto. Comprende las acciones que tienen como objetivo prevenir o disminuir las fallas, mejorar las condiciones de operación o prolongar la vida útil de los equipos, instalaciones, etc.
- c) Mantenimiento general. Incluye todo el trabajo de mantenimiento rutinario que se aplica a estructuras, instalaciones y edificios (no al equipo de producción).
- d) Conservación del aseo. Incluye las labores diarias necesarias para mantener el equipo o el inmueble en condiciones adecuadas de higiene y apariencia.

Para gestionar eficazmente el mantenimiento es necesario reducir costes, tiempos de inactividad de los grupos de trabajo, etc. a través de la gestión, la planificación del trabajo y la correcta distribución de los trabajadores. (González Rosal, 1977)

Se distinguen tres categorías de mantenimiento para llevar a cabo lo mencionado anteriormente:

- a) El mantenimiento correctivo: se lleva a cabo cuando se han producido las fallas; su proximidad es evidente.
- b) Mantenimiento preventivo: utiliza los parámetros de diseño y las condiciones de trabajo supuestas para anticipar las fallas.
- c) Mantenimiento predictivo: utiliza observaciones que muestran tendencias para anticipar las fallas.

La línea que los separa es muy sutil, por lo que muchas personas los consideran como uno.

### **Mantenimiento preventivo**

Esto cubre las actividades de mantenimiento planificadas para predecir y prevenir averías. Se denomina mantenimiento directo o mantenimiento preventivo porque las operaciones se realizan en el tiempo. Se basa en Tool Time (MTTF) y no tiene en cuenta condiciones específicas de instalación. Por ejemplo: limpieza, lubricación, reemplazo programado.

El equipo de mantenimiento siempre debe estar atento a realizar tareas o servicios de manera ininterrumpida y confiable.

Una buena gestión del mantenimiento que utiliza sistemas preventivos aprovecha la experiencia adquirida para clasificar las causas de fallos comunes e identificar deficiencias en instalaciones y maquinaria. (MarcadorDePosición1)

Evidentemente, ningún sistema puede predecir errores que no nos lleven en determinadas direcciones.

### **Mantenimiento correctivo**

Su principal característica es corregir los errores cuando se producen. Este tipo de mantenimiento se utiliza cuando es muy difícil determinar cuándo fallará una máquina, equipo u operación. Según su condición se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a.) Planificado
- b.) No planificado

#### **a) Planificado**

Cuando un equipo se para para su reparación, sabemos de antemano qué trabajo hay que realizar para que esté disponible el personal, repuestos y documentación técnica necesaria para la correcta reparación.

Cómo no planificar, corregir la falla y actuar sobre algunos hechos. La diferencia entre contingencia y contingencia no es una indicación de la velocidad de la operación anterior, sino de la operación que se puede disponer para que se lleve a cabo, generalmente en el futuro, sin interferir con las operaciones. Generalmente programamos la parada de la máquina, pero tenemos la ventaja de desarrollar el trabajo que debe realizarse antes y programar el trabajo en ese momento para manejar el trabajo que la máquina no puede realizar. (Salvatierra Villatoro, 2004)

Lógicamente aprovechar puestos, turnos, épocas de baja demanda, fines de semana, festivos, etc.

#### **b) No planificado**

Es necesaria una respuesta rápida para evitar daños costosos e inesperados a los materiales y al personal durante reparaciones inesperadas o de emergencia.

Debe repararse inmediatamente debido a una avería inesperada o inesperada debido a condiciones de emergencia que deben cumplirse (cuestiones de seguridad, problemas de contaminación, uso de normas legales, etc.).

Por ejemplo, la detección de una fuga de gas permite a la dirección actuar durante una emergencia y decidir recuperar la contaminación del aire (normalmente la detección de

gases volátiles significa que existen concentraciones peligrosas y explosivas).

Este sistema se aplica a sistemas complejos como componentes o procesos eléctricos cuyos fallos no se pueden predecir y pueden interrumpirse en cualquier momento sin afectar la seguridad. (Salvatierra Villatoro, 2004)

Esto también se aplica a los dispositivos que tienen más de un período determinado. La desventaja es que no sucede todo el tiempo, a menudo en los peores momentos posibles. Porque entonces hay más demanda del producto.

### **Mantenimiento predictivo**

Esta actividad de mantenimiento consiste en monitorear el desgaste de una o más partes del equipo principal mediante análisis o estimación de síntomas mediante evaluación estadística, determinando el comportamiento de dichas partes y determinando el derecho de cambio de ubicación.

El mantenimiento predictivo es un método confiable o sistemático para mantener el rendimiento deseado en función de las condiciones físicas, el uso y las fallas, y evaluar los resultados para utilizar el mantenimiento apropiado (preventivo o correctivo).

Encuentre defectos antes de que ocurran o causen otros problemas en la construcción. Depende de monitorear, medir y controlar el nivel de condición del equipo.

También conocido como mantenimiento preventivo indirecto, mantenimiento basado en condiciones -CBM (mantenimiento basado en condiciones) y mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo analiza minuciosamente el desempeño de cada máquina que funciona en un ambiente real, a diferencia del mantenimiento preventivo directo, que presupone que los equipos e instalaciones exhiben un comportamiento estadístico. Debido a que no existe un método estándar para calcular el beneficio o el valor que proporcionará una propuesta, los resultados son difíciles de medir.

Un sistema informal basado en costos evitados afirma que, por cada unidad de dinero gastada en salarios, se ahorran diez unidades de dinero en gastos de mantenimiento.

Básicamente, el mantenimiento predictivo le permite decidir cuándo realizar el mantenimiento preventivo.

En ocasiones existen indicios evidentes de una catástrofe inminente, los cuales son fáciles de distinguir. En otras situaciones, se puede detectar la falla de un activo mediante el seguimiento de la condición, es decir, la selección, la medición y el seguimiento de ciertos parámetros pertinentes que muestran el funcionamiento adecuado del activo en cuestión.

Cabe señalar que el número de casos no está relacionado con la antigüedad del inmueble. En otras palabras, este método rastrea o sigue el desarrollo de fallas futuras.

Con dispositivos de captura de datos o con la operación manual de herramientas especiales, se pueden incorporar numerosas características en herramientas de control de procesos (automatización).

Actualmente, existen dispositivos de medición muy precisos que pueden medir el ruido y las vibraciones, el espesor del aceite protector o de la chapa mediante dispositivos electrónicos y ultrasónicos, cromatografía de líquidos y gases y otros métodos. (Salvatierra Villatoro, 2004)

### La metodología DMAIC en seis sigma

Una herramienta metodológica Six Sigma que se enfoca en mejorar los procesos existentes. DMAIC es un acrónimo de cinco pasos interconectados. Definición de objetivos del proyecto, medición de procesos, análisis y determinación de temas y desempeño futuro de procesos operativos. Cada paso del método se centra en lograr los mejores resultados para minimizar el riesgo de error, ver Ilustración 2

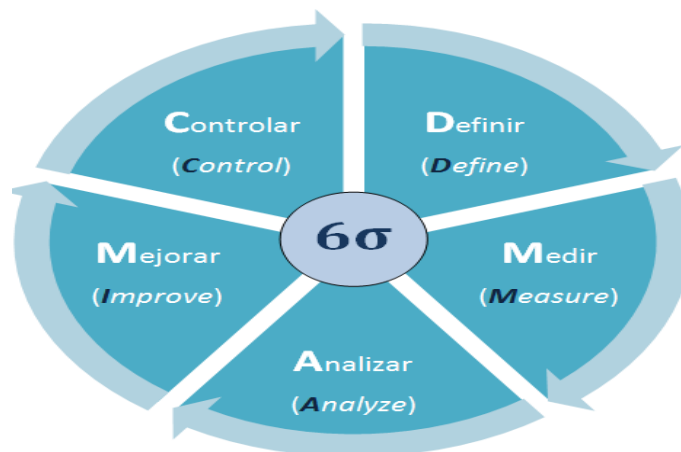


Ilustración 2 Circulo DMAIC

Fuente: Carroll, C. (2013). *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.

- Definir los objetivos del proyecto y los resultados.
- 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.

### **Primer Fase “Definir”**

El método DMAIC es una herramienta muy poderosa para asegurar que los proyectos Six Sigma se aborden correctamente y se logren los resultados esperados. El primer paso de la "Definición" de DMAIC es aclarar el proyecto, realizar un seguimiento de la satisfacción del cliente y comprender y definir las tendencias actuales, puede organizar adecuadamente el proyecto, identificar rápidamente oportunidades de mejora y establecer objetivos. Dependiendo de sus necesidades, el objetivo es la satisfacción del cliente. (Uluskan, 2019).

### **Fase Dos “Medir”**

En esta etapa, se recopilan datos para cuantificar el problema y obtener una imagen precisa del punto de partida. Los objetivos que debe alcanzar el equipo de mejora Six Sigma en la segunda etapa de la metodología DMAIC son (Antony, 2022) :

- Definir los indicadores que evalúan el éxito del proyecto Six Sigma y el cumplimiento de los requisitos críticos definidos por los clientes.
- Crear un plan de recolección de datos.
- Encontrar un punto de partida para un proceso que esté relacionado con un proyecto en marcha y que por tanto mejoremos.

### **Fase Tres: “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, se utilizan herramientas como:

- Diagrama causa y efecto.
- Diagramas de árbol.

- Estratificación de datos.
- Graficas de frecuencia estratificada.
- Regresión y correlación.
- pruebas de hipótesis.
- Diagramas de dispersión.

Una de las lecciones más interesantes del método Seis Sigma es que las causas que parecen ser la raíz del problema, suelen no serlas entonces hay que tener cuidado en la forma en que se analicen las raíces de problema en estudio se puede representar la etapa analizar aplicada a la mejora de un proceso, como un ciclo (Patel, 2022). El ciclo puede ser dirigido a la generación y evaluación de hipótesis y suposiciones acerca de la causa del problema, este ciclo puede componerse de 4 etapas:

1. Analizar los datos/proceso.
2. Desarrollar hipótesis causales (puede ser una o más).
3. Aceptar o rechazar la hipótesis.
4. Confirmar y seleccionar las causas vitales del problema.

#### **Fase cuatro: Mejorar**

Según diversos expertos, Seis Sigma puede implementarse de múltiples maneras, desde un conjunto de herramientas hasta una filosofía de gestión. Enfocándonos en la fase de Mejora desde la perspectiva de Seis Sigma, en relación con los lineamientos de la Norma ISO 9000, esta metodología estructurada para optimizar procesos destaca la importancia de medir, analizar y mejorar, aspectos que la Norma aborda de manera general.

En primer lugar, para comprobar la "conformidad", ya sea del producto o del sistema de gestión de la calidad, y en segundo lugar, para seguir mejorando continuamente la eficacia de dicho sistema de gestión de la calidad. (ISO., 2015)

#### **Fase cinco: Controlar**

Para avanzar a la fase de control, se deben terminar las cuatro fases anteriores. Esta es la definición del problema, como se indicó anteriormente. En segundo lugar, comprender las características de los sistemas de medición, así como los tipos de datos y las técnicas de recopilación, es fundamental. Tercero, al continuar examinando procesos y datos, la metodología permite la creación y la validación de hipótesis sobre las principales causas de los errores. Para producir productos y servicios de alta calidad para la organización, los procesos actuales se rediseñan o reconfiguran en cuarto lugar, la etapa de mejora. (Gutiérrez, 2008).

El propósito del control es asegurar que los procesos sean estables y confiables. Un proceso estable es aquel en el que es fácil predecir y constante el comportamiento de las

variables conocidas como claves a lo largo del tiempo. Un proceso capaz es aquel que posee especificaciones que no requieren mejoras inmediatas. Un proceso puede ser estable pero no capaz; con otras palabras, puede ser predecible pero con desviaciones fuera de lo común. El control debe ser útil para mantener las mejoras y detectar cualquier inclinación hacia volver a prácticas inoficiosas (que no aportan valor). (Yepes, 2005)

### **Materiales y métodos**

Materiales:

En la siguiente lista se pondrán los materiales que se usarán para llevar a buen fin el proyecto.

#### **Aplicaciones y programas**

Microsoft office

Minitab

#### **Maquinaria (equipo)**

Altímetro

Micrómetro

Vernier

Herramienta mecánica (variada)

### **Método**

Utilizaremos una parte de las herramientas estadísticas y de medición de DMAIC para obtener datos para la investigación de nuestro proyecto como parte de la solución a la pregunta del inicio.

## Referencias

- Antony, J. (2022). *Using Six Sigma DMAIC for Lean project management in education: a case study in a German kindergarten*. *Total Quality Management & Business Excellence*. 1489-1509.
- Bolaños Gudiel, E. G. (1990). "Diseño, mantenimiento y reparación de moldes para inyección de plásticos". *Tesis de Ingeniería Mecánica*. Bolaños Gudiel, Erick Garivaldi. "Diseño, mantenimiento y reparación" Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería., San Carlos, Guatemala.
- Cardona Revolorio, J. Á. (1979). 2. Cardona Revolorio "Diseño y evaluación de un programa de mantenimiento preventivo". *Tesis Ingeniería Industrial*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería., San Carlos, Guatemala.
- González Rosal, L. (1977). "Mantenimiento preventivo eléctrico en fábricas". *Tesis Ingeniería Eléctrica*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería., San Carlos, Guatemala.
- Gutiérrez, D. I. (2008). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. Mexico.
- industrias, E. (2010). *Manual de mantenimiento*. Medellín.
- ISO. (2015). (the International Organization for Standardization). Retrieved from <https://www.iso.org/standards.html>
- Johannaber, F. (1994). *Injection Molding Machines*.
- Patel, U. (2022). *The Use of DMAIC to Improve Quality Vaccination Recommendations in Chain Community Pharmacies*. *Perspectives in Health Information Management*.
- privarsa. (2024, julio). Retrieved from [www.privarsa.com.mx](http://www.privarsa.com.mx)
- Rosato, D. (2000). *Injection Molding Handbook*.
- Salvatierra Villatoro, E. R. (2004). "Manual de mantenimiento preventivo de moldes de inyección para la industria productora de envase plástico PET". *Tesis Ing. Mecánica Industrial*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería., San Carlos, Guatemala.
- TKNO. (2024, julio). Retrieved from [www.tkno.mx](http://www.tkno.mx)
- Uluskan, M. (2019). *Design of Experiments Based Six Sigma DMAIC Application*. *Electrostatic Powder Coating Process*. *IEEE Xplore Digital Library*, 11-23.
- Yepes, V. &. (2005). *Aplicación de la metodología seis sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción*. España.