



Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica

Reducción de defectivo del vidrio de consumo.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA®

“Reducción de defectivo del vidrio de consumo”

Propuesta de Proyecto

por:

Atenas Briones Peñaloza 1821563

Lesly Guadalupe Enríquez Gómez 1861783

Yahaira Paloma Reyes Castillo 1866489

Devanie Alejandra Herrera Benavides 1841251

Proyecto IMA 1

Hora: N2 LMV

Supervisado por:

Ing. Isaac Estrada García

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. RESUMEN:	5
3. AGRADECIMIENTOS:.....	6
CAPÍTULO I.....	7
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
5. CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	8
7. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO:	8
7.1. GENERAL	8
7.2. ESPECÍFICOS.....	8
8. HIPÓTESIS:	8
9. JUSTIFICACIÓN:	9
10. MARCO TEÓRICO	9
10.1. VIDRIO	9
10.2. HISTORIA.....	10
11. INDUSTRIA DEL VIDRIO	13
12. TRANSFORMACIÓN DEL VIDRIO	14
13. CARACTERÍSTICAS.....	16
14. CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO.....	17
14.1. TIPOS DE VIDRIO.....	18
14.1.1. COMERCIALES	18
14.1.2. ESPECIALES	19
15. METODOLOGIA TPM	20

16.	CAPÍTULO III IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	22
17.	PROBLEMA	23
18.	ANÁLISIS DE CAUSA-EFECTO DE DEFECTO EN VIDRIO	25
19.	DEFECTOS DE ALTO IMPACTO	27
20.	CICLO MÁQUINA POR SECCIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN	30
20.1.	COMPONENTES:	32
20.2.	COMPONENTES:	35
20.3.	ANEXO	36
21.	MATRIZ DE COMPONENTE - DEFECTO.	36
21.1.	ANEXO	37
22.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
23.	CONCLUSIÓN	40
24.	BIBLIOGRAFÍAS:	41

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el vidrio es utilizado diariamente tanto para uso doméstico, industria automotriz, alumbrado público, entre otros más. Y la mayoría de nosotros asociamos el vidrio con fragilidad, transparencia, ligereza, formas y colores porque son los conceptos más representativos de este material, pero este material tiene muchas más características que las anteriores. El vidrio ha tenido una en el desarrollo de la tecnología y de nuestra concepción de la naturaleza y es por eso por lo que las técnicas se han transformado para conseguir un proceso de producción más acelerado y conforme va cambiando el mundo pues también cambian los procesos.

Este material simplemente lo hemos visto en decoraciones, platos, vasos, en automóviles, focos y muchos objetos más, pero no nos hemos puesto a analizar cómo se realiza el producto ni toda la ingeniería que se lleva a cabo para que ese producto llegue hasta nuestros hogares. Es por eso que en este proyecto se dará una visión más amplia del proceso de fabricación que tiene el vidrio de consumo, analizando un poco más como a pesar de que se tiene una metodología aplicada también surgen errores y defectos que tal vez algunos pueden ser modificables y otros no.

2. RESUMEN:

Durante el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología Six sigma de mejora de la calidad y productividad que han sido implementados con gran éxito, la metodología está compuesta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El vidrio de consumo (vasos, platos, refractarios, etc.) suele ser tedioso, ya que se requiere de un vidrio más delicado, sin defectos que puedan perjudicar al cliente, por ello mismo, consta de un amplio sistema de calidad pasando por distintos filtros. Sin embargo, no es fácil la producción del mismo, este vidrio pasa por distintos procesos, de molde, de cargado, de cortado, de transportación y de templado. Esto ocasiona que el artículo se estelle, se opaque, se cambie de forma, y otros defectos distintos. Al ser un proceso con distintos componentes, estos se desgastan o se sobre lubrican durante las corridas de estos,

ocasionando paros no planeados en la máquina. Es por lo que se requiere de un análisis de paros, identificando el componente que más ocasiona dicho defecto para reducirlo y aumentar la disponibilidad de la maquina y el indicador de calidad de la línea de producción.

3. AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos a las personas que nos ayudaron a que este proyecto se pudiera realizar de la mejor manera, a los ingenieros que laboran en la empresa Crisa Libbey que nos dieron la oportunidad para analizar este problema como así mismo darnos retroalimentación de lo que se estaba haciendo. También queremos agradecer al ingeniero Isaac Estrada por apoyarnos y darnos las herramientas para la creación de los documentos de dicho proyecto y por estar disponible a cualquier duda que se nos presentara.



CAPÍTULO I

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPÍTULO I

6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Reducir los niveles de defectivo en los envases de vidrio que se producen

7. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICO:

7.1. GENERAL

“Reducción del defecto para mejorar la calidad y disponibilidad de la máquina”

7.2. ESPECÍFICOS

- a) Definir el problema y analizar el producto finalizado sin realizar algún cambio.
- b) Buscar las causas posibles que origina todo este problema que está afectando de manera directa y definir una meta cuantitativa para delimitar este problema
- c) Identificar el comportamiento del proceso y cada una de las variables que pueden influir en el resultado, evaluando este comportamiento ya que está relacionado con las causas posibles
- d) Realizar una comparativa con los resultados obtenidos sin realizar algún cambio con el resultado obtenido ya con el cambio en el proceso
- e) Verificar que el cambio realizado sea el correcto en cada producto y logré eliminar el defectivo y proponer diferentes opciones que puedan mantener el objetivo deseado.
- f)

8. HIPÓTESIS:

Analizar el problema y buscar que ocasiona los defectos en la producción del vidrio de mesa con metodologías que sean de apoyo en la búsqueda

9. JUSTIFICACIÓN:

En este proyecto se utilizaron dos metodologías las cuales son: Dmaic y SixSigma en una línea de producción de vidrio en donde se fabrican distintas piezas de vidrio de consumo de mesa. Estas metodologías nos ayudaran a tener un mejor control de los procesos, mejorar la eficiencia y aumentar la calidad en los productos, asimismo primero se plantea el problema y se definen los objetivos establecidos ya que todo esto está afectando en la producción que se está generando cada día.

La aplicación de esto hará que no existan tantos paros de línea y crezca el tiempo productivo de las máquinas involucradas donde cada componente de esta funcione mucho mejor.

10. MARCO TEÓRICO

10.1. VIDRIO

Este material tan común pero tan complejo, ha moldeado nuestro mundo y lo ha hecho diferente en todas sus magnitudes, está presente en nuestra vida desde hace mil años, es tan común que pasa desapercibido, pues lo vemos y usamos a diario.

El vidrio es un material totalmente inorgánico duro, pero a su vez muy frágil. Puede ser transparente, o bien disponer de una gama de tonalidades variadas que dependen de la composición química con la que haya sido fundido, es un material cerámico amorfo. Se encuentra en la naturaleza en raras ocasiones, por lo que el ser humano lo produce por sí mismo desde hace muchísimos años. [1]

El vidrio actualmente en el estado que se conoce como Vidrio Industrial, es producido mediante la fundición en un horno a muy altas temperaturas. Primero se obtiene mediante la mezcla de los componentes físicos y químicos necesarios para el tipo de vidrio que se vaya a fabricar y las propiedades que tendrá, en base a su propósito de uso, esta mezcla es introducida en los hornos, los cuales están hechos de materiales refractarios, y

manteniendo el calor de forma continua. Luego de que la mezcla es calentada, se procesa y envía a su área de trabajo y tratamiento



Fig. 1. Trozos de vidrio

10.2. HISTORIA

El vidrio en su estado natural fue uno de los primeros elementos utilizados por el hombre, antes de que fuera capaz de fabricarlo artificialmente. El hombre primitivo utilizó la obsidiana, de origen volcánico, para la obtención de piezas largas y puntiagudas, como cuchillos, puntas de flecha y lanzas



Fig. 2. Herramientas de corte de obsidiana

Civilizaciones más adelantadas lo disfrutaron en calidad de joyas, espejos y gran cantidad de objetos diferentes que se han ido encontrando por todo el mundo. No se sabe a ciencia

cierta dónde y cuándo comenzó su fabricación artificial, pero podría haberse obtenido accidentalmente por fusión de arena y sosa en un fuego abierto. [2]

La pieza de vidrio más vieja que se conoce es del año 4000 a.C., y consiste en una chaquirita de piedra, cubierta de barniz de vidrio coloreado con algún compuesto de cobre, imitando así a la valiosa turquesa. La idea de falsificar piedras preciosas, que son difíciles de obtener de la naturaleza, ha existido desde entonces. Es como si fuera joyería de fantasía arcaica. A pesar de que la pieza fue encontrada en el territorio del antiguo Egipto, los expertos dicen que el vidrio fue fabricado por primera vez en Mesopotamia.

Así sabemos que al principio los objetos eran esmeradamente esculpidos a partir de bloques sólidos.[2] Los expertos eran los artesanos de Mesopotamia y su saber fue aprovechado en Egipto, donde después empezaron a trabajar con el vidrio fundido. A éste lo vaciaban sobre recipientes que tuvieran alguna forma específica, agregando las capas necesarias para obtener la resistencia deseada. Resulta interesante hacer notar que todas estas piezas antiguas eran decoradas de diversas formas

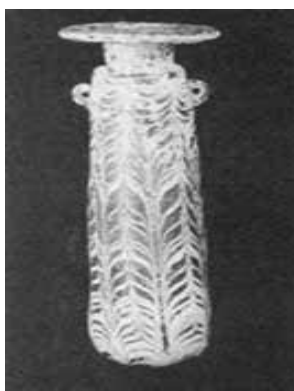


Fig. 3. Pieza antigua decorada (Mediterráneo, siglos IV-III a.C.)

Por el año 200 a.C. aparece un tubo de hierro, conocido como la caña de vidriero, que sirve para soplar el vidrio, y con él nace una técnica que ha permanecido casi intacta durante 2 000 años. Nada será tan importante en la historia del vidrio como este descubrimiento. La caña de vidriero fue utilizada por primera vez en Babilonia y después los romanos la adoptaron. El manejo del vidrio por los romanos fue verdaderamente asombroso.

Formaban hilos de colores, hacían rejillas, las fundían, las cortaban, las juntaban para finalmente volverlas a fundir, obteniendo resultados admirables [2]. También resulta sorprendente la habilidad que llegaron a alcanzar en el uso de óxidos metálicos como colorantes. No se sabe cómo lo descubrieron, pero ellos conocían las diferencias pequeñas en la composición que afectan drásticamente el color final.

En Europa, la habilidad de los artesanos vidrieros decae después del año 200 d.C., resucitando tiempo después en Venecia, a través del contacto con el imperio romano oriental (bizantino). Los venecianos aprenden de los romanos, e incluso los superan con importantes descubrimientos, que guardan como los secretos más apreciados. Su vidrio es un producto precioso que se vende bien y no tarda en enriquecer a la Serenísima. Para proteger sus inventos, todos los artesanos del vidrio fueron trasladados a la isla de Murano en 1291, donde, además de estar incomunicados, les resultaba complicada la emigración. Venecia, desde el Renacimiento hasta el siglo XVIII produce esas maravillas descabelladas, dentadas, caladas, entalladas, de un vidrio tan claro, tan puro, que recuerdan el cristal de roca.

A pesar de que los ingredientes varían de un lugar a otro, la mayoría del vidrio producido en el pasado (como el de hoy) es de sosa y calcio]. Una innovación importante en la historia del vidrio fue la creación de los hornos en los que se fundía la materia prima para que los artesanos hicieran las piezas; esto permitió que muchas personas pudieran dedicarse a esta profesión, y la producción creció de una manera impresionante.[3]

En el siglo XIX surgen dos inventos importantes. Uno es la manufactura mecanizada, que empezó en 1821 cuando se hizo el moldeado dividido. Gracias a esto se podía soplar una botella en dos partes para después unirla. Sesenta años después las botellas se hacían en máquinas semiautomáticas, y hoy en día se utiliza esta misma técnica para elaborarlas. El otro invento sirvió para retomar la idea de hacer ventanas transparentes sin color

11. INDUSTRIA DEL VIDRIO

La industria vidriera es una industria muy heterogénea en cuanto a aplicaciones, procesos y técnicas, que abarcan desde los sistemas más tradicionales hasta la tecnología de última generación. En menor o mayor medida están todos representados en la industria española. Gran cantidad de productos vidrieros forman parte de la vida cotidiana de la población (envases para alimentación y bebidas, vidrio de automóvil y edificios, vajillas y otros productos de menaje, lanas para aislamiento, filamento continuo para refuerzo de otros materiales, vidrio para iluminación etc.

La industria del vidrio en México inicia en Puebla cerca de 1542.[3] Durante tres siglos y medio estuvo concentrada en esa ciudad y fue hasta en 1889 cuando Camilo Ávalos Razo instaló la primera fábrica en La Merced de la Ciudad de México (Salomón, 2003: 667).

En Monterrey, con una industria capaz de satisfacer todas las necesidades de envasado para la naciente industria cervecera, se consolidó en 1909 al iniciar operaciones Vidriera Monterrey, que posteriormente conformaría parte del grupo Vitro.

En Guadalajara, en 1905, se instaló la primera fábrica de vidrio a cargo de Odilón Ávalos originario de Puebla (Flores, 2002)— y, con ella, una larga tradición en la artesanía del vidrio, transmitida desde la época colonial. Esta primera empresa produjo los envases para el famoso tequila que caracteriza a la región. Tal vez por la baja intensidad en el consumo del tequila,³ en comparación con la cerveza, o bien por el interés en el desarrollo de la tecnología para su fabricación en serie (Salomón, 2003), fue en Monterrey donde se consolidó la producción masiva y diversificada.

Recientemente, la producción de vidrio nacional se ha caracterizado por la diversidad de sus productos y por ser un medio muy eficaz para desplegar la creatividad artística en la fabricación de objetos para la decoración [4]; sin embargo, importa aquí describir el comportamiento de la producción del vidrio para uso industrial y consumo en el hogar. La principal línea de producción es la de envases y ampollitas de vidrio, tanto por el valor como por la planta laboral (INEGI, s.f. a).



Fig 4. Fabricación de botellas de vidrio

12. TRANSFORMACIÓN DEL VIDRIO

1. Preparación de materias primas

El vidrio se obtiene a partir de una mezcla de arena de sílice (SiO_2), es el principal componente, carbonato de sodio (Na_2CO_3), así la arena se funde a menor temperatura y caliza (CaCO_3), para que el cristal no se descomponga en el agua y con una adición específica de agua, los componentes previamente pesados, son mezclados totalmente.

2. Fundido.

Estos 3 elementos se funden en un horno a temperaturas muy elevadas, aproximadamente a unos 1.500°C , para evaporar las impurezas y mezclar bien todos los componentes hasta formar una masa viscosa (como miel), que es el vidrio. La fusión comprende una serie de transformaciones física y química.

Propiedades físicas

- Se modifica el estado cristalino.
- Desprendimiento de gases.
- Fusión de cada constituyente.
- Volatilización parcial.

Propiedades Químicas

- Evaporación de agua húmeda
- Deshidratación de cada constituyente
- Disociación de carbonatos, sulfatos y fabricación de colores.
- Asociación de los óxidos liberados (reacción de las distintas especies).

3. Formado del vidrio.

El conformado es una operación que permite moldear los vidrios a alta temperatura, esta operación se puede realizar por diversos procedimientos. Tales como:

- **Por soplado Automático.**

El material vítreo (vidrio fundido) entra en un molde hueco cuya superficie interior tiene la forma que queramos darle al vidrio, mejor dicho, la forma del objeto final. Una vez cerrado el molde, se inyecta aire comprimido en su interior para que el material se adapte a sus paredes. Tras enfriarse, se abre el molde y se extrae el objeto.

- **Por flotación sobre un baño de estaño.**

El material fundido se vierte en un depósito que contiene estaño líquido y flota formando una lámina de vidrio uniforme. La importancia radica en que en este procedimiento se obtiene una lámina pulida en ambas caras.

- **Por Laminado.**

El material fundido se hace pasar por un sistema de rodillos de laminado granados o lisos para dar forma o grosor a la lámina, antes de cortarla. Es prácticamente igual que el método anterior. Esta técnica se usa para fabricar vidrios de seguridad.

4. Recocido.

El vidrio se traslada a un horno de recocido en el que, mediante un tratamiento térmico, se eliminan tensiones internas y son enfriados de manera gradual y uniforme, logrando su

grado definitivo de resistencia. Corte, un diamante corta el cristal según dimensiones específicas.

5. Inspección.

Se realizan unos exhaustivos controles de inspección para garantizar la más alta calidad y los que no cumplen con las especificaciones se vuelven a fundir (reciclado y molienda de scrap).

Reciclado: El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo.

6. Empaquetado.

Se empacan de acuerdo con la característica del diseño del vidrio puede ser por un sistema automatizado o manual lo cual va a depender de la planta.

7. Almacenado y transporte.

Se guarda en las bodegas de almacenamiento y luego se despachan al cliente

13. CARACTERÍSTICAS

- El vidrio está formado en mayor proporción por sustancias vivificantes con 70% aproximadamente de su composición en una menor proporción contiene estabilizantes y fundentes con composiciones de 15% y 10% respectivamente, el porcentaje restante se les atribuye a los insumos los cuales difieren en proporción y tipo dependiendo de su utilización. [5]
- El vidrio es un material inorgánico duro, frágil, amorfo e inoloro.
- Se utiliza una serie de sustancias para darle coloración al vidrio, o para hacerlo incoloro ya que este presenta una la tonalidad verde o pardo.
- Existen diferentes tipos de vidrio dependiendo de su uso como lo son el vidrio sódico-cálcico, vidrio de plomo, vidrio de borosilicato, vidrio de sílice entre otros.

- El vidrio se puede utilizar para la fabricación de diversos objetos como lo son las ventanas, envases para botellas, lentes, entre otros
- El vidrio tiene una densidad de 2500 kg/m³
- Tiene la cualidad de dejar pasar la luz permitiendo observar los objetos a través de este. Los vidrios transparentes son nítidos, y su superficie es muy brillante.
- Es uno de los materiales más fáciles de reciclar por lo que muchas botellas y utensilios pasan a la fundición para ser reutilizados
- Frágil y fácilmente rompible en piezas delgadas o puntiagudas
- Transparente para la visibilidad de la luz

14. CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO

El vidrio se obtiene a partir de una mezcla de arena de sílice, carbonato de sodio y óxido de calcio. Estos 3 elementos se funden en un horno a temperaturas muy elevadas.

El resultado de esta fusión es una pasta vítrea que se somete en caliente a diversas técnicas de conformación, es decir, técnicas para darle forma como lo son:

- **Formación por soplado automático:** el material vítreo (vidrio fundido) entra en un molde hueco cuya superficie interior tiene la forma que queramos darle al vidrio, mejor dicho, la forma del objeto final. Una vez cerrado el molde, se inyecta aire comprimido en su interior para que el material se adapte a sus paredes. Tras enfriarse, se abre el molde y se extrae el objeto. Esta técnica se utiliza para la fabricación de botellas, frascos, vasos, etc.
- **Formación por flotación sobre un baño de estaño:** Este tipo de técnica se utiliza para obtener láminas de vidrio, por ejemplo, para fabricar cristales y lunas. El material fundido se vierte en un depósito que contiene estaño líquido. Al ser el vidrio menos denso que el estaño, se va distribuyendo sobre el estaño (flota) formando una lámina, la cual es empujada por un sistema de rodillos hacia un horno de recocido, donde se enfría. Una vez frío se cortan las láminas. *Formación por laminado: El material fundido se hace pasar por un sistema de rodillos de laminado

granados o lisos. Esta técnica se utiliza para fabricar vidrios de seguridad. Es prácticamente igual que el método anterior, lo que cambia es que donde está el dispositivo de corte, tenemos unos rodillos para dar forma y/o grosor a la lámina, antes de cortarla.

14.1. TIPOS DE VIDRIO

Atendiendo a su volumen de fabricación los vidrios pueden ser clasificados en:

- Comerciales
- Especiales

Los vidrios comerciales son producidos en gran escala, y se usan en la mayoría de las aplicaciones, mientras que los especiales son menos comunes.

14.1.1. COMERCIALES

- **Soda-Cal**

Es el vidrio más utilizado por sus propiedades lo hacen más adecuado para uso con luz visible. Por lo general, está compuesto por entre un 71 y un 75 por ciento de arena (SiO_2), entre un 12 y un 16 por ciento de bicarbonato sódico (Na_2CO_3) y entre un 10 y un 15 por ciento de cal (CaO). Estos vidrios son virtualmente inertes y son poco resistentes al choque térmico. El vidrio de soda y cal se utiliza en botellas de refrescos, frascos de alimentos, vasos y vidrios planos.

- **Plomo**

La cantidad de óxido de plomo contenido varía entre un 18 y un 35 por ciento. Tienen un alto índice de refracción y una superficie relativamente blanda. Esta clase de vidrio tiene propiedades ópticas que lo hacen útil sobre todo para fines decorativos abstractos o usados en dispositivos de iluminación.

- **Borosilicato**

El vidrio borosilicato está compuesto por entre un 70 y un 80 por ciento de su peso de arena. Del 7 al 13 por ciento corresponde a trióxido de boro, del 4 al 8 por ciento, al óxido sódico y al óxido potásico, y del 2 al 7 por ciento, al óxido de aluminio. Posee una mayor resistencia química y una elevada resistencia al calor y a los cambios de temperatura. El vidrio borosilicato se utiliza en componentes de plantas de producción de la industria química, en laboratorios, en la industria farmacéutica, como vidrio para lámparas o en moldes de horno.

14.1.2. ESPECIALES

- **Sílice Vitreo**

Son hechos exclusivamente de óxido de silicio de fórmula química SiO_2 . La más conocida es el cuarzo, para esta son necesarias temperaturas de fusión de 1500°C .

- **Aluminosilicatos**

Es un tipo menos conocido de vidrio que se utiliza como indicador de nivel debido a su alta temperatura de uso y a sus buenas propiedades de resistencia al choque térmico. Contiene un 20% de óxido de aluminio, junto con óxido de calcio magnesio y boro. El vidrio aluminosilicatos es menos resistente químicamente y a menudo se utiliza con una protección de mica en el lado medidor del vidrio en determinadas condiciones de uso.

Se puede suministrar en forma de lámina y tubo

Vidrios de sílice álcali – bario Contiene una cantidad mínima de óxidos de plomo, bario o estroncio. Se utilizan para tubos de termómetros, piezas de lámparas eléctricas y tubos de anuncios de neón. Tienen gran densidad y se utilizan para proteger de la radiación de alta energía y para ventanas de radiación, absorben los rayos X.

- **Borato**

Contienen pequeñas cantidades o nada de sílice. Son usados para soldar vidrios, metales o cerámicas, a relativamente, bajas temperaturas.

- **Fosfato**

Consisten principalmente en mezclas de pentóxido de vanadio (V₂O₅) y pentóxido de fósforo (P₂O₅).

15. METODOLOGIA TPM

La metodología Seis Sigma ha sido ampliamente utilizada para reducir variabilidad e incrementar calidad y productividad de las empresas que la aplican. La misma se ha considerado por diferentes autores como filosofía, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos con el objetivo de satisfacer al cliente y, por ende, elevar las utilidades de una organización. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción de los clientes (Grima et al., 2014, cómo cito Garza, et al 2016)

Seis Sigma, que utiliza en su nomenclatura la conocida letra griega (σ) vinculada con la estadística, representa la variabilidad o dispersión de un conjunto de valores. La metodología Seis Sigma permite identificar la capacidad de los procesos para reducir los defectos por millón de los mismos. Para usar esta herramienta se emplea, entre otras metodologías, la metodología DMAIC de mejora de proceso (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Dicha metodología es un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación (McCarty et al., 2004; cómo cito Garza, et al 2016)

En la actualidad existen diversas metodologías de mejoras entre las que se encuentra Seis Sigma que propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrollar acciones o proyectos que permitan elevar la satisfacción de este, utilizando para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basada en datos (Gutiérrez y de la Vara, 2008 cómo cito Garza, et al 2016), convirtiéndose así en una plataforma que permite mejorar la competitividad de las organizaciones (Porter, 2002 cómo cito Garza, et al 2016).

Para ello, propone desarrollar 5 etapas (DMAIC):

- Definir.

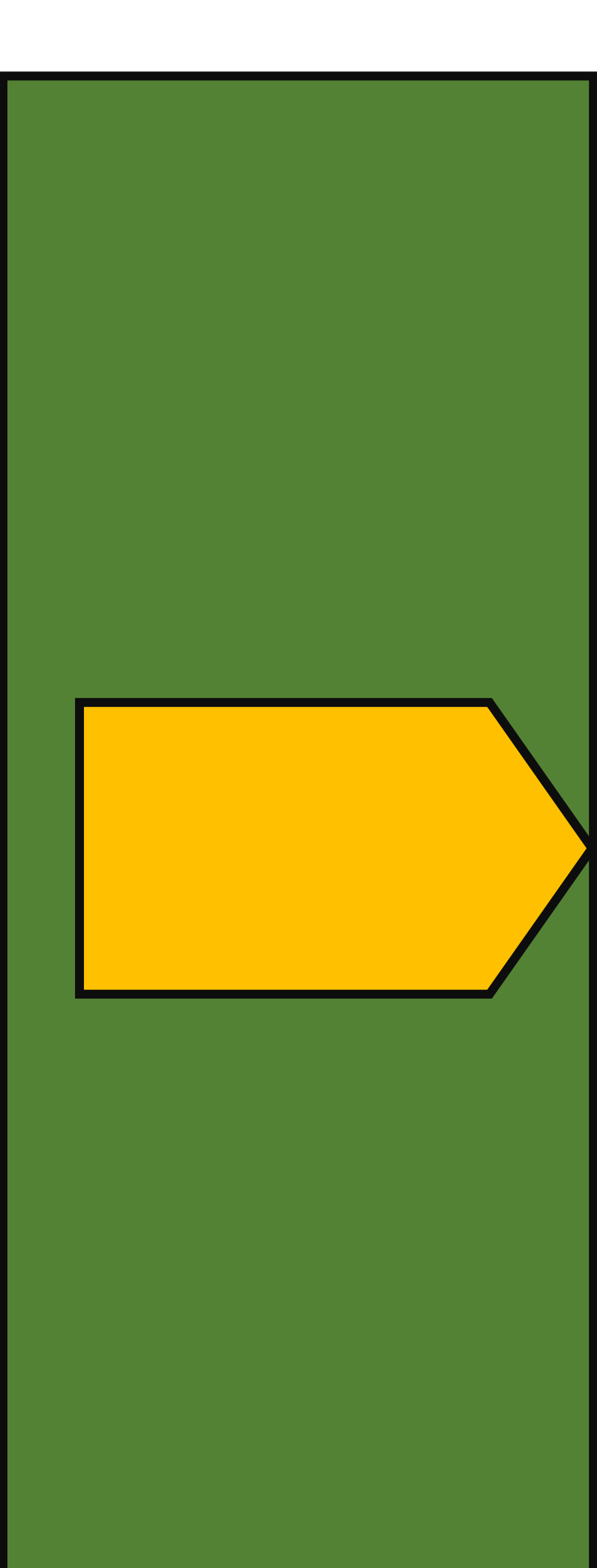
- Medir. 22
- Analizar.
- Mejorar (Improbé en inglés).
- Controlar.

En la Tabla 1 se muestra cada una de estas fases, sus objetivos y herramientas más utilizadas. Etapas Objetivos Herramientas Definir Identificar aspectos claves de la organización, definir clientes, sus requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir identificar posibles proyectos de mejora. Diagrama Pareto, diagrama de flujo de proceso, histograma, oz del cliente, lluvia de ideas, árbol crítico de la calidad, entre otras. Medir Identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso objeto de estudio. 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.

Diagrama de causa efecto, matriz de relación, correlación y regresión, análisis de varianza, muestreo. Mejorar Generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes. Técnicas analíticas, pruebas piloto Controlar Establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado. Planes de control, gráficos de control, capacidad de proceso. Tabla 1: Etapas, objetivos y herramientas de la metodología Seis Sigma. Fuente: Elaboración propia. Ocampo y Pavón (2012), cómo cito Garza, et al 2016.

propone una metodología que integra el DMAIC con la simulación discreta (DMAIC SIM) y donde utiliza la simulación como herramienta en las fases de Analizar y Mejorar; mientras que Chacón y García (2007), Kendrick y Saaty (2007) y Bertels y Patterson (2003), cómo cito Garza, et al 2016, introducen el uso del AHP (proceso analítico jerárquico) en la fase de Mejora para la selección del proyecto o de los proyectos Seis Sigma que presenten mayor grado de alienación con el objetivo de la organización, considerado un conjunto de criterios

impacto ambiental, impacto financiero (costos e
del cliente), entre otros .



CAPÍTULO II

15. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO II

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

17. PROBLEMA

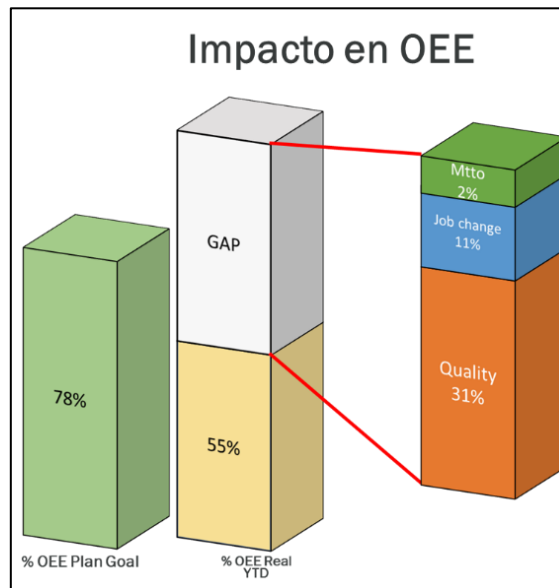
En la línea de producción de vidrio soplado, se identificaron una acumulación en tiempo de paros no planeados en el año 2021 por sección (maquina, alimentador, sacadores, cortadora, etc).

Grafica 1. Acumulado paro no planeado

Se identifica mediante un gráfico (Gráfica 1), la sección con más paros no planeados de esta línea de producción de vidrio soplado. Siendo así, la maquina es la sección que más paros ha tenido en el año con más de 4000 minutos de paro.

En la siguiente grafica (Gráfica 2)) se identifica de manera general el impacto de esta línea 25 en toda la planta de producción; con un 38% en calidad, un 11% en cambio de articulo y un 2% de mantenimiento general.

Gráfica 2. Impacto OEE



Se conoce que mi 31% de defecto en calidad se debe a la cantidad de paros no planeados. Si se enfoca en reducir los paros no planeados (2%) reducimos nuestro 31% de defectos de calidad. Es importante ya que se tiene una meta específica de piezas empacadas y se aumentará la disponibilidad del equipo para mejorar la eficiencia general de la planta.

Mediante ciclos maquinas (anexo página _), se identifican los mecanismos por sección – componentes – subcomponentes. Identificando el problema que causa en la producción. Identificamos una relación entre componente – defecto.

Estos artículos pasan por un proceso largo, con diferentes secciones, provoca que el artículo choque, se estrelle, se raye con distintos componentes si no existe una adecuada sincronización en estas secciones y componentes por donde pasa el artículo.

18. ANÁLISIS DE CAUSA-EFECTO DE DEFECTO EN VIDRIO

El defecto del vidrio depende y existe variación entre sí, esto es por el proceso tan complejo por el que pasa. Cuando se habla de vidrio, se habla de transformación, cuando es de mesa, es importante cuidar estos defectos mínimos porque son los que se “consumen”.

Realizando en base experiencia con un equipo multidisciplinario en el vidrio, se realiza un Gemba analizando nuestro punto más alto en paros (sección maquina) y se identifica cada componente con su respectivo problema, pegándole a un listado de necesidades que tiene la máquina. (Tabla 1)

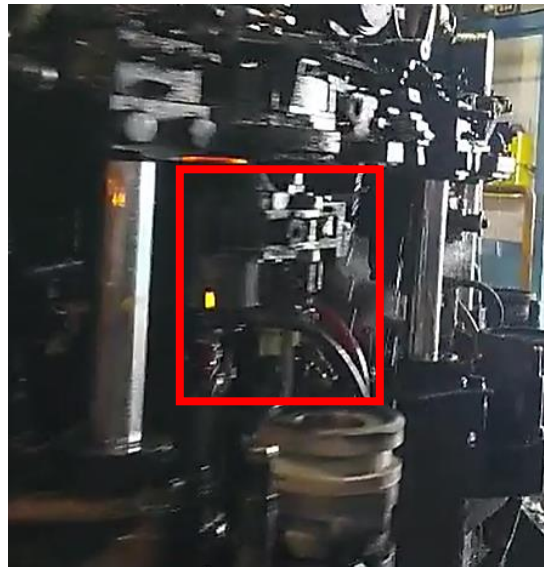
Tabla 1.

CICLO MÁQUINA	COMPONENTE	PROBLEMAS QUE CAUSA
Secciones de máquina	Tomas de aire para molde caliente y pedrada y subida del fondo	Cuando es molde caliente se trabaja sin enfriamiento en la parte interior
Secciones de máquina	Bisagra	No se usaba el candado, la bisagra actual tiene un candado la moldura se tuvo que ir modificando, haciéndole barrenos, se corre molde exterior y pegaba en paleta o sacador
Secciones de máquina	Cilindro porta fondo	Se usaba un brazo el elevador de fondo y ahorita el cilindro el push up tipo LEA, actualmente golpea con bombillos posterior, al momento de bajar el bombillo pega en el cilindro, mueit de cilindro elevador de fondo tiene mucho juego y el bombillo le pega. Riesgo de daño de soporte de cilindro y deja secciones inactivas. Pega en brazos de secador,

		provoca que se corra sacador.
Secciones de máquina	Bracket de soporte de cilindro	Se daña por los golpes
Secciones de máquina	Candado de molde	Los candados se aflojan o caen provocando desajuste en moldura
Secciones de máquina	Perno guía	Con la modificación de la bisagra eliminaron ese perno guía
Secciones de máquina	Mangueras de cilindro de fondo	Se desgastan muy seguido, 2 diarias
Secciones de máquina	Conectores rápidos	Se golpean
Secciones de máquina	Regaderas	Se tapan, se hace mantenimiento preventivo de limpieza mensual, se debe pensar en unas "boquillas" que mojen toda la cavidad del molde, actualmente se tiene una "genérica"
Secciones de máquina	Brazo trasero	Pierde posición sistema de cabeza de soplo



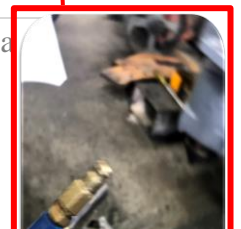
Bombillo colisiona con cilindro elevador



Bisagra con candado provoca que se corra molde y pegue con



Conectores rápidos se golpean



De esta manera, se puede observar de ejemplo, estos diferentes problemas que se identifican en la maquina causados por sus componentes, el choque de estos diferentes componentes y subcomponentes causan paros en la línea, bajando producción y eficiencia. El “acorrentamiento” después del paro, conlleva un delta de tiempo para que vuelva a producir de la misma manera, aumentando el defecto en los artículos y realizando reajustes.

19. DEFECTOS DE ALTO IMPACTO

En la sección maquina se identificó el componente, problemas que causa y los defectos que genera. Estos defectos se identifican en la misma área de soplado y en área fría de selección después registrándolos en una base de datos hora por hora.

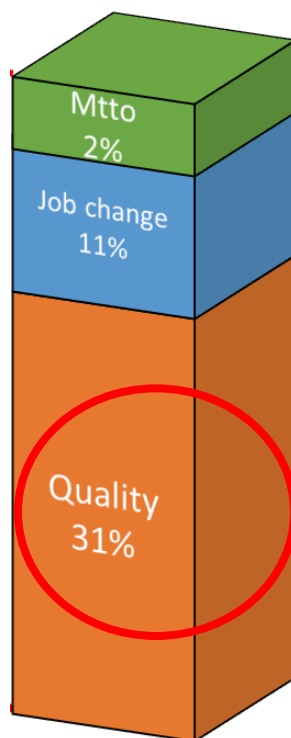
Tabla 2.

CICLO MAQUINA	COMPONENTE	PROBLEMAS QUE CAUSA	DEFECTO
Secciones de máquina	Tomas de aire para molde caliente y pedrada y subida	Cuando es molde caliente se trabaja sin enfriamiento en	Mordido, Estrellado, Fondo inclinado

	del fondo	la parte interior	
Secciones de máquina	Bisagra	No se usaba el candado, la bisagra actual tiene un candado la moldura se tuvo que ir modificando, haciéndole barrenos, se corre molde exterior y pegaba en paleta o sacador	Paros de linea, dedos doblados del sacador
Secciones de máquina	Cilindro porta fondo	Se usaba un brazo elevador de fondo y ahorita el cilindro el push up tipo LEA, actualmente golpea con bombillos posterior, al moemtno de bajar el bombillo pega en el cilindro, seguido se dañan las mangueras y ya no sube el cilindro, mulet de cilindro elevador de fondo tiene mucho juego y el bombillo le pega. Riesgo de daño de soporte de cilindro y deja secciones inactivas. Pega en brazos de sacador, provoca que se correa sacador	Fondo deforme, fondo sentado, abomado
Secciones de máquina	Bracket de soporte de cilindro	Se daña por los golpes	Paro de sección
Secciones de	Candado de molde	Los dancados se	Raya de molde

máquina		aflojan o caen provocando desajuste en moldura	Estrellado Hundimiento mal formado
Secciones de máquina	Perno guía	Con la modificación de la bisagra eliminaron este perno guía	N/A
Secciones de máquina	Mangueras de cilindro de fondo	Se desgastan muy seguido, 2 diarias	Paro de sección
Secciones de máquina	Conectores rapidos	Se golpean	Fondo deforme Fondo sentado Abomado
Secciones de máquina	Regaderas	Se tapan, se hace mantenimiento preventivo de limpieza mensual, se debe pensar en unas "boquillas" que mojen toda la cavidad del molde, actualmente se une una "genérica"	Raya de molde Estrellado Hundimiento mal formado Espiga torcida Estrellado de la base Desanillado Marca de pasta Torcido al tacto Ovalado
Secciones de máquina	Brazo trasero	Pierde posición sistema de cabeza de soplo	Mal soplado Ovalado Torcido al tacto

Gráfica 3.



Evaluar % de afectación en Calidad

Estos defectos identificados por componente me corresponden a un 31% de mi defecto en calidad.

20. CICLO MÁQUINA POR SECCIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Como se muestra en la figura, se identifica la sección (máquina), se identifican los mecanismos que integran a la máquina (1, 2, 3..., 10). Donde de ahí se componen de componentes tales como reguladores, pernos, resortes, coplas, baleros, engranes, etc).



Utilidad: Transformación de la vela en artículo

Principio de funcionamiento: La vela cae en la máquina a través del sistema de entrega al bombillo donde juntos con la corona y el pisto forman el paristo o preforma.

Riesgos de seguridad: Golpes, aplastamientos, quemaduras por explosión a altas temperaturas, amputación de extremidades, radiación, riesgo de atrapamiento, choque/descarga eléctrica, conato de incendio.

Energías: eléctrica, térmica, mecánica, neumática, potencia, hidráulica.

Sección 1



Distribuidor central

Función:

Sección 2



Sistema de válvulas de estrella

Función:

Sección 3



Mecanismos de freno

Función:

Recibe agua, aire y aceite
cuando

Proporciona aire

Paro de máquina

y los distribuye hacia la parte
giratoria de la máquina a través
de tuberías y mangueras.

para dar señal y
activar mecanismos.

algún sistema de
seguridad es accionado.

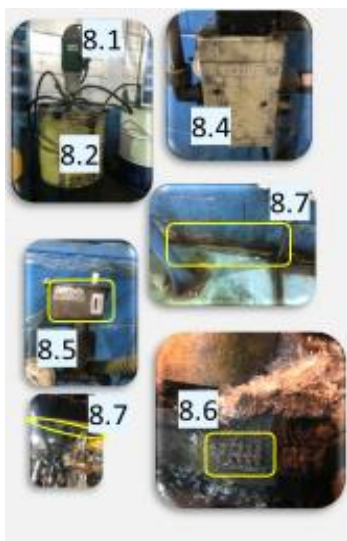
20.1. COMPONENTES:

1.1	Tazón de aire
1.2	Tazón de agua
1.3	Tazón de aceite
1.4	Tazón de porta balero
1.5	Manguera superior de aire
1.6	Manguera superior de agua
1.7	Manguera superior de aceite
1.8	Empaques de tazones
1.9	Balero inferior
1.10	Balero superior
1.11	Válvula para enfriamiento de pistón
1.12	Válvula para enfriamiento de bombillo.
1.13	Regulador principal de prensa
1.14	Regulador de mando
1.15	Regulador de soplo primario
1.16	tubería alimentación de aceite.

2.1	Base porta estrella
-----	---------------------

2.2	Estrella
2.3	Resorte y Posta
2.4	Mangueras de salida de aire
2.5	Válvula Festo
2.6	Regulador de pedradas
2.7	Perno operador de Estrella
2.8	Placa media luna

3.1	Electroválvula
3.2	Tubería de aire
3.3	Elemento arfiles
3.4	Tubería de lubricación
3.5	Balero superior
3.6	Balero inferior
3.7	Engrane
3.8	Guarda
3.9	Regulador de presión



Sección 10



Sistema de lubricación

automática.

Función:

Proporciona aceite a partes de enfriar la máquina que se encuentran en constante fricción o rozamiento para evitar desgaste.



Manifold de enfriamiento

aire comprimido.

Función:

Proporcionan aire comprimido mezclado con agua para enfriamiento de moldes.



Sección 8

Sección 9



Carbón Shot

Función:

Lubricar bombillo

20.2. COMPONENTES:

8.1	Bomba Lincoln
8.2	Depósito de aceite
8.3	Suministro de aire comprimido
8.4	Electroválvula para operación de bomba.
8.5	Switch de presión
8.6	Inyectores de lubricación
8.7	Tubería de lubricación.

9.1	Manifol
9.2	Manguera para aire
9.3	Manguera para agua
9.4	Válvula mariposa para aire
9.5	Válvula mariposa para agua
9.6	Válvula de paso
9.7	Tubo de cobre para enfriamiento de bombillo.

10.1	Regulador de oxígeno
10.2	Regulador de gas
10.3	Regulador de acetileno
10.4	Flujómetro de gas
10.5	Flujómetro de oxígeno
10.6	Manómetro de acetileno
10.7	Manómetro de gas
10.8	manómetro de oxígeno
10.9	Válvula shut off de gas
10.10	Válvula shut off de oxígeno
10.11	Válvula solenoide
10.12	Paquete de carbón shot
10.13	Manguera metálica de gas
10.14	Manguera metálica de aire
10.15	Manguera metálica de oxígeno
10.16	Quemador piloto extremo
10.17	Mezclador gas-oxígeno

20.3. ANEXO

21. MATRIZ DE COMPONENTE - DEFECTO.

En el siguiente ejemplo (ejemplo __) se realizó una matriz de máquina, para la relación de componente, frecuencia, impacto, etc. Con los componentes de desgaste de este sistema.

MACHINE MATRIX					
Machine/Station/Operación	Sistemas de válvulas de estrella				
Componente	Base Porta Estrella	Estrella	Resorte y Posta	Mangueras de salida de aire	Regulador de pedradas
Parámetro	NA	NA	NA	NA	NA
Instrumento de medición	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual
Especificación	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de inspección	6 meses, visual, detección de fugas, juegos en vástagos de la estrella	6 meses, visual, detección de fugas, juegos en vástagos de la estrella	6 meses, visual, detección de fugas, juegos en vástagos de la estrella	6 meses, visual, detección de fugas, juegos en vástagos de la estrella	6 meses, visual, detección de fugas, juegos en vástagos de la estrella
Frecuencia de ajuste	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de cambio	1 año	1 año	1 año	1 año	1 año
Impacto: (H: High M:Medium L:Low)	L	L	L	L	L
Comentarios	Falla poco frecuente, se tienen 5 de refacción.	Falla poco frecuente, se tienen 5 de refacción.	Falla poco frecuente, se tienen 5 de refacción.	Falla poco frecuente, se tienen 5 de refacción.	Falla poco frecuente, se tienen 5 de refacción.

A partir de esta matriz, nos basamos para realizar las demás matrices de las secciones seleccionadas de la máquina. Para la identificación de datos de igual manera, se realiza un gembu con equipo multidisciplinario en base a su experiencia creando un listado de necesidades de la máquina, identificamos secciones junto con parámetros para tener un registro de cada componente con una frecuencia de inspección para el control del funcionamiento de este.

21.1. ANEXO

MACHINE MATRIX												
Machine/Station /Operation	Cilindro de prensa											
Componente	Flecha	Anillos metálicos	Bushing	Sello barredor	Resortes de canasta	Resorte de prensa	Columpio de prensa	Zapatillas de columpio	Pernos de columpio	Carrete de válvula de prensa	Brazo trasero	Rodillo de brazo trasero
Parámetro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Instrumento de medición	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Visual	Visual	Visual	NA	NA	NA
Especificación	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de inspección	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3 meses	3 meses	3 meses	NA	NA	NA
Frecuencia de ajuste	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de cambio	3 años	3 años	3 años	3 años	3 años	3 años	1.5 años	1.5 años	1.5 años	3 años	3 años	3 años
Responsable	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos
Impacto: (H: High M:Medium L:Low)	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

MACHINE MATRIX

Machine/Station/Operation	Cilindro de prensa											
Componente	Flecha	Anillos metálicos	Bushing	Sello barredor	Resortes de canasta	Resorte de prensa	Columpio de prensa	Zapatillas de columpio	Pernos de columpio	Carrete de válvula de prensa	Brazo trasero	Rodillo de brazo trasero
Parámetro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Instrumento de medición	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Visual	Visual	Visual	NA	NA	NA
Especificación	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de inspección	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3 meses	3 meses	3 meses	NA	NA	NA
Frecuencia de ajuste	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Frecuencia de cambio	3 años	3 años	3 años	3 años	3 años	3 años	1.5 años	1.5 años	1.5 años	3 años	3 años	3 años
Responsable	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos	Roberto Leos
Impacto: (H: High M:Medium L:Low)	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
Comments	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Que esté en buen estado y no tenga juego.	Que esté en buen estado y no tenga juego.	Que esté en buen estado y no tenga juego.	NA	NA	NA

22. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las maquinas de vidrio pueden considerarse complejas dado a su proceso largo e involucrando la transformación de materia prima y brindándole propiedades de temperado al vidrio, además de un tipo de acabo para que este salga limpio y sin ningún tipo de defectos. Lo que lo vuelve tedioso, son las maquinas que constan de demasiados componentes, únicos, que puede que no se consigan tan fácilmente como lo hemos estado trabajando en este proyecto.

De acuerdo con los resultados obtenidos, tuvimos un mayor incremento en disponibilidad de la maquina gracias a los mantenimientos preventivos e inspecciones y frecuencias asignadas a los distintos mecanismos. Es por lo que los paros no planeados se redujeron a un 3.2% en comparación con los últimos meses. El defectivo ocasionado por estos paros en esta misma sección también se redujo a un 10.9%, un porcentaje considerable dado a que comenzando el proyecto teníamos 31% de defectivo, ya que le tumbamos a un tercio pegándole solo a la sección de máquina. Consideramos que usando la misma metodología para las otras secciones y los otros componentes, estos le pegarían a mas de mi 31% de defecto.

23. CONCLUSIÓN

El vidrio ha tenido una trascendental participación en el desarrollo de la tecnología y de nuestra concepción de la naturaleza. El principio de fabricación del vidrio ha permanecido invariable desde sus comienzos, pues las principales materias primas y las temperaturas de fusión no han sido modificadas. Sin embargo, las técnicas se han transformado para conseguir un proceso de producción más acelerado, y los investigadores han elaborado diferentes compuestos para combinarlos con el material bruto y así variar las propiedades físicas y químicas, de manera que sea posible disponer de una amplia gama de vidrios para diversas aplicaciones.

24. BIBLIOGRAFÍAS:

[1] Gonzalez, R. (2020, 27 octubre). Vidrio: ¿Qué es? Tipos, Propiedades, Características y Usos. Ecologia Hoy. <https://www.ecologiahoy.com/vidrio>

[2] López, T., & Martínez, A. (2003). *El mundo mágico del vidrio* (No. Sirsi) i9789681669195). FCE-Fondo de Cultura Económica.

[3] Gonzalez, R. (2020, 27 octubre). Vidrio: ¿Qué es? Tipos, Propiedades, Características y Usos. Ecologia Hoy. <https://www.ecologiahoy.com/vidrio>

[4]Borsella, G. A. (2009). Defectos frecuentes del vidrio: Definición, clasificación y caracterización. Ceram. Crist, 6-7.

Drahotová, O., El arte del vidrio en Europa, Libsa, Madrid, 1990

[5] Pérez Wilson Mario, “SEIS SIGMA”, Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios. Portugal: Qualitymark Editora, 2000.

[6] Garza Ríos, R. C., González Sánchez, C. N., Rodríguez González, E. L., & Hernández Asco, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 19-35.