



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura

Y Estrategias de Calidad.

REDUCCIÓN DE SCRAP EN BMM 9

Trabajo Final para obtener el Grado de Maestro
en Sistemas Integrados de manufactura y estrategias de Calidad.

Presenta

Ing. Adanpool Castillo Cortes

Director

Dr. Hertwin Minor Popocatl



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

Se aprueba la Tesis:

REDUCCIÓN DE SCRAP EN BMM 9

Comité de Revisión.

Dr. Hertwin Minor Popocatl

Asesor

Mtra. Irma Araceli Zúñiga Martínez

Sinodal

Dr. Alex Toledo Vázquez

Sinodal

Puebla, México.

Noviembre, 2017

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	9
1. CAPITULO I.....	11
1.1. Generalidades y situación actual de la empresa.....	11
1.2. Objetivo general:	12
1.3. Objetivos específicos	12
1.4. Justificación.....	12
1.5. Alcances.....	13
1.6. Delimitaciones.....	13
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	14
2.1. Ciclo PDCA.	14
2.2. El fundamento de DMAIC-seis sigma.....	15
2.3. El método seis sigma.	15
2.4. Las herramientas Six sigma.	16
2.5. Implementación de DMAIC Six Sigma en la industria.	17
3. Capitulo III. Metodología.....	18
3.1 Define (Definir).	18
3.1.1 situación actual y objetivos.	18
3.1.2 Creación del equipo de trabajo.....	18
3.1.3 Identificar los requerimientos de los clientes.	18
3.2 Measure (Medir).....	21
3.2.1 VSM.....	21
3.2.2 Diagrama Causa-efecto.....	23
3.2.3 Los 7 desperdicios.....	25
3.2.4 Grafica U.	27
3.2.5 Plan de recolección de datos.....	28
3.2.6 Indicadores.....	29
3.3 ANALYZE (Analizar).....	30

3.3.1	Diagrama de Pareto.....	30
3.3.2	Los 5 porqués.....	32
3.3.3	Plan PDCA.	34
3.4	<i>Improve (Mejorar)</i>	36
3.4.1	Mejora 1. No actualizaciones en modo automático.	36
3.4.2	Mejora 2. Intercambiar deslizadores.....	37
3.4.3	Mejora 3. Implementación de nueva tecnología BSD III.	37
3.4.4	Mejora 4. Reubicación de las cortinas de luz.	39
3.4.5	Mejora 5. Cilindros CF de interrupción de operaciones.	39
3.4.6	Programación de CF 1.....	41
3.4.7	Reubicación de fibras ópticas.....	41
3.4.8	Reubicación y cambio de parámetros del marcado laser.	43
3.4.9	Mejora 9. Retiro de la impresora de papel BMM9.....	45
3.4.10	Mejora 10. Instalación de sensor de temperatura.	46
3.4.11	Mejora 11. Limpieza al robot.....	47
3.4.12	Mejora 12. Instalación de puertas.	47
3.5	Control.....	49
3.5.1	Mantenimiento preventivo.....	49
3.5.2	Mantenimiento a cilindros.	49
3.5.3	Mantenimiento al marcador laser.....	50
3.5.4	Mantenimiento del Robot.....	51
3.5.5	Mantenimiento de la fibra óptica.....	51
3.5.6	Registro de temperatura.	52
3.5.7	Lista de solución de problemas.	53
3.5.8	Sistema Biométrico.....	54
4.	Conclusiones.	55
	Anexo I. PCR.....	57
	Anexo II. Controles de calidad después de mejoras en BMM 9.	58
	Anexo III. Cierre y Arranque del proyecto.	59
	Anexo III. Falla de marcado láser.....	60
	Anexo IV. Fallas IBS.	61

Anexo V. Fallas en coolings.	62
Anexo VI. Tanques contaminados.....	63
Anexo VII. Diagramas de Pareto, antes y después de las mejoras.....	64
Anexo VIII. Checklist para registrar las temperaturas.	65
Anexo IX. Soporte visual para registrar las temperaturas.	66
Apéndice A.....	67
Referencias bibliográficas.	68
Carta de la empresa.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de Figura	Pag.
Figura 1. Descripción de grupo Textron.	11
Figura 2. Presencia de Kautex a nivel mundial.	12
Figura 3. Esquema del método científico de la metodología DMAIC Lean 6 Sigma	14
Figura 4. Proceso de identificación de las necesidades de los clientes.	19
Figura 5. Diagrama SIPOC.	19
Figura 6. Entradas y salidas del proceso.	20
Figura 7. Mapa de proceso.	20
Figura 8. Mapa de la situación actual.	22
Figura 9. Diagrama causa-efecto.	23
Figura 10. Matriz causa-efecto.	24
Figura 11. Grafica U.	27
Figura 12. Diagrama de Pareto.	30
Figura 13. Análisis de los 5 porqués.	33
Figura 14. Plan PDCA.	36
Figura 15. Sistema operativo de BMM9	36
Figura 16. Presentación del antes y después del cambio de deslizadores.	37
Figura 17. Antes de la implementación de la tecnología WTC BSD III.	38
Figura 18. Después de la implementación de la tecnología WTC BSD III.	38
Figura 19.ubicacion de las cortinas de luz, antes y después.	39
Figura 20. Antes de las mejoras.	40
Figura 21. Después de las mejoras.	40
Figura 22. Programación de CF1.	41
Figura 23. Fibra óptica mal colocada en la pinza.	42
Figura 24. Fibra óptica correctamente colocada en el centro de la pinza.	42
Figura 25. Ajustes en los parámetros del marcado laser.	43
Figura 26. Cambio de área de etiquetado.	44
Figura 27. Cambio de filtros del marcador laser.	44
Figura 28. Impresora de papel BMM9.	45
Figura 29. Cambios al retirar la impresora de papel BMM9.	45
Figura 30. Instalación del sensor de temperatura.	46
Figura 31. Limpieza al robot.	47
Figura 32. Instalación de las puertas de aluminio.	48
Figura 33. Orden de trabajo para el sistema Parker de Gripper	49
Figura 34. Orden de trabajo para el mantenimiento preventivo a las unidades de cilindro.	49
Figura 35. Solicitud del nuevo material.	50
Figura 36. Orden de trabajo de mantenimiento del marcador laser.	50
Figura 37. Orden de trabajo para el mantenimiento del robot.	51
Figura 38. Orden de trabajo para el mantenimiento de la fibra óptica.	51
Figura 39. Grafica de medias y rangos de las temperaturas.	52

Figura 40. Análisis de capacidad del proceso.	52
Figura 41. Lista con soluciones para problemas.	53
Figura 42. Sistema Biométrico.	54

ÍNDICE DE TABLAS

No. de Tabla.	Pagina
Tabla 1. Análisis de los 7 tipos de desperdicios.	25
Tabla 2. Plan de recolección de datos.	28
Tabla3. Lista de indicadores.	29
Tabla 4. Matriz de correlación.	31
Tabla 5. Matriz de correlación, costos asignados a los problemas.	31
Tabla 6. Tabla de problemas y causas raíz.	32
Tabla 7. Descripción de problemas y soluciones en lo cilindros.	39
Tabla 8. Ajuste de parámetros.	43
Tabla 9. Resultado final (enero a abril).	55
Tabla 10. Resultado final (agosto-octubre).	55
Tabla 11. Comparación final: real vs estimada	56

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una empresa del sector privado en una línea de producción de tanques de combustible para autos, la cual representaba un alto índice de desperdicios (tanques que no cumplían con especificaciones) específicamente en una máquina sopladora de tanques, la cual presenta el costo más alto en términos de procesamiento y materia prima. El objetivo del presente es la reducción de tanques scrap para de esta manera eliminar tiempos muertos, uso inadecuado de materia prima, espacios almacenaje de desperdicios lo cual indirectamente representará un ahorro económico anualizado sobre la planeación del uso de recursos en las operaciones de la empresa.

En el presente se aplicarán herramientas Six Sigma como las 7 herramientas básicas de la calidad, mediante la metodología DMAIC para solucionar el problema descrito y se mostrarán los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

SIX SIGMA es una herramienta de calidad que se utiliza en muchas organizaciones, donde el principal objetivo es luchar por la perfección. En otras palabras, Seis Sigma es una herramienta basada en datos, con un enfoque de disciplina metodológica siguiendo la eliminación de los defectos en cualquier proceso la cual puede ser utilizada en la industria de productos de fabricación o de servicios. El objetivo de la metodología Seis Sigma es lograr y mantener el estándar de seis desviaciones entre una media y su límite de especificación más cercano. En términos de representatividad estadística, se puede decir que Seis Sigma describe cuantitativamente cómo un proceso se está realizando. Para la metodología 6 sigma dentro de la industria automotriz un proceso no debe producir más de 3,4 defectos por millón, por lo tanto, cualquier cosa fuera de las especificaciones del cliente se llama defecto Six Sigma.

La implementación de una estrategia basada en la medición que se enfoque en la mejora y reducción de la variación de los procesos, objetivo fundamental de la metodología. Esto se puede lograr mediante el uso sistemático de dos sub-metodologías de Six sigma las cuales son DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) y DMADV (diseño, medir, analizar, diseñar, verificar.). DMAIC un sistema de mejora para procesos existentes que se encuentran por debajo de especificación y busca mejorarlos, de la misma manera DMADV es un sistema de mejora utilizado para desarrollar nuevos procesos o productos en los niveles de calidad Seis Sigma.

1. CAPITULO I

1.1. Generalidades y situación actual de la empresa.

Kautex Textron de México S de RL de CV es una empresa que produce y comercializa tanques, tubos y depósitos para gasolina para vehículos automotrices. Se estableció en México en julio de 1996 y es subsidiaria de Textron Inc (figura 1). Que es un conjunto de capitales japonés, alemán y brasileño. Cuenta con el sindicato FROC – CROC. Tiene un área de 204,516 m2. Algunos de los principales clientes son Ford, Audi, Volkswagen, Fiat, Nissan, MAZDA. Los productos más importantes que se elaboran son tanques de gasolina y tubos de llenado.

Figura 1. Descripción de grupo Textron.



Internacionalmente la empresa ha tenido los siguientes acontecimientos:

En el 2004 Kautex comienza a colaborar con la casa Bosch en el diseño de un depósito para sistemas de reducción catalítica selectiva (RCS) para vehículos diesel. Estos sistemas permiten reducir la contaminación por óxidos de nitrógeno en los gases de escape. Actualmente la compañía tiene presencia a nivel global con plantas de producción e investigación, tal y como se observa en la figura 2.

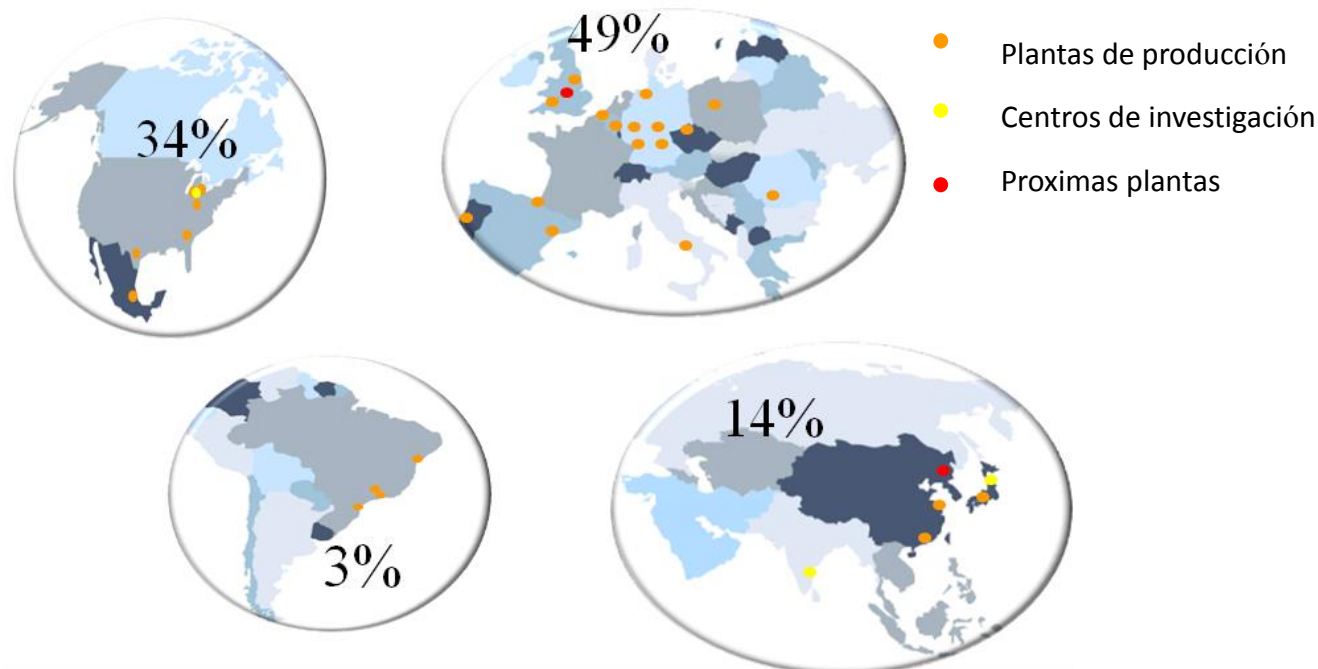


Figura 2. Presencia de Kautex a nivel mundial.

1.2. Objetivo general:

Actualmente el porcentaje de scrap es de 5.3 %, y con la implementación de la metodología DMAIC Six Sigma se pretende que ese porcentaje disminuya 1.3%, es decir, que el porcentaje de scrap sea de solo 4%.

1.3. Objetivos específicos

- 1.3.1 Reducción de tanques scrap con la finalidad de eliminar tiempos muertos: reducir demoras en el proceso por fallas en las maquinas o paros inesperados.
- 1.3.2 Evitar el uso inadecuado de la materia prima: que la materia prima sea mal procesada y esto repercuta en la calidad de los tanques.
- 1.3.3 Eliminar almacenamiento de tanques defectuosos: al tener scrap se debe disponer de un lugar específico para almacenarlos, esto representa costos y espacio.

1.4. Justificación

Para lograr que un producto se de calidad, el producto debe cumplir con las especificaciones de los clientes y lograr cumplir con sus expectativas, y para cumplir con dichos requerimientos se debe conocer al cliente para poder planificar, medir y controlar la calidad (Juran, 1996).

El presente proyecto busca mejorar la calidad del producto terminado y de cada uno de los procesos, para poder optimizar recursos y mantener las finanzas sanas de la empresa, logrando mantenerse en el mercado y ampliar su cartera de clientes.

Lograr disminuir el porcentaje de scrap de 5.3% a 4% durante un periodo de 4 meses con un stretch de 3.8%.

1.5. Alcances.

Este proyecto es el primer paso para la mejora continua y buscar nuevas áreas de oportunidad que permitan reducir al máximo el porcentaje scrap que se tiene actualmente y a largo plazo, se espera reducir esta cifra a un porcentaje menor al estipulado. Esta metodología se aplicará para el proceso de producción de tanques BMM9 y algunas de las mejoras se podrán aplicar a otros modelos de tanques.

1.6. Delimitaciones.

Debido a que la metodología implementada es un proceso que está en función del tiempo sólo se mostrarán los resultados obtenidos hasta el año 2016. Esta metodología contiene datos solo del modelo BMM9 y los datos analizados son de dos turnos de trabajo en una sola línea de producción.

2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO

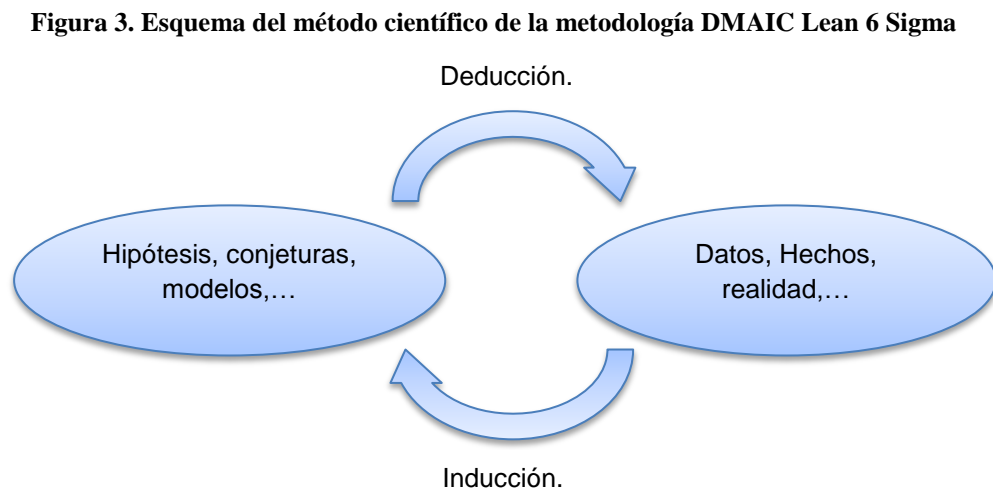
2.1. Ciclo PDCA.

El ciclo PDCA de Deming (Planificar – Hacer – Controlar – Actuar), al que podemos llamar método científico, es la mejor herramienta de aprendizaje de la humanidad y a ella debemos el increíble nivel de desarrollo en que vivimos. Seguir una metodología basada en el ciclo PDCA aumenta los éxitos y minimiza la inversión Bartés, A. P., (2005).

Mejorar nuestros procesos tiene mucho que ver con aprender: ¿qué hacer distinto?, ¿cómo afectan los factores?, ¿dónde hay ineficiencias?, ¿por qué se producen errores?, etc. Para responder estas preguntas la clave es la utilización del método científico y las herramientas asociadas, que son la base de todos los sistemas de mejora exitosos.

La metodología DMAIC Lean 6 Sigma se basa en el ciclo PDCA aunque incorpora algunos matices. Se compone de cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve, en inglés) y Controlar Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh, R. R. (2001).

El esquema del método científico de la metodología DMAIC Lean 6 Sigma es el que se muestra en **la figura 3**.



Este diagrama representa los dos procesos básicos del método científico:

- Inducción: Crear modelos, hacer hipótesis o conjeturas a partir de nuestras observaciones, de la realidad de los datos.

- Deducción: Extraer consecuencias de nuestros modelos o conjeturas (si es cierto, entonces...) y comprobar si son ciertas con base en datos.

Es por tanto opuesto al: creo, opino, considero etc. Y la estadística es la herramienta básica tanto para suministrar materia prima para el proceso inductivo como para aconsejar el tipo de prueba, la cantidad de datos a recoger para realizar las comprobaciones del proceso deductivo

2.2. El fundamento de DMAIC-seis sigma.

Lean y Seis Sigma son metodologías que comparten una misma filosofía y objetivo, pero han tenido un desarrollo diferente. Las herramientas y el enfoque también han sido diferentes Werkema, C. (2013). Lean busca ante todo eliminar desperdicio de los procesos y reestructurarlos para hacerlos más eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder a las necesidades de los clientes. El tiempo transcurrido total (lead time) es la principal métrica sobre la que trabaja. Las herramientas son más visuales y la ejecución se estructura normalmente de forma más explosiva (kaizen events). Seis Sigma persigue también la mejora de los procesos, aunque en un sentido más amplio y menos definido a priori: calidad, eficiencia, niveles de servicio. Metodológicamente está más ordenado y hace uso extensivo de los datos para entender el comportamiento de los procesos e identificar mejoras. Lean Seis Sigma combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Seis Sigma con las herramientas de proceso y principios de Lean. Los papeles tradicionales de Green Belt y Black Belt del mundo de Six Sigma y los de especialistas en Lean se combinan en un mismo líder de mejora continua, que acerca a los proyectos y a los equipos las herramientas más adecuadas en cada caso Sánchez, L., & Blanco, B. (2016).

2.3. El método seis sigma.

Una de las metodologías Seis Sigma, conocidas como DMAIC, consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar, controlar. En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrutilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado, asignándole la prioridad necesaria. La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan el funcionamiento del proceso y las características o variables clave. A partir de esta caracterización, se define el

sistema de medida y se mide la capacidad del proceso. En la tercera fase de análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma, el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir, las variables clave de entrada o “poco vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso. En la fase de mejora, el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese), para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso Pande, et al, (2001).

La última fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

2.4. Las herramientas Six sigma.

En los proyectos Six Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Las primeras de tipo general como las siete herramientas de calidad, carta de proyecto (project chart), plan de recolección de datos (data collection plan), matriz de asignación de responsabilidades (raci), análisis de interesados (stakeholders analysis), matriz de proveedores-entradas-procesos-salidasclientes (sipoc), mapa de la cadena de valor (value stream mapping) que se emplean para la recogida y tratamiento de datos. Las otras, específicas de estos proyectos, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis ANOVA, contraste de hipótesis, diseño de experimentos, simulación de procesos y también algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMFE. Estas herramientas estadísticas que hace unos años estaban solamente al alcance de especialistas, son hoy accesibles para personas sin grandes conocimientos de estadística, esto debido a que con conocimientos básicos de estadística las personas pueden comprender e implementar esta metodología. La disponibilidad de aplicaciones informáticas sencillas y rápidas, tanto para el procesamiento de datos como para los cálculos necesarios para su análisis y explotación, permiten utilizarlas con facilidad y soltura, concentrando los esfuerzos de las personas en la interpretación de los resultados, no en la realización de los complejos cálculos que antes eran necesarios Eckes, G. (2006).

2.5. Implementación de DMAIC Six Sigma en la industria.

Esta metodología ha sido implementada en diferentes industrias de diferentes sectores, demostrando que si se aplica de manera correcta se pueden obtener resultados, como, por ejemplo:

- *Hsiang-Chin Hung & Ming-Hsien Sung (2011)* utilizó la metodología en la industria de comida en Taiwan. Encontró y resolvió la causa raíz de la variación del proceso, también ha presentado ideas para un proyecto Six Sigma exitoso.
- *Prof.Dr.Vidosav Mastorovic, et al (2010)* aplicó en la industria de fabricación de metales en Serbia. Su proyecto ayudó a reducir la variabilidad del proceso, reduciendo no conformidades del producto, también incrementó el nivel sigma en el sistema de manufactura.
- *S. Pimsakul, N. Somsuk, W. Jumboon & T. Laosirihongthong (2013)*. Estableció mejoras en el proceso de producción de mouse laser para computadoras y aumentó del proceso de prueba de 96.2 a 98.6%.
- *Kunal Ganguly (2012)* Consiguió mejorar el proceso de laminación de aluminio, eliminando los tiempos de espera durante el proceso. También determinó proyectos de características CTQ.
- *Ploytip Jirasulprasert (2012)* en la producción de guantes de goma consiguió reducir los defectos por millón de oportunidad de 195,095 a 83,750, lo que representa un 50% de reducción, colocando el proceso de un nivel de 2.4 a 2.9 sigma.
- *J. Morato (2009)* en el Parque Industrial Sumicol consiguió reducir el costo energético encontrando las causas que originan un mayor gasto de energía.
- *A. Mijajlevski (2013)* implementó la metodología en la logística interna de una industria que fabrica equipos domésticos de calefacción de agua, se enfocó en reducir inventario, resolviendo las causas que originan defectos en los productos. Logrando un beneficio para la empresa de 100 000 € anuales.

Estos son solo algunos casos de éxito de esta metodología demostrando que es una forma práctica y asertiva de resolver problemas.

3. Capítulo III. Metodología.

3.1 Define (Definir).

3.1.1 situación actual y objetivos.

Descripción del problema: Actualmente el porcentaje de tanques de gasolina producidos que no cumplen con las especificaciones acordadas con el cliente (scrap) en BMM # 9 representa un porcentaje de 5.3% de acuerdo a los datos analizados en un período comprendido de enero a abril, este porcentaje es superior al objetivo estipulado en AOP (Annual Operating Plan) que es de 2.8%, el costo relacionado con el actual porcentaje de scrap es de aproximadamente 106 mil dólares en el mismo período de tiempo.

Objetivo: Reducir el porcentaje de scrap del 5,3% al 4% en los últimos 4 meses de 2016.

3.1.2 Creación del equipo de trabajo.

Las competencias desarrolladas por un individuo se comparan con las requeridas por el perfil de un puesto de trabajo Flores, J.G. (2007). De acuerdo con esto para la formación del equipo de trabajo que se hará cargo del desarrollo de la metodología DMAIC lean Six Sigma, para esto se tomaron en cuenta las competencias, así como sus funciones dentro de la empresa.

Los miembros que conforman el equipo de trabajo son:

- Project Champion
- Financial Analyst
- Process Owner
- CI Mentor
- CI Owner
- Team members

3.1.3 Identificar los requerimientos de los clientes.

Una empresa orientada a la mejora del servicio conoce las necesidades y expectativas de los clientes, de modo que sea posible satisfacer sus necesidades y alcanzar o superar sus expectativas Pérez, V.(2010). De acuerdo con lo anterior para brindar al cliente un producto de calidad lo primero que se debe conocer cuáles son sus requerimientos.

En la **figura 4** se muestra gráficamente el proceso para identificar las necesidades de los clientes y cumplir con sus expectativas.

Figura 4. Proceso de identificación de las necesidades de los clientes.



Una vez que se estipulan los requerimientos del clientes, es necesario que se cumplan con ciertos requisitos desde la materia prima, por lo que implementar la herramienta SIPOC, permitirá observar gráficamente los requerimientos de cada etapa del proceso Parkash & Kumar. (2011), tal y como se observa en la **figura 5**.

Figura 5. Diagrama SIPOC.

	S I P O C				
Supplier Upstream providers of all inputs needed for process to function	Inputs All of the inputs needed for the process to perform	Requeriments Process Requirements Inputs	Process	Output All of the outputs that are produced by the process	Requeriments Customer's Requirements of the Outputs
Zerma	Grinder	Blades according PM	Blow moulding process	Shell tank without flash	Weight according CP
Kautex	BMM	According gravimetric and PM		Shell tank with traceability	Traceability collected properly in IBS
Kremann und Esser	Mould	According specifications from SOW		Shell tank without water inside	Tank free of water
M+V	Middle frame	According specifications from SOW		shell tank already cooled	Shell tank at ambient temperature less than 30 °C
Fanuc	Robot	Programing according set up.			
Components supplier	Components	According CP			
IBS	CAQ	Functionality 100 %			
Keyence	Laser Marking	Readable label			
Sartorius	Scale	According calibration plan			
HTP	Cooling machine	Functionality 100 %			

Después, se presenta de forma gráfica el proceso de producción para conocer las entradas y salidas, así como el flujo del proceso, tal y como se puede observar en la **figura 6 y 7**.

Figura 6. Entradas y salidas del proceso.

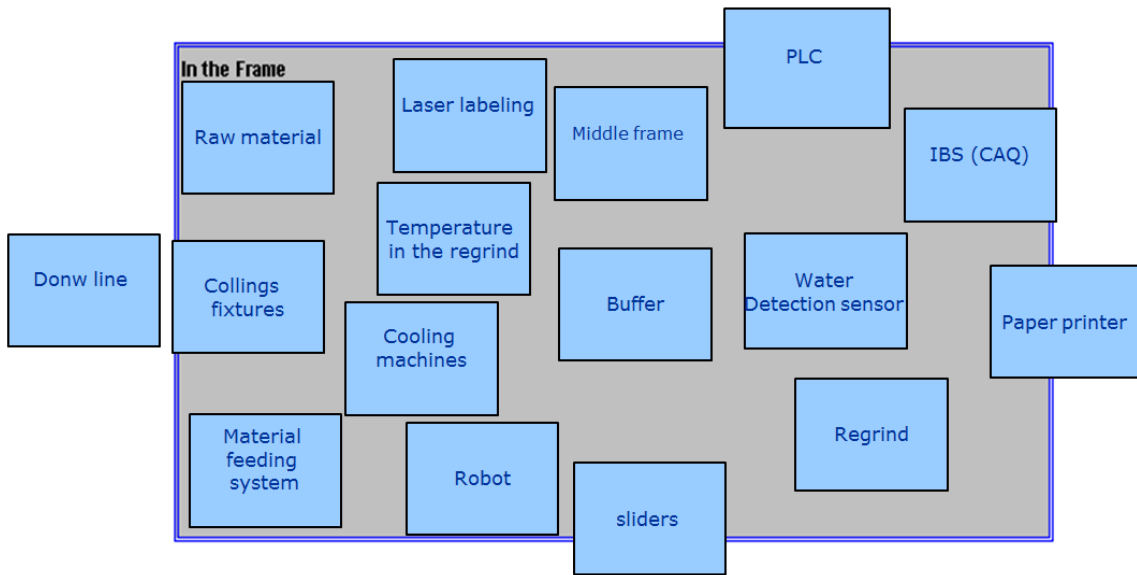
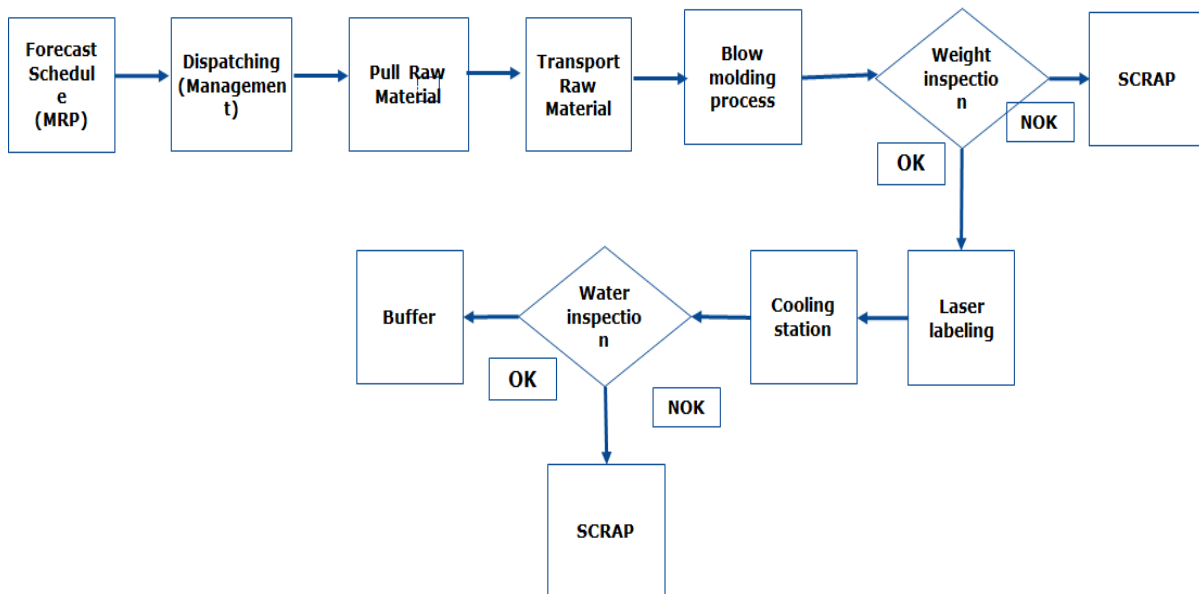


Figura 7. Mapa de proceso.



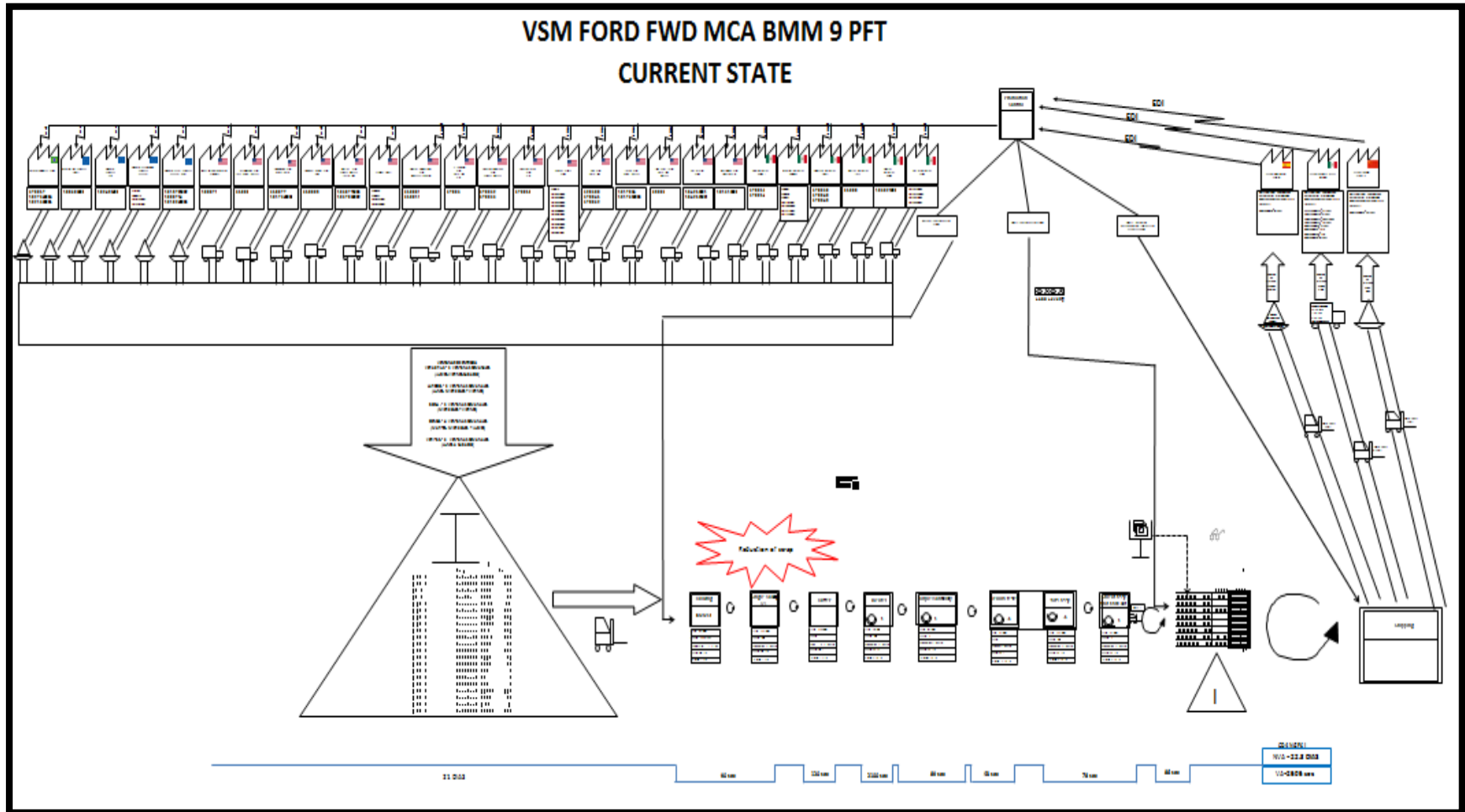
3.2 Measure (Medir).

3.2.1 VSM.

Value Stream Mapping permite ver y entender el flujo del material durante todo el proceso de producción, esto permitirá ver los puntos críticos del proceso e identificar el problema Rother & Shook, (2003), tal y como se muestra en la **figura 8**.

El área resaltada en rojo indica la parte del proceso en donde se detecta un mayor porcentaje de scrap, por lo que es donde se pondrán en práctica una serie de herramientas que permitirán atacar las causas que originan el problema, encontrar posibles soluciones que se pondrán en práctica y lograr alcanzar el objetivo establecido en el presente proyecto.

Figura 8. Mapa de la situación actual.



3.2.2 Diagrama Causa-efecto.

El diagrama Causa- efecto “es un esquema que muestra las posibles causas clasificadas de un problema” (Escalante, 2006, p. 78), por lo que usar esta herramienta ayuda a saber la causa raíz que origina un problema en sus diferentes categorías, permitiendo así tomar acciones para eliminar el problema, después se descargan los datos en una matriz causa-efecto que permite analizar las principales causas, tal y como se muestra en la **figura 9 y 10**.

Figura 9. Diagrama causa-efecto.

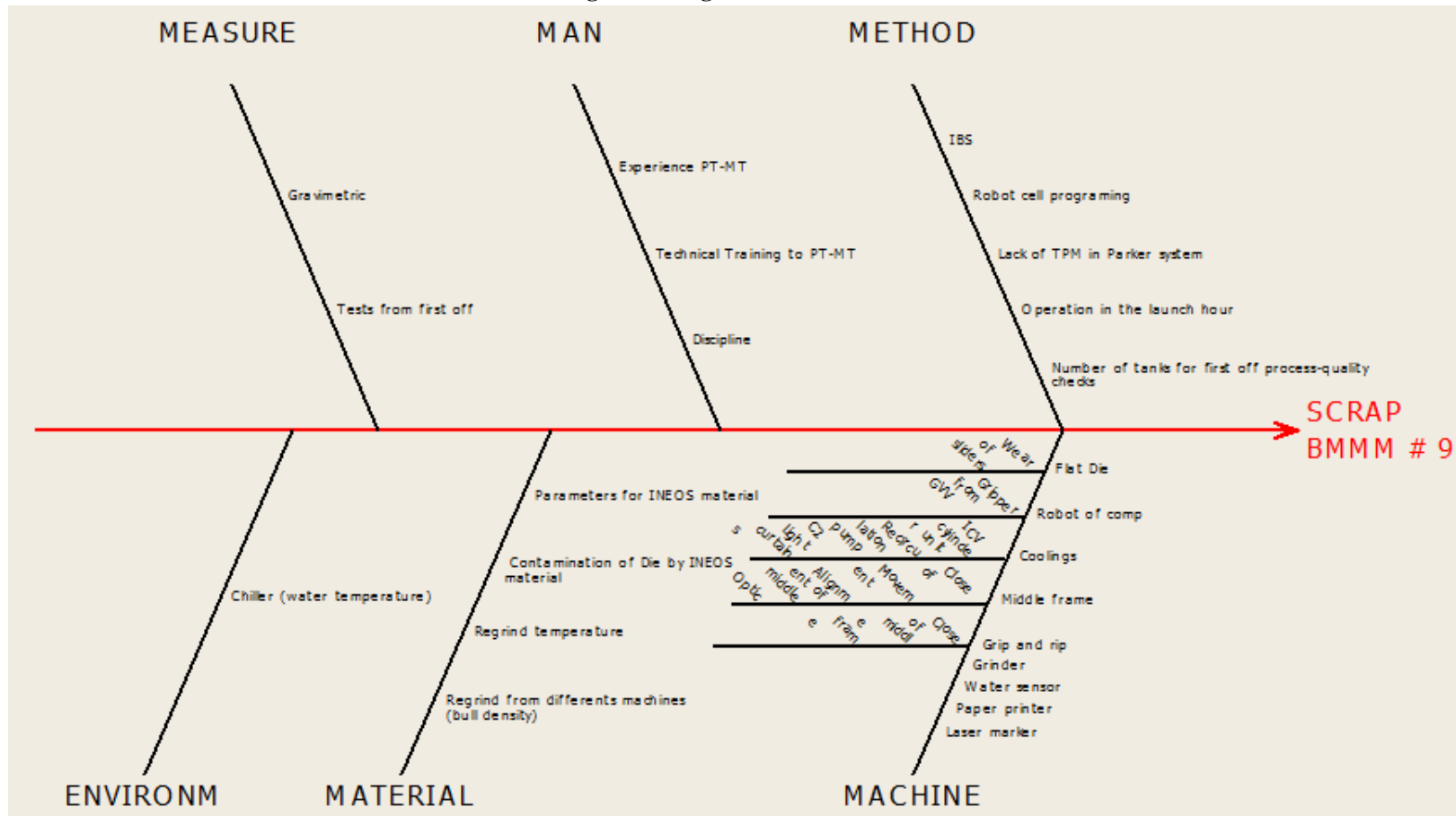


Figura 10. Matriz causa-efecto.

Relative Importance (10 is high,1 is low)		10	7	8	9		Process Step / KPIV Influence Rating	
		Delivery on time	Tanks out of specification	OEE	SCRAP			
Step / Item #	Process Steps / KPIV's (from process Map or Fishbone)	Rate 0,1,3,9 9 high influence, 0 is no influence						
1	IBS	9	9	9	9		306	
2	Number of tanks for first off process-quality checks	3	9	9	9		246	
3	Flat Die	9	9	9	9		306	
4	Coolings	9	9	9	9		306	
5	Middle frame	9	9	9	9		306	
6	Grip and rip	3	9	9	9		246	
7	Paper printer	1	0	9	9		163	
8	Laser marker	3	9	9	9		246	
9	Expirience PT-MT	1	3	3	9		136	
10	Contamination of Die by INEOS material	9	9	9	9		306	
11	Regrind temperature	3	9	3	9		198	
12	Chiller (water temperature)	9	9	9	9		306	

Las fases del proceso señaladas con amarillo indican las que tienen un mayor índice de influencia en la causa raíz del problema, por lo que requieren atención principal para generar posibles acciones a seguir.

3.2.3 Los 7 desperdicios.

La manera más fácil y rápida de identificar todo lo que no agrega valor al producto es mediante un análisis de los 7 tipos de desperdicios Pérez, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M. & Parra, C., (2011), el resultado de este análisis se muestra en la **tabla 1**. Una vez identificados los desperdicios se analizan cuáles son las posibles soluciones que permitirán eliminarlos y así reducir los costos de producción.

Tabla 1. Análisis de los 7 tipos de desperdicios.

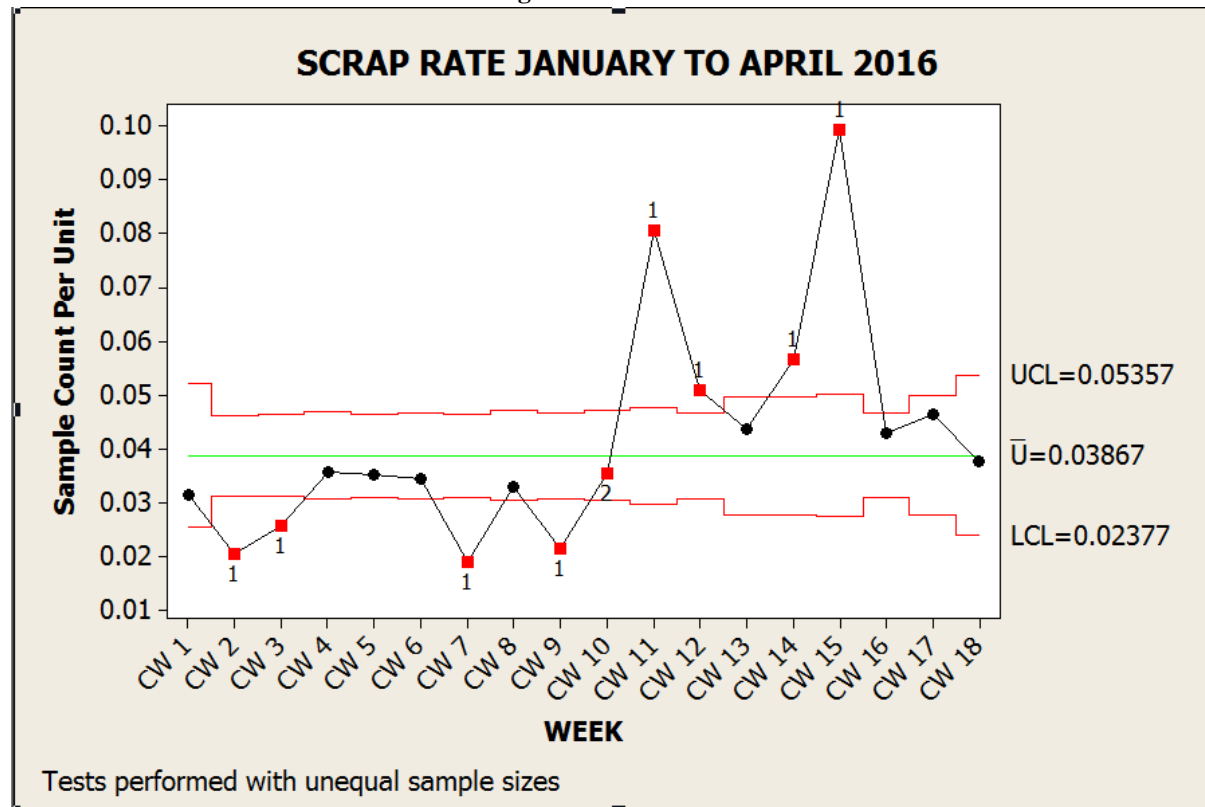
	Defectos	Sobreproducción	Transporte	Espera	Inventario	Movimiento	Exceso de procesamiento
Mal funcionamiento de la maquina Parker.				La reparación del sistema toma alrededor de 10 h.			
Mal funcionamiento de la maquina enfriadora. Operaciones por operadores en hora de comida.	El tanque no tiene trazabilidad.						Un miembro es responsable de la máquina de modelar.
Mal funcionamiento del enfriador.	La temperatura del agua no se encuentra dentro de los límites establecidos.			Toma tiempo hacer que la temperatura del agua sea la correcta sin esto no es posible continuar con el proceso.			
Señales de la vieja impresora.	Cuando se produce un fallo se debe establecer manualmente dentro de la celda del robot, lo que lleva tiempo.			Se tiene tiempo de espera al producirse un fallo.			
Mal funcionamiento del molino.				Cualquier tipo de fallo produce un tiempo de espera			
Numero de tanques correctos.			No esta estandarizado el tiempo de soplado			No esta estandarizado el tiempo de soplado	

Mal uso del Material.	Usando rejillas de diferentes máquinas a diferentes temperaturas se produce variación.	de los tanques después del primer proceso	de los tanques después del primer proceso
-----------------------	--	---	---

3.2.4 Grafica U.

Se utilizó una gráfica U para conocer el promedio de defectos por unidad con diferentes tamaños de muestras, esto debido a que los lotes de producción varían. Observando la gráfica se pueden ver puntos fuera de los límites, lo que indica que el proceso no está bajo control estadístico, por este motivo se deben tomar acciones estratégicas para mejorar el proceso y mantenerlo bajo control estadístico. Esta grafica se muestra en la **Figura 11**.

Figura 11. Grafica U.



3.2.5 Plan de recolección de datos.

Dónde comenzar a buscar depende de la pregunta de la investigación, pero dónde enfocar o detener la acción no puede ser determinado de antemano (Merriam, S. 1998, p.97). De acuerdo con lo anterior se elabora un plan de recolección de datos de las etapas críticas del proceso, este plan indica el tipo de datos a recolectar, la forma y frecuencia, así como la persona encargada de registrar esos datos para que la información sea confiable **Tabla 2**. Con un plan estructurado se tiene bien claro el tipo de información que se debe obtener y en el momento justo.

Tabla 2. Plan de recolección de datos.

Data Collection Plan		Project: Reduction of scrap BMM #9				
Data		Operational Definition				
Metric	Data Type	How Measured	Related Info to Collect	Where Collected	How Recorder	When / Fecueny
Pieces of scrap caused by shutdown of BMM	Attribute	Every time the people find scrap the team leader will record the data in a scrap format	Team Leader-Scrap tags	BMM #9	The person in charge of the scrap will record the data in a electronic report	Every day
Pieces of scrap caused by cooling malfunction	Attribute	Every time the people find scrap the team leader will record the data in a scrap format	Team Leader-Scrap tags	BMM #9	The person in charge of the scrap will record the data in a electronic report	Every day
Pieces of scrap caused by shell tank NOK	Attribute	Every time the people find scrap the team leader will record the data in a scrap format	Team Leader-Scrap tags	BMM #9	The person in charge of the scrap will record the data in a electronic report	Every day

3.2.6 Indicadores.

Se establece una lista de indicadores y resultados de la recolección de datos (enero de CW 1 2016 a julio CW 27 2016), esta información será comparada con las métricas recolectadas durante la fase piloto. Dicha lista se muestra en la **tabla 3**.

Tabla3. Lista de indicadores.

Name of the metric	Value
Shutdown of BMM	1920 tanks
Cooling malfunction	286 tanks
Shell tank NOK	231 tanks

3.3 ANALYZE (Analizar).

Durante esta etapa se analiza el flujo de proceso desde el comienzo hasta el final.

3.3.1 Diagrama de Pareto.

En el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (López, 2001). En el diagrama se observan de manera simultánea las causas del problema y el porcentaje de ocurrencia. Tal y como se muestra en la **Figura 12**. Obtenido de la recolección de datos. Los datos obtenidos se descargan en una matriz de correlación que se muestran en la **tabla4** en donde se observan las 7 principales causas de scrap y las repercusiones que tienen dentro del proceso. Posteriormente se muestra la matriz, pero con el número de piezas descartadas originadas por las causas encontradas, así como el costo de las piezas, como se observa en la **tabla 5**.

Figura 12. Diagrama de Pareto.

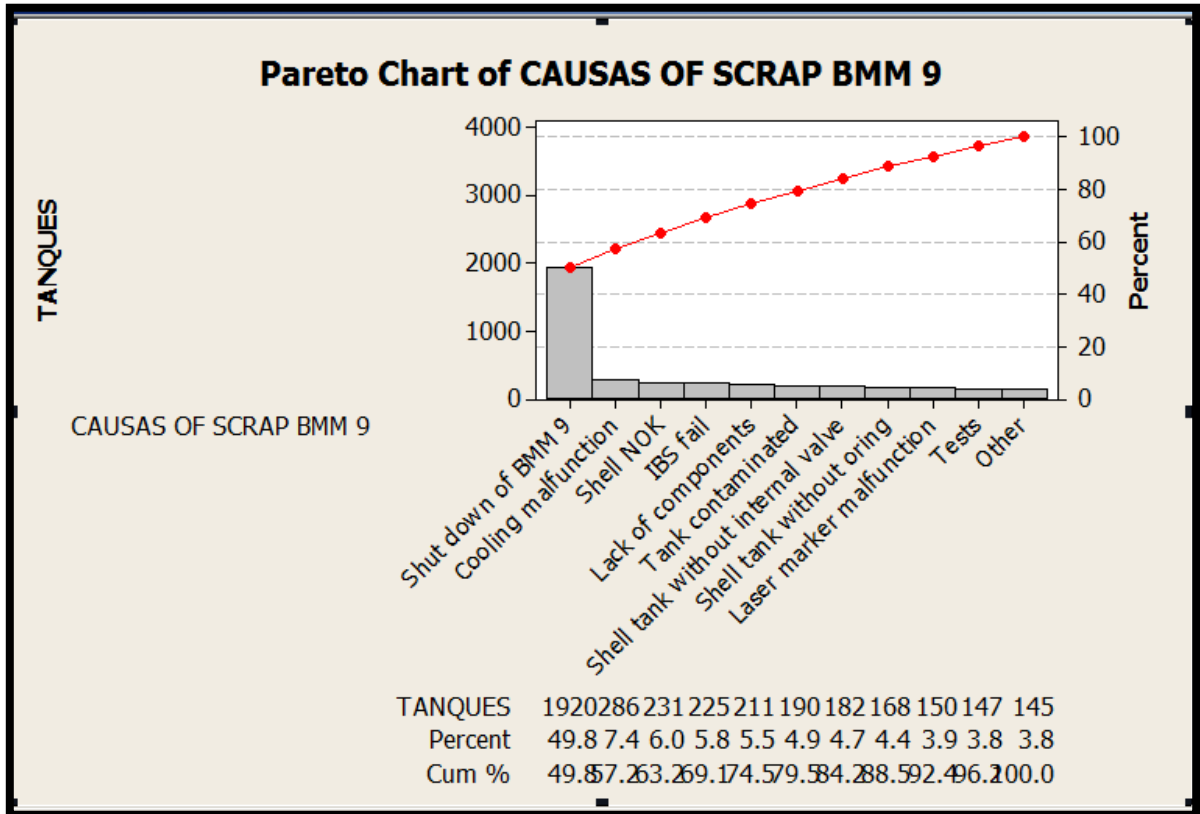


Tabla 4. Matriz de correlación.

Cause of scrap	Shut down	Coolings malfunction	Shell NOK
IBS	X		X
Flat die (contamination)	X		X
Cooling's (Fail in ICV <u>cylinder</u> unit)	X	X	X
Cooling's (fail in recirculation pump)	X	X	X
Cooling's (fail of light curtains)	X	X	X
Middle frame (lack of internal components)	X		X
Laser marker	X		X

Tabla 5. Matriz de correlación, costos asignados a los problemas.

Cause of scrap	Pieces of scrap	Cost of scrap USD
IBS	1234	\$ 35,786.00
Flat die (contamination)	533	\$ 15,457.00
Cooling's (Fail in ICV cylinder unit)	115	\$ 3,335.00
Cooling's (fail in recirculation pump)	115	\$ 3,335.00
Cooling's (fail of light curtains)	115	\$ 3,335.00
Lack of internal components (valve)	225	\$ 6,525.00
Laser marker	150	\$ 4,350.00
TOTAL	2487	\$ 72,123.00

3.3.2 Los 5 porqués.

Esta técnica permitirá saber cuál es la causa raíz de los principales problemas identificados y que en conjunto causan scrap, lo que representa costos muy elevados en la producción (Mishina & Takeda, 1992).

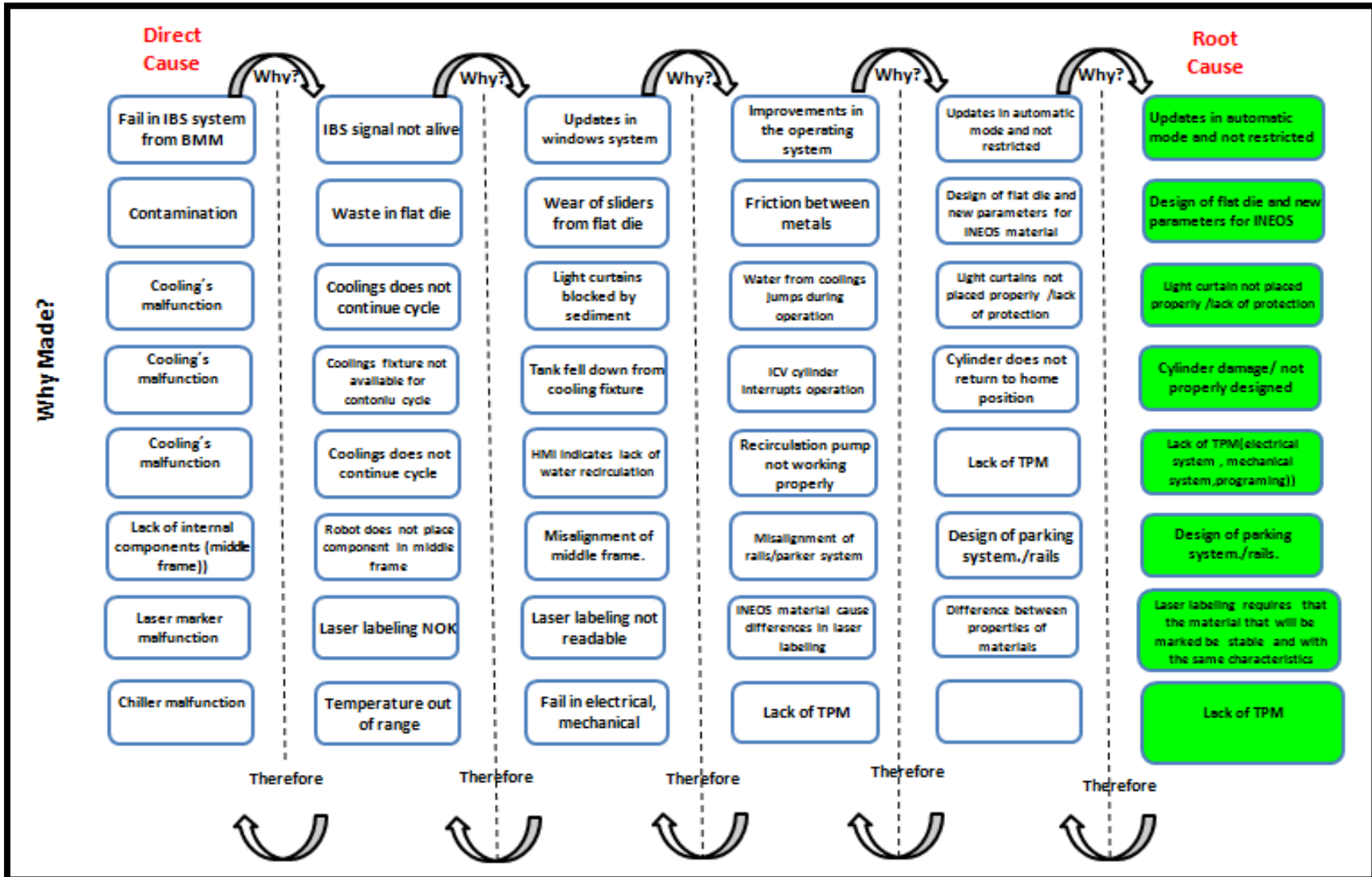
Con esta técnica se puede obtener la causa raíz de los problemas en lugar de tomar acciones para corregir los problemas detectados se encara en resolver las causas que originan dichos problemas y de esta manera no volverán a ocurrir.

En la **figura 13** se muestra el análisis completo de esta técnica, y señaladas de color verde se muestra la causa raíz de los problemas. Los datos se descargaron en una tabla en la que se muestra el problema detectado y la causa raíz que los origina, como se muestra en la **tabla 6**.

Tabla 6. Tabla de problemas y causas raíz.

Problema	Causa raíz
Fallas en el sistema IBS de BMM.	Actualizaciones en modo automático y no restringido.
Contaminación.	Diseño de troqueles y nuevos parámetros de INEOS.
Mal funcionamiento de enfriamiento.	La cortina no se desplazó apropiadamente / ausencia de protección.
Mal funcionamiento de enfriamiento.	Cilindro dañado / no diseñado apropiadamente.
Mal funcionamiento de enfriamiento.	Falta de TPM (sistema eléctrico, sistema mecánico, programación).
Ausencia de componentes internos.	Diseño del sistema de estacionamiento / rieles.
Mal funcionamiento del marcador laser.	El etiquetado láser requiere que el material que se marcará sea estable y con las mismas características.
Disfunción del enfriador.	Falta de TPM.













Figura 13. Análisis de los 5 porqués.



3.3.3 Plan PDCA.

El ciclo PDCA muestra la forma organizada y correcta para la implementación de mejoras en el proceso (González, A., & González, R. A., 2008), el plan diseñado para Kautex se muestra en la **Figura 14** se enlista una serie de actividades que se llevarán a cabo para implementar las mejoras así como quien las hará y en qué momento se realizarán. De esta manera se permite tener una secuencia ordenada para hacer las cosas. También muestra la prioridad que tienen estas actividades por lo que las actividades prioritarias se realizaran primero.

Figura 14. Plan PDCA.

 KAUTEX A Textron Company		Operations, Puebla Plant.									
Action Plan Open Issues		Reduction of scrap in BMM 9					Rev. Date	13.07.2016	PRIORITY	A	Hihg Priority
Team:							Leader:			B	Moderate Priority
		 25% ACTION ITS STARTED DATES DEFINED		 50% RESOURCESWERE IDENTIFIED ACTIVITIES GOING.			 75% ACTION IS DOCUMENTED, IMPLEMENTED AND IN PLACE			 100% ACTION IS CONFIRMED	
Topic #	Issue	Who	When			Priority	Accion	Comments	% Complete	Status	
			Star date	Rev. date	Close date.						
1	No permission to updates in automatic mode for operative system in BMM 9										
2	Interchange Sliders in order to avoid contamination (temporary solution).		14.06.2016			A			25%		
3	Implementation of new flap technology III		21.06.2016		29.06.2016	A			25%		
4	Relocate robot light curtains and add guards in CF 1, 2.		22.06.2016		29.06.2017	B			25%		
5	Cylinders from CF interrupts operation.		25.06.2016		29.06.2018	A			25%		
6	Programming CF1, set that recirculation pump does not turn off		TDD		TDD	A			25%		
7	Relocation of optical fibers for recognize presence of component GVV in gripper.		25.06.2016		29.06.2020	A			50%		
8	Relocation of laser labeling according specification, change of laser marking paeameters in order to improve mark.		TDD		TDD	A			25%		

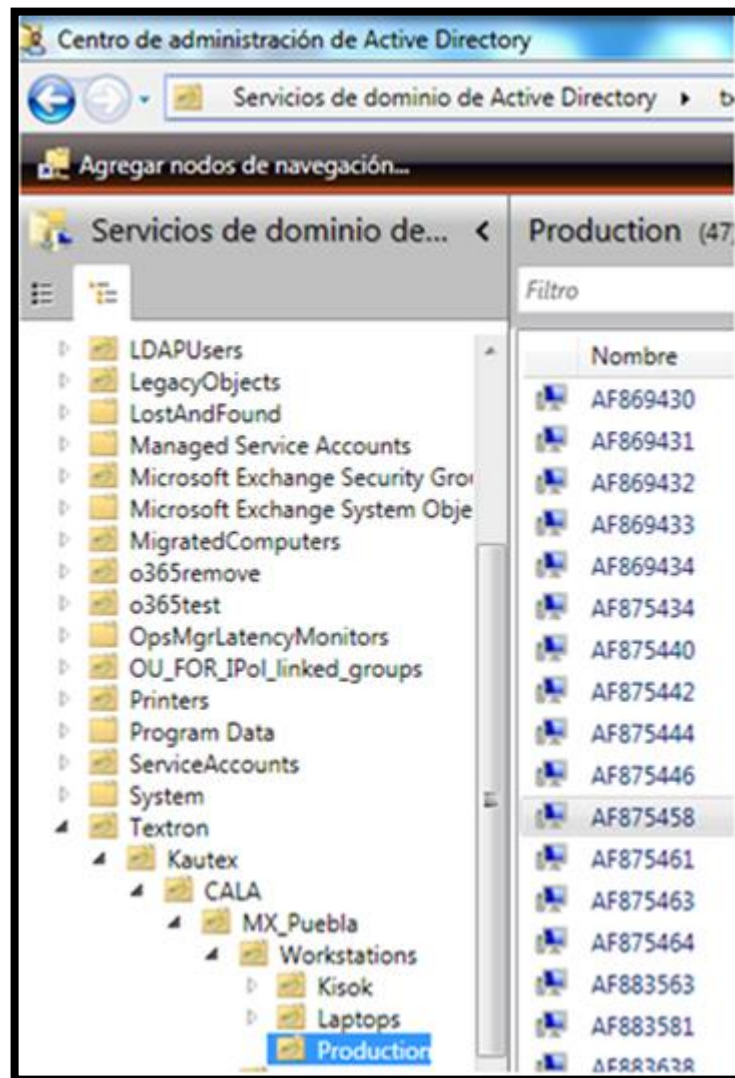
3.4 Improve (Mejorar).

En esta fase se implementan las soluciones acordadas para solucionar el problema, esta es la fase más importante ya que se mostrará si las soluciones acordadas darán resultados favorables.

3.4.1 Mejora 1. No actualizaciones en modo automático.

La nueva ubicación del servidor de BMM9 que se muestra en la **figura 15** en el cual no se permiten hacer modificaciones mientras opera en modo automático, esto para evitar interrupciones durante la operación BMM, escala de peso, refrigeración, detección de agua y buffer.

Figura 15. Sistema operativo de BMM9.



3.4.2 Mejora 2. Intercambiar deslizadores.

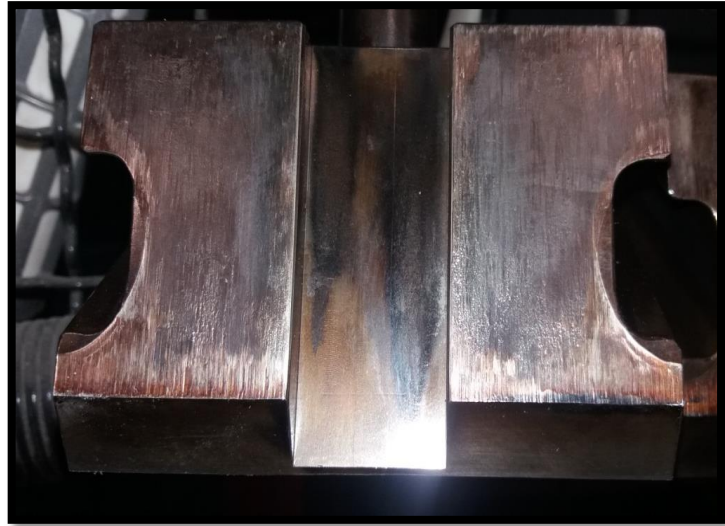
El intercambio de los deslizadores evita el desgaste y contaminación en los sistemas mecánicos y en los tanques, causados por el nuevo material INEOS. Al realizar este cambio se garantiza una extracción limpia del material y al formar las paredes de los tanques no se muestran malformaciones causados por la contaminación con material residual (**figura 16**).

Figura 16. Presentación del antes y después del cambio de deslizadores.

Antes



Después



3.4.3 Mejora 3. Implementación de nueva tecnología BSD III.

La tecnología BSDIII es una nueva tecnología implementada en la empresa para extraer material que se utilizará para formar los tanques, el sistema operativo se muestra en la **figura 17 y 18**. Esta tecnología presenta las siguientes ventajas.

- ✓ Reducción de temperatura en unidades Flappers.
- ✓ Aumento en la separación del control de espesor de pared.
- ✓ Reducción del desgaste entre unidades Flapper.
- ✓ Reducción de mantenimiento.
- ✓ Reducción de la carbonización.
- ✓ Reducción de los niveles de contaminación.

Figura 17. Antes de la implementación de la tecnología WTC BSD III.

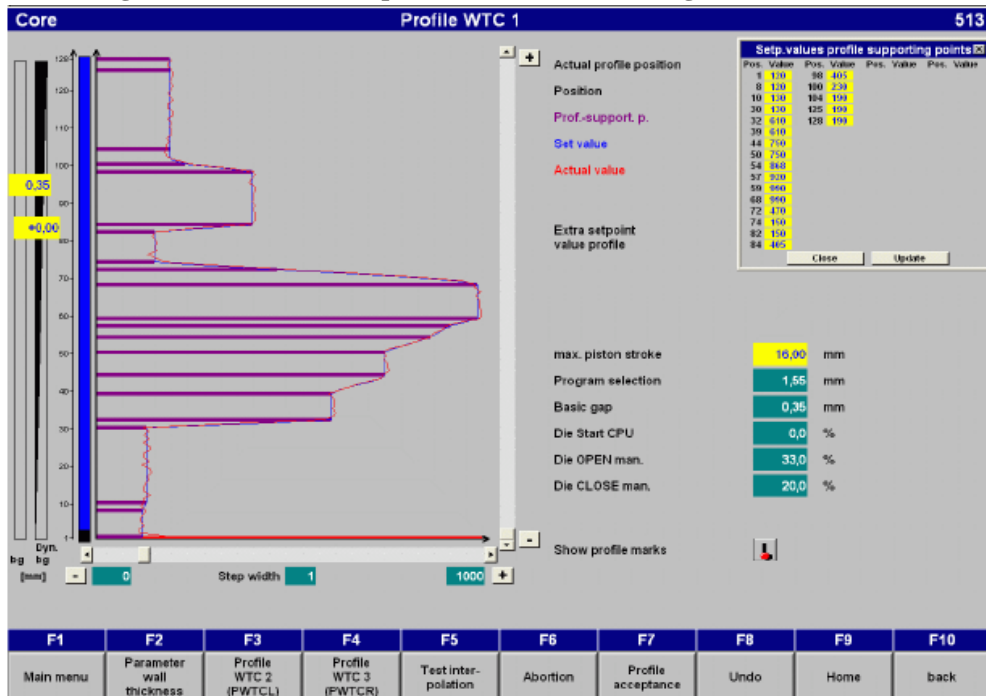
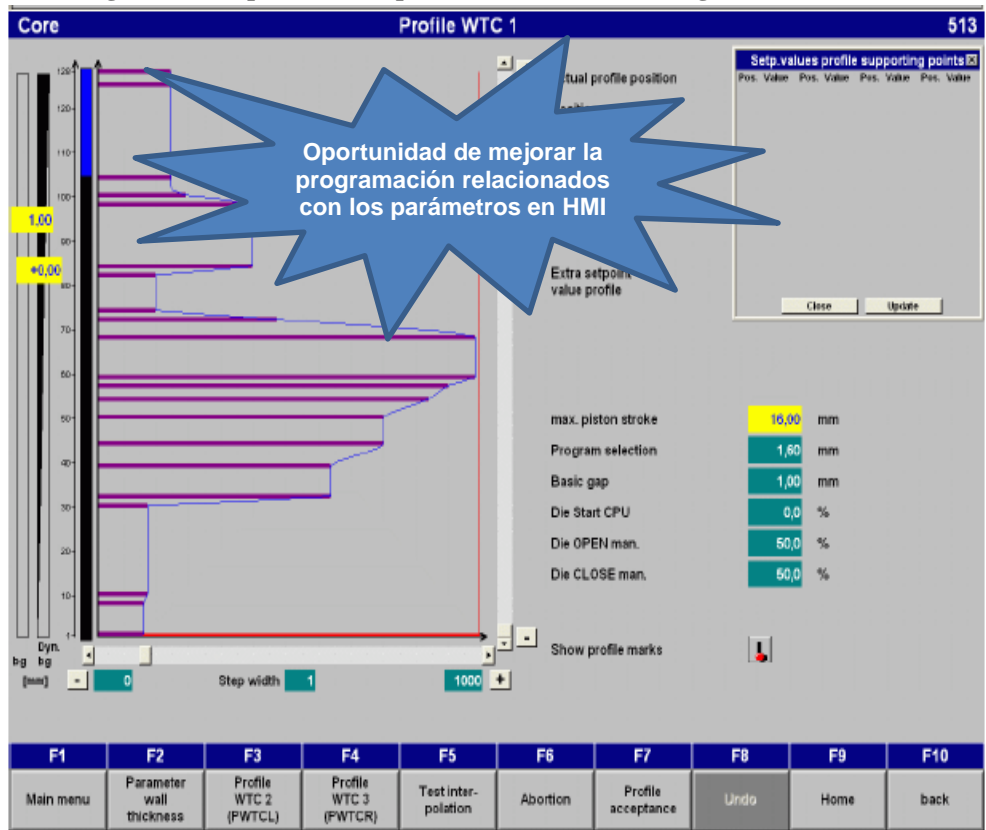


Figura 18. Después de la implementación de la tecnología WTC BSD III.



3.4.4 Mejora 4. Reubicación de las cortinas de luz.

Se reubicaron las cortinas de luz del robot y se agregaron protectores en CF 1,2. Dichas cortinas fueron colocadas a 15 cm de la máquina de enfriamiento y protección de policarbonato entre las luces de la cortina y la máquina de enfriamiento como se observa en la **figura 19**.

Figura 19.ubicacion de las cortinas de luz, antes y después.
Antes Después



3.4.5 Mejora 5. Cilindros CF de interrupción de operaciones.

Esta mejora abarcó 2 tipos diferentes de cilindros en la **tabla 7** se describen los problemas y las soluciones realizadas.

Tabla 7. Descripción de problemas y soluciones en lo cilindros.

	Problema (Figura 20).	Solución (Figura 21).
1	Fugas de aire en el cilindro de refrigeración.	Se repararon los accesorios del cilindro de enfriamiento.
2	Pinza dañada por sedimento del cilindro de la unidad ICV.	Se remplazaron las pinzas dañadas para el cilindro ICV.

Figura 20. Antes de las mejoras.

Antes

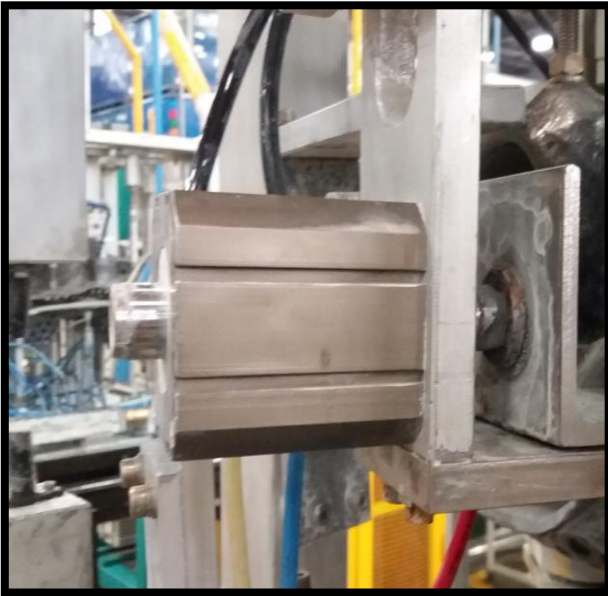


Después



Figura 21. Después de las mejoras.

Antes



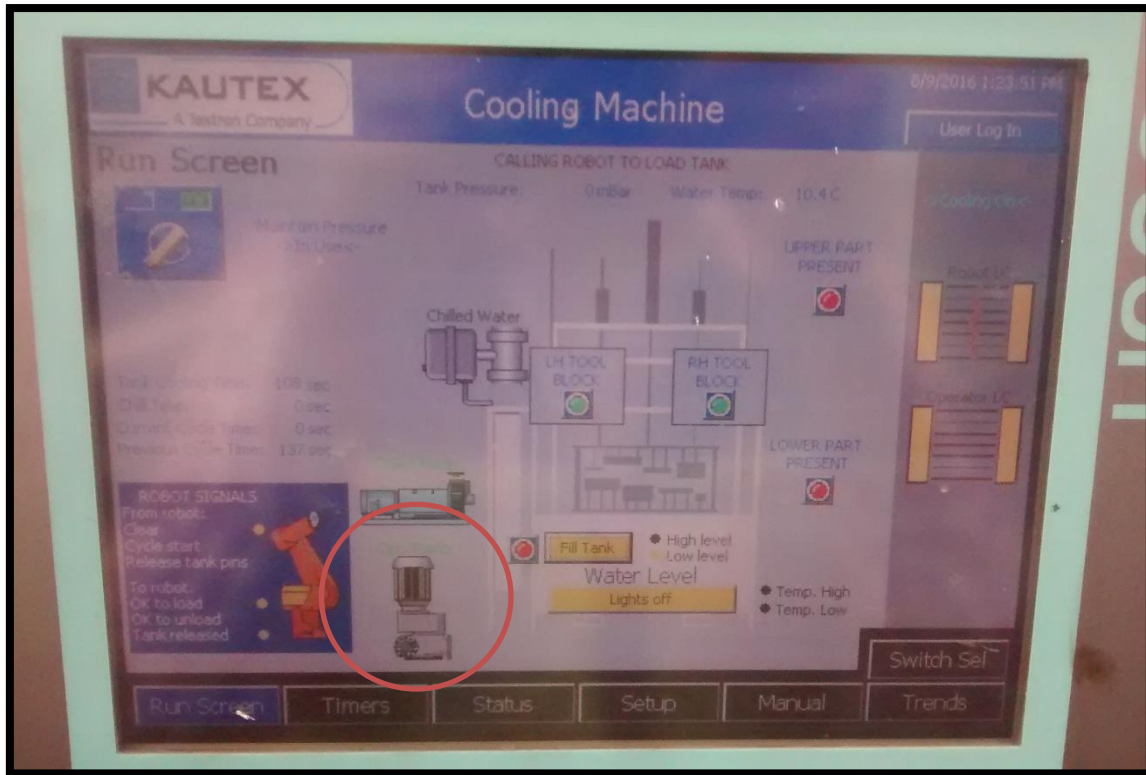
Después



3.4.6 Programación de CF 1.

Se ajusta la bomba de circulación para que no se apague cuando CF cambie a modo manual, agregando una alarma que indique si la bomba está apagada. La programación (**Figura 22**) se dividió en los 2 pasos mencionados, y arranque automático después de la parada de a máquina de refrigeración.

Figura 22. Programación de CF1.



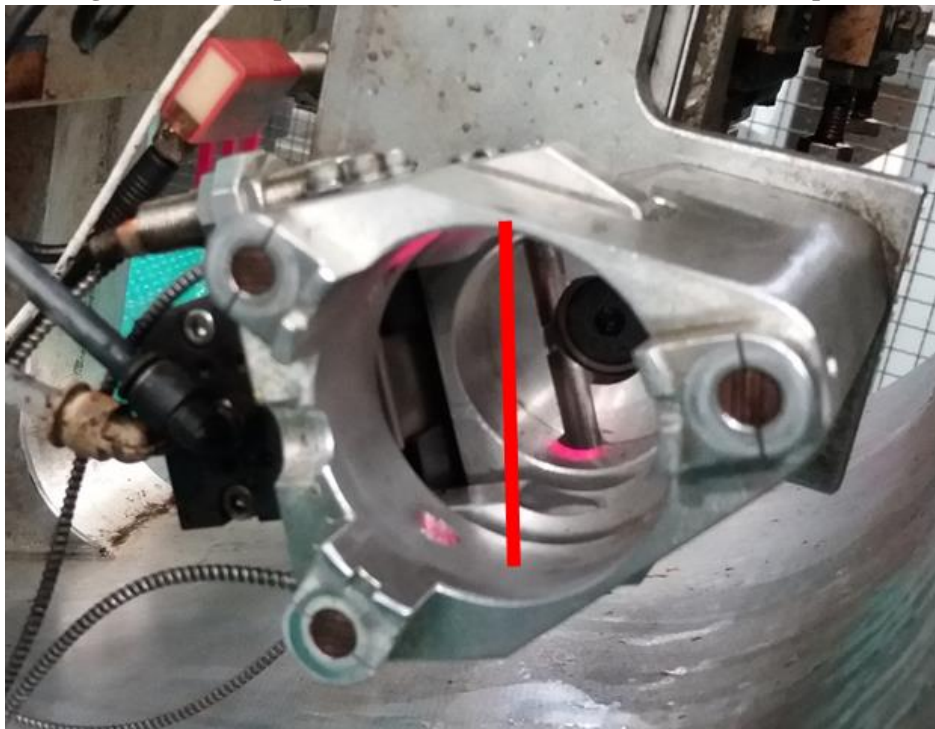
3.4.7 Reubicación de fibras ópticas.

Anteriormente la fibra óptica no se encontraba en el centro de la pinza (**Figura 23**) lo que causaba variación durante el reconocimiento de los componentes. Al reubicar la fibra óptica (**Figura 24**) se garantiza el reconocimiento ante la presencia del componente GVV en la pinza.

Figura 23. Fibra óptica mal colocada en la pinza.



Figura 24. Fibra óptica correctamente colocada en el centro de la pinza.



3.4.8 Reubicación y cambio de parámetros del marcado laser.

- Se realizaron cambios en los parámetros de marcado láser que se describen en la **tabla 8** y en la **figura 25**, haciendo la comparación del antes y después.
- Re-ubicación del etiquetado laser debido a que no había planitud en área anterior (espesor de pared de acuerdo a especificación). Como se muestra en la **figura 26**.
- Se realizó el cambio de los filtros del marcador laser (**Figura 27**).

Tabla 8. Ajuste de parámetros.

	BEFORE INEOS CHANGE	AFTER INEOS CHANGE
Power	65 %	85%
Speed	3000 mm/s	4000 mm/s
Variable spot	30	-30

Figura 25. Ajustes en los parámetros del marcado laser.

Antes

Después

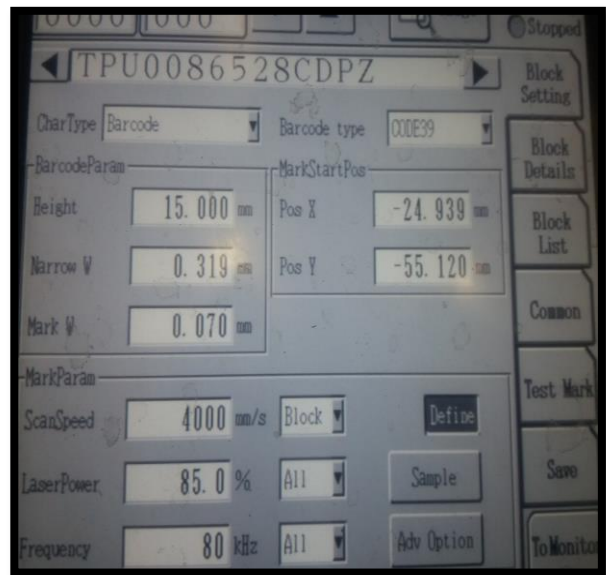
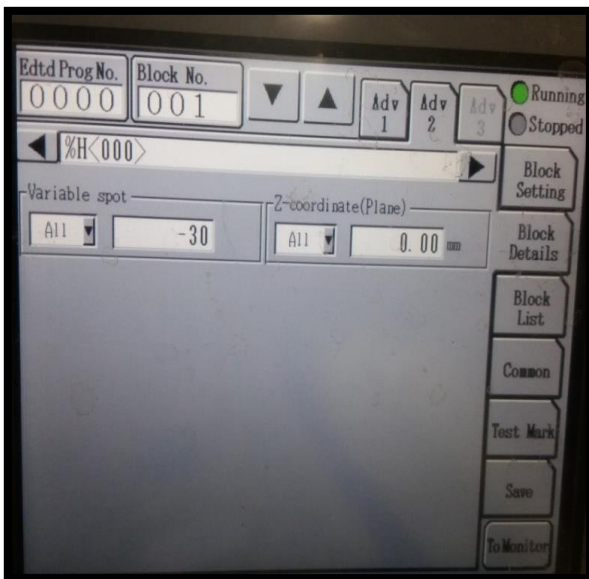


Figura 26. Cambio de área de etiquetado.

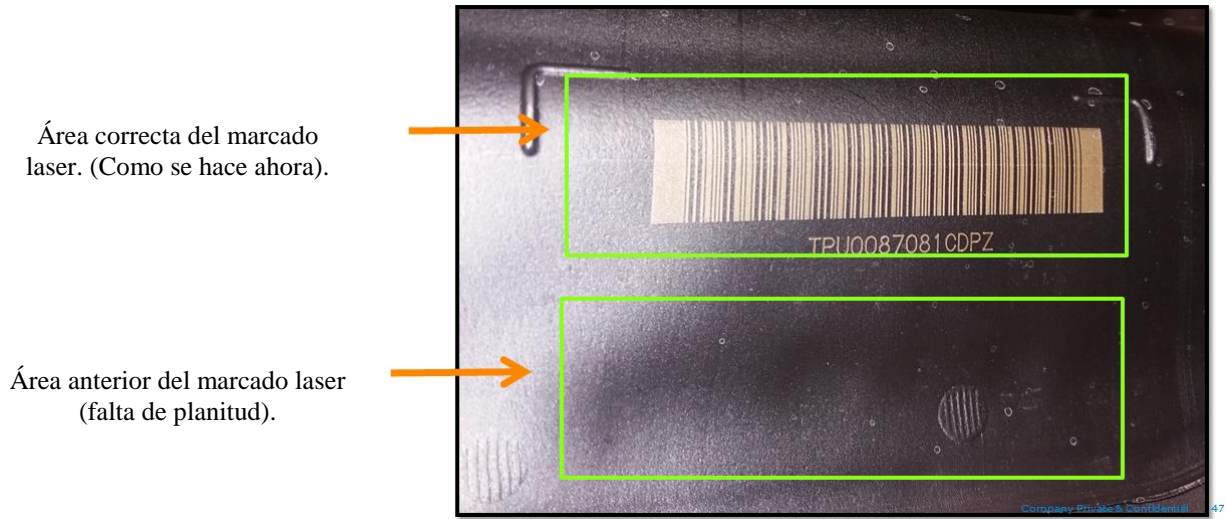
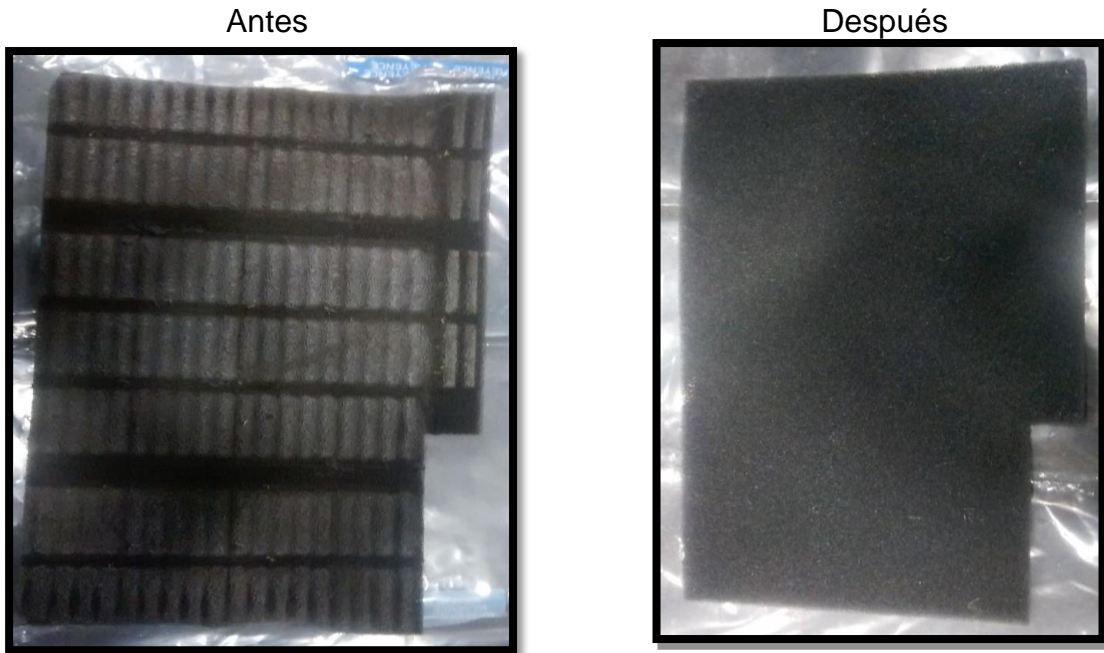


Figura 27. Cambio de filtros del marcador laser.



3.4.9 Mejora 9. Retiro de la impresora de papel BMM9.

La impresora fue eliminada físicamente y las señales en el PLC borradas para evitar interrupciones en la celda del robot. En la **figura 28** se muestra la impresora de papel y en la **figura 29** el espacio que quedó después de retirarla, así como el sistema PLC.

Figura 28. Impresora de papel BMM9.

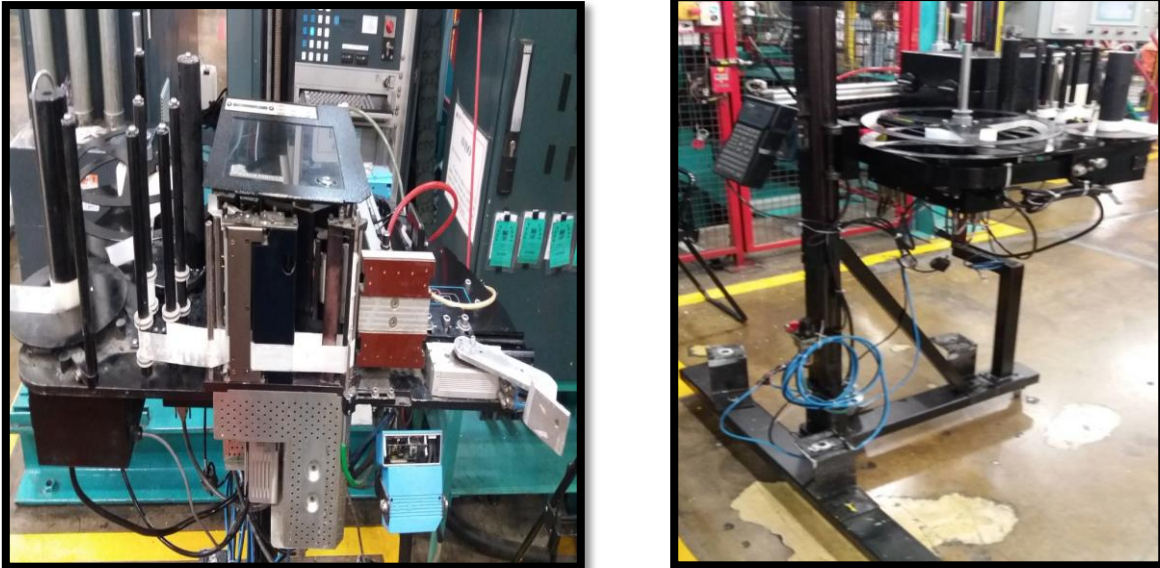
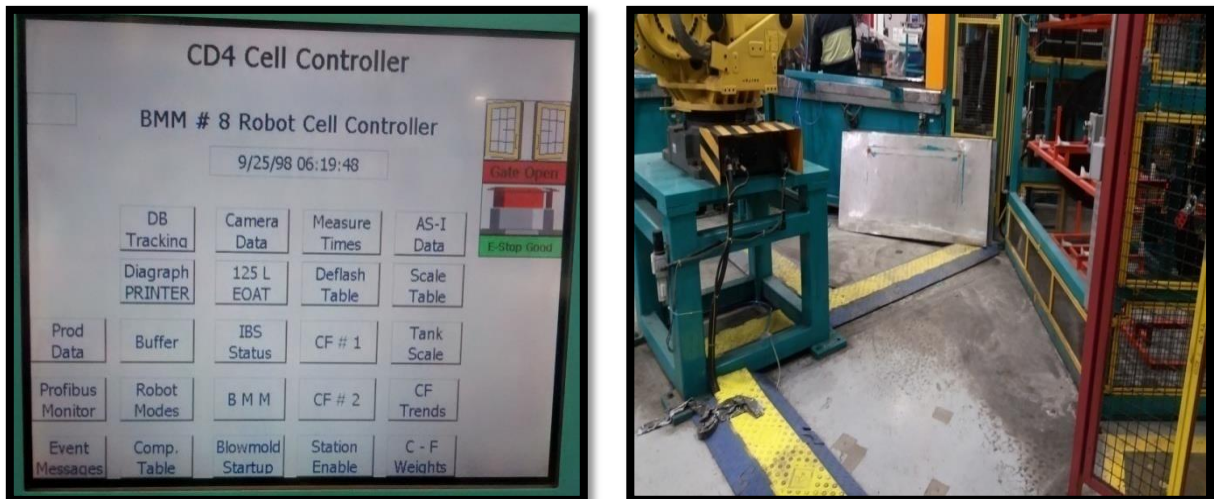


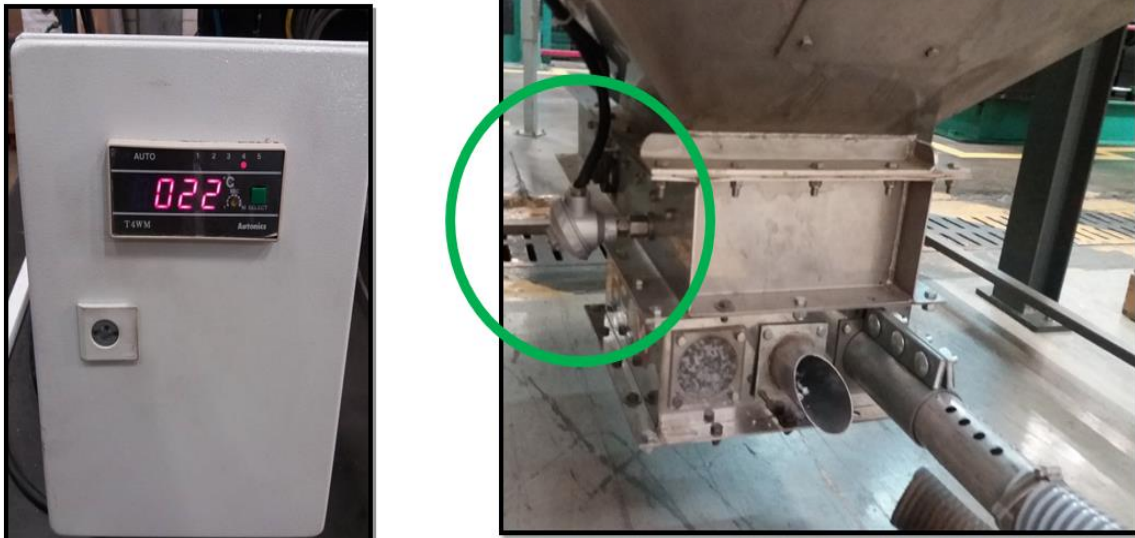
Figura 29. Cambios al retirar la impresora de papel BMM9.



3.4.10 Mejora 10. Instalación de sensor de temperatura.

Se instaló un sensor de temperatura en el centro de la parte inferior del silo de rejilla para el material de rebrote, como se muestra en la **figura 30**. Esto ayuda a que el material recuperado tenga la temperatura adecuada y se mantenga estable el flujo de material y el proceso durante el proceso de soplado se lleve a cabo adecuadamente.

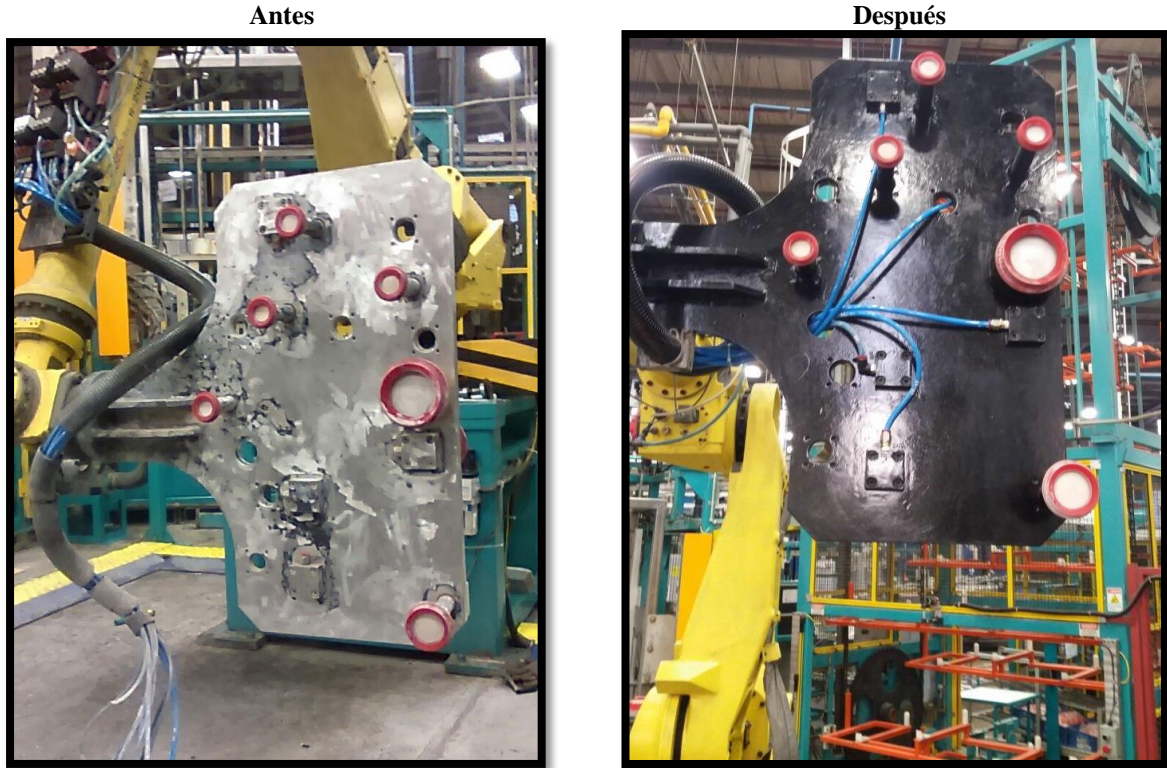
Figura 30. Instalación del sensor de temperatura.



3.4.11 Mejora 11. Limpieza al robot

Se realiza limpieza, cambio de mangueras, conectores y revisión de ventosas, las diferencias del antes y después se pueden apreciar en la **figura 31**.

Figura 31. Limpieza al robot.

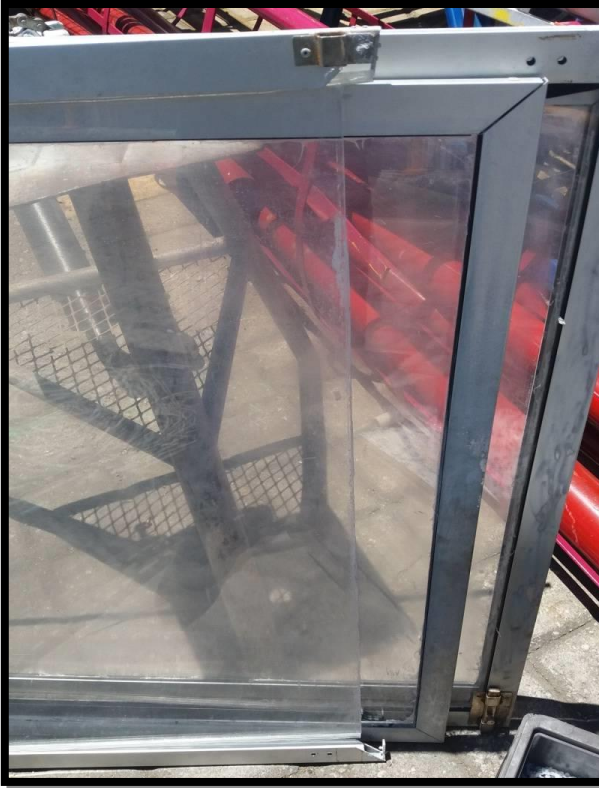


3.4.12 Mejora 12. Instalación de puertas.

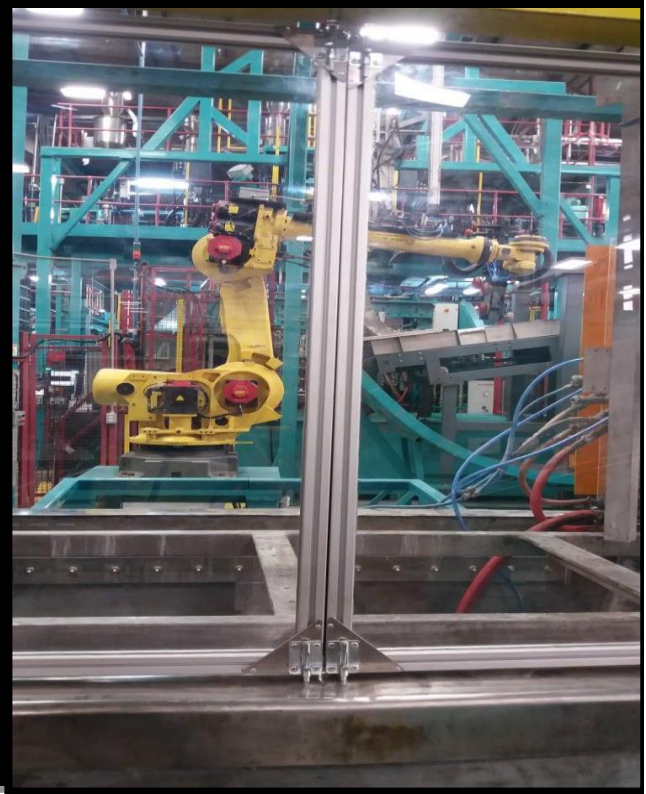
Se instalaron nuevas puertas de aluminio a la celda del robot, esto con la finalidad de evitar algún tipo de contaminación que afecte al proceso y haciendo esta área segura para el personal. Como se muestra en la **figura 32**.

Figura 32. Instalación de las puertas de aluminio.

Antes



Después




Las comparaciones de las gráficas de datos del antes y después de las mejoras implementadas se muestran en los **anexos I-VII** del presente proyecto.

3.5 Control.

3.5.1 Mantenimiento preventivo.

Se controla el plan de mantenimiento preventivo para el sistema Parker de Gripper, que debe ser cada 6 meses, la orden de trabajo se muestra en la **Figura 33**.

Figura 33. Orden de trabajo para el sistema Parker de Gripper

EAM		Print Work Order - Comprehensive		infor	
Work Order					
Work Order	1017801	Check Parker units 6 Month PM	Scheduled Start	03/08/2015	
Created By	JHALE		Scheduled End Date	03/21/2015	
Created	09/08/2014		Status	Completed	Reprint
					
WO Type	PM	Parent WO			
Department	Preventive Maintenance	Class	D		
PM Schedule	AVL-*	Priority	6		
Cost Code	DEFAULT / ALL DEPARTMENTS	Warranty			
Problem Code	AVL-CKM246	Safety			
Project	Check Parker units 6 Month PM	Equipment Criticality	1		
	-528	Assigned To	PROCESS		
	FORD LINE 8	Reported By			
		Assigned By			
		Multiple Equipment	No		
		Campaign			
		Campaign Event			

3.5.2 Mantenimiento a cilindros.

Se controla el periodo del mantenimiento preventivo a las unidades de cilindro de la máquina de enfriamiento, la orden de trabajo se muestra en la **Figura 34**.

Figura 34. Orden de trabajo para el mantenimiento preventivo a las unidades de cilindro.

EAM		Imprimir orden de trabajo (completa)		infor	
Orden de trabajo					
Orden de trabajo	1361651	MP MENSUAL COOLING SOPLADORA 9	Fecha de inicio	04-09-2016	
Creado por	NGOMEZ		Fecha de finalización programada	10-09-2016	
Creado	16-08-2016		Estado	Lanzadas	
					
Tipo de OT	PM	OT principal			
Departamento	Mantenimiento Preventivo	Clase	D		
Programación de MP	18-FOC FACT-B	Prioridad	6		
Código de costo	FOCUS FACTORY B	Garantía			
Código de problema	MP MEN COOLING NGFS	Seguridad			
Proyecto	MP MENSUAL COOLING SOPLADORA 9	Criticidad del equipo			
OT estándar	P11	Asignado a	SMARCIAL		
	KMX SOPLADORA 9	Informado por			
		Asignado por			
		Equipos múltiples	No		
		Campaña			
		Evento de campaña			
		Fecha de inicio			
		Fecha de finalizac			
		Hora terminada			

3.5.3 Mantenimiento al marcador laser.

El plan de mantenimiento del marcador laser señala que debe ser semestral y de debe hacer la solicitud del nuevo material al departamento de compras (Figura 35), la orden de trabajo se muestra en la Figura 36.

Figura 35. Solicitud del nuevo material.

NOMBRE DEL SOLICITANTE		DEPARTAMENTO	
A. CASTILLO		FFB	
	DATOS	FECHA DE INGRESO	29/07/2016
		NOMBRE REFACCION	FILTRO DE AIRE PARA MARCADORAS LASER
	PROVEEDOR T/0 COTIZACION	Keyence Mexico	
	CATEGORIA:	FILTROS	
	AREA A UTILIZAR	FWD NGFS, BMM4, FWD-AWDMCA BMM, MAZDA BMM7, AUDI BMM4-BMM6.	
	NIVEL DE CONSUMO	TENER AL MENOS 5 FILTROS EN STOCK	
(MARCA, SI REQUIERE DE ALGUNATEM. OTROS NOMBRENOMBRES)	DETALLES	NUMERO DE PARTE OP-84216	

Figura 36. Orden de trabajo de mantenimiento del marcador laser.

EAM		Imprimir orden de trabajo (completa)		infor	
Orden de trabajo					
Orden de trabajo	1359465	MP semestral marcadora laser MARCA KEYENCE	Fecha de inicio	12-08-2016	
Creado por	NGOMEZ		Fecha de finalización programada	12-08-2016	
Creado	12-08-2016		Estado	Lanzadas	
					
Tipo de OT	PM	OT principal			
Departamento	Mantenimiento Preventivo	Clase			
Programación de MP	18-MAINTEN	Prioridad	6		
	MAINTENANCE	Garantía			
	MP MARCADORA LASER	Seguridad			
Código de costo	MP semestral marcadora laser MARCA KEYENCE	Criticidad del equipo			
	P11	Asignado a	ASOLANO		
	KMX SOPLADORA 9	Informado por			
Código de problema		Asignado por			
Proyecto		Equipos múltiples	No		
OT estándar		Campaña			
		Evento de campaña			
		Fecha de inicio			
		Fecha de finalizac			
		Hora terminada			

3.5.4 Mantenimiento del Robot.

El mantenimiento del robot se debe llevar a cabo mensualmente (como mantenimiento preventivo), la orden de trabajo se muestra en la **Figura 37**.

Figura 37. Orden de trabajo para el mantenimiento del robot.

The screenshot shows the EAM system interface for a work order. At the top, it says 'EAM' and 'Imprimir orden de trabajo (completa)'. The work order details are as follows:

Orden de trabajo				
Orden de trabajo	1359466	MP MENSUAL ROBOTS	Fecha de inicio	15-08-2016
			Fecha de finalización	21-08-2016
Creado por	NGOMEZ		Fecha de finalización programada	
Creado	12-08-2016		Estado	Lanzadas
				
Tipo de OT	PM	OT principal		
	Mantenimiento Preventivo	Clase		
Departamento	18-MAINTEN	Prioridad	6	
	MAINTENANCE	Garantía		
Programación de MP	MP MEN ROBOTS	Seguridad		
	MP MENSUAL ROBOTS	Criticidad del equipo	2	
Código de costo	P11	Asignado a	FRODRIGUEZ	
	KMX SOPLADORA 9	Informado por		
Código de problema		Asignado por		
Proyecto		Equipos múltiples	No	
		Campaña		
OT estándar		Evento de campaña		
		Fecha de inicio		
		Fecha de finalizac		
		Hora terminada		

3.5.5 Mantenimiento de la fibra óptica.

El plan de mantenimiento de la fibra óptica se debe llevar a cabo mensualmente (como mantenimiento preventivo) para asegurarse que quede al centro de las pinzas, la orden de trabajo se muestra en la **Figura 38**.

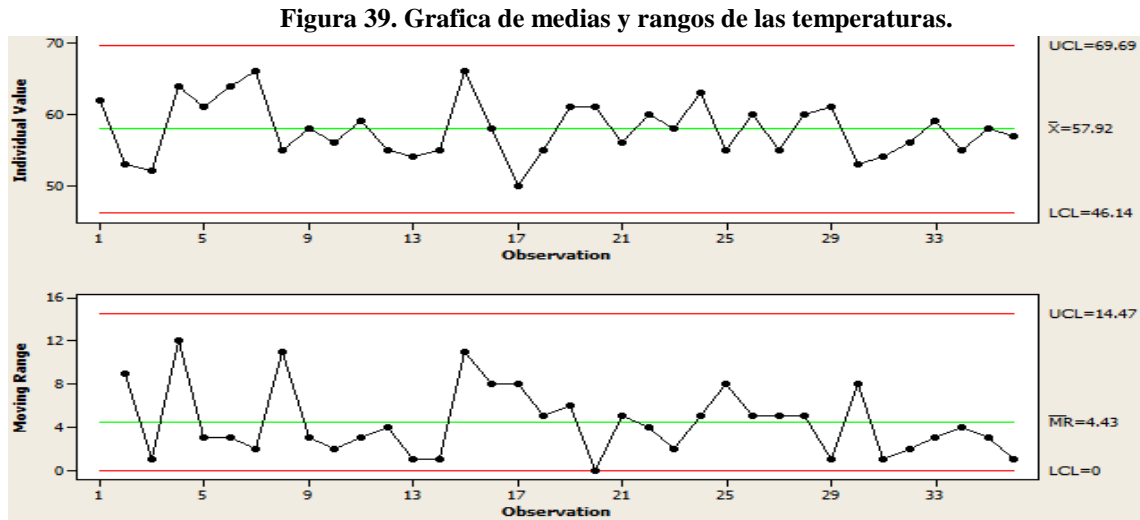
Figura 38. Orden de trabajo para el mantenimiento de la fibra óptica.

The screenshot shows the EAM system interface for a work order. At the top, it says 'EAM' and 'Imprimir orden de trabajo (completa)'. The work order details are as follows:

Orden de trabajo				
Orden de trabajo	1361650	MP MENSUAL SOPLADORA 9	Fecha de inicio	04-09-2016
			Fecha de finalización	10-09-2016
Creado por	NGOMEZ		Fecha de finalización programada	
Creado	16-08-2016		Estado	Lanzadas
				
Tipo de OT	PM	OT principal		
	Mantenimiento Preventivo	Clase		
Departamento	18-FOC FACT-B	Prioridad	6	
	FOCUS FACTORY B	Garantía		
Programación de MP	MP MENS SOP NGFS	Seguridad		
	MP MENSUAL SOPLADORA 9	Criticidad del equipo	3	
Código de costo	P11	Asignado a	SMARCIAL	
	KMX SOPLADORA 9	Informado por		
Código de problema		Asignado por		
Proyecto		Equipos múltiples	No	
		Campaña		
OT estándar		Evento de campaña		
		Fecha de inicio		
		Fecha de finalizac		
		Hora terminada		

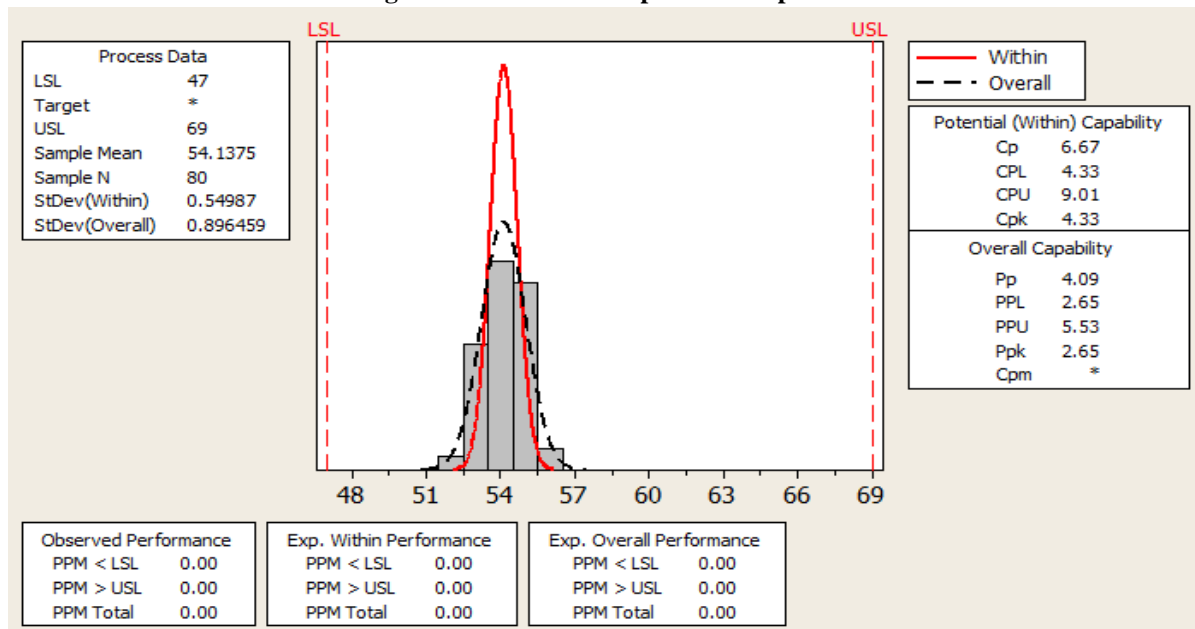
3.5.6 Registro de temperatura.

Se debe llevar un registro de temperatura del material de retorno, la Checklist se muestra en el **anexo VII y IX** y la ayuda visual para medir temperatura en el **anexo X**. Las temperaturas de rebrote en BMM 9 con un promedio de 57,9 ° C, 69,9 en el límite superior y 46,14 ° C en el límite inferior, por lo que los niveles se encuentran dentro de los límites, como se muestra en la **Figura 39**.



Se realizó un análisis de capacidad del proceso con la temperatura registrada (80 tanques sin scrap) en el cual se observa un índice Cp 6.67 y Cpk 4.33 lo que indica que el proceso cuenta con la capacidad de cumplir con los requerimientos especificados, como se observa en la **figura 40**.

Figura 40. Análisis de capacidad del proceso.



3.5.7 Lista de solución de problemas.

Se controla una lista con soluciones para problemas que ocurran después de las mejoras realizadas. Como se muestra en la **Figura 41**.

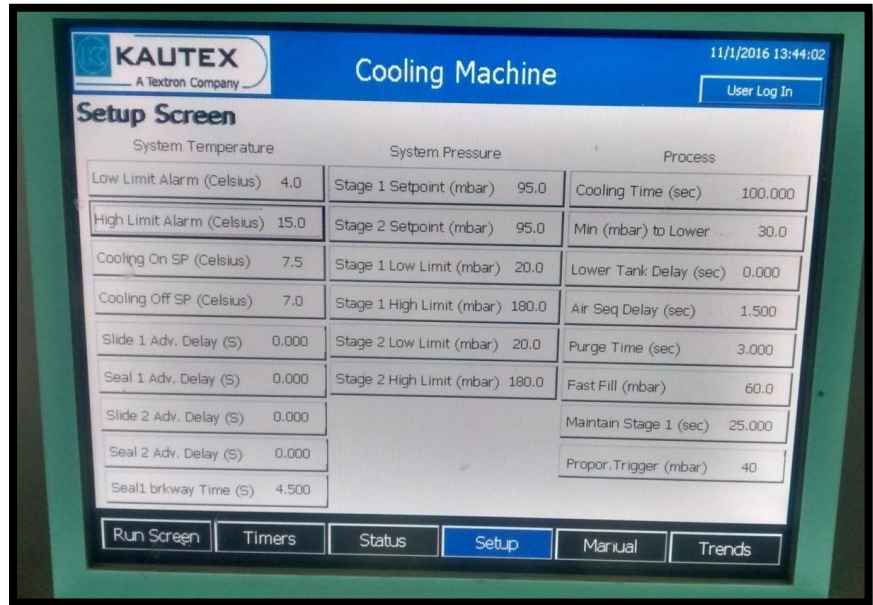
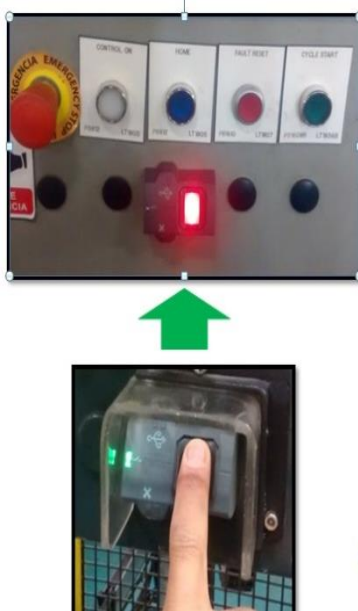
Figura 41. Lista con soluciones para problemas.

TROUBLE SHOOTING LIST / FAULT / CAUSE / REMEDY			
PROCESS	FAULT	CAUSE	REMEDY
Traceability system	Fail in IBS system in robot cell	Update of operative system	1.Re-start operative system
Blowing phase	Wear of sliders in flat die-contamination	Temperature increase in material extruder, increase of mechanical movement	1.-Implementation of BSD III
Cooling phase	Light curtains blocked	Sediment caused by water	1.-Robot sequence 2.- Light curtains relocation
Cooling phase	Cylinders from CF interrupts operation	Sediment caused by water	1.- Periodic change of cylinders 2.- Periodic cleaning
Cooling phase	Recirculation pump not working properly	Programming NOK	1. Re-start of pump manually 2.- Programming of drive from pump or Cooling machine 1
Blowing phase	Loss of present of component in grippers from middle frame	Optical fiber placed in a wrong way.	1.Cleaning of optical fiber 2.Validate damage in components FLVV-ROV
Labeling phase	Laser labeling NOK	Change of material from BASSEL to INEOS.	1.- Increase power 2.- Increase speed 3.- Decrease variable spot
Blowing phase	Variation in temperature of regrind material cause variation in weight.	Shut downs-start ups, weekends.	1.- Remove all cold regrind material 2.Generate regrind material by creating flash.
Transportation phase in robot cell	Pneumatic system from Robot for tanks in	Vacuum system obstructed by sediments	1.Periodic cleaning 2.Change of filters 3.Change of hoses

3.5.8 Sistema Biométrico.

Con este sistema se controlan los cambios que se hacen a los parámetros en el HMI para las máquinas de refrigeración 1-2, las personas que no se registren en la base de datos no podrán hacer modificaciones. El sistema se muestra en las **figura 42**.

Figura 42. Sistema Biométrico.



4. Conclusiones.

En el periodo de enero- abril se tenía un número muy elevado de piezas de scrap debido a diferentes causas como se muestra en la **tabla 9**, repercutiendo en un costo total de \$72,123.00 lo que representan 1234 piezas de scrap, después de las mejoras implementadas se realizó un conteo de las piezas de scrap relacionadas con las mismas causas en un periodo comprendido de agosto-octubre y el resultado fueron 586 piezas de scrap teniendo un costo total de \$25,591.00, como se muestra en la **tabla 10**.

Tabla 9. Resultado final (enero a abril).

Cause of scrap	Pieces of scrap	Cost of scrap
IBS	1234	\$ 35,786.00
Flat die (contamination)	533	\$ 15,457.00
Cooling´s (Fail in ICV cylinder unit)	115	\$ 3,335.00
Cooling´s (fail in recirculation pump)	115	\$ 3,335.00
Cooling´s (fail of light curtains)	115	\$ 3,335.00
Lack of internal components (valve)	225	\$ 6,525.00
Laser marker	150	\$ 4,350.00
TOTAL	2487	\$ 72,123.00

Tabla 10. Resultado final (agosto-octubre).

Cause of scrap	Pieces of scrap	Cost of scrap
IBS(not in BMM)	586	\$ 16,994.00
Flat die (contamination)	62	\$ 1,798.00
Cooling´s (Fail in ICV cylinder unit)	29	\$ 841.00
Cooling´s (fail in recirculation pump)	29	\$ 841.00
Cooling´s (fail of light curtains)	29	\$ 841.00
Lack of internal components (valve)	131	\$ 3,799.00
Laser marker	13	\$ 377.00
TOTAL	879	\$ 25,491.00

De acuerdo con lo anterior se concluye que implementando la metodología DMAIC Six Sigma cumplió con el objetivo general establecido en el presente proyecto, y los resultados obtenidos fueron aún más favorables de lo que se esperaba.

El objetivo general era disminuir el porcentaje de scrap de un 5.3% a 4%, pero en realidad se disminuyó hasta un 3% como se aprecia en la **tabla 11**, acercándose al objetivo AOP de 2.8%. Con esto Kautex tiene un ahorro total anual de 186,528.00.

Tabla 11. Comparación final: real vs estimada

	Estimated	Real
Tanks reduction	858	879
% Scrap full line BMM9	5.3% to 4%	5.3% to 3%
Scrap cost	\$ 24,882.00	\$ 25,491.00
Annual savings	\$ 186,528.00	

También se cumplieron con todos los objetivos específicos:

1. Reducción de tanques scrap con la finalidad de eliminar tiempos muertos. Esto debido al plan de mantenimiento preventivo en las diferentes maquinas que se utilizan en la producción por lo que se garantiza que los paros durarán menos tiempo y se eliminarán piezas de scrap causadas por mal funcionamiento de maquinaria.
2. Evitar el uso inadecuado de la materia prima. Teniendo las maquinas en buen estado se evita que la materia prima sea dañada al comenzar el proceso y así se mantiene la calidad del material durante todo el tiempo de procesamiento.
3. Eliminar almacenamiento de tanques defectuosos. Al disminuir el número de scrap se utilizan menos recursos para su almacenamiento y se libera espacio que puede utilizarse para otros propósitos que agreguen valor al producto.


Actualmente se buscan nuevas oportunidades de mejora y se perfeccionan los planes de mantenimiento para evitar paros inesperados por daños causados por el trabajo constante de las maquinas, esto con la finalidad de dar mantenimiento preventivo y no correctivo.

Los resultados fueron tan favorables que se pretende aplicar esta metodología a los demás procesos de producción y capacitar a los grupos de trabajo de las diferentes plantas de producción, teniendo así mayores beneficios.

Anexo I. PCR.

KAUTEX A Better Tomorrow		PCR (SOLICITUD CAMBIO DEL PROCESO)		Folio: Nº 7592	
<input checked="" type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Cambio <input type="checkbox"/> Mejora		<input checked="" type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Cambio <input type="checkbox"/> Mejora		<input type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Cambio <input type="checkbox"/> Mejora	
Area de Cambio: Línea: F009 BMM9 Producto: FWD 2104		Fecha de Cambio: Fecha de Cambio: 14/07/16 Hora de Cambio: 8:00 am		Fecha de Validación: Fecha de Validación: 02/08/16 Hora de Validación: 9:00 pm	
Lista de ítems de cambios sugeridos en el Proceso					
<input type="checkbox"/> 1. Cambios de tamaño, selección (Adaptaciones, modificaciones, reducción de costos, tratamiento de dimensiones en el componente... agregar a condiciones originales de referencia)					
<input type="checkbox"/> 2. Reemplazo de Tooling en el proceso					
<input type="checkbox"/> 3. Reemplazo a cambios en la máquina programada o serie estándar					
<input type="checkbox"/> 4. Retirado, adaptación o cambio de velocidad original en los herramientas.					
<input type="checkbox"/> 5. Ajuste en la estación después de la carga automática por impacto / parámetro de ajuste.					
<input type="checkbox"/> 6. Cambio a velocidad (Otro, Diferente de la marginal) después de parámetro de producción o programación programada					
<input type="checkbox"/> 7. Modificación de POCs en el sitio final o en las estaciones serie estándar					
<input type="checkbox"/> 8. Reemplazo, tamaño, retiro, adaptación o cambio de velocidad original en el modo por mantenimiento en el sitio					
<input type="checkbox"/> 9. Par de, cambio en el perfil / tipo de Extrusión / Cambio de perfil en los puntos de el perfil en el WTC y para cada canal					
<input type="checkbox"/> 10. Reparaciones en el final de, Cambio en los segmentos/áreas de el final					
<input type="checkbox"/> 11. Reemplazo de introducciones que necesitan recalibración					
<input type="checkbox"/> 12. Después de una carga automática por ruptura de CIVOL, detención, material contaminado					
<input type="checkbox"/> 13. Playe o Cambio en el material y cambio en el tipo de recuperado					
<input type="checkbox"/> 14. Ajuste de la máquina después de carga automática					
<input type="checkbox"/> 15. Retirado, tamaño, reparación, adaptación o cambio de velocidad original en componentes de PSPs en unidades de serie. Ajuste de parámetros que originan salir de la estación.					
<input type="checkbox"/> 16. Para repuntas PSPs. Retirado, tamaño, reparación, adaptación o cambio de velocidad original en la nave de corte de Deflex					
<input type="checkbox"/> 17. Cambios a ajuste en parámetros de control que originan salir de parámetros establecidos.					
<input type="checkbox"/> 18. Reparaciones en unidades de control que originan salir de parámetros establecidos.					
<input type="checkbox"/> 19. Retirado, tamaño, adaptación o cambio de velocidad original en la nave de corte.					
<input type="checkbox"/> 20. Ajuste de la unidad de corte que originan salir de parámetros establecidos.					
<input type="checkbox"/> 21. Reparaciones en la unidad de corte.					
<input type="checkbox"/> 22. Ajuste lineal en las unidades de Rotación que originan salir de parámetros establecidos.					
<input type="checkbox"/> 23. Reemplazo de introducciones que necesitan recalibración					
<input type="checkbox"/> 24. Replazo de herramienta Programada o serie estándar en relación a unidades					
<input type="checkbox"/> 25. Cambio de herramienta en parámetros Rotación / Cambio de parámetro que se deriva del original establecido, ajuste con: unido, parámetros de control.					
<input type="checkbox"/> 26. Cambio en las temperaturas, cambio o reparación de resistencias.					
<input type="checkbox"/> 27. Ajuste mecánico que originan estar fuera de los parámetros establecidos de rotación.					
<input type="checkbox"/> 28. Cambio de carga en el software o en la ejecución del programa del PLC, carga de software					
<input type="checkbox"/> 29. Cambio en los Parámetros de la red en la pantalla de computador fuera de los límites de tolerancia					
<input type="checkbox"/> 30. Ajuste a tensiones en el modo de control para el torque que originan salir de parámetros establecidos.					
<input type="checkbox"/> 31. Elongado del freno, Hacer Slides, etc... parámetro / retiro, adaptación o cambio de herramienta / Ajuste Mecánico, Reparaciones, retiro, tamaño o cambio de herramienta original en las unidades que originan salir de parámetros establecidos.					
Comentarios Sugeridos (Área del Cambio / Descripción del Cambio):					
Antes:			Después:		
Tiempo muerto en BMM9			Ajustes en BMM #9		
Ausente por fallas en sistema de motor, topología, middle y celda robótica.			Sistema de automatización, celda de automatización, topología, middle y celda robótica, coating machines.		
Transmisión Última Pasa Antes del Cambio: JPU0066096CDPZ Transmisión Primera Pasa Después del Cambio: JPU0147185CDPZ					
Criterios de contención:					
<input type="checkbox"/> Si este está relacionado con Welders o Impacto en fugas					
<input type="checkbox"/> Agente contención del producto					
<input type="checkbox"/> Se envía al técnico de Ingeniería de Calidad					
<input type="checkbox"/> Ingeniero de Calidad que coordina tren de carga					
Resultado de Contención: Cantidad: OK NOK SCRAP OK NOK SCRAP					
Se adjunta presentación de mejoras realizadas.					
Director de Planta		Supervisor de Planta		Director de Planta	
Copia Pasa: Calidad		Copia Pasa: Calidad		Copia Pasa: Calidad	

Anexo II. Controles de calidad después de mejoras en BMM 9.



Liberación por Niveles

Fecha: 2-8-16

Nivel de Liberación: 3

Razón de Liberación: Permanente

Nivel en que se recibe placa para prueba: 16 40

Nivel en que se libera placa: 18 40

Falla de PCM: N/A

Falla de PCB: NA

Primer Nivel: NH


Primer Nivel: NA

Nombre de la Placa: UGFC

Número de Partes: N/A

Septiembre: 9

Código	Descripción	Nivel 1				Nivel 2			
		OK	MA	NA o SP	NA	OK	MA	NA o SP	NA
11) Falso Test - Presencia SPDM	Transabilidad								
12) Espesor de Placa	Transabilidad								
13) Copias	Transabilidad								
14) Cables en Ambiente	Transabilidad								
15) Cables en Faja *	Transabilidad								
16) Química Control	Transabilidad								
17) Pvc Test	Transabilidad								
18) Recretamiento	Transabilidad								
19) Imp. Cuerpo de Ancho	Transabilidad								
19a) Imp. Cuerpo en Faja *	Transabilidad								
19b) Imp. Cuerpo en Color *	Transabilidad								
19c) Vicio Test	Transabilidad								
20) Muestreo de soldaduras	Transabilidad								
21) Ancho Interio	Transabilidad								
22) Dimensional CMR	Transabilidad								
23) Partes de especificación de la Norma del tiempo	Transabilidad								
24) Espesor de contacto con soldadura	Transabilidad								
100) Inspección de puntos críticos soldadura (transferencia local)	Transabilidad								
101) Compensación general del tamaño	Transabilidad								
200) Posición de los orificios / ranuras de los componentes de soldadura	Transabilidad								
21) 200) Lacerar todas las ranuras	Transabilidad								
220) Muestreo de cables	Transabilidad								
230) Espesor de Placa	Transabilidad								
240) Análisis de Placa	Transabilidad								
250) Imp. Tension Test. Ancho	Transabilidad								
250) Imp. Tension Test. Faja *	Transabilidad								
250) Imp. Tension Test. Color *	Transabilidad								
260) Análisis de Placa	Transabilidad								
270) Volumen	Transabilidad								
280) Pull test de la boca del tubo	Transabilidad								
29) 2 Pruebas inmediatas de Eje "Y" de	Transabilidad								
300) Verificar Faja Y de	Transabilidad								
310) Verificación de la parte ensamblada (conclusiones positivas)	Transabilidad								
320) Características de ensamblaje como: Torgue, Buzos, etc	Transabilidad								
330) EXPL-ADO: De inspección de hecho de cuenta FSU (Módulo, Motor y BZ-MS) según marca de tiempo.	Transabilidad								



Nombre y Apellido (Apellido y Nombre)

Técnico Asesor (Módulo y Faja)

N/A

Nombre de Control

NS

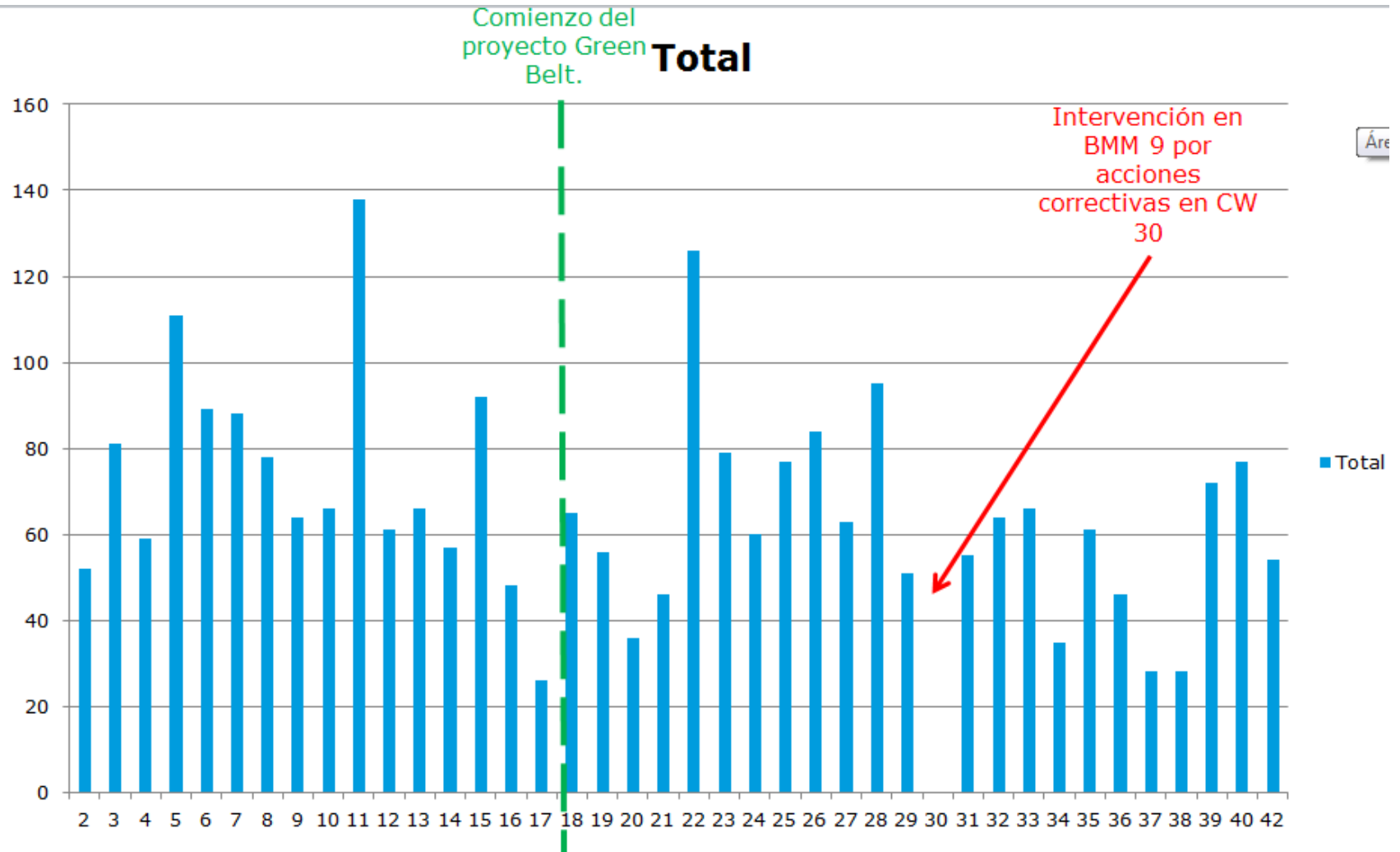
Nombre de Operario de Control

Nota 1.: * Pruebas de acuerdo a programa (AI) dentro de cada nivel.

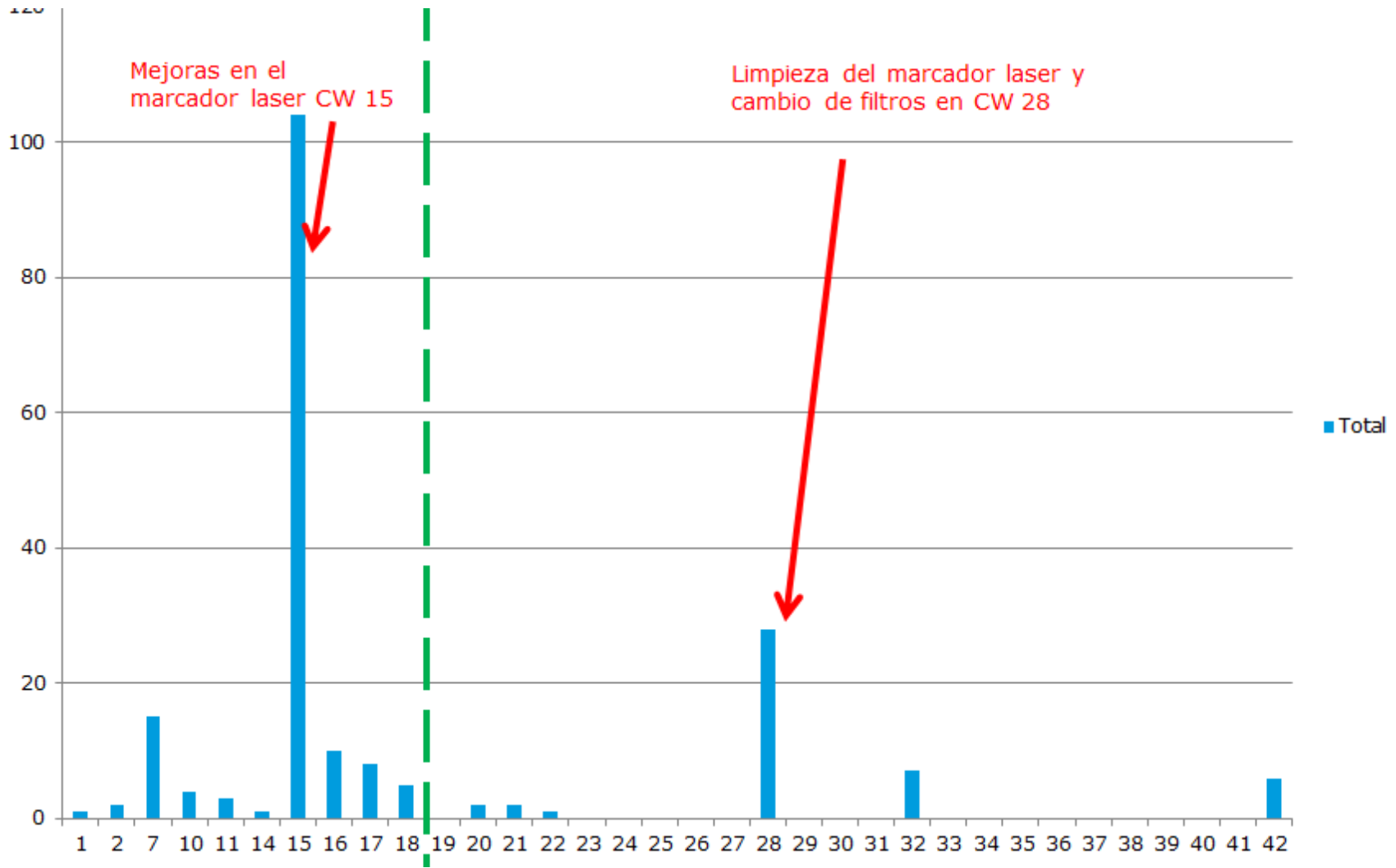
Nota 2.: SP: significa Sin Problemas. (Cuando se hacen producciones siempre se aplican las pruebas)

Nota 3.: MA, significa que una prueba se aplica

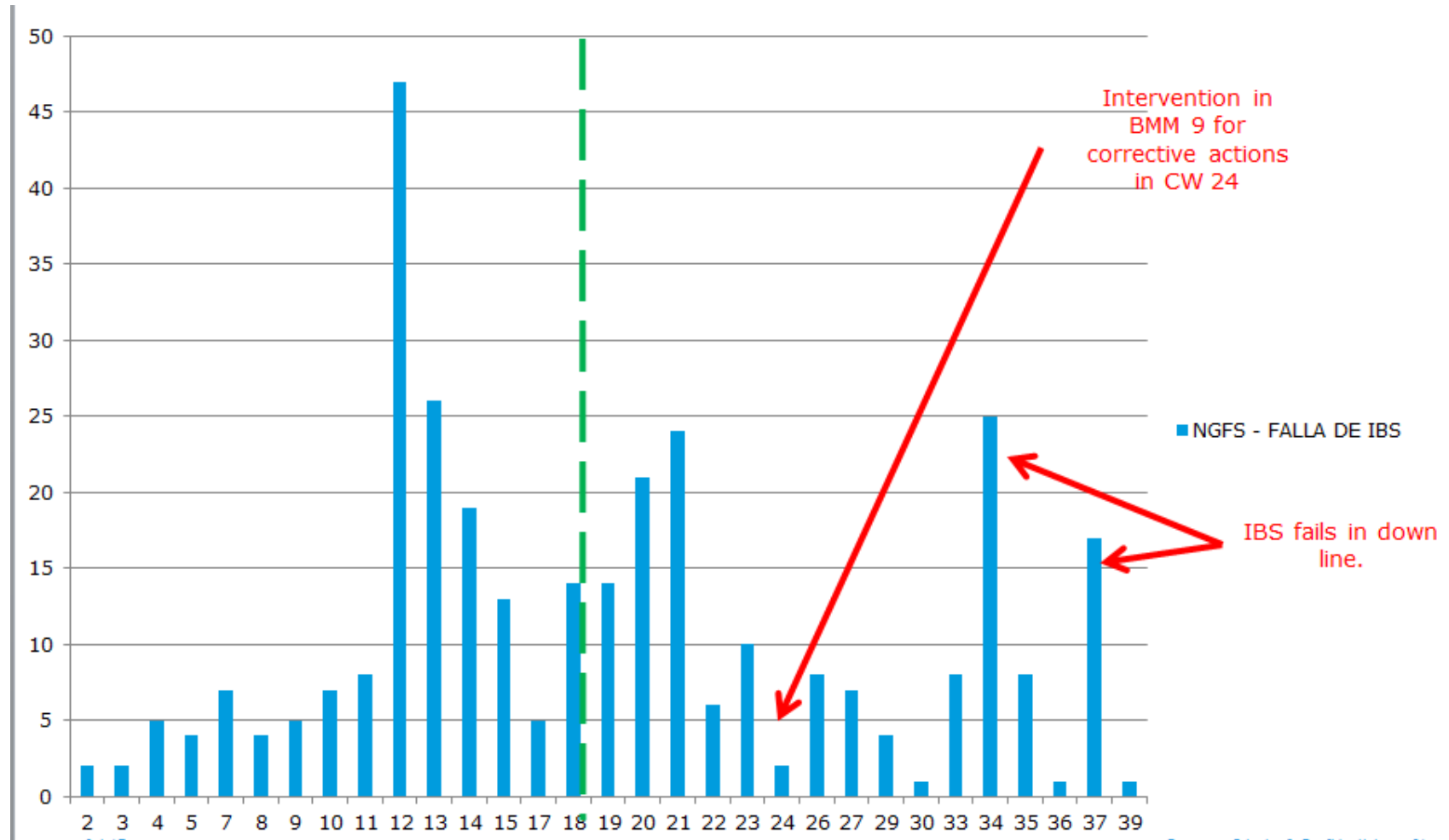
Anexo III. Cierre y Arranque del proyecto.



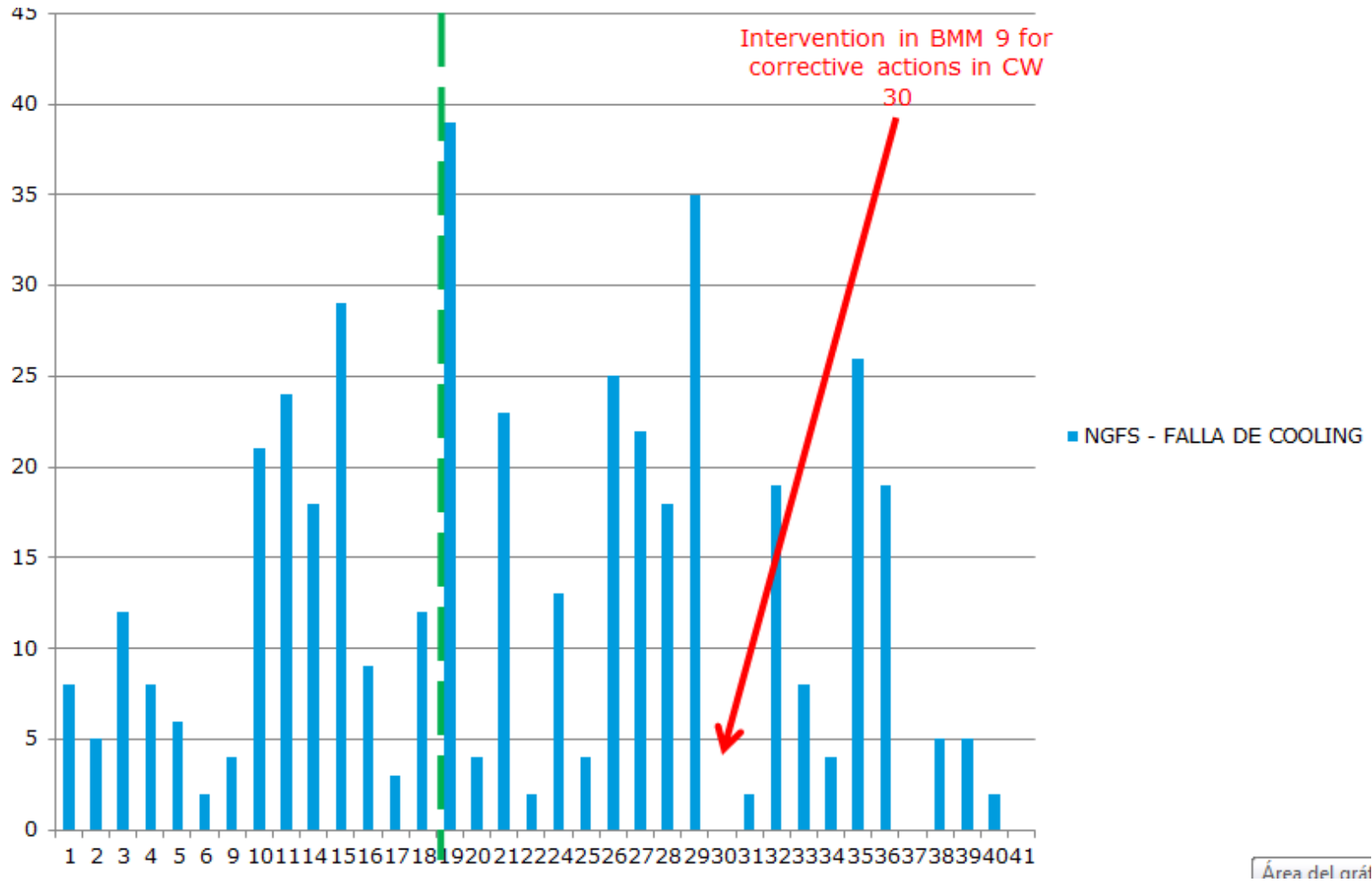
Anexo III. Falla de marcado láser.



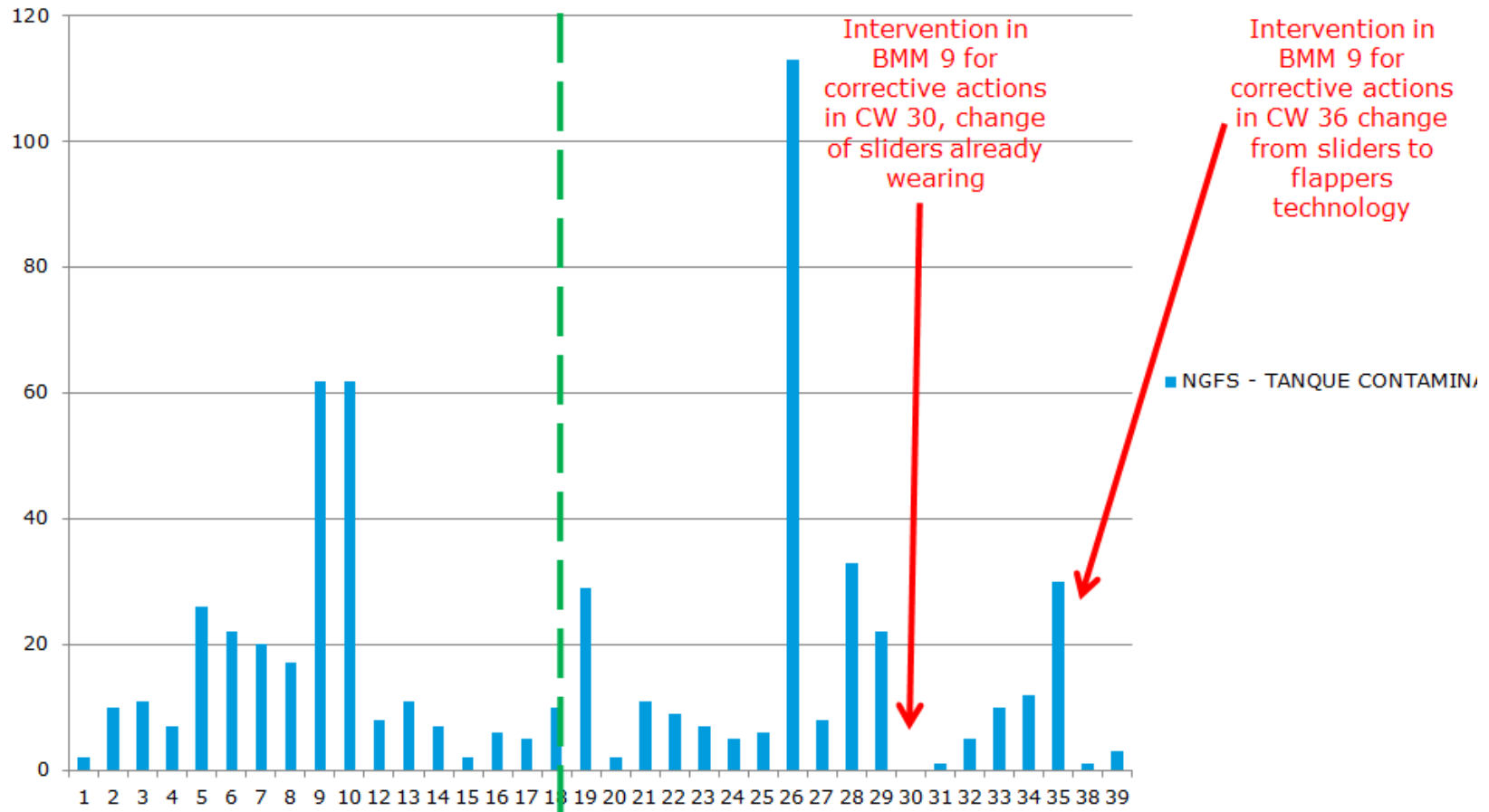
Anexo IV. Fallas IBS.



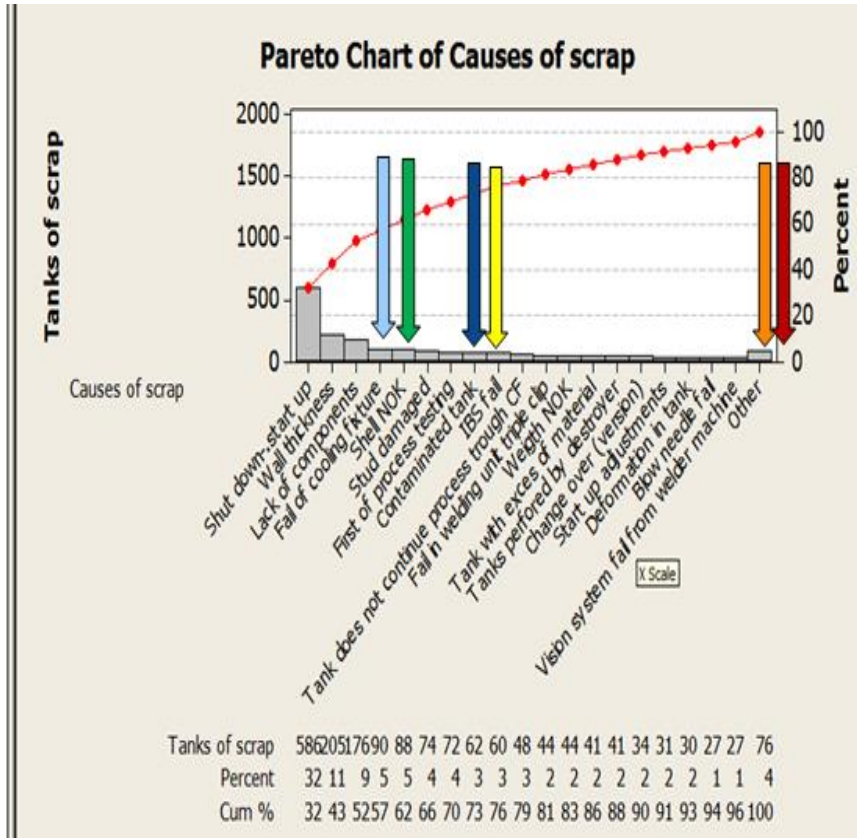
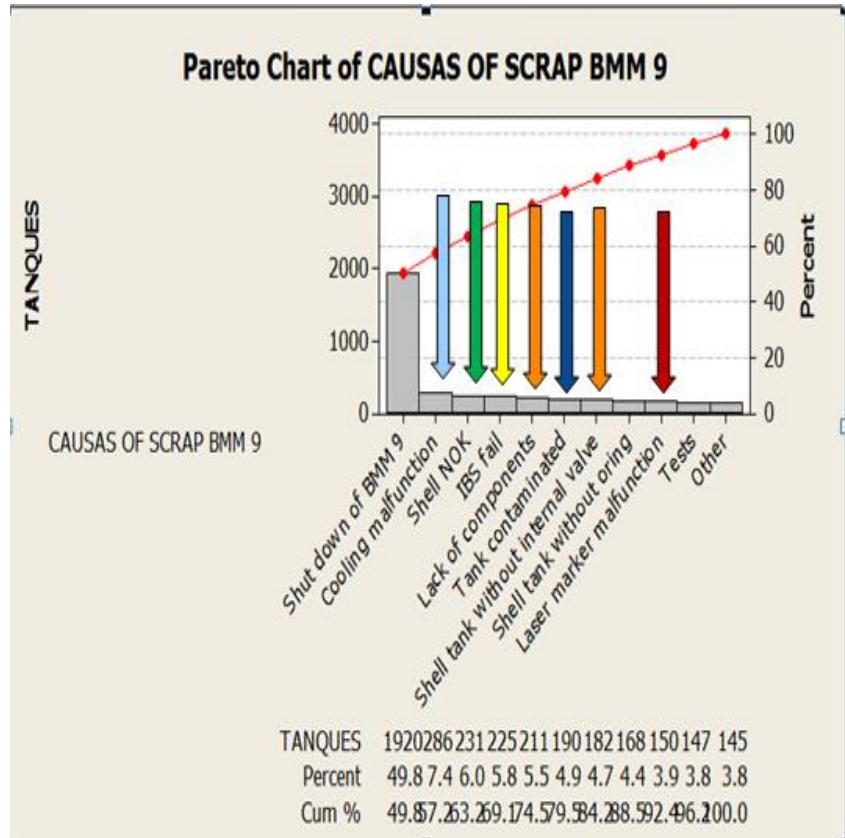
Anexo V. Fallas en coolings.




Anexo VI. Tanques contaminados.




Anexo VII. Diagramas de Pareto, antes y después de las mejoras.




Anexo VIII. Checklist para registrar las temperaturas.


 KAUTEX <small>A Teatron Company</small>		KAUTEX PLANTA PUEBLA CHECK LIST TEMPERATURAS DE RECUPERADO			FFB
Sopladora:		BMM 9	Actividad:		Toma de temperatura de material recuperado
N°	Procesista	Fecha	Turno	Hora	Temperatura de material recuperado
1	S-Marcial	02-08-16	1 ^o	21:27 hrs	62°C
2	A. Morales	10-08-16	2 ^o	14:10	53°C
3	J. Mollado	10-08-16	1 ^o	14:00	52°C
4	J. Mollado	11-08-16	1 ^o	14:00	47°C
5	S-Marcial	11-08-16	2 ^o	19:37	64
6	J. Mollado	12-08-16	1 ^o	14:00	61°C
7	J. Mollado	12-08-16	1 ^o	14:00	64°C
8	S-Marcial	13-08-16	2 ^o	19:30	66°C
9	S-Marcial	15-08-16	2 ^o	19:10	55°C
10	S-Marcial	16-08-16	2 ^o	17:28	58°C
11	A. Morales	17-08-16	1 ^o	4:00	56°C
12	S-Marcial	18-08-16	1 ^o	10:40	59°C
13	S-Marcial	19-08-16	1 ^o	8:15	55°C
14	J. Mollado	19-08-16	3 ^o	6:00	54°C
15	A. Morales	22-08-16	1 ^o	9:00	66°C
16	A. Morales	23-08-16	1 ^o	11:50	58°C
17	S-Marcial	24-08-16	1 ^o	10:33	50°C
18	S-Marcial	25-08-16	1 ^o	17:25	55°C
19	J. Mollado	25-08-16	2 ^o	06:00	61°C
20	S-Marcial	26-08-16	1 ^o	12:26	61°C
21	J. Mollado	26-08-16	2 ^o	06:00	25°C
22	J. Mollado	29-08-16	2 ^o	21:30	56°C
23	S-Marcial	29-08-16	3 ^o	23:00	60°C
24	S-Marcial	30-08-16	2 ^o	05:00	58°C
25	J. Mollado	31-08-16	2 ^o	14:00	63°C
26	S-Marcial	31-08-16	3 ^o	02:41	55°C
27	O. Flores	2/09/16	3 ^o	23:10	60°C
28	O. Flores	2/09/16	3 ^o	2:00	61°C
29	O. Flores	3/09/16	3 ^o	3:32	53°C
30	A. Morales	05/09/16	1 ^o	2:08	54°C
31	S-Marcial	05/09/16	3 ^o	2:44 hrs	56°C
32	J. Mollado	06/09/16	2 ^o	10:10	59°C
33	S-Marcial	06-09-16	3 ^o	13:47	55°C
34	J. Mollado	07-09-16	2 ^o	21:30	58°C
35	A. Morales	23/09/16	1 ^o	12:28 pm	52°C
36	A. Morales	24/09/16	1 ^o	14:15	40°C
37					
38					
39					

Anexo IX. Soporte visual para registrar las temperaturas.

		TEMPERATURA DE MATERIAL RECUPERADO		FECHA: 01-2016
LINEA: DHH 3		DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:	Validación de temperatura de material recuperado ideal para proceso de soplado.	PLANTA: PUEBLA
ESTACIÓN: Silo de material recuperado				CLIENTE: FORD
				PROYECT: FWD HCA



T4WM
027
XL10



T4WM
057
XL10

Temperatura NOK

Temperatura OK

La temperatura ideal en el material recuperado para evitar variación en el proceso de soplado debe encontrarse entre 46 °C y 69 °C con un valor medio de 57 °C, por lo que es de vital importancia validar temperatura de material antes del arranque de maquina para evitar tanques scrap.

Apéndice A.

Glosario de términos.

- **La razón de producción (throughput th)** es la salida promedio de un proceso de producción (máquina, estación de trabajo, línea, planta), por unidad de tiempo (hora, minutos, segundos), se define como la razón de producción del sistema o throughput rate. Para una línea o para una estación de trabajo, definimos la razón de producción como la cantidad promedio de partes o productos (no defectuosos) producidos por unidad de tiempo.
- **La capacidad (capacity)** es el límite superior de la razón de producción. En la mayoría de los casos, el trabajar a capacidad o sobre ella provoca que los sistemas sean inestables.
- **El tiempo de ciclo (cycle time ct)** de una ruta dada es el tiempo promedio desde que inicia el trabajo hasta que alcanza el punto final de la ruta.
- **El takt time**, en alemán, takt significa “medida”. El tiempo takt es la cadencia a la cual el cliente exige que su empresa fabrique sus productos. El tiempo takt es el número de minutos de trabajo por día, divididos por el número de pedidos por día.

Referencias bibliográficas.

1. Hung, H. C., & Sung, M. H. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580-591.
2. Majstorović, V., Šibalija, M. S. T., Obradović, Č., Živković, J., & Savić, I. (2007). Application of Six Sigma Methodology in Serbian Industry. In *Proceedings of 51st EOQ Congress, Prague, Czech Republic*.
3. Pimsakul, S., Somsuk, N., Junboon, W., & Laosirihongthong, T. (2013). Production process improvement using the six sigma DMAIC methodology: a case study of a laser computer mouse production process. In *The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 133-146). Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Ganguly, K. (2012). Improvement process for rolling mill through the DMAIC six sigma approach. *International Journal for quality research*, 6(3), 221-230.
5. Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Soriano-Meier, H., & Rocha-Lona, L. (2012, July). A case study of defects reduction in a rubber gloves manufacturing process by applying Six Sigma principles and DMAIC problem solving methodology. In *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey* (pp. 472-481).
6. Morato Orozco, J. S. (2009). Reducción de gasto energetico eléctrico usando seis sigma.
7. Mijajlevski, A. (2013). THE SIX SIGMA DMAIC METHODOLOGY IN LOGISTICS. 1st Logistics International Conference, (1), pp. 227-232.
8. Suárez-Barraza, M. F., & Ramis-Pujol, J. (2008). Aplicación y Evolución de la Mejora Continua de Procesos en la Administración Pública. *Globalización, Competitividad y Gobernabilidad de Georgetown/Universia*, 2(1).
9. García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 6(1), pp. (089-094).
10. Flores, J. G. (2007). LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS LABORALES (ASSESSMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES). *Educación XXI*, 10, 83.
11. Werkema, C. (2013). *Criando a cultura lean seis sigma*. Elsevier Brasil.
12. Pérez, V. (2010). *Calidad Total en la Atención al Clientes*. España: Ideas Propias.
13. Mora, J. (2003). La mejora gradual de los procesos. En *Guía Metodológica para la Gestión Clínica por Procesos*. (pp. 331-359). Madrid, España: Díaz de Santos, S.A.
14. Cuatrecasas, L. (2010). *la gestión de la calidad y su mejora: herramientas*. En *Gestión Integral de la Calidad* (67). Barcelona: Profit Editorial.
15. Marín García, J. A., Bautista Poveda, Y., & García Sabater, J. J. (2014). Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso. In *Intangible Capital* (Vol. 10, No. 3, pp. 584-618). Omnia Science.
16. Bartés, A. P. (2005). *Métodos estadísticos. Control y mejora de la calidad* (Vol. 1). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
17. Bessant, J. & Francis, D. (1999). Developing Strategic Continuous Improvement Capability. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(11): 1106-1119.
18. Corso, M., Giacobbe, A., Martini, A. & Pellegrini, L. (2007). Tools and Abilities for Continuous Improvement: What Are the Drivers of Performance. *International Journal of Technology Management*, 37(3-4): 348-365.
19. Arias, L., Portilla, L. & Castaño, J. (2008, junio). Aplicación de seis sigma en las organizaciones. *Scientia et Technica* Año XIV, no. 38, pp. 265- 270.

20. Marín-García, J. A., del Val, M. P., & Bonavia, T. (2008). La mejora continua como innovación incremental: el caso de una empresa industrial española. *Economía industrial*, (368), 155-167.
21. Gutiérrez, L. C., Solís, J. A. A., Bazán, G. S., & De la Torre Hidalgo, T. L. (2010). DEVELOPMENT OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR MEXICAN MANUFACTURING COMPANIES USING STRUCTURAL EQUATIONS MODEL. *Management*.
22. Gomez, L. & Cuautle, L. Current Use of Management Systems and Quality Tools in Companies Located in the State of Puebla Province, Mexico and Surroundings. *Industrial and Systems Engineering Review*, 2016, vol. 4, no 1, p. 67-7.
23. Lean Six Sigma México. (2011). Six sigma. Recuperado de <http://www.leansixsigmamexico.com>
24. Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh, R. R. (2001). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Madrid: McGraw Hill.
25. Pulido, G., & Salazar, H. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. McGraw-Hill
26. Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Pearson Educación.
27. De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604-614.
28. Eckes, G. (2006). *El six sigma para todos*. Editorial Norma.
29. Soto Privat, G. S. (2017). Diagnóstico de productividad en la línea de producción de hojuela de la Empresa Glisep SAC utilizando la metodología Six Sigma.
30. Pérez-López, E., & García-Cerdas, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Revista Tecnología en Marcha*, 27(3), 88-106.
31. Corral, J. V., & Valerio, J. P. (2010). Reducir el tiempo de preparación utilizando el sistema SMED en una máquina de producción por medio de la metodología DMAIC. In *IV CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA VERTICE 2010* (p. 13).
32. Iñiguez Torres, A. S. (2011). *Propuesta de optimización del proceso de lacado de muebles en la fábrica AHCORP, a través de la implementación de la metodología DMAIC* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2011).
33. Pérez Rave, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M., ... & Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 396-408.
34. Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education. Revised and Expanded from " Case Study Research in Education."* Jossey-Bass Publishers, 350 Sansome St, San Francisco, CA 94104.
35. Barragan L. (2015). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC DE LEAN SEIS SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL QUIRÓFANO DE UN HOSPITAL PRIVADO DE SAN LUIS POTOSI (Tesis de Grado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad de Contaduría y Administración División de Posgrado, San Luis Potosí.
36. Brazzero, M., & Camilo, D. (2017). *Mejora de la capacidad del proceso productivo de abono orgánico de la planta de abonos Chávez-Miño, mediante la implementación de la herramienta DMAIC seis sigma* (Master's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2017.).
37. Correa Torres, G. K., & Celi Lupera, N. J. (2016). *Implementación de la metodología dmaic para reducir las cuentas por cobrar en la empresa de montajes eléctricos y construcciones civiles* (Bachelor's thesis, Espol).

38. Sánchez, L., & Blanco, B. (2016). Análisis de la producción científica hispana en mejora continua: 1990-2011. *Revista Española de Documentación Científica*, 39(1), 116

Carta de la empresa.



Dr. Prudencio Fidel Pacheco García

06/07/2017

Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad
UPAEP Universidad

Por este medio le informamos que el Ing. Adanpool Castillo Cortes, alumno del Posgrado en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad, ha sido aceptado en nuestra empresa para participar en el desarrollo del proyecto titulado "Reducción de scrap en BMM 9", mismo que ha concluido exitosamente. Conscientes de los requerimientos que el Ing. Adanpool Castillo Cortes tiene como alumno del posgrado para obtener el grado de Maestro, les informamos que cumplió con los objetivos planteados donde las actividades realizadas en el proyecto consistieron en el seguimiento y utilización de metodologías, herramientas lean manufacturing - six sigma -DMAIC para la disminución de scrap en una sopladora la cual incluye una celda robótica,

Queremos enfatizar la importancia que tiene para nosotros la información a la que tendrá acceso el alumno y hacerles notar que deseamos mantener en confidencialidad la información de dicho proyecto por lo que solicitamos que la tesis tenga un registro de confidencial al ser entregada a la Universidad.

Agradeciendo de antemano su atención, reciba un cordial saludo.


Ing. Gerzahin Parra
6/Julio/2017

Atentamente

Ing. Gerzahin Parra

Sr Specialist CI Puebla

Kautex Textron Mexico
Km 117 Autopista Mexico-Puebla
Parque Industrial FINSA nave 8, PUE, 72710

Cel:2226500311

Email: gerzahin.parra@kautex.textron.com



06 JUL 2017

KAUTEX TEXTRON
MANAGEMENT

