



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Disminuir el tiempo de paros
referente a la fabricación del billete,
por los diferentes problemas que se
presentan en el área de calcografía**

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Arturo Ramírez Alemán

DIRECTOR DE TESINA

M.I. Pablo Luis Mendoza Medina



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

Índice

Introducción	3
CAPITULO I. Historia de la empresa	5
Valores.....	7
Fundamentación.....	7
Actividades	8
Asignaturas aplicadas	9
Contexto de la metodología Six Sigma	10
CAPITULO II. Fase 1 (Definir)	11
Definir	12
Mapeo de procesos	13
Diagrama de Gantt	14
CAPITULO III. Fase 2 (Medir)	15
Gráfico de Pareto	16
CAPITULO IV. Fase 3 (Analizar)	20
Identificación de los 9 desperdicios	21
Los 5 porqué's	24
Diagrama Causa-Efecto	25
CAPITULO V. Fase 4 (Mejorar)	28
SMED (Cambio de formato en pocos minutos).....	29
Poka Yoke	35
CAPITULO VI. Resultados y conclusiones	37
Fase 5 (Controlar)	37
Estandarización y documentación.....	38
Gráficos de control	39
Manual de usuario	42
Resultados	43
Conclusiones	44
Fuentes de consulta	45

Introducción.

Actualmente existen diferentes niveles de formación 6 Sigma, estos pueden ser alcanzados dependiendo del perfil de las personas que lo requieren. Para aquellos que están más relacionados con la operación tanto como un miembro que no está en una posición de liderazgo, Six Sigma Yellow Belt o Six Sigma Green Belt podría llegar a ser lo más recomendable. Sin embargo, para los líderes dentro de la empresa u organización, nada menos que un 6 Sigma Black Belt será aceptado como una señal de que están listos para ser líderes. El aprendizaje de Lean Six Sigma es el mismo concepto básico que las prácticas tradicionales, pero con un enfoque en la eliminación de residuos (7 Mudas) para mejorar la calidad y velocidad de hacer las cosas además de hacerlas de una forma más organizada, limpia y eficiente.

El programa de capacitación Six Sigma Cinta Amarilla (Yellow Belt) permite que los empleados tengan una comprensión más profunda de la mejora de procesos. Esto se logra a través de la introducción de gestión de procesos. Los estudiantes que participan en esta clase también se familiarizan con las herramientas fundamentales relacionadas con Six Sigma. El objetivo de la capacitación Cinta Amarilla (Yellow Belt) es dar a los estudiantes las herramientas necesarias para que se conviertan en un miembro importante dentro de grandes metas y objetivos de la empresa.

Los graduados Cinta Amarilla (Yellow Belt) contribuyen a la empresa ya que juegan un papel de apoyo en el proceso de Six Sigma. Estas personas reúnen los datos correctos y permiten que otras Cintas Amarillas adquieran conocimiento y experiencia en el proceso de resolución de problemas y que todos comprendan que el proceso es una parte integral de la metodología de mejora. Las personas con certificado Cinta Amarilla (Yellow Belt) tienen la tarea de localizar, controlar y vigilar las posibles pérdidas monetarias en cualquier área de la empresa.

Para este proyecto se plantea realizar las cinco fases fundamentales en un proyecto Six Sigma:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

GROUP, S. C. (s.f.). *6 SIGMA – YELLOW BELT, GREEN BELT Y BLACK BELT*. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://spcgroup.com.mx/6-sigma-yellow-belt-green-belt-y-black-belt/>

Justificación.

El presente proyecto se enfocara en aplicar la metodología Lean Six Sigma, la cual se caracteriza principalmente por la eliminación de desperdicios, re-trabajos y errores.

Actualmente Banco de México produce una gran cantidad de billetes al año, sin embargo se dedica a pagar horas extras a sus empleados debido a la alta cantidad de paros operaciones que se suscitan en el área de calcografía.

Se planea aplicar herramientas de la Ingeniería Industrial de las asignaturas como; Diseño de Sistemas Productivos, Sistemas de Calidad, Temas Selectos de Manufactura y Producción, Estudio del Trabajo y entre otras, con el fin de realizar mejoras en el área de producción de Banco de México, permitiendo el presente trabajo dar soluciones a las principales causas por las cuales se detectan una gran cantidad de paros operacionales en esta área.

Por lo tanto el objetivo de este proyecto es disminuir la cantidad de paros referentes a la fabricación del billete realizando un análisis detallado que me permita presentar un proyecto funcional para Banco de México.

CAPITULO I. HISTORIA DE LA EMPRESA

- Antecedentes

El Banco de México, que abrió sus puertas el 1 de septiembre de 1925, fue la consumación de un anhelo largamente acariciado por los mexicanos. Su creación cerró un largo periodo de inestabilidad y anarquía monetaria, iniciado desde principios del siglo XIX, y durante el cual reinaba un sistema de pluralidad de bancos de emisión; sistema que, además, fue agravado por el conflicto revolucionario de 1910, y con el que sobrevino la desconfianza en el papel moneda y la destrucción del sistema monetario vigente hasta ese momento.

No obstante, hoy en día es poco recordado el hecho de que los antecedentes del Banco de México se remontan, al menos, hasta principios del siglo XIX. En efecto, en 1822, durante el imperio de Agustín de Iturbide, se presentó, sin éxito, un proyecto para crear una institución con la facultad de emitir billetes, que se denominaría "Gran Banco del Imperio Mexicano".

En Europa, durante la misma época, los bancos centrales comenzaron a surgir, de manera espontánea, en la medida en que algún banco comercial iba adquiriendo funciones que, en un contexto moderno, corresponden en exclusiva a los institutos centrales. Algo parecido estuvo próximo a ocurrir en México hacia 1884, pero finalmente triunfó la postura que favorecía la libre concurrencia de los bancos comerciales en cuanto a la emisión de billetes.

Con la destrucción del sistema bancario porfirista durante la Revolución, la polémica ya no se centraba en la conveniencia del monopolio o la libre emisión de moneda, sino en las características que el Banco Único de Emisión debería tener, y cuyo establecimiento se consagró en el artículo 28 de la Carta Magna promulgada en 1917. La disyuntiva consistía en el establecimiento de un banco privado o un banco bajo control gubernamental. Los constituyentes reunidos en Querétaro optaron por la segunda fórmula, aunque la Constitución sólo estableció que la emisión de moneda se encargaría exclusivamente a un banco que estaría "bajo el control del Gobierno".

Sin embargo, a pesar del desiderátum consagrado en la Constitución, siete largos años demoró la fundación del entonces llamado Banco Único de Emisión. En ese lapso se emprendieron varias tentativas para llevar a cabo el proyecto, que fracasaron por la inflexible penuria del erario. Reiteradamente, la escasez de fondos públicos fue el obstáculo insuperable para poder integrar el capital de la Institución. Mientras tanto, en el mundo se fue consolidando la tesis sobre la necesidad de que todos los países contasen con un banco central. Tal fue el mensaje de un comunicado emitido en 1920 por la entonces influyente Sociedad

de Naciones, durante la Conferencia Financiera Internacional celebrada en Bruselas.

- **Fundación**

El establecimiento del Banco de México no se hace realidad hasta 1925, gracias a los esfuerzos presupuestarios y de organización del Secretario de Hacienda, Alberto J. Pani, y al apoyo por parte del Presidente Plutarco Elías Calles. En su momento, alguien llegó a comentar, en tono de broma, que a la Institución debería llamársele "Banco Amaro", ya que los fondos para integrar el capital se pudieron reunir finalmente, en virtud de las economías presupuestales logradas en el Ejército por el entonces Secretario de la Defensa Nacional, Gral. Joaquín Amaro.

Así pues, el Banco de México se inauguró en solemne ceremonia el 1 de septiembre de 1925. El acto fue presidido por el primer mandatario, Plutarco Elías Calles, y al mismo concurren los personajes más sobresalientes de la política, las finanzas y los negocios de esa época. Al recién creado Instituto se le entregó, en exclusiva, la facultad de crear moneda, tanto mediante la acuñación de piezas metálicas como a través de la emisión de billetes. Como consecuencia de lo anterior, se le encargó regular la circulación monetaria, las tasas de interés y el tipo de cambio. Asimismo, se convirtió al nuevo órgano en agente y asesor financiero y banquero del Gobierno Federal, aunque se dejó en libertad a los bancos comerciales para asociarse o no con el banco central.

- **Despegue**

Banco de México nace en momentos de grandes retos y aspiraciones para la economía del país. A la necesidad de contar con una institución de esa naturaleza, la acompañaban otros imperativos: propiciar el surgimiento de un nuevo sistema bancario, reactivar el crédito en el país y reconciliar a la población con el uso del papel moneda. (Este último no era una tarea sencilla, sobre todo después de la traumática experiencia inflacionaria con los "bilimbiques" del periodo revolucionario). Por todo ello, además de los atributos propios de un banco de emisión, al Banco de México se le otorgaron a su vez facultades para operar como institución ordinaria de crédito y descuento.

Durante sus primeros seis años de vida, el Banco obtuvo un éxito razonable en cuanto a promover el renacimiento del crédito en el país. Sin embargo, las dificultades que enfrentó para consolidarse como banco central fueron considerables. Aunque su prestigio creció y logró avances, la circulación de sus billetes fue débil y pocos bancos comerciales aceptaron asociarse con él mediante la compra de sus acciones.

Valores

Misión

El Banco de México tiene el objetivo prioritario de preservar el valor de la moneda nacional a lo largo del tiempo y, de esta forma, contribuir a mejorar el bienestar económico de los mexicanos.

Visión

Ser una institución de excelencia merecedora de la confianza de la sociedad por lograr el cabal cumplimiento de su misión, por su actuación transparente, así como por su capacidad técnica y compromiso ético.

Fundamentación

Impresión calcografía.

- Descripción genérica

Puede imprimir con tres planchas
Esta máquina puede imprimir hasta cuatro colores

- Tipo de impresión

Calcografía, impresión con alto relieve, es el medio de transferencia de una imagen contenida en una plancha directamente al papel o polímero, utilizando una alta presión hacia la superficie del sustrato, por lo que deposita una capa gruesa de tinta.

- Características sobresalientes

Imprime en un solo lado, dejando una capa de tinta en alto relieve, sensible al tacto.

Cuenta con un sistema de inspección para separar las hojas con defectos de impresión graves, que no cumplan con criterios programados.

Actividades

El Banco de México es nuestro banco central y ayuda a que el sistema financiero de nuestro país se desarrolle sanamente. El sistema financiero es un conjunto de instituciones como bancos, sociedades de inversión, aseguradoras, sofoles, casas de bolsa, y otras más. Estas instituciones financieras facilitan el acceso de personas y empresas a los sistemas de pago, es decir, cheques, tarjetas de crédito y débito, transferencias electrónicas y cualquier otro sistema por medio del cual se transfiera dinero.

El Banco de México es la única institución que puede emitir moneda nacional para que se realicen todas las transacciones en nuestra economía. México es uno de los pocos países que fabrican sus propios billetes y monedas. Para eso existen la Fábrica de Billetes y la Casa de Moneda.

El Banco de México se asegura que haya la cantidad de dinero necesaria para cubrir todas las necesidades sin que haya inflación; es decir que los precios de los bienes y servicios no aumenten hasta el punto en que podamos comprar menos cosas con la misma cantidad de dinero. Cuidar la estabilidad de precios es una de las responsabilidades más importantes del Banco de México.

El Banco de México, como la mayoría de los bancos centrales del mundo, es autónomo. Esto quiere decir que el gobierno no puede intervenir directamente en cómo se maneja.

MÉXICO, B. D. (s.f.). *ACERCA DE BANCO DE MÉXICO*. Recuperado el 23 de Febrero de 2017, de <http://www.banxico.org.mx/acerca-del-banco-de-mexico/acerca-del-banco-mexico.html>

Asignaturas aplicadas

- **Diseño de Sistemas Productivos**
Tipos de mantenimiento (Predictivo, preventivo y correctivo)
Costo de mantenimiento
Determinación de prioridades
Aspecto del mantenimiento

- **Sistemas de Calidad**
Enfoques y métodos para la solución de problemas
Herramientas y técnicas básicas: hojas de verificación, estratificación, diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, análisis ¿ por qué – por qué?, análisis ¿ cómo – cómo?, diagrama del campo de fuerzas, tormenta de ideas
Métodos para el control estadístico de procesos
Capacidad o habilidad de proceso. Índices Cp y Cpk.
Uso y aplicación de programas de cómputo sobre control estadístico de procesos.

- **Temas Selectos de Manufactura y Producción**
Metodología Six Sigma
Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC)

- **Estudio del trabajo**
Técnicas para el análisis de diagramas
Curva de aprendizaje
Plantear propuestas de mejora

UNAM. (s.f.). *PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA INDUSTRIAL*. Recuperado el 23 de Febrero de 2017, de http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/ingIndustrial_Plan.php

Contexto de la metodología Six Sigma

Esta metodología de calidad sirve para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo, centrandose su foco en la eliminación de defectos y la satisfacción del cliente.

Sigma (σ) es una letra del alfabeto griego que representa la S, utilizada por los estadísticos para medir una variación.

La metodología Six Sigma se basa en la curva de distribución normal para conocer el nivel de variación de cualquier actividad.

La mayoría de los procesos productivos siguen una distribución normal, con una distribución de frecuencias siguiendo la campana de Gauss, y con una probabilidad de que los valores queden fuera de los límites superiores e inferiores.

El proceso será más confiable cuanto más centrada respecto a los límites y cuanto más estrecha y alta sea la campana.

Six Sigma es una medida específica de calidad: 3.4 defectos por millón de oportunidades. Una oportunidad se define como una ocasión para la disconformidad, o de no cumplimiento de las especificaciones requeridas.

Este número surge del estudio de la capacidad de proceso a través de un índice de capacidad, el límite de diseño de Six Sigma, y da como resultado 3.4 defectos por millón.

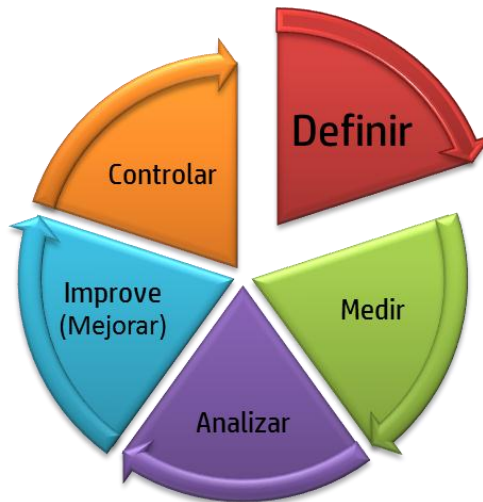
Esta metodología puede aplicarse a todas las actividades que conforman la cadena de valor interna, en las que se considera defecto todo aquello que provoca insatisfacción del cliente.

En la práctica Six Sigma se ha convertido en el nombre de un conjunto de metodologías y técnicas que se aplican para reducir los costos, y que en un enfoque disciplinado erradican los desperdicios y errores habituales en las operaciones tanto en los procesos técnicos y en los no técnicos. Ataca las causas de los problemas, mide y analiza detenidamente las operaciones a fin de determinar con exactitud cómo y por qué se producen los defectos, y luego toma medidas para abordar esas causas.

CAPITULO II

FASE 1. DEFINIR

Esta fase se refiere a establecer una definición clara del problema, nos garantiza que el análisis de causas, parta con un propósito claro.



Preguntas básicas en la definición de nuestro problema:

- **¿Qué?**

¿Qué equipos, materiales?

¿Qué está mal?

- **¿Cuándo?**

¿Cuándo se presenta el problema Días, número de veces, patrones?

- **¿Dónde?**

En qué área o departamento; ¿Dónde está el defecto?

Definir

¿Qué?

Existe un 14% de aumento referente a los paros de producción comparados con el año 2014 vs 2015 en la fase de Calcografía para la fabricación del billete.

¿Cuándo?

Se presenta **todos los días** que hay producción en el área de calcografía.

¿Dónde?

Fase de calcografía.

Objetivo:

Disminuir un 5% de paros de producción del aumento relacionado en el año 2014 al 2015 en la fase de Calcografía para la fabricación del billete aplicando metodología Lean Six Sigma.

Alcance:

Mejorar la producción en lotes de la fase de Calcografía para la fabricación del billete comparada con el año 2014 y 2015.

Beneficios:

- Crecimiento en la productividad, comparado con los años anteriores.
- Tener una mejor supervisión a los principales problemas que incitan un paro de producción.
- Disminución en costos directos e indirectos.
- Ser más eficiente en los procesos.

Unidad de medida:

- Horas de paros de producción en la fabricación del billete en la fase de Calcografía.

Riesgos:

La posibilidad de que los tiempos de paro aumenten y por tal motivo la producción disminuya considerablemente.

Equipo del proyecto:

- Subgerente de Manufactura (Ing. David Martínez Brito)
- Jefe de Oficina de Impresión L1 (Ing. Benito Rodríguez Barrón)
- Ingeniero de producción (Ing. Miguel Ángel González González)
- Responsable del proyecto (Arturo Ramírez Alemán)

Mapeo de procesos

Un mapa de procesos debe ser un documento vivo a través del proyecto ya que se actualiza continuamente conforme se obtiene mayor conocimiento del mismo.

Beneficios:

- Define entradas y salidas clave.
- Establece límites.
- Identifica los sistemas y bases de datos involucradas.
- Muestra redundancias y procesos similares.
- Aclara la forma en que se realizan las actividades.

Simbología:



A continuación se muestra el mapeo de procesos que se realiza en la fabricación del billete de \$50, el cual se compone de 5 etapas; Fondos (Offset), Grabados (Calcografía), Serigrafía, Numeración (Tipografía) y Recubrimiento (Flexografía).

DG Direktor Group
con medio Storage Aspinar

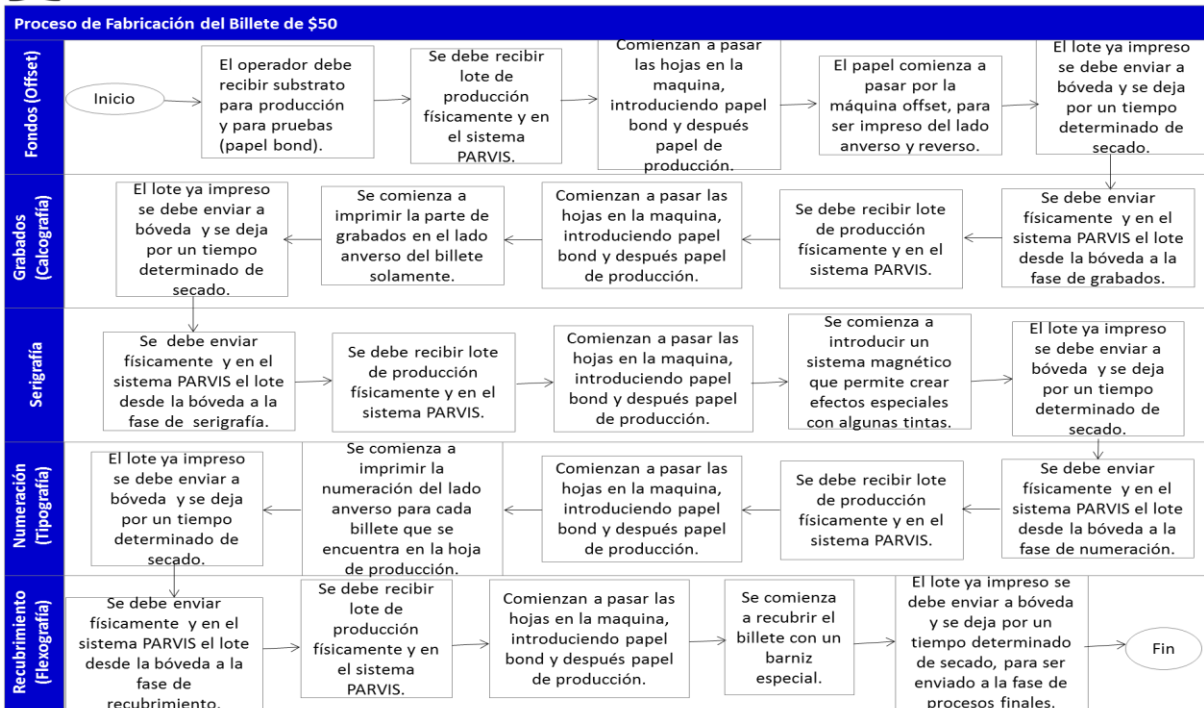


Ilustración 1. Mapeo de procesos en la fabricación del billete de \$50

Diagrama de Gantt

Es una herramienta que le **permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto.**

El diagrama de Gantt nos ayudará a visualizar el progreso del proyecto, pero también es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.

La siguiente imagen nos muestra la planificación de las actividades que se realizarán para disminuir el tiempo de paros referente a la fabricación del billete de \$50.

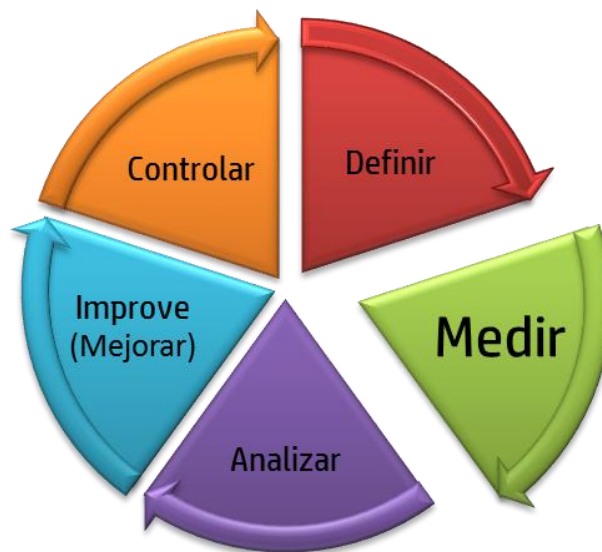
Diagrama de Gantt para disminuir el tiempo de paros referente a la fabricación del billete en el área de Grabados (Impresión Calcográfica)																				
Actividades	2016																Sem.	Fecha de entrega.		
	Marzo					Abril					Mayo				Junio					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2			3	4
Definir																			2	04/05/2016
Carta Proyecto.																			0.5	
Mapeo de Procesos.																			1	
Diagrama de Gantt.																			0.5	
Medir																			4	04/05/2016
Gráfico de Pareto.																			4	
Analizar																			2	04/05/2016
Identificación de los 9 desperdicios.																			1	
5 ¿Por qué's?																			0.5	
Diagrama Ishikawa																			0.5	
Mejorar																			2	08/09/2016
SMED																			1	
Poka Yoke																			1	
Controlar																			4	08/09/2016
Estandarizar																			4	
TOTAL																			14	

Ilustración 2. Diagrama de Gantt de las actividades a realizar para la disminución de paros referente a la fabricación del billete.

CAPITULO III

FASE 2. MEDIR

Esta etapa consiste en identificar los procesos internos que influyen en las características críticas para la calidad que han sido definidas como tales por los clientes, y medir los defectos generados relativos a estas características.



El objetivo de la fase de medición consiste en:

- Identificar las medidas críticas que nos indican la ubicación y la magnitud del problema.
- Utilizar estas medidas para graficar el comportamiento reciente del proceso
- Utilizar estos gráficos para lograr una idea inicial del proceso y poder cuantificar que tan bien o que tan mal se encuentra.
- Establecer si el proceso es estable y que capacidad tiene para satisfacer las exigencias del cliente.

Gráfico de Pareto

El análisis de Pareto es una **comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.**

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Los **“Pocos Vitales”** (los elementos muy importantes en su contribución) y los **“Muchos Triviales”** (los elementos poco importantes en ella).

En este caso se realizó un gráfico de Pareto en la fase de Grabados para la fabricación del billete en las maquinas Intaglio 2 y 3. Para identificar los principales motivos que nos llevan a tener paros operacionales.

Maquina Intaglio 2 Año 2014

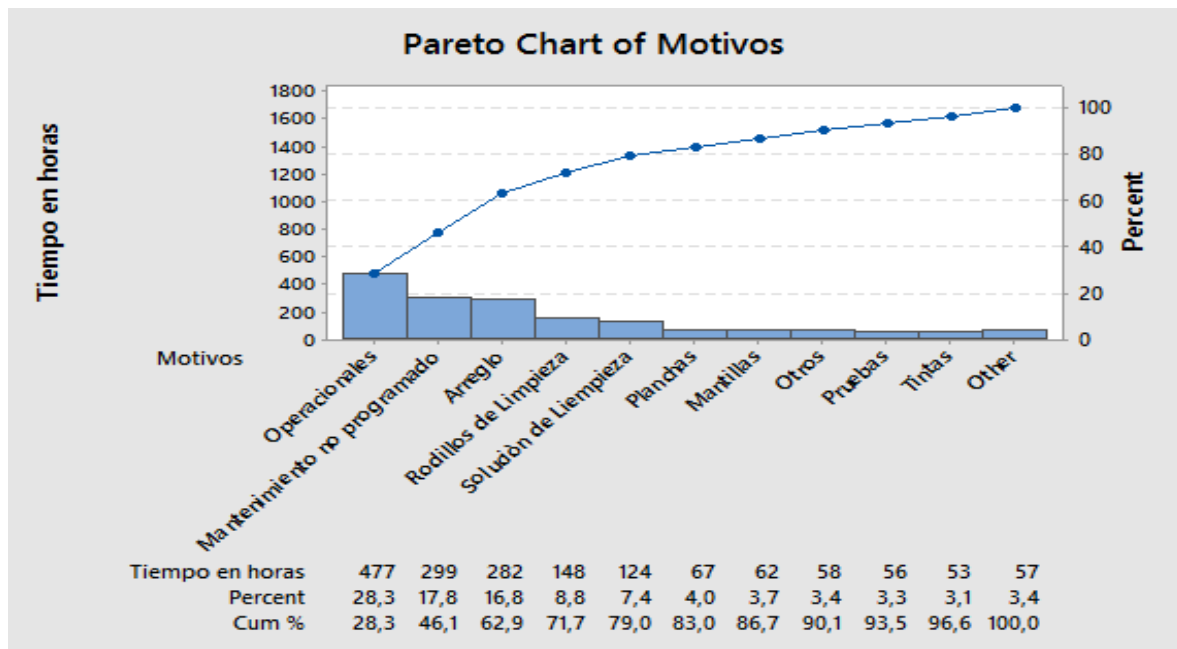


Ilustración 3. Diagrama de Pareto de la máquina Intaglio 2 en la fase de Calcografía para el año 2014.

Maquina Intaglio 2
Año 2015

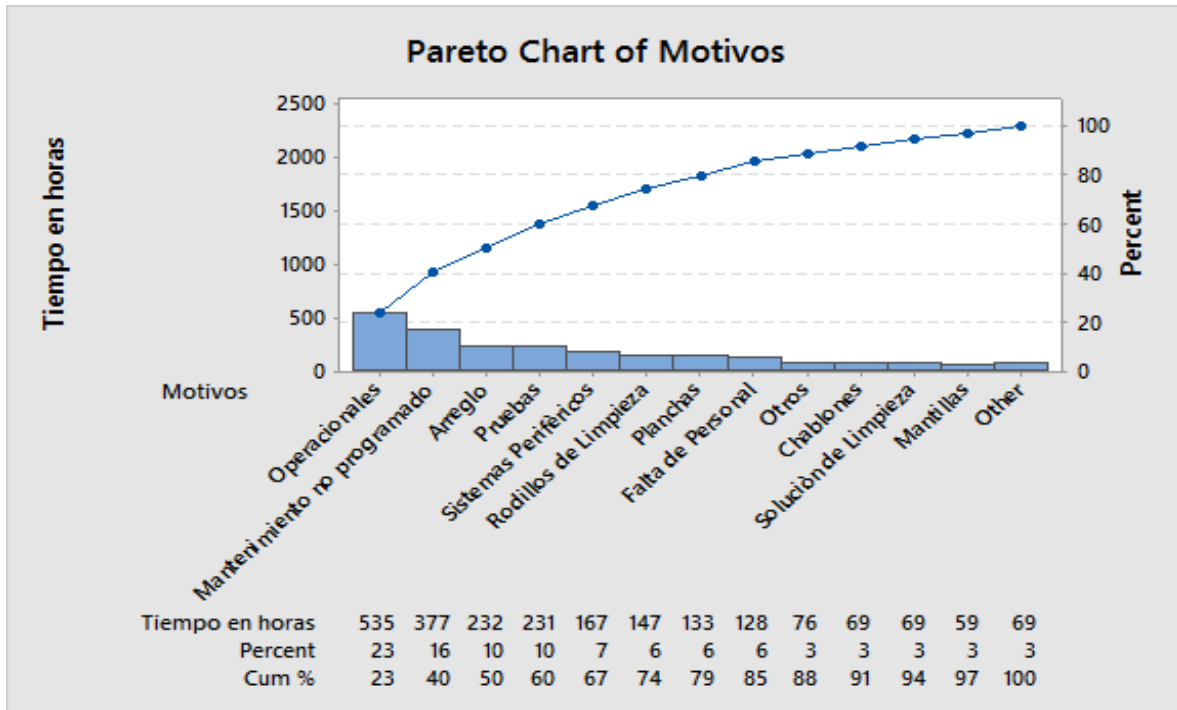


Ilustración 4. Diagrama de Pareto de la máquina Intaglio 2 en la fase de Calcografía para el año 2015.

Se puede observar que para la maquina Intaglio 2 en el año 2015, el tiempo de paro para los principales elementos (poco vitales), aumento en gran cantidad comparada con el año 2014.

Maquina Intaglio 3
Año 2014

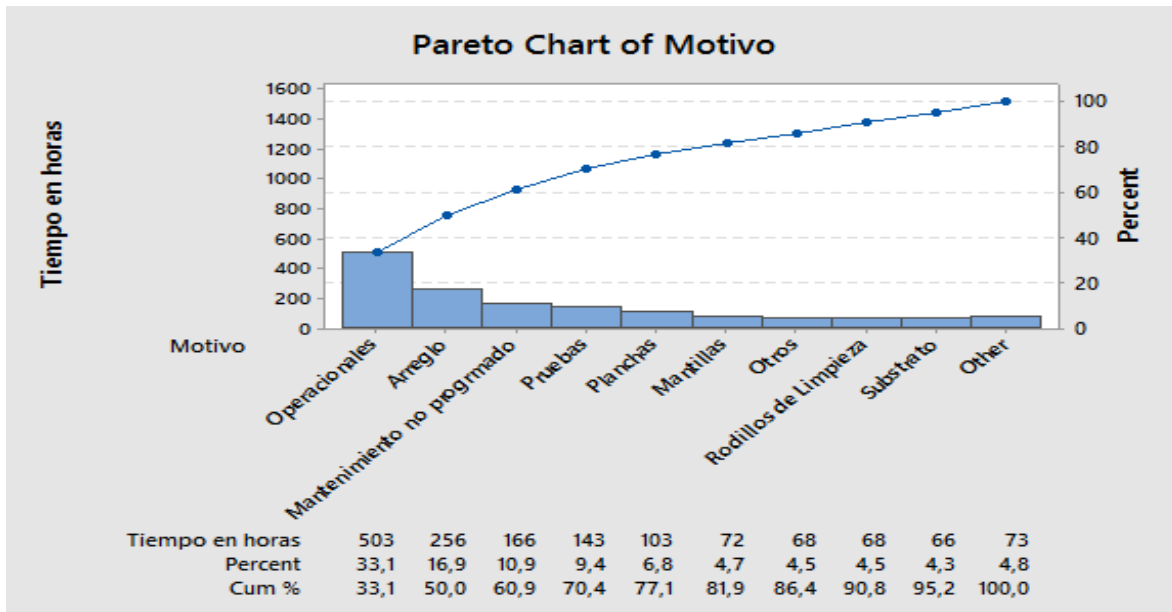


Ilustración 5. Diagrama de Pareto de la máquina Intaglio 3 en la fase de Calcografía para el año 2014.

Maquina Intaglio 3
Año 2015

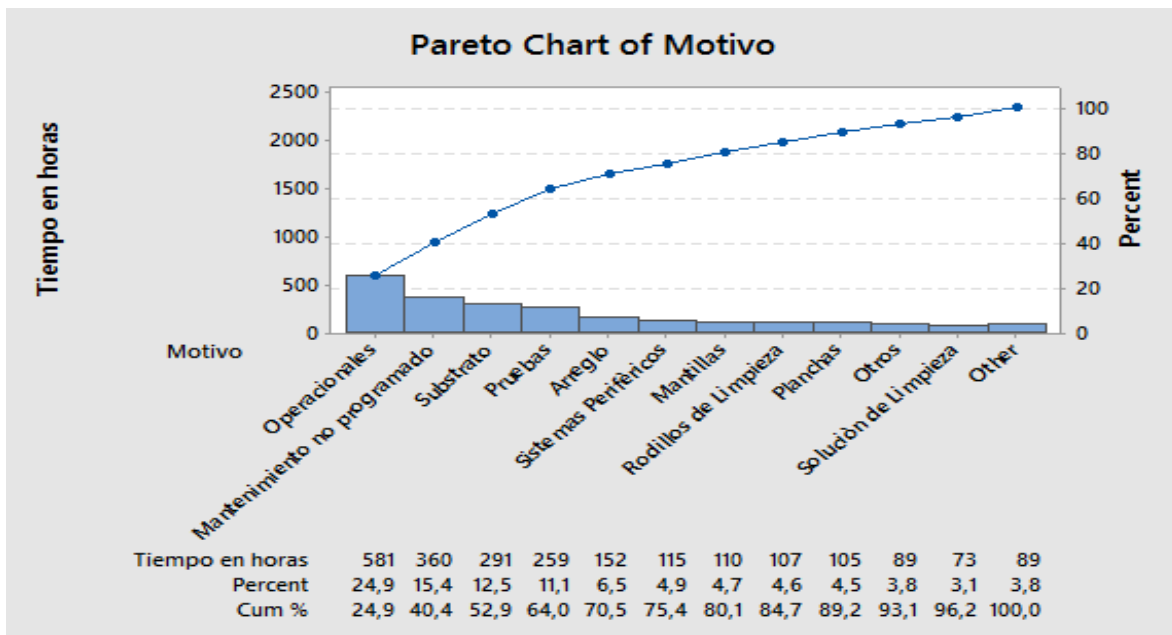


Ilustración 6. Diagrama de Pareto de la máquina Intaglio 3 en la fase de Calcografía para el año 2015.

Se puede observar que para la maquina Intaglio 3 en el año 2015, el tiempo de paro para los principales elementos (poco vitales), aumento de igual forma en gran cantidad comparada con el año 2014.

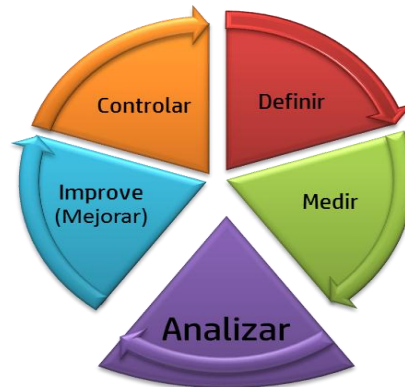
Visualizando el gráfico de las dos máquinas se puede resaltar a los paros de producción que destacan lo vital de lo trivial, los principales motivos que se presentan en las dos máquinas son:

- Operacionales
- Mantenimiento no programado
- Substrato

CAPITULO IV

FASE 3. ANALIZAR

Esta etapa permite al equipo de trabajo establecer las oportunidades de mejora al tener todos los datos



El objetivo de la fase de análisis consiste en:

Pensar cuidadosamente en las causas más probables.

- ¿Qué síntomas indican el problema?
- ¿Cuáles son las causas de estos síntomas?
- ¿Cuáles son las causas subyacentes (raíz del problema)?

Se evalúa el diseño del proceso actual para visualizar las causas de los problemas del proceso.

- Esto puede ayudar a identificar y cuantificar las causas raíz del problema.

Que se debe buscar:

Si se ha presentado un deterioro repentino en el desempeño de los procesos, se deben buscar cambios recientes en el proceso:

¿Qué fue diferente en el proceso en comparación a cuando funcionaba bien?

Se debe pensar en:

- Qué: equipos, materiales
- Cómo: proceso utilizado
- Quiénes: personas, grupos de trabajo
- Dónde: ubicación, departamento

Identificación de los 9 desperdicios

Valor es todo lo que el cliente está dispuesto a pagar; valor es creado por cualquier actividad que cambia la forma, apariencia o función de un producto o servicio.

Cualquier actividad que **NO** agrega valor es un **desperdicio** y solo le agrega gastos al producto.

Lean Six Sigma se enfoca en la **eliminación del desperdicio** para reducir costos.



Se realizó una tabla identificando los 9 desperdicios encontrados en las máquinas Intaglio 2 y 3 en la producción de un lote en el turno matutino, teniendo más tiempo de dedicación en actividades necesarias pero sin valor añadido.

IDENTIFICACIÓN DE LOS 9 DESPERDICIOS (INTAGLIO 2) FASE CALCOGRAFÍA

ACTIVIDAD		ACTIVIDADES			Tipo de Desperdicio
		De valor añadido (Min)	Necesarias pero sin valor añadido (Min)	Innecesarias y sin valor añadido (Min)	
1	Preparación de máquina		30		Movimiento
2	Cambio de Fibra en Cuba de Limpieza	20	0		Ninguno
3	Ajuste de máquina		20		Espera
4	Lijar planchas por velo	50			Ninguno
5	Apagón de energía eléctrica			30	Espera
6	Preparación de máquina		30		Movimiento
TOTAL DE MINUTOS		70	80	30	180

Ilustración 7. Identificación de los 9 desperdicios en un lote de producción del turno matutino para la máquina Intaglio 2.



Ilustración 8. Gráfico de pastel mostrando el % de actividades que agregan valor y que no agregan valor al producto.

IDENTIFICACIÓN DE LOS 9 DESPERDICIOS (INTAGLIO 3) FASE CALCOGRAFÍA

ACTIVIDAD		ACTIVIDADES			Tipo de Desperdicio
		De valor añadido (Min)	Necesarias pero sin valor añadido (Min)	Innecesarias y sin valor añadido (Min)	
1	Preparación de máquina		20		Movimiento
2	Ajuste de registro	60			Ninguno
3	Mantenimiento correctivo (Falta de succión en el feeder)		120		Espera
4	Mantenimiento correctivo (Fuga en la bomba del cilindro porta planchas)			170	Espera
5	Limpieza por fin de turno		30		Movimiento
TOTAL DE MINUTOS		60	170	170	400

Ilustración 9. Identificación de los 9 desperdicios en un lote de producción del turno matutino para la máquina Intaglio 3.

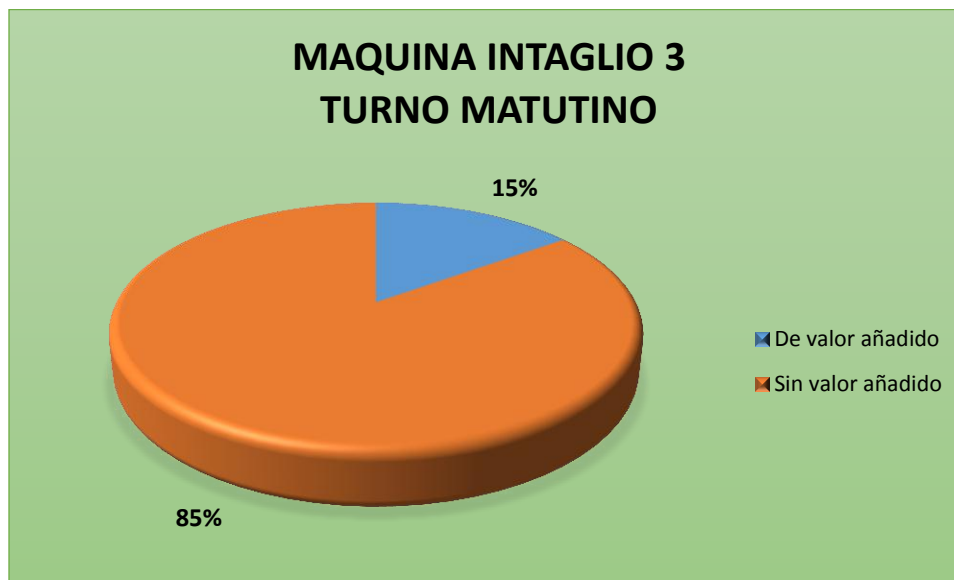


Ilustración 10. Gráfico de pastel mostrando el % de actividades que agregan valor y que no agregan valor al producto.



En las dos graficas se muestra con este color el potencial de mejora para el proceso de Calcografía en las maquinas Intaglio 2 y 3, ya que son actividades que no agregan valor a nuestro proceso.

Los 5 porque´s

Los 5 porque´s es una técnica de análisis de causa raíz simple que consiste en preguntar ¿por qué? Hasta llegar a la raíz más profunda de un problema.

Se realizó este diagrama para ver la razón en específico del por qué ocurre con tanta frecuencia un mantenimiento no programado y poder atacar esas principales causas.

¿Por qué?

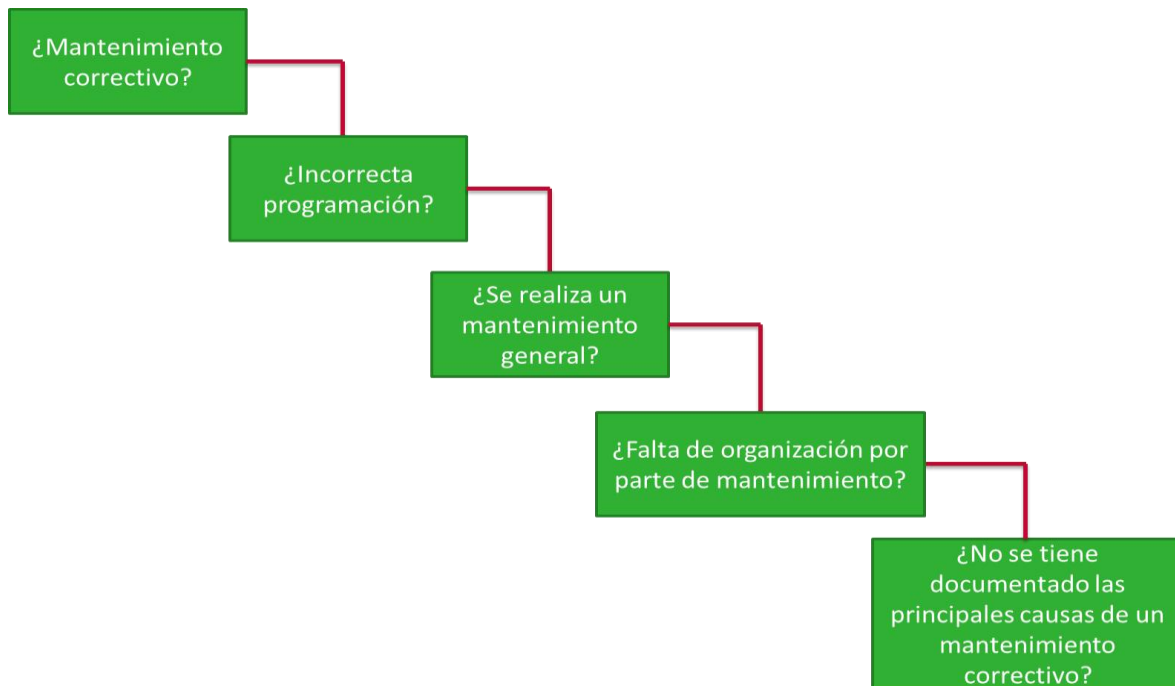


Ilustración 11. Las 5 preguntas que se generaron para llegar a una de las posibles raíces del problema a atacar en la fase de calcografía.

Diagrama Causa-Efecto

Con frecuencia la gente que trabaja en planes de mejoramiento se **apresura a sacar conclusiones sin antes analizar las causas**, se enfocan en una posible causa ignorando las demás, y emprendan acciones dirigidas a síntomas superficiales. **Los diagramas de causa efecto han sido diseñados para ayudar a evitar estas tendencias naturales** ya que:

- Ofrecen una estructura para comprender las relaciones entre las múltiples posibles causas de un mismo problema.
- Se le da a la gente un marco de trabajo para planear que tipo de información se va a recopilar.
- Sirve como representación visual de las causas que han sido estudiadas.
- Ayuda a que los participantes del equipo se comuniquen entre sí y con el resto de la organización.

Diagrama de Ishikawa

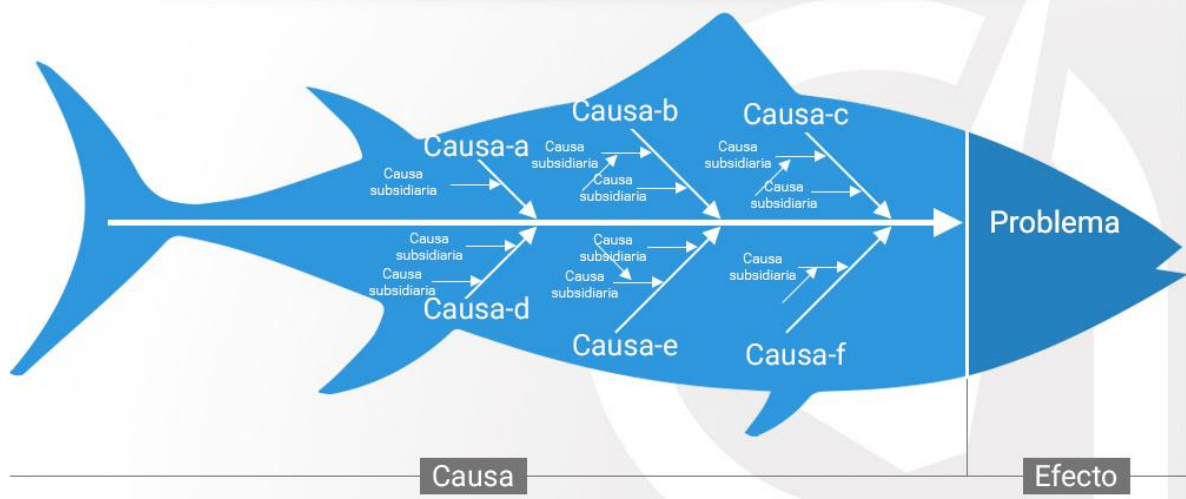


DIAGRAMA CAUSA-EFECTO FASE CALCOGRAFÍA

Se realizó un diagrama Ishikawa para ver la causa de los paros por mantenimiento no programado. Ya que se ha suscitado con mucha frecuencia e impacto en este presente año. Y aparece con un elevado tiempo en nuestra identificación de los 9 desperdicios en la categoría de actividades sin valor añadido, de la misma forma se ha detectado en la herramienta de los 5 porque's.

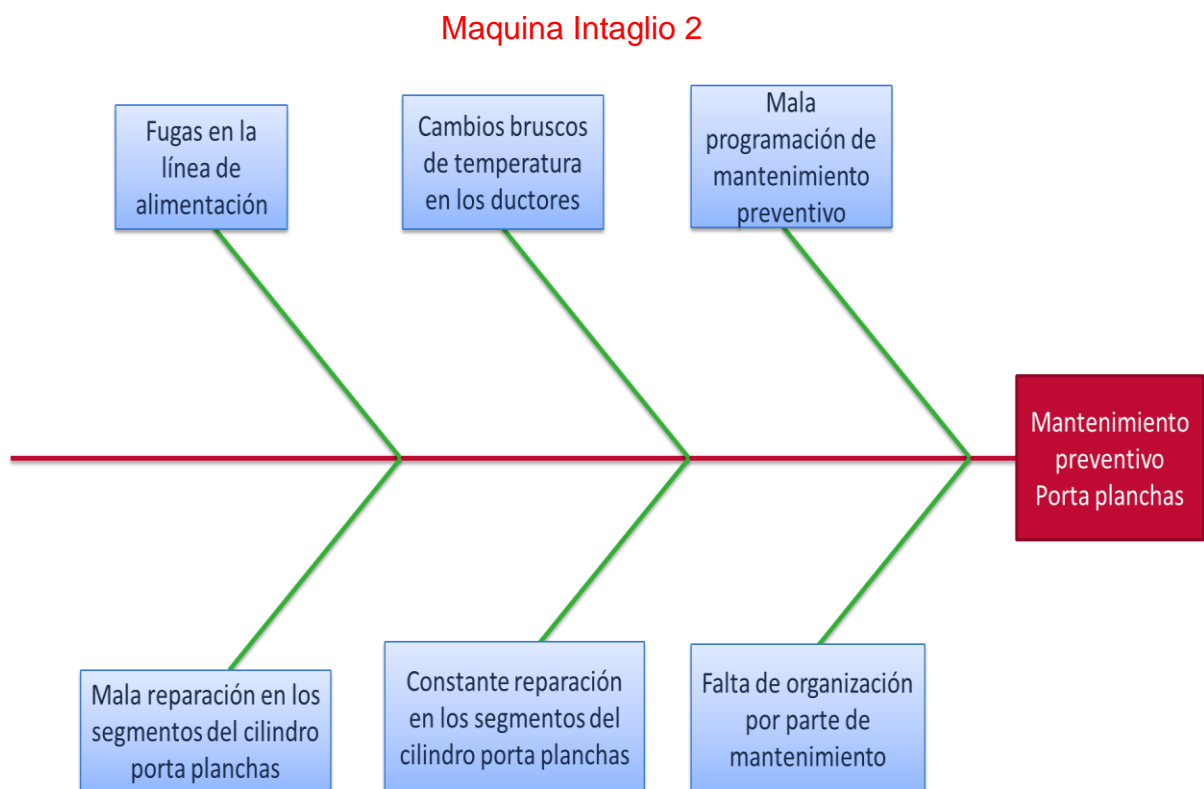


Ilustración 12. Diagrama Ishikawa del mantenimiento preventivo para el porta planchas de la maquina Intaglio 2.

Maquina Intaglio 3

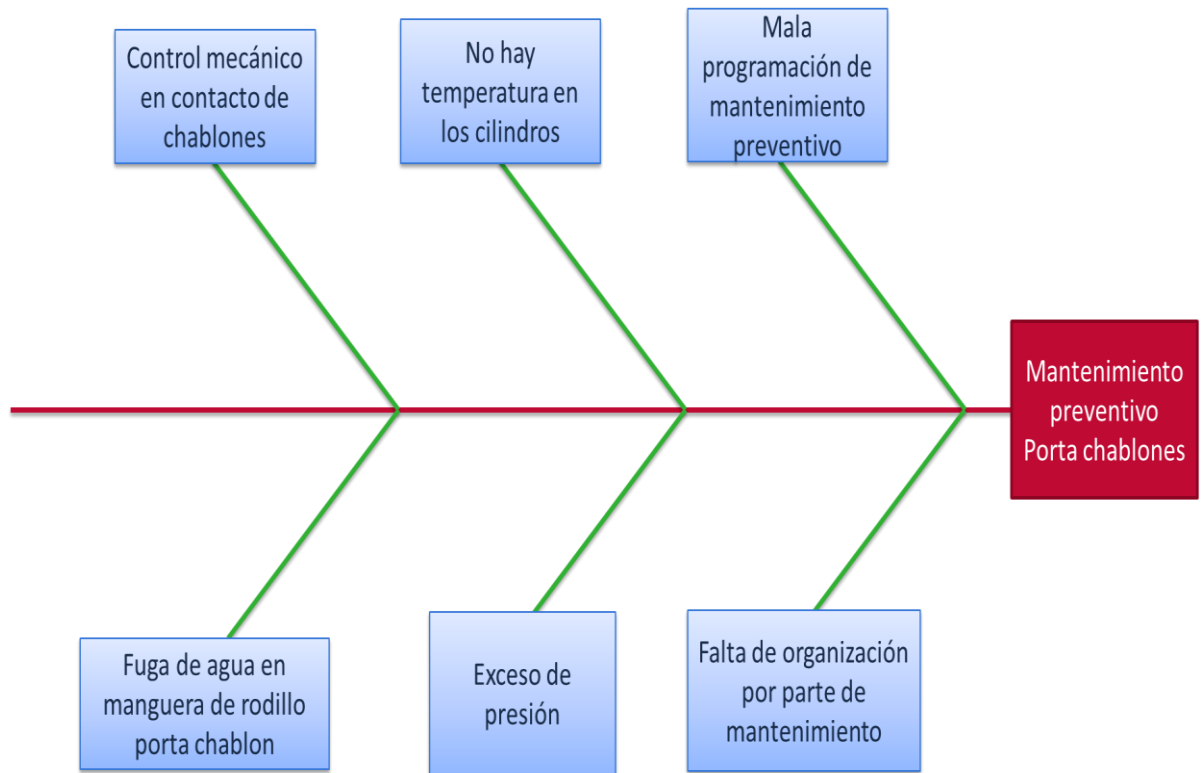
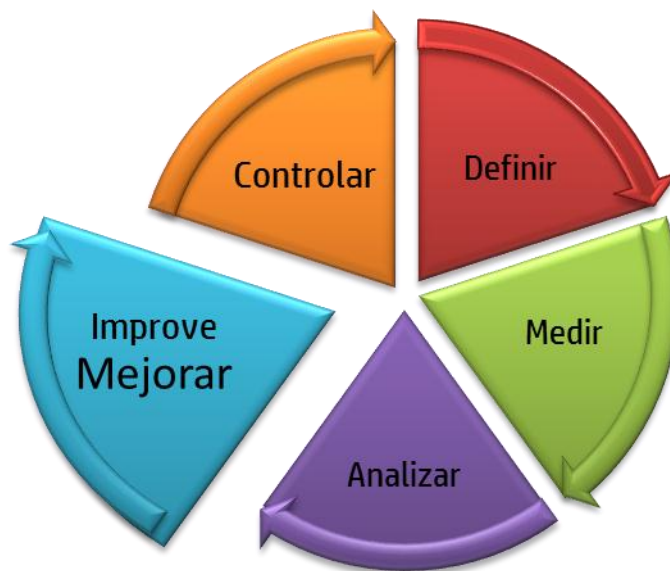


Ilustración 13. Diagrama Ishikawa del mantenimiento preventivo para el porta chablon de la maquina Intaglio 3.

CAPITULO V

FASE 4. MEJORAR

Esta etapa se encarga de desarrollar, implementar y validar alternativas de mejora que rectifican el proceso.



El propósito de la fase de mejorar consiste en:

- Generar ideas (soluciones) que sean respaldadas por información y hallazgos anteriores y que puedan servir para resolver problemas.
- Realizar un análisis de costo-beneficio, y seleccionar las mejores soluciones y desarrollar un plan de implementación.
- Implementar las soluciones y confirmar que son efectivas.

SMED (Cambio de formato en pocos minutos)

Uno de los conceptos fundamentales para la obtención de SMED es conocer la diferencia entre lo que puede hacerse antes de parar la producción y lo que debe hacerse una vez que la producción se haya parado.

Cambios internos.

Actividades que pueden hacerse mientras la máquina está parada, como eliminar y colocar repuestos.

Cambios externos.

Actividades que pueden hacerse mientras la máquina está operando, como por ejemplo, regresar piezas a su almacén después de utilizarlas y traer otras nuevas.

Pasos para conseguir SMED.

1. Definir elementos internos y externos.
2. Eliminar elementos externos de los tiempos de cambio.
3. Convertir (cambiar) tantos elementos internos como sea posible en elementos externos.
4. Reducir los elementos internos restantes.
5. Reducir los elementos externos.

Se recomienda

SMED

1. Elementos internos y externos.

Externos	Internos
Realizar pila para el siguiente lote	Ajuste de planchas
Limpiar zona de trabajo	Ajuste de chablonos
Revisión de las hojas impresas	Cambio de cilindros porta planchas
Enviar el lote terminado al siguiente proceso	Cambio de cilindros porta chablonos
Chequeo de tintas	Cambio de cilindro de limpieza
Ajuste de presión	

2. Utilizar hojas de comprobación de cambio para asegurar que los cilindros de limpieza están disponibles, ya que durante una semana en la maquina Intaglio 2 se cambiaban diario. Y en algunas ocasiones no había cilindros disponibles.
3. Convertir el cambio de cilindro de elemento interno a externo con el tiempo que tardan en ir por el cilindro de limpieza y saber si hay disponibles, disminuyendo el tiempo al notar si empiezan a tener problemas con el que están utilizando y realizar el cambio mucho más rápido.
4. Reducir el tiempo en el que los proveedores vienen a reparar los cilindros porta plancha y porta chablonés.
5. Reducir el tiempo al cambio y ajuste de piezas.

A continuación se muestra la tendencia de paros operacionales, que hay para los tiros de lotes que se están produciendo en el presente año, con el histórico de algunos tiros de lotes en años anteriores.

**OPERACIONALES
INTAGLIO 3
DENOMINACIÓN (\$50)**

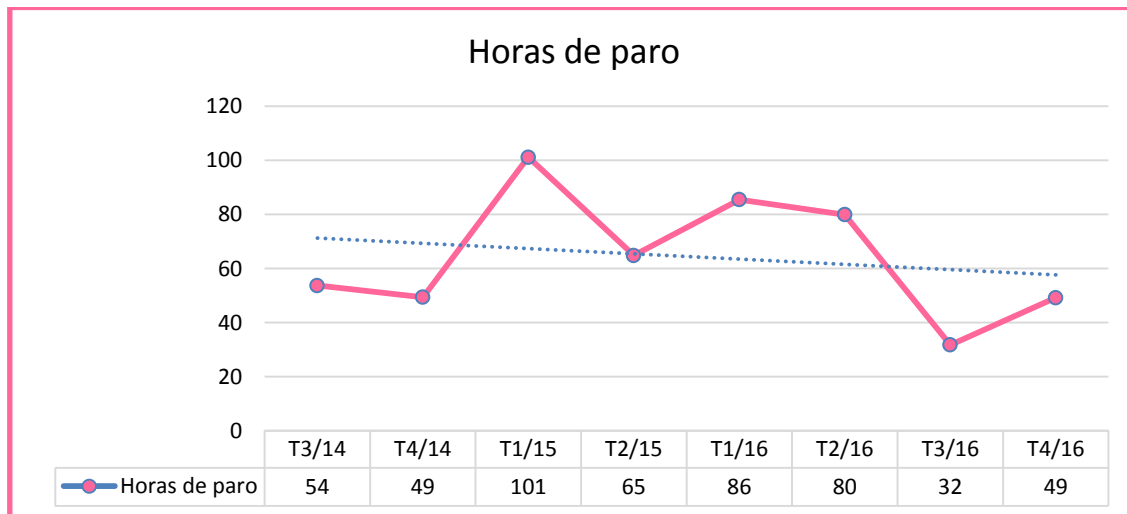


Ilustración 14. Horas de paros operacionales referente a los tiros producidos en los años 2014, 2015 y 2016 en la maquina Intaglio 3 denominación \$50.

**OPERACIONALES
INTAGLIO 2
DENOMINACIÓN (\$100)**

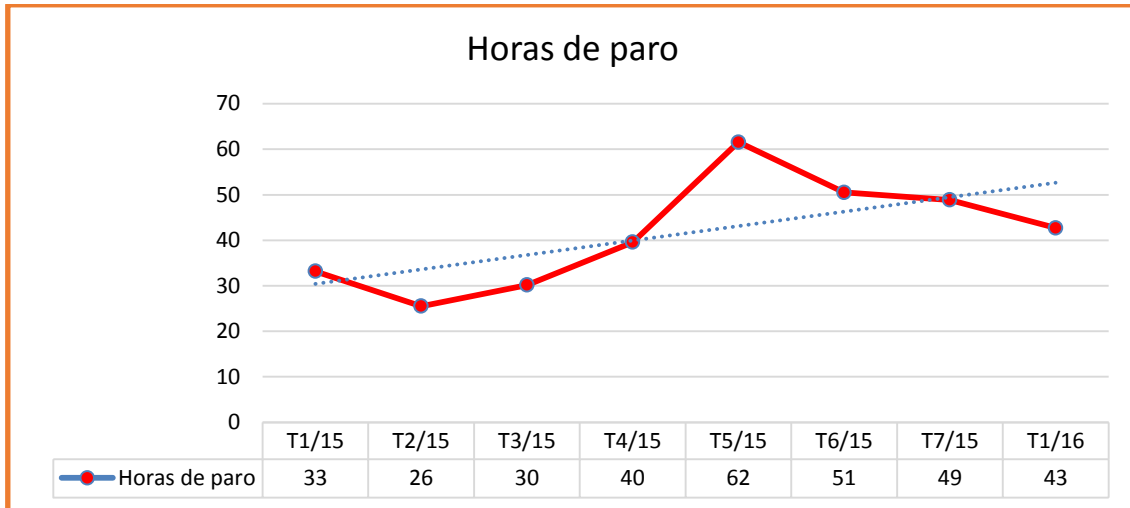


Ilustración 15. Horas de paros operacionales referente a los tiros producidos en los años 2015 y 2016 en la maquina Intaglio 2 denominación \$100.

**OPERACIONALES
INTAGLIO 2
DENOMINACIÓN (\$200)**

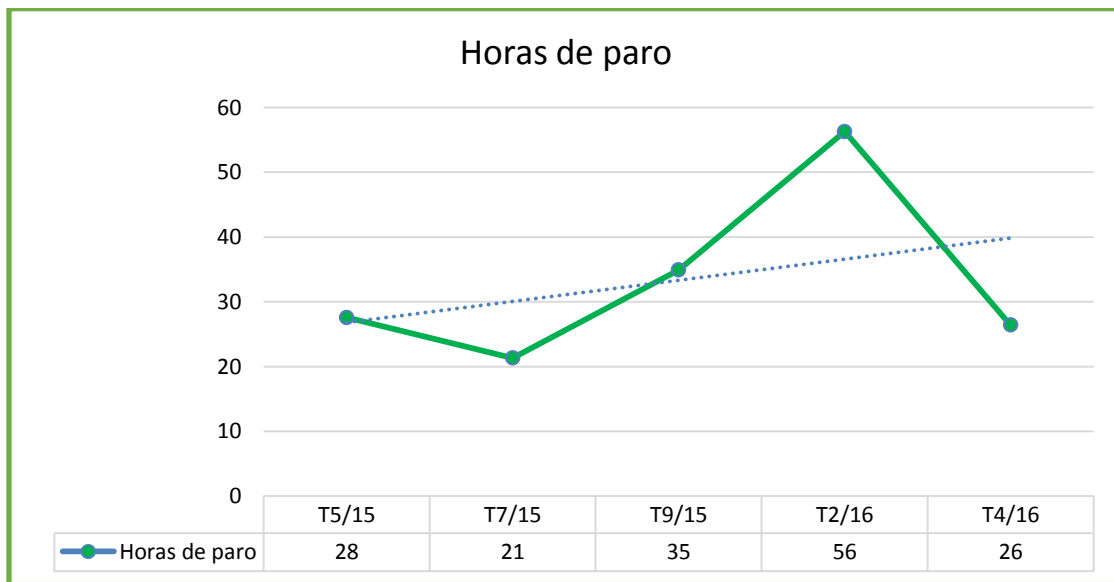


Ilustración 16. Horas de paros operacionales referente a los tiros producidos en los años 2015 y 2016 en la maquina Intaglio 2 denominación \$200.

**OPERACIONALES
INTAGLIO 3
DENOMINACIÓN (\$200)**

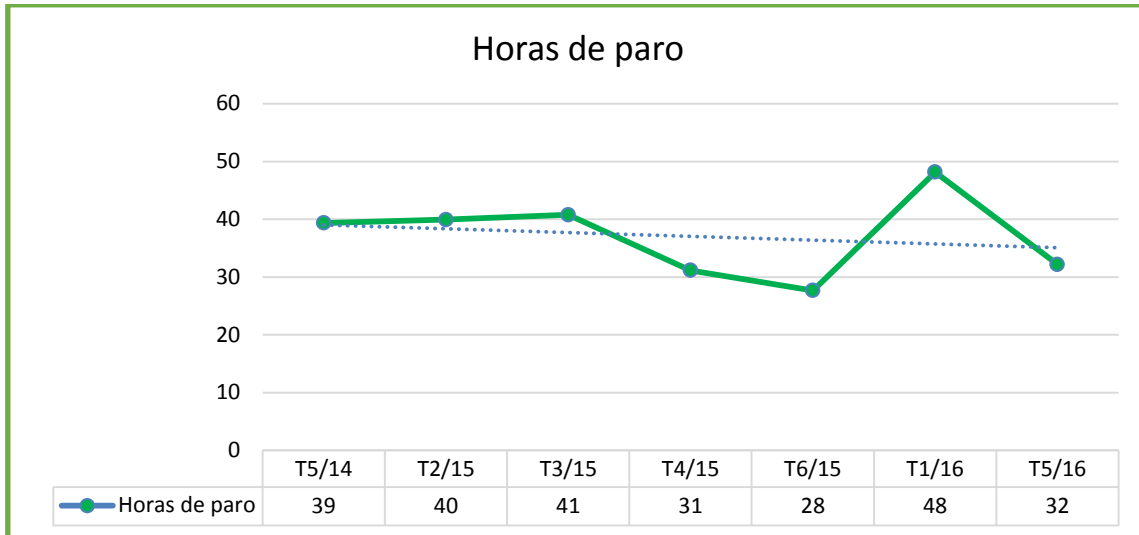
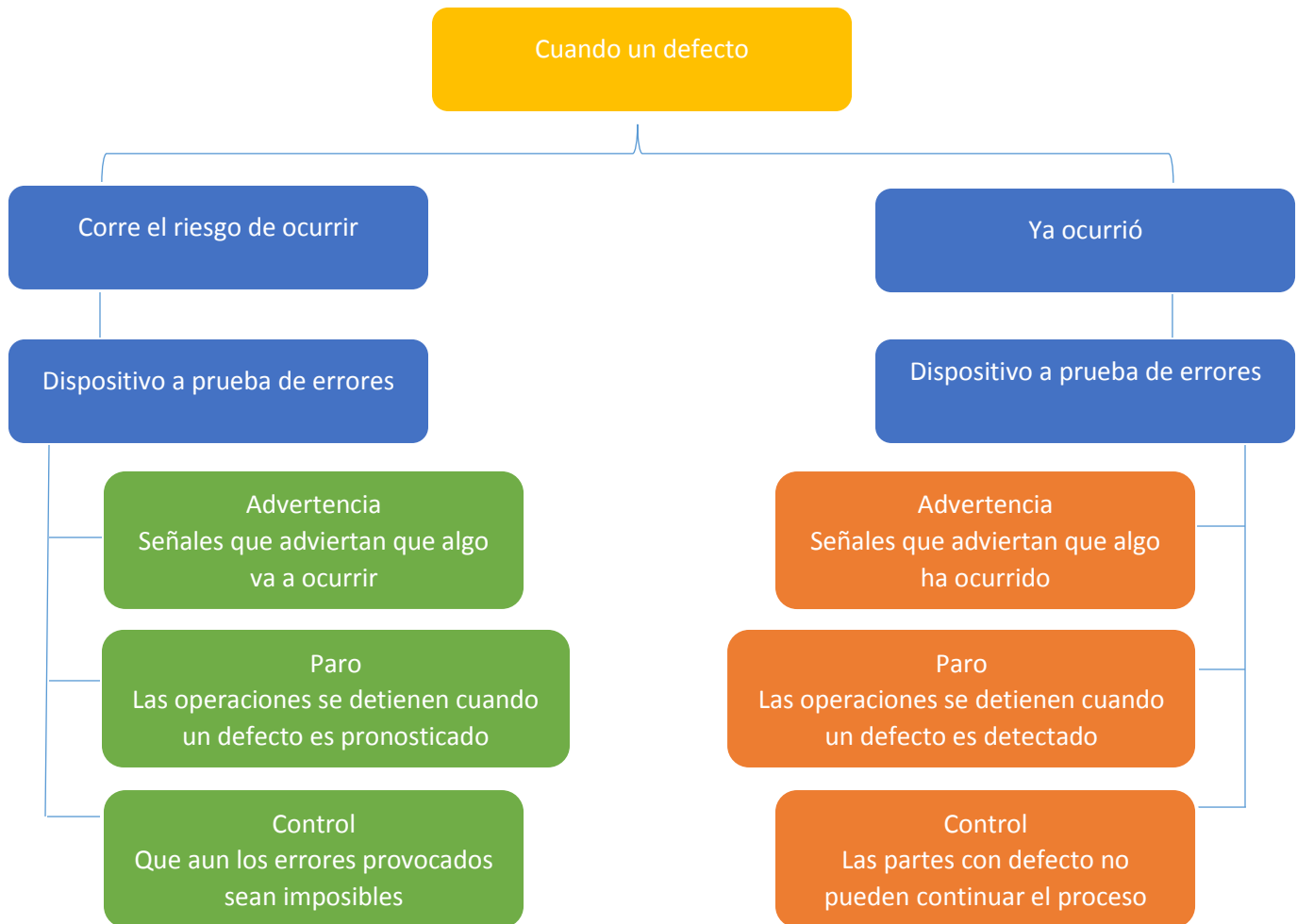


Ilustración 17. Horas de paros operacionales referente a los tiros producidos en los años 2014, 2015 y 2016 en la maquina Intaglio 3 denominación \$200.

Se puede apreciar que la máquina Intaglio 2 tiene una tendencia a tomar más tiempo para realizar cada una de las actividades que implican un paro operacional. Esto es de suma importancia ya que hay estándares que indican el tiempo que debe tomarse cada tripulación para realizar dichas actividades.

Poka Yoke (A prueba de error)

La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. La finalidad del Poka Yoke es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.



Implementación del Poka Yoke

El Poka Yoke que se implementó en la maquina Intaglio 3 es de advertencia con señales que indiquen que algo va a ocurrir, consiste en colocar una línea guía a la entrada de la máquina, cuando el papel se desplaza continuamente y es transportado por ayuda de unos pequeños rodillos, este tiende a desajustarse y entrar desalineado a la máquina, lo que provoca que el papel se doble y se atore en la entrada de la máquina, por tal motivo pare la producción.



Ilustración 18. Preparación de la pila para la impresión en la fase de calcografía.



Ilustración 19. Los billetes son transportados a la entrada de la maquina mediante un mecanismo llamado (feeder)



Ilustración 20. Desalineación de las hojas al ser transferidas hacia la entrada de la máquina.

Por lo tanto si el operario ve que el papel comienza a salir de la línea guía, el podrá ajustar en tiempo y forma sin tener la necesidad de parar la máquina.

POKA YOKE (INTAGLIO 3) FASE CALCOGRAFÍA

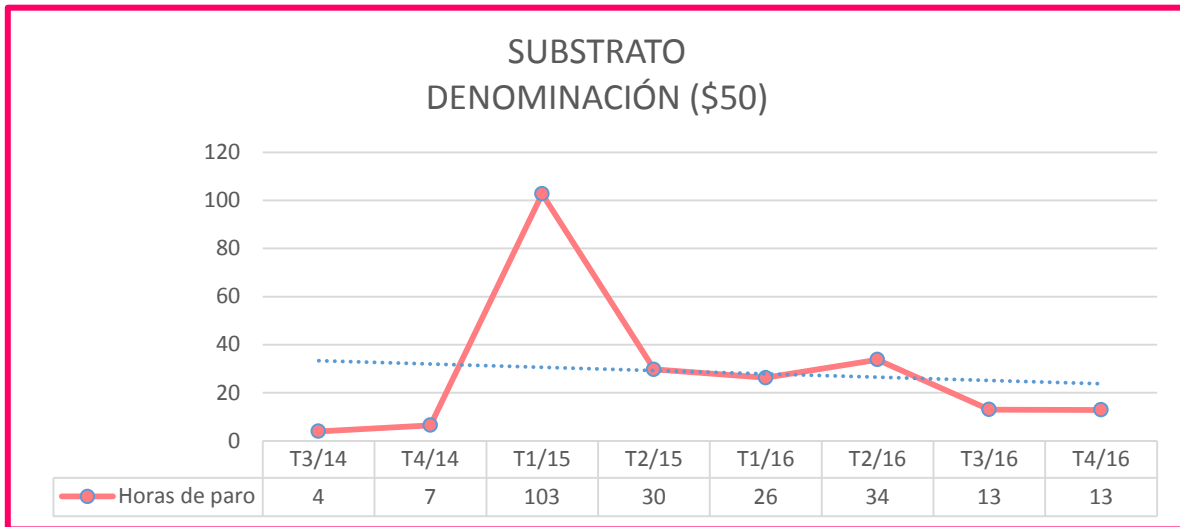


Ilustración 21. Implementación del Poka Yoke en la máquina Intaglio 3 denominación \$50 a partir del tiro T3/16.

POKA YOKE (INTAGLIO 3) FASE CALCOGRAFÍA

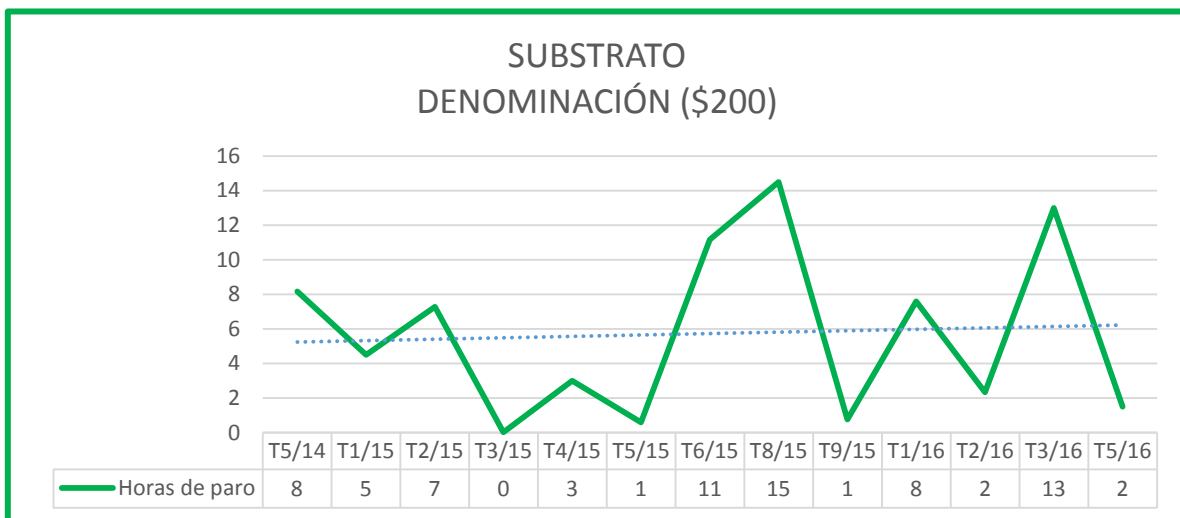


Ilustración 22. Implementación del Poka Yoke en la máquina Intaglio 3 denominación \$50 a partir del tiro T3/16.

Se puede observar en las gráficas que hay una tendencia a disminuir la cantidad de paros en la fabricación del billete de \$50, sin embargo para el de \$200 muestra un comportamiento a que los paros incrementaran.

CAPITULO VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

FASE 5. CONTROLAR

Esta etapa institucionaliza las mejoras del proceso y el producto, y monitorea el desempeño actual a fin de obtener las ganancias logradas en la etapa de mejorar.



El objetivo de la fase de control consiste en:

- Definir y documentar completamente el proceso para que sea un proceso estándar, bajo un sistema de control de cambios y sea comprendido fácilmente por los nuevos empleados.
- Establecer controles para la gestión de proceso para asegurar que el problema “permanezca solucionado”

Estandarización y documentación.

Consiste en cerciorarse que los elementos importantes de un proceso sean llevados a cabo de manera uniforme en la mejor forma posible.

Solamente se efectúan cambios cuando se tengan datos que muestren que esa alternativa es mejor.

La documentación es la clave.

- Asegurarse que se use documentación actualizada estimula el uso continuo de métodos estandarizados

Un estándar es un parámetro más o menos esperable para ciertas circunstancias o espacios y es aquello que debe ser seguido en caso de recurrir a algunos tipos de acción.

En este caso se recomienda el grabar a los tres turnos cada uno de las actividades que se presentan como paro operacional. Con el fin de identificar que personas son las que realizan dichas actividades con el menor tiempo posible y de manera eficiente.

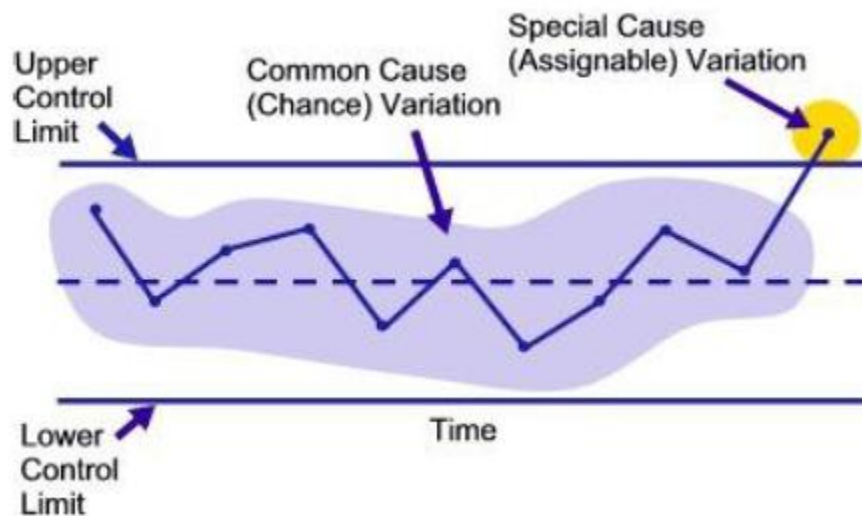
De esta manera se podrá estandarizar el proceso de cada una de esas actividades.

Gráficos de control

Los gráficos de control proporcionan una mejor comprensión del comportamiento del proceso, que a su vez proporciona un mejor apalancamiento para **reducir la variabilidad del proceso**.

Los límites de control nos ayudan a distinguir las señales (causas especiales) del ruido (la variación de causa común) sobre la base de recopilación de datos y estrategia de análisis.

Se usan para identificar la variación de causa especial que no se debe al proceso. Estos límites se expresan como líneas trazadas por arriba (límite de control superior) y por debajo (límite de control inferior) la tendencia central del proceso. Los puntos que se encuentran fuera de los límites indican problemas potenciales.



**Gráfico de control
Denominación \$50**

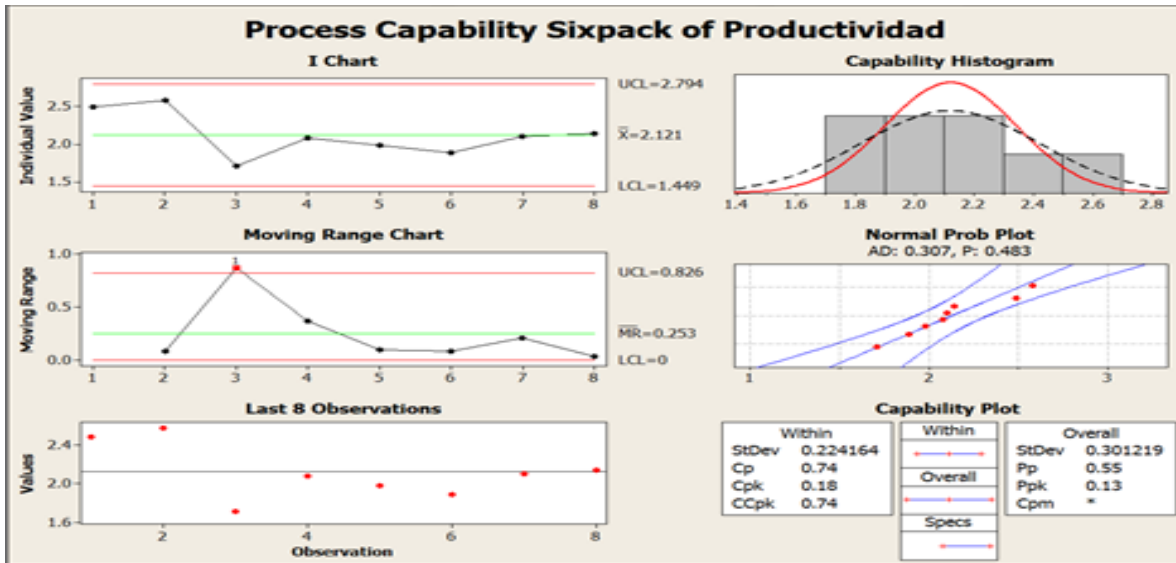


Ilustración 23. Gráfico de control en la máquina Intaglio 2 denominación \$50.

**Gráfico de control
Denominación \$100**

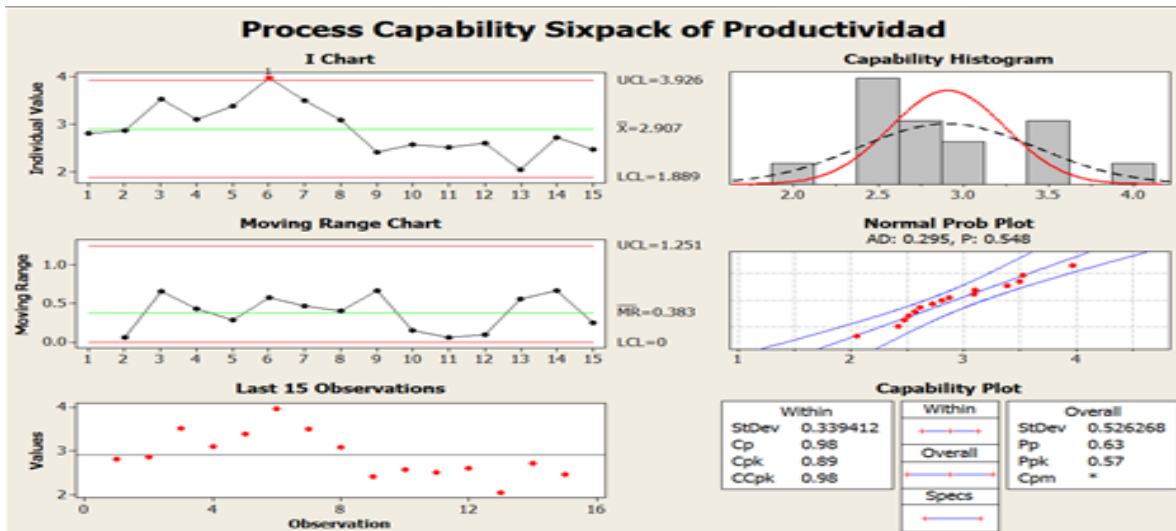


Ilustración 24. Gráfico de control en la máquina Intaglio 2 denominación \$100.

Gráfico de control Denominación \$200

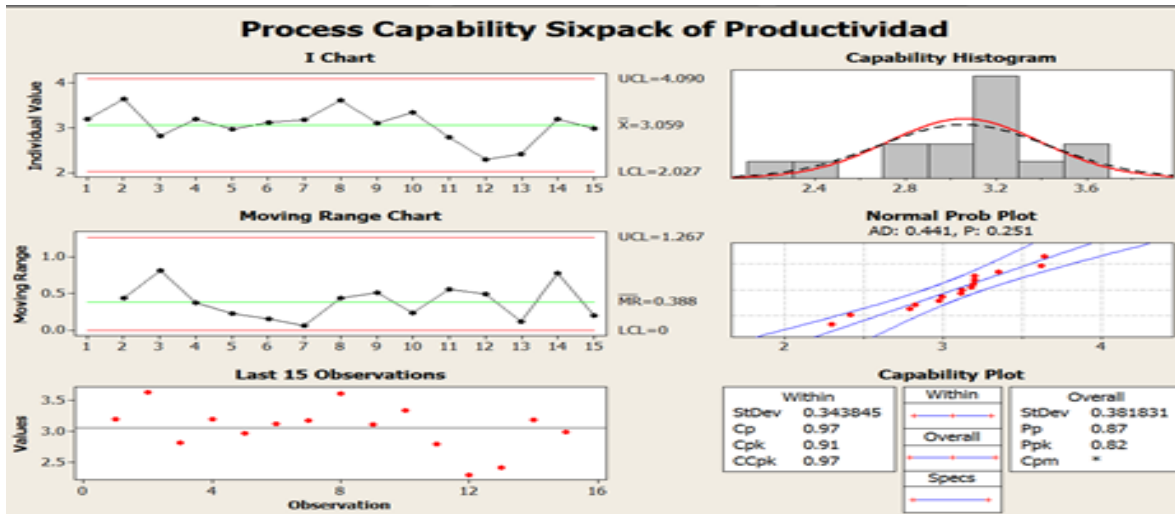


Ilustración 25. Gráfico de control en la máquina Intaglio 2 denominación \$200.

Como se puede observar la producción en cuanto a las tres denominaciones mejorara debido a que el Cpk (variación a corto plazo) es mayor al Ppk (variabilidad a largo plazo), por lo tanto nuestro proceso tiende a en un futuro mejorar comparado con lo actual. Nuestro proceso se encuentra bajo control. Por lo tanto Banco de México cuenta con un buen proceso de fabricación del billete, sin embargo se pretende disminuir aún más la cantidad de horas de paro referentes al año 2014 vs 2015

Manual de usuario.

TITULO	FECHA DE EMISIÓN	30 DE MAYO DEL 2016
SUPERVISIÓN DE PILA DE PRODUCCIÓN	FECHA DE APLICACIÓN	6 DE JUNIO DEL 2017
OBJETIVO: Proporcionar al operario la facilidad de re ajustar la pila de producción sin necesidad de parar la maquina Intaglio, mediante la descripción de los siguientes pasos. Este instructivo va dirigido a los operarios.		
ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN
ARTURO RAMÍREZ	MIGUEL GONZÁLEZ	DAVID MARTÍNEZ
DESARROLLO	NOTAS Y OBSERVACIONES	RESPONSABLE
1. Cargar lote	Cargar lote en sistema PARVIS	Técnico
2. Acomodar pila	Acomodar pila al inicio de cada lote de producción	Operador
3. Impresión de hojas de prueba	Dará inicio a la impresión calcográfica verificando que las hojas de prueba (papel bond) pasen e impriman correctamente	Operador
4. Impresión de hojas de valor	Comenzará a imprimir hojas de valor (papel producción) y aumentara la velocidad de acuerdo a la sugerida.	Operador
5. Supervisión	Se encargará de verificar continuamente que las hojas no salgan del límite de la línea guía durante el proceso de impresión	Operador
6. Rebasando la línea guía	En caso de que ocurra dicho acontecimiento el operador podrá ajustar a tiempo su pila de producción sin necesidad de un paro de máquina	Operador

Resultados

A continuación se muestra una tabla de los resultados obtenidos en la implementación del Poka Yoke

Año	Tiro	Horas de paro
2015	T 1/15	103
2015	T 2/15	30
2016	T 1/16	26
2016	T 2/16	34
2016	T 3/16	13
2016	T 4/16	13

Ilustración 26. Intaglio 3 (Denominación \$50)

Año	Tiro	Horas de paro
2015	T 1/15	5
2015	T 2/15	7
2015	T 3/15	0
2015	T 4/15	3
2015	T 5/15	1
2015	T 6/15	11
2015	T 8/15	15
2015	T 9/15	1
2016	T 1/16	8
2016	T 2/16	2
2016	T 3/16	13
2016	T 5/16	2

Ilustración 27. Intaglio 3 (Denominación \$200)

Tabla Resumen

Maquina		2015 (Antes)	2016 (Después)	% Disminuir	% Total de paros
Intaglio 3 (\$50)	Tiempo (hrs)	133	86	35.3	0.8
Intaglio 3 (\$200)	Tiempo (hrs)	43	25	41.8	0.9
				Total	1.70%

Conclusiones:

Se logró disminuir la cantidad de paros referente a la maquina Intaglio 3 para la fabricación del billete de \$50 y de \$200 en un 1.7% del porcentaje objetivo, aplicando el Poka Yoke de una línea guía a la entrada del papel para evitar que se desalinee y cause problemas al entrar causando paros operacionales, sin embargo sería recomendable tener mejor comunicación entre las áreas que forman parte de sala de impresión para poder disminuir un porcentaje mayor al alcanzado.

Un claro ejemplo durante este proyecto fue el área de mantenimiento, se trabajó durante una semana con la Ingeniera Fernanda González, llegamos a la conclusión de que el mantenimiento que se presenta en las dos máquinas de la fase de calcografía no tiene una tendencia ya que puede ocurrir la falla constantemente o incluso tardar más de 3 meses en repetirse esa falla. Se está trabajando en algún programa que permita saber la frecuencia y el impacto que tiene cada mantenimiento correctivo que se le da a la máquina para así poder tener una buena programación de un mantenimiento preventivo y disminuir la cantidad de paros por máquina.

Se recomienda así mismo el realizar videos en cada uno de los turnos y tomar tiempos en cada actividad que se presenta como paro operacional debido a que una de las causas con mayor tiempo de paro pertenece a las actividades que realizan los operarios, por lo tanto es recomendable ver cuál es el promedio en tiempo por cada actividad que realizan cada uno de ellos y estandarizar esas actividades para cada máquina (Intaglio 1 y 2)

El trabajar en equipo ayuda mucho en cualquier empresa, se debe fomentar el trabajo en equipo. El hecho de ser responsables en una sola máquina no ayuda mucho en una empresa como es Banco de México, se necesita gente multidisciplinaria para que nuestros procesos sean más eficientes.

Se recomienda trabajar mucho con los operadores, ver la manera de que ellos entiendan que las cosas se deben de hacer de una o varias formas y que el aprendizaje de todos al final nos traerá beneficio en conjunto, el personal de operación es muy importante en cualquier empresa, tratemos de identificarnos con ellos y trabajar de una manera más articulada; de esta forma los resultados para Banco de México serán exitosos.

Banco de México es una empresa con una tecnología altamente eficiente en sus procesos de fabricación, sin embargo es recomendable dar capacitaciones continuas a los operadores y facilitarles el uso de dicha tecnología.

Fuentes de consulta:

6 SIGMA – YELLOW BELT, GREEN BELT Y BLACK BELT. (Disponible en: <http://spcgroup.com.mx/6-sigma-yellow-belt-green-belt-y-black-belt/>. Consultado el: 15 de febrero del 2017)

INTRODUCCIÓN A SEIS SIGMA. (Disponible en http://mexico.pma.org/magazine/aug07/pdf/seis_sigma.pdf. Consultado el: 15 de febrero del 2017)

METODOLOGÍA SIX-SIGMA: INGENIERÍA CALIDAD. Ing. Gustavo López. (Disponible en: <https://www.training.com.br/download/Metodologia%20Seis%20Sigma.pdf>. Consultado el: 15 de febrero del 2017)

SIX SIGMA. Verónica Paola Aldrete, Ariadna Lorena Colombo, Victorio Di Stefano, Patricia Wade. (Disponible

CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN LEAN SIX SIGMA. (Disponible en: <https://www.sixsigmaespanol.com/training-classes/six-sigma/yellow-belt/>. Consultado el: 15 de febrero del 2017)

TEMAS SELECTOS DE MANUFACTURA Y PRODUCCIÓN. (Disponible en: Apuntes del Ingeniero Pablo Luis Mendoza Medina. Consultado el: 8 de noviembre del 2016)

ACERCA DE BANCO DE MÉXICO. (Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/acerca-del-banco-de-mexico/acerca-del-banco-mexico.html>) Consultado el: 23 de febrero del 2017)

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA INDUSTRIAL. (Disponible en: http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/Carreras/planes2010/ingIndustrial_Plan.php. Consultado el: 23 de febrero del 2017)