

Implementación de la metodología seis sigma para mejoramientos de troqueles de alta velocidad

Humberto Ponce¹, Delfino Cornejo¹, Javier Molina¹, Francisco Javier López Benavides¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

La siguiente investigación tiene como base la metodología Seis Sigma. La cual es utilizada para mejoramientos de eficiencia, tiempo extra y costos operacionales aplicados a troqueles de alta velocidad. Esta metodología viene acompañada del proceso DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). El proyecto consiste en un grupo de diez herramientas del programa K2XX liberadas a producción regular en agosto del 2013. La tendencia de productividad en estas herramientas es deficiente y la necesidad de actuar en ellas apremiante. El área de estampado metálico presenta altos costos en Premium (costos por embarques tardíos) y reemplazo de herramientas quebradas. El seguir las etapas del DMAMC, permitirá encontrar la causa raíz y reducir costos.

Palabras clave: Seis Sigma, DMAMC, K2XX.

Introducción

El concepto Manufactura está representado mediante un amplio mundo de posibilidades en donde diversos materiales son modificados para obtener un producto que cumpla con ciertas características y que satisfaga las necesidades del cliente. Es aquí donde los procesos de manufactura toman relevancia ya que mediante ellos se determina el éxito o no del producto.

En la actualidad la necesidad de tener procesos de manufactura con un número de mínimo de fallas resulta un reto ya que esto va de la mano con la necesidad de atraer nuevos negocios a las compañías, la obtención de nuevos contratos en la industria se determina compitiendo y gana aquel que ofrece calidad a bajo costo.

Es por esto que en las pasadas décadas surgió una creciente tendencia orientada al

mejoramiento de los procesos, aquellas malas prácticas que anteriormente se pasaban por alto con el transcurso de los años se convirtieron en desperdicios y es aquí donde la atención se enfoca, el éxito, producto de la reducción o la eliminación de todos aquellos factores que generen ruido en el sistema será factor determinante en la solidez de cualquier empresa.

Este proyecto está enfocado en la mejora de procesos de estampado metálico basado en el incremento de eficiencia, así como en la reducción de todas aquellas retroalimentaciones de calidad por parte de los diversos clientes, por lo que nos centraremos en una metodología que nos permita reducir la variabilidad actual de nuestro sistema de troqueles. Con la reducción de variables, se obtienen ahorros en costo que se deriva de la disminución de

fallas y tiempos de ciclo menores en los procesos.

Seis sigma es la metodología en la que este estudio estará enfocado ya que permite la caracterización de la información basado en

herramientas estadísticas, esto nos permitirá conocer a detalle la situación actual del negocio, plantear áreas de oportunidad y establecer acciones para los puntos encontrados basado siempre en el mejoramiento continuo.

Metodología

Basados en el ciclo PDCA (Plan- Do-Check-Act: Planificar-Hacer-Comprobar-Actuar) de Deming, podemos ver que toda implementación pudiera parecer sencilla al inicio, sin embargo, la variedad de herramientas que forman este círculo, lo convertirán en el principal reto de este proyecto. En este proyecto vamos a utilizar un ciclo de mejoras de cinco etapas. DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar). Este modelo se basa en el PDCA; Sin embargo, utilizaremos DMAMC para aplicarlo tanto a la mejora como al diseño/rediseño del proceso.

Procesos de mejora seis sigma

Objetivo general: Incremento de eficiencia dados baja velocidad.

Objetivo particular 1: Definir

En esta sección se establece el escenario (imagen) para el proyecto. Al documentar los parámetros se puede garantizar el cumplimiento a las expectativas y la ejecución de las actividades de mejora. Para esto es necesario presentar de manera simple el cuadro del proyecto en el que de una manera concisa y centrada se detallarán los problemas y oportunidades que se van a estudiar, véanse Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Elementos de una definición del problema

Elementos de la definición del problema	
¿Qué?	¿Qué proceso está implicado? Estampado metálico en RBE 1
	¿Que está mal? Baja eficiencia, altos costos en Premium, elevado tiempo extra y quejas de cliente.
	¿Cuál es la deficiencia u oportunidad? Bajo desempeño en troqueles K2XX
¿Dónde/ cuándo?	¿Dónde se observa el problema/deficiencia? Se observa en la liberación de este programa. El tiempo normal para liberar es dos días, en este paquete cada herramienta tomo dos semanas. Esto debido a la alta incidencia de herramientas dañadas y problemas dimensionales.
	¿Cuando se observa el problema/deficiencia? Periodo de agosto-noviembre 2013
¿De qué envergadura?	¿Qué envergadura tiene el problema/deficiencia/oportunidad? Se trabajan cien dados de producción regular con un requerimiento semanal de 29,132,725 terminales. El programa K2XX representa diez herramientas que equivalen a quince números de parte con un requerimiento semanal de 10,607,475. Es decir, 1/3 parte de los requerimientos del área. Por lo tanto, debido a la baja eficiencia de los troqueles, el resto de los números de parte se atrasan, se aceleran cambios de número de parte y consumo de refacciones.
	¿Cómo medirlo? En base al desempeño por maquina (reportes de producción).
¿Impacto?	¿Cuál es el impacto del problema/oportunidad? \$ 244,500 dólares en Premium durante el 2014/ \$ 60,230.89 dólares en costo de tiempo extra
	¿Cuáles son los beneficios de actuar o las consecuencias de no actuar? Reducción en los costos de operación en la planta.

Tabla 2. Requerimiento semanal por máquina

Estampadora	Req. Semanal	Numeros de parte x Maquina
<i>Maquina #0</i>	5,100,000.00	2
<i>Maquina #1</i>	4,402,610.00	22
<i>Maquina #2</i>	2,656,519.00	7
<i>Maquina #3</i>	9,619,276.00	6
<i>Maquina #4</i>	7,001,236.00	12
<i>Maquina #5</i>	353,084.00	51
29,132,725.00		

Objetivo Particular 2: Medir

Las terminales en RBE 1 son inspeccionadas a través de un comparador óptico microview mediante rutinas de medición previamente establecidas. Dichas rutinas arrojan un reporte dimensional, el cual compara la dimensión nominal del plano contra la dimensión dada por el aparato de medición. La decisión de liberar la corrida de la herramienta en la máquina va en proporción del resultado que se arroje en comparativa el estudio. Cada rutina de inspección incluye la medición de tres terminales y en ella se toman doce dimensiones críticas para cada terminal. Para efectos del estudio se tomaron cien datos provenientes de rutinas dimensionales generadas en los tres turnos del área (véase

la Figura 1). Estas dimensiones corresponden a un periodo de enero a mayo del 2014. Se utilizó como prototipo de estudio la herramienta 13833340 MA el cual corresponde al número de parte 13833338.

Estudio de capacidad: El valor de Cp es mayor a 1.33 (1.54) por lo tanto la variabilidad del proceso no es mayor a los límites de especificación. En cambio el movimiento dinámico de la media del proceso o Cpk es menor a 1.33 (1.05) por lo que el proceso no está centrado, véase la Tabla 3.

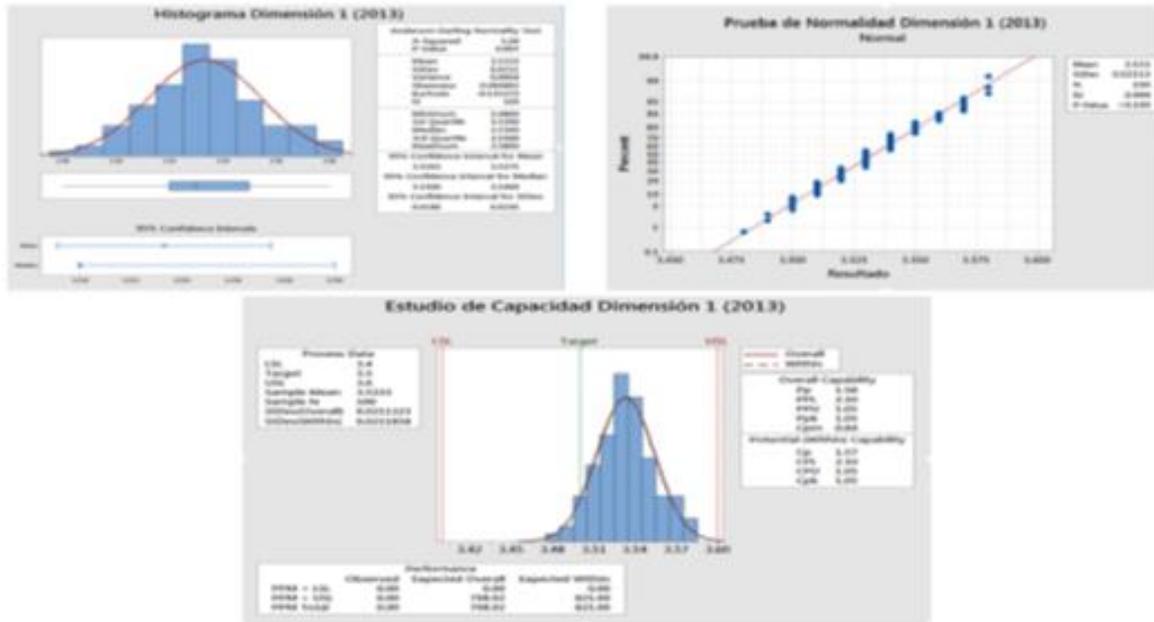


Figura 1. Estudio de Capacidad Dimension 1

Tabla 3. Resultados dimensionales

Dimensión	Distribución	Cp/Pp	Cpk/Ppk	Foto
1	Normal	Cp 1.57	Cpk 1.05	
2	Weibull	Pp 0.83	Ppk 0.60	
3	Smallest Extreme Value	Pp 1.72	Ppk 1.29	
4A	Johnson Transformation	Pp 1.18	Ppk 0.84	
4B	Johnson Transformation	Pp 1.04	Ppk 0.65	
5A	Smallest Extreme Value	Pp 0.80	Ppk 0.72	
5B	Normal	Cp 0.85	Cpk 0.59	
6A	Normal	Cp 1.35	Cpk 0.39	
6B	Normal	Cp 1.61	Cpk 0.49	
7	Normal	Cp 1.86	Cpk 1.48	
9	Normal	Cp 2.36	Cpk 2.08	
10	3-Parameter Weibull	Pp 0.55	Ppk 0.43	

Objetivo Particular 3: Analizar

La fase de analizar se considera como la más impredecible del DMAMC. Una de las lecciones más interesantes del método Seis Sigma es que las causas claramente sospechosas (las causas que se sospechan la raíz del problema) suelen no tener el grado de culpa que creemos.

El estudio de capacidad mostró problemas dimensionales graves, de las doce dimensiones analizadas solo dos dieron los resultados del Cp y CPk favorables al

mismo tiempo. Esto convierte el proceso entero en una bola de nieve la cual va desde los tiempos de ajustes de aquellas dimensiones fuera de especificación hasta la necesidad de llevar a cabo corridas fuera de los controles establecidos por calidad para reducir la incidencia de Premium en el área.

Se seleccionó un método común para entrar en el análisis, la herramienta elegida es el diagrama de causa y efecto la cual durante años ha sido el favorito de muchos estudios, véase la Figura 2.



Figura 2. Diagrama Causa - Efecto

Análisis de Terminales (Función y dimensiones críticas)

El programa K2XX incluye seis tipos de terminales diferentes, véase la Figura 3, se clasifican en terminales de espada y de tunning fork cada una con características

dimensionales únicas de acuerdo a la función a desempeñar dentro de la tablilla eléctrica. En el sistema de inspección se toman aproximadamente 12 dimensiones, sin embargo según funcionalidad por terminal solo se requieren de dos a tres dimensiones.

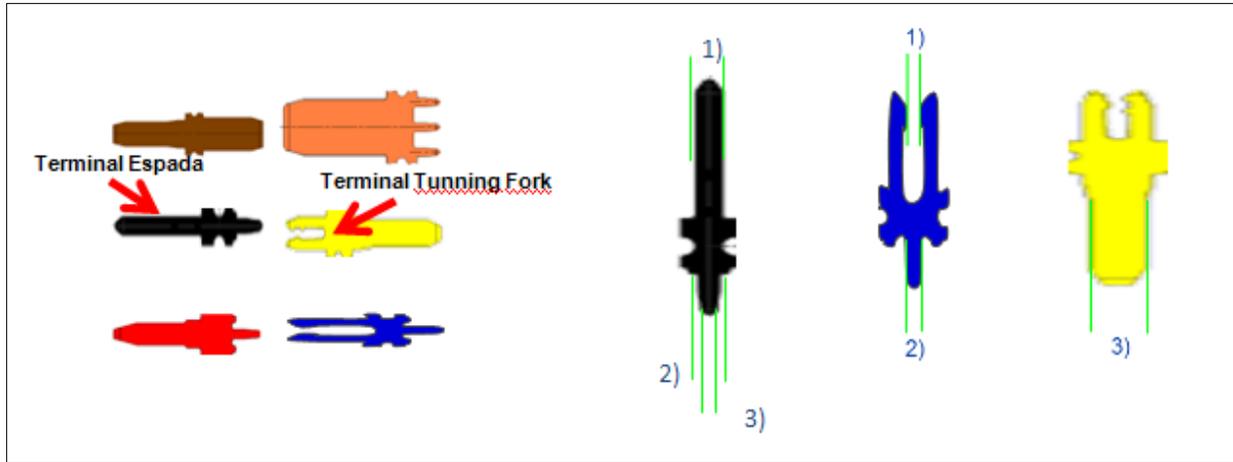


Figura 3. Funciones críticas por tipo de terminal

Objetivo Particular 4: Mejorar

Todo el trabajo previo de definir, medir y analizar los problemas debe mostrar su beneficio en esta fase. Para esto es necesaria la creatividad, las soluciones bien pensadas y la investigación. Para que la mejora sistematizada se dé es necesario buscar métodos para aumentar los beneficios al máximo. Iniciaremos esta sección con una descripción detallada de los estándares requeridos para los dados progresivos. La información descrita a continuación permite la evaluación de las herramientas actuales con respecto a los estándares propuestos globalmente para el correcto funcionamiento de los dados.

Hallazgo 1 y 2 (Solución)

La falta de *holders* representa un desgaste prematuro en el *retainer*. El desgaste significativo al paso del tiempo genera problemas dimensionales y estos a su vez en baja productividad y en altos costos en reemplazo de herramientas. Para obtener un nuevo diseño resulta necesaria la modificación del *retainer* superior al cual se le dará una mayor apertura la sección de punches. A este nuevo diseño se le agregaron *holders* y punches modificados, véanse las Figuras 4 y 5.

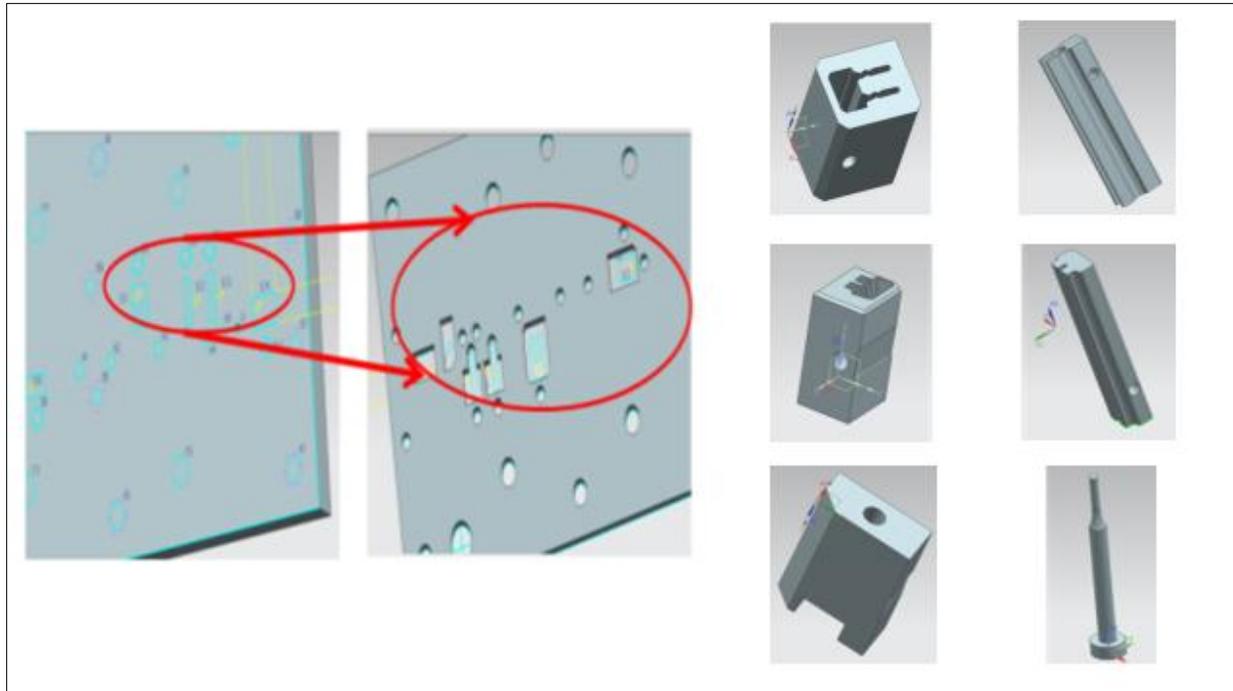


Figura 4. Nuevo diseño troquel 13833340 MA 1



Figura 5. Troquel 13833340 MA 1 modificado

Hallazgo 3 (Solución)

El contar con un *punch* que lleve proceso de *sinker* para este diseño en particular, es el de dar mayor soporte en la sujeción de la

herramienta contra *retainer*. Al agregar *holder* al diseño ya no será necesario el quemado de la herramienta. El diseño del *punch* es sustituido por el siguiente mostrado en la Figura 6.

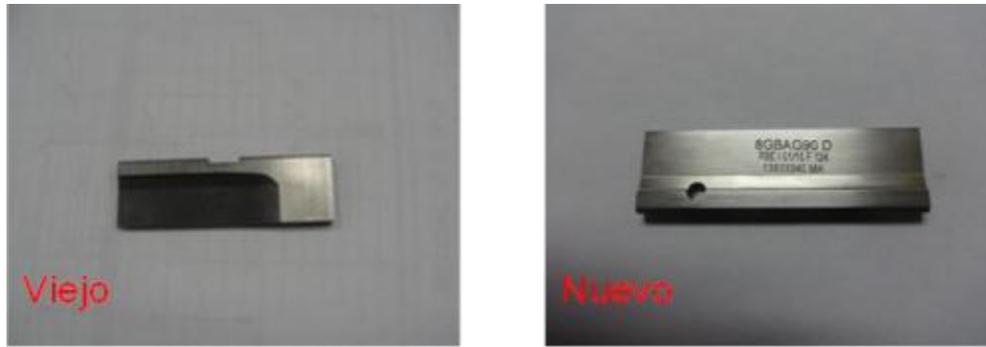


Figura 6. Punch modificado

Hallazgo 4 (solución)

El uso holders tiene un doble propósito. El primero es el de evitar desgaste en el retainer y el segundo es el de permitir una mayor flexibilidad ya que los punch tendrán

una mayor alineación al momento de pasar a través del *stripper insert*. El stripper es parte del nuevo rediseño, el cual no contará con *stripper insert*, con lo que se espera una reducción de costos en el reemplazo de estas herramientas, véase la Figura 7.

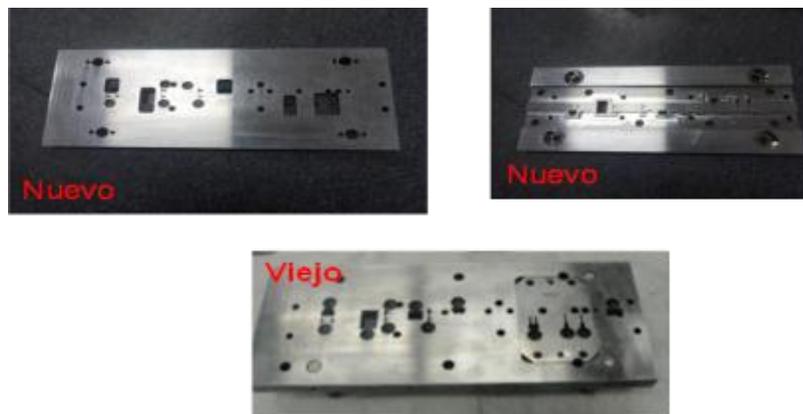


Figura 7. Stripper modificado

Hallazgo 5 (solución)

La importancia de reducir la cantidad de herramientas quebradas por causa de tornillos capados resulta vital para el consumo y fabricación de refacciones. La resultante no es un problema de calidad, pero si un detonante de la baja eficiencia y productividad, lo que contribuye de manera significativa a los embarques fuera de tiempo o Premium que son constantes en el

área de estampado debido a la no disponibilidad del troquel. El primer diseño planteado para esto es el adecuar el dado para darle cabida a un sistema de resorte que permita bajar el stripper de manera uniforme y regresarlo por impulso de la misma manera, reduciendo así el impacto directo contra el tornillo y su punto de quiebre, véase la Figura 8.

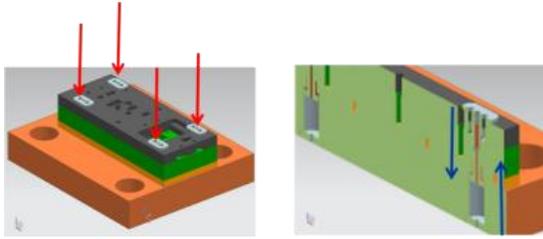


Figura 8. Sistema de resorteo para troquel

Un segundo diseño es anexado al proyecto ya que resulta indispensable asegurar el desempeño del dado eliminando el riesgo de fractura en el tornillo. Por lo que adicional

al sistema de resortes se agregaron cuatro sujetadores a los costados del dado lo que reducirá por completo el impacto hacia la cabeza del mismo, véase la Figura 9.



Figura 9. Sistema de sujetadores troquel 13833340 MA 1

La Tabla 4 un comparativo de los resultados obtenidos del segundo estudio de capacidad con las herramientas ya modificadas contra

los resultados obtenidos en el primer estudio para el número de parte 13833338 MA.

Resultados dimensionales:

Tabla 4. Resultados dimensionales segunda evaluación

Dimensión	Distribución	Antes		Distribución	Después		Foto
		Cp/Pp	Cpk/Ppk		Cp/Pp	Cpk/Ppk	
1	Normal	Cp 1.57	Cpk 1.05	Normal	Cp 1.59	Cpk 1.36	
2	Weibull	Pp 0.83	Ppk 0.60	Normal	Cp 1.49	Cpk 1.24	
3	Smallest Extreme Value	Pp 1.72	Ppk 1.29	Normal	Cp 2.05	Cpk 1.93	
4A	Johnson Transformation	Pp 1.18	Ppk 0.84	Normal	Cp 1.38	Cpk 1.18	
4B	Johnson Transformation	Pp 1.04	Ppk 0.65	Normal	Cp 1.61	Cpk 1.40	
5A	Smallest Extreme Value	Pp 0.80	Ppk 0.72	Smallest Extreme Value	Pp 1.15	Ppk 0.84	
5B	Normal	Cp 0.85	Cpk 0.59	Normal	Cp 1.20	Cpk 1.11	
6A	Normal	Cp 1.35	Cpk 0.39	Normal	Cp 2.70	Cpk 1.22	
6B	Normal	Cp 1.61	Cpk 0.49	Normal	Cp 1.82	Cpk 1.30	
7	Normal	Cp 1.86	Cpk 1.48	Normal	Cp 1.85	Cpk 1.47	
9	Normal	Cp 2.36	Cpk 2.06	Normal	Cp 1.78	Cpk 1.53	
10	3-Parameter Weibull	Pp 0.55	Ppk 0.43	Normal	Cp 0.86	Cpk 0.75	

Resultados

Hasta el momento de acuerdo al plan establecido al inicio del proyecto ya se cuenta con ocho herramientas con el ciclo completo y funcionando de acuerdo a las

modificaciones establecidas en los hallazgos. Solo dos continúan en proceso de mejora, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Secuencia de diseño

Prioridad	Herramienta	Numero de parte	Modelos	Planos 2D	Retrabajo de detalles	Validación	Requerimiento
1	13833340 MA 1	3338/3332					4,427,475
2	13833326 MA 1	3326					2,800,000
3	13833335 MA 1	9468/3335					804,000
4	13833334 MA 1	3334					795,000
5	13838853 MSCA	3334					480,000
6	13833330 MA 1	7262/3008/3330					478,000
7	13833327	3327					432,000
8	13833328	3009/3328					313,000
9	13833331 MA 1	3331					46,000
10	13833337 MA 1	3337					32,000

Eficiencia Operacional, productividad

Una vez desarrollado el plan de mejoramiento, la tendencia ha sido inclinada de manera positiva, el cambio se ha dado de manera gradual pero constante, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Eficiencia operacional y productividad

Estampadora	Semana 30-5 Abril	Semana 6-12 Abril	Semana 13-19 Abril	Semana 20-26 Abril	Semana 27-03 Mayo	Semana 04-10 Mayo
Máquina #0	5,256,000	5,952,000	4,528,000	5,384,000	5,530,000	5,544,000
Máquina #1	5,114,000	5,154,000	5,891,300	5,799,000	6,049,500	5,484,600
Máquina #2	5,835,000	7,216,500	5,333,100	6,580,200	7,823,000	5,604,000
Máquina #3	5,682,000	6,750,000	8,042,000	6,822,000	4,121,600	6,900,000
Máquina #4	7,172,000	4,975,000	7,948,000	7,554,000	6,819,000	7,916,000
Máquina #5	297,099	348,134	354,485	286,839	275,383	239,919
Total	27,726,099	30,398,234	32,080,865	32,406,047	32,670,483	31,670,529

Estampadora	Semana 30-5 Abril	Semana 6-12 Abril	Semana 13-19 Abril	Semana 20-26 Abril	Semana 27-03 Mayo	Semana 04-10 Mayo
Máquina #0	40%	39%	44%	32%	43%	40%
Máquina #1	42%	36%	46%	32%	42%	43%
Máquina #2	47%	31%	40%	49%	45%	50%
Máquina #3	40%	43%	70%	48%	47%	40%
Máquina #4	33%	33%	33%	49%	32%	40%
Máquina #5	38%	44%	40%	38%	37%	23%
Total	40%	36%	53%	38%	43%	34%

Estampadora	Req. Semanal	Numero de parte x Máquina
Máquina #0	5,100,000.00	2
Máquina #1	4,402,610.00	20
Máquina #2	2,894,319.00	7
Máquina #3	9,819,276.00	6
Máquina #4	7,001,236.00	12
Máquina #5	353,084.00	51
Total	29,132,725.00	



Premium es el métrico que sin duda alguna se ha visto mayormente beneficiado por el rediseño en el programa K2XX. La tendencia a partir de enero del 2015 se muestra sumamente favorable. Durante el primer cuarto del año 2014 se tuvo un gasto por este rubro de \$31,100 dólares contra \$2,800 dólares en el mismo periodo del

2015. Esto representa un 91% de diferencia con respecto al año anterior, lo que equivale a \$28,300 dólares de diferencia solamente en el primer cuarto. Si esta misma tendencia se aplica para el resto del año la diferencia con respecto al 2014 será de \$222,495, véase la Figura 10.

DEC. NA PLANT 39 RBE1	QVCii		YTD Actuals	Q1 Actuals			Q2 Actuals			Q3 Actuals			Q4 Actuals		
	2013 Actual Year End	2014 Target		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Alquil Arguiles	\$394.5	\$482.7	\$ 418.1	\$ 22.8	\$ 24.7	\$ 11.9	\$ 11.5	\$ 61.0	\$ 63.0	\$ 33.6	\$ 18.9	\$ 66.0	\$ 90.5	\$ 10.2	\$ 6.5
Concepto de Estampado 2014			\$ 244.5	\$ 9.1	\$ 16.1	\$ 3.0	\$ 2.9	\$ 48.8	\$ 57.0	\$ 30.2	\$ 7.2	\$ 36.5	\$ 31.7	\$ 1.5	\$ 0.7
		2015 Target	\$ 78.8	\$ 8.8	\$ 40.8	\$ 16.4	\$ 12.8								
Concepto de estampado 2015			\$ 2.8	\$ 0	\$ 2.8	\$ 0	\$ 0								

Figura 10. Premium

El costo de las herramientas representa un parámetro a medir que es digno de ser revisado. Durante el periodo enero-junio del 2014 se tuvieron 37 incidencias de herramientas quebradas con un impacto

para la planta de \$60,062 dólares. Una vez hecha la modificación en el stripper (hallazgo 5) el costo por herramientas quebradas para el primer cuarto del año 2015 es de \$0 dólares, véase la Tabla 7.

Tabla 7. Costo de herramientas quebradas

Descripción de Falla	Enero-Junio 2014			Enero-marzo 2015		
	Incidencias	Costo unitario	Costo Total	Incidencias	Costo unitario	Costo Total
Punch quebrado	16	\$749	\$ 11,984.00	0	\$749	\$ -
Stripper plate quebrado	12	\$409	\$ 4,908.00	0	\$409	\$ -
Stripper insert quebrado	9	\$4,800	\$ 43,200.00	0	\$4,800	\$ -
			\$ 60,092.00			\$ -

Controlar

Las actividades para mantener el proceso de manera controlada y ascendente se enlistan a continuación:

1. Los estándares globales para el diseño de un troquel deben ser compartidos con los representantes de gestionar la compra de nuevos dados y estos a su vez con los proveedores. Todo nuevo dado debe ser liberado para producción con los estándares propuestos.
2. Sistema efectivo de mantenimiento preventivo de herramientas, las rutinas deben realizarse de acuerdo a ciclos y los ciclos se establecen

dependiendo de la naturaleza del troquel y el nivel de complejidad del mismo.

3. Respaldo sólido en el sistema de máximos y mínimos de consumibles establecidos para el almacén de materiales indirectos.
4. Todo personal a cargo del sistema de control de calidad en el área de estampado, debe entender con claridad la funcionalidad y las dimensiones críticas de la terminal. Esto debe acelerar la toma de decisiones para la liberar la corrida de producción evitando ajustes innecesarios que entorpezcan la productividad del área.

Conclusiones

Las fases DMAMC basados en las herramientas de calidad del sistema Seis Sigma aplicados en troqueles para estampado metálico de alta velocidad dieron como resultado un impacto directo

en el incremento de la eficiencia, productividad y gastos reflejados en los costos operacionales por Premium y tiempo extra.

References

Ashkenas, R. D. (1995). *The Boundaryless Organization: Breaking the Chains of Organizational Structure*. San Francisco: Jossey-Bass.

Freddy Balle, M. B. (May 9, 2005). *THE GOLD MINE*. Lean Enterprise Institute.

Lasheras, J. M. (1996). *En Tecnología Mecánica*. Espana: Editorial Donostiarra.

Natarajan, A. K. (Springer-Verlag London 2013). *Application of Six-Sigma DMAIC*

methodology to sand-casting process with response surface methodology. Published online: 20 June 2013, 18.

Peter S. Pande, R. P. (2000). *THE SIX SIGMA WAY*. The McGraw-Hill.

Yen, J. P. (Springer-Verlag London Limited 2004). *A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement*. Received: 27 November 2002 / Accepted: 5 March 2003 / Published online: 10 January 2004, 10.