

Implementación de mejora continua de los procesos del área de mantenimiento en servicios de la industria de manufactura electrónica

Elieel Eduardo **Montijo-Valenzuela**

Oscar Ernesto **Cano-Martínez**

Flor **Ramírez-Torres**

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Hermosillo
Metal-mecánica
Ave. Tecnológico y Periférico Poniente s/n
C.P. 83170 Colonia Sahuaro, Hermosillo, Sonora.
MEXICO

correos electrónicos (emails):
elielmontijo@gmail.com
oscarcanom@gmail.com
ramirez.flor@gmail.com

Recibido 03-09-2019, aceptado 21-11-2019.

Resumen

Este trabajo de investigación trata de la implementación de mejora continua en el área de STM (Sistemas de Tecnología Microelectrónica) de una empresa de servicios, en la manufactura electrónica ubicada en el noroeste del país. El objetivo de la investigación es implementar la metodología Kaizen y 5's en el área de mantenimiento, derivado de un incremento de tiempos muertos de un 45% desde 2015, producto de una mala organización y clasificación de herramientas en el área de almacén. Se propone implementar, dentro de la metodología de 5's, un sistema visual de semáforo (etiquetado de colores), para identificar el estatus de los alimentadores (óptimos para uso o para mantenimiento), inventariado de los alimentadores, un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, un sistema automatizado para el área de mantenimiento basado en un sistema de detección de códigos de barra y ordenar, organizar y limpiar el área de mantenimiento. La implementación de estos sistemas tuvo una disminución del 28.32% en tiempos muertos, en un total de 5 semanas en las que fue comparado la implementación del sistema.

Palabras clave: mejora continua, Kaizen, 5's, mantenimiento, industria de manufactura eléctrica.

Abstract (Implementation of continuous improvement of the maintenance area in the Services of the electronic manufacturing industry)

This research work deals with the implementation of continuous improvement in the area of STM (Microelectronic Technology Systems) in the service company in the electronic manufacturing located in the northwest of the country. The objective of the research is to implement the Kaizen methodology and 5's in the maintenance area, derived from an increase in downtime of 45% since 2015, due to poor organization and classification of tools in the warehouse area. It is proposed to implement, within the 5's methodology, a visual traffic light system (color labeling), to identify the status of feeders (optimal for use or maintenance), inventoried feeders, a preventive maintenance plan and corrective, an automated system for the maintenance area based on a bar code detection system and order, organize and clean the maintenance area. The implementation of these systems had a decrease of 28.32% in downtime, in a total of 5 weeks in which the implementation of the system was compared.

Index terms: continuous improvement, Kaizen 5's, maintenance, electronic manufacturing industry.

1. Introducción

El término Kaizen fue acuñado en los años ochenta por Masaaki Imai y proviene de dos ideogramas japoneses: "Kai" que significa cambio y "Zen" que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que "Kaizen" es "cambio para mejorar" o "mejoramiento continuo" [1], [2].

Son muchas las ventajas y beneficios que presenta la implementación de la metodología Kaizen aplicada a la industria, sin embargo, varios autores coinciden en que se reducen los costos en relación con la mejora continua de la productividad, calidad y la minimización de los reprocesos, todos es-

tos de carácter aplicable a cualquier organización o proceso industrial [3], [4].

A nivel industrial, los eventos Kaizen pueden ser implementados en cualquier área, y son uno de los principales mecanismos para perfeccionar los procesos durante la fase de producción (ejecución) de un producto, asegurando un mejor desempeño y agregando valor al cliente [5]. Por ejemplo, en líneas de producción en la industria automotriz, pueden ocurrir problemáticas que si no son identificadas y manejadas de forma correcta, pueden afectar la imagen de la empresa y la satisfacción del cliente, pudiendo desencadenar además defectos del vehículo, por lo que la implementación de la metodología Kaizen contribuye a una gestión de la línea de producción defectuosa y la aplicación de contramedidas eficientes [6]. Otro ejemplo de la aplicación del Kaizen es en el análisis de la importancia en la gestión de inventarios y almacenes de la industria textil, como lo establece [7], con el objetivo de asegurar que los artículos más demandados estuvieran siempre a niveles de almacenamiento accesibles que no requieren el uso de montacargas y escaleras para la separación del producto, y así, aumentar la productividad a través de estudios de diseño de idoneidad.

Los proyectos Kaizen, se implementan dentro de las empresas con el fin de realizar una mejora significativa a un proceso, área de trabajo o a la planta en general. Este proyecto consta de una serie de proyectos Kaizen en una empresa dedicada a la manufactura de componentes electrónicos, ubicada en Hermosillo, Sonora. Debido a que esta herramienta de mejora es parte de una serie de herramientas que proporcionan a la empresa un ambiente laboral llamado Lean Manufacturing (manufactura esbelta), es monitoreada con auditorías y por lo tanto su implementación debe ser exitosa. La manufactura esbelta es una herramienta de calidad muy usada por empresas que requieren aplicar acciones de mejora continua, a través de la reducción de los costos, mejoramiento de los procesos para la fabricación, distribución y comercialización de productos o servicios, así como la eliminación de los desperdicios, [1]. De la filosofía de la manufactura esbelta se desprende la metodología de las 5's, cuyo fin es la mejora continua de los procesos de gestión, con la tarea de crear un ambiente de trabajo altamente eficiente, limpio y ergonómico [8], [9].

Debido a que, dentro de las empresas, el ambiente laboral a veces no permite tener el tiempo suficiente para realizar estos eventos, estarán destinados en su totalidad a identificación de oportunidades de mejora dentro de la instalación, con el fin de fomentar una cultura de trabajo ordenada y sin desperdicios, alcanzando una calidad superior en los productos y un ambiente de trabajo seguro y limpio.

El objetivo de la investigación es implementar la metodología Kaizen y 5's en el área de mantenimiento de una empresa de manufactura de componentes electrónicos, derivado de un incremento de tiempos muertos de un 45% desde 2015, producto de una mala organización y clasificación de herramientas en el área de almacén. Se propone implementar, dentro de la metodología de 5's, un sistema visual de semáforo (etiquetado de colores), para identificar el estatus de los alimentadores (óptimos para uso o para mantenimiento), inventariado de los alimentadores, un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, un sistema automatizado para el área de mantenimiento basado en un sistema de detección de códigos de barra y ordenar, organizar y limpiar el área de mantenimiento.

2. Desarrollo

Para el desarrollo de esta investigación primeramente se definió la problemática, basada en un incremento de tiempos muertos en el área de STM de un 45% a partir de 2015. En un análisis documental de bitácoras de mantenimiento y mediante observación sistémica [9] de tres ingenieros mecatrónicos, durante dos semanas en turno matutino y vespertino, se obtuvieron cuatro variables principales que afectan el funcionamiento adecuado de la maquinaria, razón por la cual se generan tiempos muertos; 1) inexistencia de planes de mantenimiento a maquinaria, 2) control inadecuado de máquinas y equipo en mal estado, 3) material no etiquetado ni caracterizado y 4) desorganización en el área de mantenimiento. La documentación obtenida fue analizada por gerencia y el departamento de ingeniería, y corroborada por medio de una prueba aplicada al departamento de STM, donde participó el 100% del equipo de trabajo del área, que incluyen al ingeniero de mantenimiento, tres técnicos de mantenimiento y ocho operarios. Los resultados de esta prueba arrojaron una similitud muy aproximada al análisis documental y la observación sistémica.

Una vez analizada y definida la problemática, gerencia propuso un plan de trabajo que abarcara las soluciones de las cuatro variables detectadas en la problemática. Primero se propuso realizar un plan de mejora continua con enfoque a Kaizen en el área de mantenimiento mediante los siguientes puntos [2].

Paso 1. Planear: en este punto se realiza una definición del problema en el área de mantenimiento, se estudia la problemática presente y se analizan las causas potenciales de generar problemáticas significativas en el área de STM. La problemática se basa en que el área de mantenimiento se encuentra desordenada, hay acumulación de material y objetos diversos que son innecesarios dentro del proceso, así como amontonamiento de herramientas y materia prima no identificada en áreas de

trabajo, generando pérdidas de tiempo en el proceso de producción y una imagen inapropiada para el cliente. Aunado a lo anterior, las áreas de trabajo se encuentran con suciedad. Los alimentadores no se encuentran ordenados por número de parte ni por serie y tampoco se cuenta con un plan de mantenimiento para los alimentadores que están inhabilitados. Por estos motivos, la empresa propone implementar un programa que permita eliminar las situaciones descritas, en torno a un mejoramiento continuo de la empresa, mediante toma de fotografías del estado actual de las áreas de trabajo, realización y actualización de diagramas de operaciones y descripción de las operaciones. Las causas detectadas en el área de mantenimiento como una potencial problemática para el área de STM son; no hay control de feeders (alimentadores de materia prima en área STM), el operador deja el alimentador y toma el más cercano, además, los alimentadores no están etiquetados ni inventariados correctamente, por lo que se pierde tiempo en realizar un set-up de manera efectiva, ya que por lo general se prueban de dos a tres alimentadores antes de que la máquina funcione correctamente. El factor humano también se evaluó mediante una entrevista y llenado de encuestas por parte del equipo de mantenimiento, encontrando las siguientes causas potenciales susceptibles de generar problemáticas en el área de STM; falta de un procedimiento interno, que permita mantener el área de trabajo limpia y ordenada, en cuanto a la disciplina, no hay hábitos de poner en práctica procedimientos normalizados internamente. Aunque si hay interés en el tema por parte del equipo de trabajo de mantenimiento, su principal objetivo es producir.

Paso 2. Hacer: implementar una solución. Para el área de mantenimiento se propuso por acuerdo de gerencia y personal de mantenimiento, implementar la metodología de las 5's [10], que ayudarían a mejorar los tiempos de desempeño y el área de trabajo, en cuanto a reducción de tiempos por búsqueda de herramientas, identificación de alimentadores y realización de set-up a la maquinaria de STM, optimizando el orden en las funciones diarias del equipo de mantenimiento. La propuesta fue aprobada por gerencia e ingeniería. Siguiendo la metodología de las 5's, se realizaron los siguientes procedimientos. *A. Clasificar:* este paso consistió en separar los alimentadores en estado óptimo, los que requieren mantenimiento y los que están totalmente obsoletos, así como clasificarlos por número. La herramienta utilizada también se clasificó, dejando únicamente la necesaria para realizar ajustes al set-up del alimentador. La materia prima existente en el área se llevó directamente a la zona de scrap. *B. Ordenar:* una vez clasificados los alimentadores por número, se etiquetaron por serie y se ordenaron en los lugares correspondientes, mediante letreros de identificación, priorizando primero, aquellos con mayor rotación en el área de STM. Como mejora, se

implementó un sistema semáforo, en donde, por medio de etiquetas de color (amarillo, rojo y verde), se puede identificar un alimentador en estado óptimo (etiqueta verde), para mantenimiento preventivo (etiqueta amarilla) o mantenimiento correctivo (etiqueta roja). Además, se realizó un software utilizando C#, Microsoft Access® y Visual Studio®, vinculado a un escáner de lector de códigos de barra, que, de forma automática, detecta el estado del alimentador una vez que salga del área de mantenimiento, esto como medida secundaria por si hubo algún error en el etiquetado y también para mantener actualizada la base de datos del inventario, ya que, el programa elaborado, de forma automática genera alertas sobre futuros mantenimientos. *C. Limpieza:* una vez identificados los alimentadores y herramientas, se procedió a una limpieza profunda del área general de mantenimiento. *D. Mantener:* al finalizar, se diseñó una lista de cotejo, con la intención de realizar auditorías internas semanales, con la finalidad de estandarizar el proceso y crear disciplina de trabajo. *E. Factor disciplina:* la disciplina es una variable que no se puede medir [11], a diferencias de las 4's mencionadas anteriormente, sin embargo, se establecieron los siguientes criterios para este rubro; elegir a un líder de área, que sea el encargado de mantener el área limpia, implementar fotografías de los antes y después de implementar las 5's, implementar las listas de chequeo semanalmente, capacitación sobre programa de 5's en planta y boletines informativos.

Paso 3. Verificar: siguiendo con el plan de Kaizen se verificó el resultado de las mejoras en un lapso de un mes y se analizó por gerencia e ingeniería de la empresa.

Paso 4: Estandarización: con base en los resultados analizados en la etapa de verificación, se tomaron medidas para la implementación del sistema en todas las áreas que integran la planta.

3. Resultados

Siguiendo el plan metodológico, se revisaron bitácoras y por medio de observación del proceso durante tres semanas, se observó en las tres líneas (línea 1, 2 y 3) que conforman el área de STM, un tiempo muerto de 327 minutos, obtenido de un análisis de toma de tiempo en un periodo de un mes de operación en el área, mostrados en la Tabla 1. A partir de la obtención de los tiempos muertos y análisis de la problemática, se implementó un sistema de mejora continua con enfoque a la metodología de las 5's, en donde se obtuvieron los siguientes resultados. Se clasificaron e identificaron los alimentadores por tipo en el lugar correspondiente, como lo muestra la Fig. 1.



Fig. 1. Estantes con alimentadores desordenados (derecha). Estantes con alimentadores ordenados y etiquetados (izquierda).

Una vez clasificados e identificados los alimentadores por número, se etiquetaron por serie como se muestra en la Fig. 2.

Se realizó una actualización del inventario de los alimentadores, de los cuales 546 estaban funcionales y 150 requerían mante-

nimiento, siendo un total de 696 alimentadores, como se muestra en la Tabla 2. Posteriormente se ordenó y seleccionó la herramienta de mantenimiento, únicamente la necesaria para elaborar set-up en el área de STM, la materia prima en el área se envió a scrap y la herramienta sobrante se envió a cajoneras

Tabla 1. Tiempo muerto en minutos, registrado en las líneas de STM para turno matutino y vespertino.

Fecha	Turno 1			Fecha	Turno 2			TOTAL
	Línea 1	Línea 2	Línea 3		Línea 1	Línea 2	Línea 3	
02-may	15			02-may				15
03-may	16			03-may			8	24
04-may		6	8	04-may				14
05-may				05-may				0
06-may				06-may		15		15
09-may			10	09-may			12	22
10-may				10-may				0
11-may				11-may		30		30
12-may	5		6	12-may				11
13-may				13-may		50		50
17-may	3			17-may				3
18-may				18-may			20	20
19-may	5			19-may	8			13
23-may				23-may	25			25
24-may	10			24-may	10			20
25-may	10			25-may				15
26-may				26-may	16			16
30-may	14			30-may				14
31-may				31-may	20			20
Total	78	6	24	Total	70	100	40	327



Fig. 2. Clasificación por serie de los alimentadores.

fuera de almacén, seguido de una limpieza profunda del área como lo muestra la Fig. 3.

Se realizó un plan de mantenimiento para los 696 alimentadores del inventario, se optó por realizar mantenimiento de los alimentadores cada 2 meses y calibrarlos cada 6 meses, es necesario realizar el mantenimiento de 16 alimentadores y la calibración de 6 cada día. Parte del programa de mantenimiento se presenta en la Tabla 3.

Para optimizar el plan de mantenimiento se realizó un sistema de semáforo para determinar el estado en el que se encuentra cada alimentador de forma visual (véase Fig. 4), además se etiquetaron todos los alimentadores con un código de barra para vincularlos a un sistema automático de mantenimiento, elaborado específicamente para el área de STM, mediante software C#, Microsoft Access® y Visual Studio® (véase Fig. 5).

Para evaluar la eficiencia del sistema implementado, se realizó un seguimiento de tiempos muertos en comparación con las 5

Tabla 2. Inventario de alimentadores del área de STM.

Feeder	Funcionales	Mantenimiento	Total
Electrónicos	66	22	88
Chinos 8x2 mm	19	1	20
CL 12 mm	16	13	29
CL 16 mm	27	3	30
CL 24 mm	6	2	8
CL 32 mm	4	0	4
CL 44 mm	4	0	4
CL 56 mm	3	0	3
CLA 8x2 mm	33	5	38
CLA 8x4 mm	96	7	103
CLI 12 mm	9	0	9
CLI 16 mm	3	1	4
CLI 8x2 mm	17	0	17
CLI 8x4 mm	20	20	40
CLY 8x2 mm	3	9	12
CLY 8x4 mm	44	3	47
FS2 8x2 mm	19	6	25
FS2 8x4 mm	8	11	19
FV 12 mm	15	9	24
FV 16 mm	17	3	20
FV 24 mm	12	2	14
FV 32-56 mm	3	0	3
FV 8x2 mm	18	33	51
FV 8x4 mm	84	150	234
TOTAL	546	150	696

semanas anteriores a la implementación del plan y las siguientes 5 semanas después de haberse implementado en ambos



Fig. 3. Orden y limpieza en el área de mantenimiento. A la izquierda, se aprecia el desorden en el área, a la derecha se muestra el área después de ordenarla y limpiarla.



Fig. 4. Sistema semáforo (encerrado en cuadro), para identificación visual de mantenimiento.

turnos (véase fig. 6). Antes de implementarse el sistema se obtuvieron 173 minutos en el turno 1 y 286 minutos en el turno 2 durante las 5 semanas medidas (en bitácora). Después de implementarse el sistema se obtuvieron 59 minutos en el turno 1 y 71 minutos en el turno 2 durante las 5 semanas medidas, los resultados se muestran en barras azules en tabla 4. Se muestra según los resultados una reducción de 459 a 130 minutos en las semanas medidas, presentando una reducción del 28.32% en tiempos muertos.



Fig. 5. Programa automatizado de mantenimiento para STM.

Tabla 3. Parte del programa de mantenimiento para el área de STM.

Componente	Actividad	
	Bimestral	Semestral
Barra de feeders (feeder bar)	Limpieza	
Engranaje de avance (sprocket wheel)	Limpieza	Calibración
Resorte de avance (sprocket wheel)	Limpieza	Calibración
Palanca de anclaje (clamp lever)	Limpieza	Calibración
Cubierta superior (top cover)	Limpieza	Calibración
Polea de engranaje (pulley wheels)	Limpieza	Calibración
Cubierta, balero, placa (housing, bearings, plate)	Limpieza	Reemplazar Calibración
Engranaje pequeño para sistema de polea (small gear wheel)	Limpieza	Reemplazar Calibración
Engranajes grandes para sistema de polea (large gear wheels)	Limpieza	Reemplazar Calibración

4. Conclusiones

Los eventos Kaizen proporcionan a las empresas una oportunidad para mejorar ciertos aspectos que no tienen que ver directamente con el producto final que ellos manufacturan, si

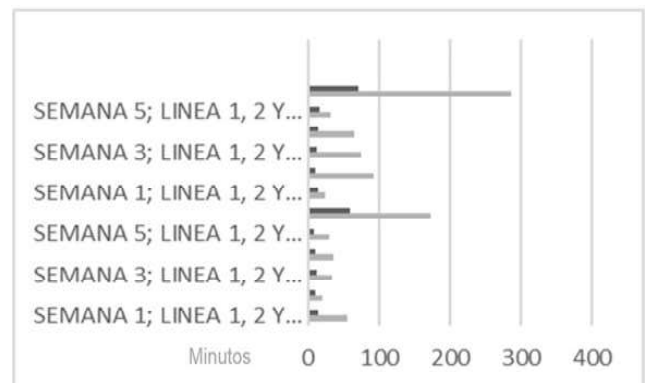


Fig. 6. Medición de tiempos muertos en ambos turnos, antes (barras negras) y después (barras grises) de implementar el sistema.

no con el ambiente de trabajo en el cual se desenvuelven los operadores dentro de la empresa. Puesto que es el operador es quien tiene que realizar el trabajo para lograr tener un producto final, es indispensable que esta persona se sienta segura, feliz y satisfecha en el área donde labora, ya que, de lo contrario, si este es un puesto donde el personal esta propenso a tener accidentes, si el salario es poco, si no tiene las prestaciones de ley, entre otros aspectos, los trabajadores no estarán realizando sus actividades al cien por ciento.

Esto impacta directamente en las actividades que la empresa tiene planeadas, debido al disgusto de los trabajadores o a la ausencia de sistemas que regularicen las actividades por parte del operador, por lo que se generan retrabajos, tiempos muertos o no se entregan a tiempo los pedidos al cliente. Como ya sabemos estos aspectos impactan directamente en los gastos de la empresa, además, si no se regularizan estas actividades, el cliente puede dejar de tener contacto con la empresa.

La realización de estas actividades tiene un impacto muy grande en el ambiente laboral, pues si los trabajadores se dan cuenta de que estas actividades realmente dan un resultado positivo, estarán más abiertos a adoptar esta cultura de trabajo y estarán más involucrados en las mejoras de sus propias áreas de trabajo.

Aunado a lo anterior, la implementación de Kaizen en cada una de las empresas, involucra la participación de cada una de las jerarquías administrativas, desde las altas gerencias, hasta los últimos empleados del organigrama, compartiendo el flujo de ideas y una continua comunicación entre todas las partes interesadas, además la implementación de esta metodología empieza y termina su ciclo con "educación", ya que en el proceso de la mejora continua, los integrantes adquieren capacidades y habilidades que van de la mano con un enfoque motivacional.

Implementar internamente la filosofía Kaizen, tiene la ventaja de mejorar los procesos internos, en primera instancia, reduciendo las barreras de comunicación entre los departamentos o áreas que conforman la organización, además ayuda a reducir desperdicios (scrap) y mantener en los trabajadores una cultura de encontrar, analizar y solucionar.

Referencias

[1] D. Salazar, N. Portalanza, B. Casignia, D. Chipantiza, "Gestión de los tiempos de preparación en aparato con

la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED) en industrias de manufactura de calzado de cuero," *Revista Digital De Medio Ambiente "Ojeando La Agenda"*, no. 53, 2018.

- [2] Y. Atehortua Tapias, J. Restrepo, "Kaisen: un caso de estudio," *Scientia Et Technica*, vol. 45, no. 1, pp. 59-64, 2018.
- [3] R. Arteaga, J. Corre, "Propuesta de implementación del Kaizen en el área de recepción y despachos de la empresa Homecenter Molinos de la ciudad de Medellín," *Revista CIES*, vol. 9, no. 1, pp. 139-156, 2018.
- [4] M. Oropesa, J. García, Beneficios del Kaizen en la Industria. *GEPCA: I Congreso de Gestión de la Calidad y Protección Ambiental*, 2014.
- [5] B. Arriola, A. Denis, S. Rodríguez, "Evaluación inicial de un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción," *Revista ingeniería de construcción*, vol. 33, no. 2, pp. 173-182, 2018. Disponible: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200173>.
- [6] A. De Queiroz, L. De Oliveira, "A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas Em Uma Indústria Automobilística," *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, vol. 3, no. 2, 2018. Disponible: <https://doi.org/10.25286/rep.v3i2.915>
- [7] P. Cabral, M. Loos, "Organização do estoque com aplicação do kaizen 3P e da curva ABC: um estudo de caso em uma indústria têxtil," *Revista Gestão Industrial*, vol. 15, no. 1, 2019. Disponible: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/8258>
- [8] J. Reyes, L. Aguilar, J. Hernández, A. Mejías, A. Piñero, "La metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral," *Polo de Conocimiento*, no. 7, pp. 1040-1059, 2017.
- [9] J. Sáez López, *Investigación educativa: fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos*, Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2017.
- [10] I. Sarmiento, "Implementación de una metodología con la técnica 5S para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio," *Ciencia Huasteca Boletín Científico De La Escuela Superior De Huejutla*, vol. 1, no. 2, 2013. Disponible: <https://doi.org/10.29057/esh.v1i2.1027>
- [11] M. Suarez, J. Davila. "Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua," *Pecvnia*, vol. 7, no. 1, pp. 285-311, 2008.

