

Acceptance date: 17/07/2025

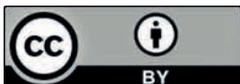
DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA OPERATIVA EN LA LÍNEA SMT MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN EL PROCESO DE MANUFACTURA EN EMPRESA ELECTRÓNICA

José de Jesús Cabrera Chavarría
Centro Universitario de Tonalá

Rafael González Bravo
Centro Universitario de Ciencias Exactas e
Ingeniería de la Universidad de Guadalajara

Julieta Carrasco García
Centro Universitario de Tonalá

José Antonio Rubio González
Centro Universitario de Tonalá



All content in this magazine is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Resumen: El presente proyecto de investigación propone mejorar la eficiencia operativa de la línea SMT en una Empresa de electrónica mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Se detectaron ineficiencias como la falta de estandarización de procesos, baja capacitación, uso de equipos obsoletos y deficiencia en la gestión de materiales. Se diseñó una propuesta basada en la metodología Kaizen para promover la mejora continua, el uso de Poka-Yoke para reducir errores, la implementación de 9's para optimizar el orden y la limpieza, y un programa de TPM para asegurar el mantenimiento preventivo de los equipos. Los indicadores clave establecidos incluyen la mejora del OEE, reducción de tiempos de ciclo y de paros no programados, disminución de defectos y aumento en la participación del personal en actividades de mejora. El proyecto prevé un incremento del 20% en la eficiencia operativa de la línea SMT, fortaleciendo la capacidad competitiva de Empresa de electrónica en el sector de manufactura electrónica. La metodología utilizada combina técnicas cualitativas y cuantitativas, garantizando un análisis integral y la validación de resultados con base en datos empíricos.

Palabras Clave: Lean Manufacturing, SMT, Poka-Yoke, Mejora continua, TPM

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una mejora en la eficiencia operativa de la línea SMT de una empresa electrónica ubicada en Guadalajara, Jalisco, México, mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing. A través de una estructura organizada en capítulos, el documento guía al lector desde el contexto general hasta la validación de los resultados obtenidos.

Primeramente, se describe a profundidad la empresa electrónica, su operación en México y específicamente en Jalisco. Se analiza su estructura organizacional, el proceso produc-

tivo en la línea SMT y los productos que fabrica, estableciendo el marco contextual para comprender la problemática abordada.

Enseguida se identifican las principales deficiencias en la línea SMT, como la falta de estandarización, mantenimiento reactivo, problemas en la capacitación y deficiencias en la gestión de materiales. Se utilizan herramientas como el diagrama de Ishikawa y la matriz FODA para profundizar en las causas raíz.

Después se expone la relevancia de atender las problemáticas detectadas, resaltando cómo su solución mediante metodologías Lean puede impactar positivamente la eficiencia, calidad y competitividad de la empresa.

Para continuar se establece el objetivo general de incrementar la eficiencia operativa mediante herramientas Lean, así como objetivos específicos que incluyen la implementación de Poka-Yoke, 9's, TPM y eventos Kaizen y se desarrollan los conceptos fundamentales que sustentan la propuesta. También se describe el tipo y método de investigación utilizados, así como las técnicas de recolección y procesamiento de datos. Se detalla el uso de herramientas específicas que permitieron diagnosticar la situación inicial y evaluar los resultados tras la implementación de las propuestas.

Finalmente se presenta la propuesta de mejora en acción, se incluyen manuales y lineamientos para la ejecución de eventos Kaizen, el diseño de un sistema Poka-Yoke, la implementación de TPM en conveyors y la metodología 9's en la línea SMT. Además de los resultados, donde se evalúan indicadores clave como eficiencia operativa, reducción de errores, paros no programados y mejora en la participación del personal.

Esta estructura permite comprender de manera integral la problemática abordada, la propuesta desarrollada y sus resultados, consolidando una iniciativa con potencial para replicarse en otros entornos industriales similares.

METODOLOGÍA

La presente investigación se clasifica como explicativa, ya que busca identificar las causas subyacentes de las ineficiencias operativas en la línea de producción y analizar su impacto en la eficiencia del proceso. Este tipo de estudio permite establecer relaciones causales entre variables, es decir, comprender cómo factores como la falta de estandarización, la capacitación insuficiente, la gestión ineficiente de materiales y el mantenimiento inadecuado afectan la productividad, los tiempos de operación y la calidad del producto.

Para lograr este objetivo se empleó un enfoque mixto, lo que garantiza una comprensión integral del problema y permite evaluar el impacto de las estrategias de mejora propuestas.

El enfoque cualitativo se utilizó para recopilar información sobre las condiciones operativas a través de observaciones directas, entrevistas con el personal y análisis de documentación interna. Este método permitió comprender las percepciones y experiencias de los trabajadores, así como identificar áreas de oportunidad en los procesos actuales.

El enfoque cuantitativo se aplicó para medir variables clave como tiempos de ciclo, eficiencia del equipo (OEE), frecuencia de fallas en máquinas, tasa de defectos y productividad en general. El análisis estadístico de estos datos permitió evaluar con precisión el impacto de las deficiencias detectadas y validar la efectividad de las soluciones propuestas.

La combinación de estos enfoques permitió no solo explicar las causas del problema, sino también fundamentar con datos medibles las estrategias de mejora que contribuyan al funcionamiento de la eficiencia operativa de la línea de producción.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se adopta un método empírico-analítico, caracterizado por la observación directa y el análisis de datos cuantitativos para obtener

respuestas concretas y verificables respecto al problema planteado. Este método permite evaluar el rendimiento actual de la línea SMT, identificar oportunidades de optimización y medir el impacto de las soluciones implementadas.

El desarrollo de la investigación sigue estos pasos:

1. Diagnóstico inicial: Recopilación de datos históricos de los KPIs y análisis de las condiciones actuales mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa y entrevistas con el personal.
2. Implementación de mejoras: Aplicación de estrategias de Lean Manufacturing como Poka-Yoke, 9S, TPM y Kaizen en la línea de producción.
3. Evaluación de resultados: Medición del impacto de las mejoras implementadas utilizando herramientas estadísticas y análisis comparativo con los datos iniciales.

POBLACIÓN, UNIVERSO Y MUESTRA

La población de estudio está conformada por la línea SMT de la empresa de electrónica Guadalajara Norte, incluyendo tanto el personal operativo como los equipos y procesos involucrados en la manufactura.

- Universo: Todas las líneas SMT dentro de la planta. Actualmente la planta cuenta con 30 líneas de SMT.
- Muestra: Una línea SMT específica seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando factores como la disponibilidad de datos y la representatividad del proceso productivo.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Líneas SMT con registros históricos de KPIs.
- Procesos con alto impacto en la eficiencia operativa.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Áreas fuera del proceso de manufactura electrónica.
- Líneas sin datos suficientes para realizar comparaciones antes y después de la implementación de mejoras.

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para garantizar la fiabilidad de la información, se implementarán diversas técnicas y herramientas de recolección de datos, organizadas en dos fases:

Fase 1: Diagnóstico Inicial

- Observación directa: Evaluación del flujo de trabajo en la línea SMT.
- Entrevistas y encuestas estructuradas: Aplicadas al personal operativo para identificar problemas y oportunidades de mejora.
- Registro de KPIs históricos: Análisis de eficiencia operativa, tiempos de ciclo, defectos y tiempos de paro no programado.

Fase 2: Implementación y Evaluación de Resultados

- Medición de indicadores post-implementación: Comparación de los KPIs antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing.
- Registro de incidentes y tiempos improductivos: Seguimiento del impacto del mantenimiento TPM y la estandarización 9S.
- Análisis de sugerencias Kaizen: Evaluación de la participación del personal en la mejora continua.

PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El análisis de los datos recopilados se realizará mediante métodos estadísticos y herramientas de visualización, permitiendo una interpretación clara de los resultados obtenidos.

Técnicas de Análisis

- Estadística descriptiva: Cálculo de promedios, desviaciones estándar y tendencias en los KPIs.
- Análisis comparativo: Evaluación del impacto de las mejoras en la eficiencia operativa mediante comparación de datos antes y después de la implementación.
- Gráficos y visualización de datos: Uso de diagramas de control, histogramas y gráficos de tendencias para representar la evolución de los indicadores.

TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING UTILIZADAS

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron diversas metodologías que abarcan desde técnicas como la observación, encuestas, análisis estadístico y revisión documental, hasta herramientas de Lean Manufacturing como Poka-Yoke, Mantenimiento Productivo Total (TPM), 9S y Kaizen. Estas herramientas y técnicas permitieron identificar ineficiencias operativas, analizar los procesos en profundidad y proponer mejoras continuas para mejorar la eficiencia en la línea SMT de empresa de electrónica Guadalajara Norte.

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La observación directa será fundamental para identificar ineficiencias en la línea de producción, ya que permitirá un análisis detallado del flujo de trabajo, los tiempos de operación y los factores que afectan la productividad. Mediante esta técnica, se podrá detectar fallos en la estandarización de procesos, cuellos de botella y desperdicios operativos. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la observación es una herramienta clave en la investigación aplicada, ya que permite obtener información detallada sobre fenómenos que no siempre se registran en documentos o informes.

Para complementar el análisis, se llevarán a cabo encuestas y entrevistas dirigidas al personal operativo y administrativo con el objetivo de conocer su percepción sobre los problemas presentes en la línea SMT y las posibles mejoras. Estas entrevistas serán semiestructuradas y estarán enfocadas en aspectos como la eficiencia operativa, la aplicación de herramientas Lean Manufacturing y la capacitación del personal. De acuerdo con Taylor et al. (2015), las entrevistas cualitativas permiten profundizar en la comprensión de un problema y recoger información que no puede capturarse mediante métodos puramente cuantitativos.

La revisión documental permitirá analizar registros históricos de los principales indicadores clave de desempeño (KPIs), tales como la eficiencia operativa (OEE), el tiempo de ciclo, la tasa de defectos y el tiempo de paro no programado. Asimismo, se examinarán documentos internos relacionados con la operación de la línea SMT, manuales de procedimientos y registros de mantenimiento. Yin (2018) destaca que la revisión documental es un recurso fundamental para obtener datos cuantificables y compararlos con los resultados obtenidos tras la implementación de mejoras.

Finalmente, el análisis estadístico será clave para evaluar la variabilidad en los procesos productivos y medir el impacto de las estrategias de optimización. Se aplicarán técnicas como análisis de tendencias, gráficos de control y pruebas de hipótesis, lo que permitirá verificar si las mejoras implementadas han generado resultados significativos. Según Montgomery (2017), el análisis estadístico es un componente esencial en estudios de mejora de procesos, ya que facilita la toma de decisiones basadas en evidencia numérica.

Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizarán herramientas especializadas como Microsoft Excel y Minitab. Excel permitirá realizar cálculos estadísticos básicos, gráficos de control y análisis de tendencias, mientras

que Minitab facilitará la ejecución de pruebas de hipótesis, análisis de capacidad y estudios de variabilidad en los procesos. Montgomery (2017) señala que el uso de software especializado en análisis estadístico proporciona resultados más precisos y confiables, mejorando la interpretación de los datos y la validación de las mejoras implementadas

RESULTADOS

Resultados Manual de TPM en Conveyors de Línea SMT en Empresa de electrónica

La correcta medición del impacto de un proyecto de mejora continua requiere de métodos sistemáticos que permitan evaluar tanto los resultados operativos como la percepción del personal involucrado.

Por ello, en el presente apartado se describe el análisis de dos encuestas realizadas en empresa de electrónica, dirigidas al personal operativo, de mantenimiento y supervisión de la línea SMT, tras la implementación del Manual de Aplicación de TPM en los conveyors, dichas encuestas realizadas a un grupo de 12 personas, las cuales laboran a lo largo de los 3 turnos laborables.

El propósito principal de este estudio es identificar cambios tangibles en el conocimiento técnico, la participación activa, la eficiencia de los equipos y la aceptación general del programa de mantenimiento preventivo estructurado.

La encuesta fue aplicada en dos momentos clave:

- En la fase inicial, antes de la implementación del Manual de TPM, para identificar las condiciones base.
- En la fase posterior, un mes después de la implementación, para medir la mejora real y la evolución de la cultura de mantenimiento.

Los resultados se presentan de manera comparativa y expresados en términos porcentuales para facilitar su interpretación y reflejar de manera precisa el avance logrado.

RESULTADOS DE ENCUESTA COMPARATIVA: ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

A continuación, se muestra el resumen porcentual de las respuestas obtenidas en ambas fases, considerando los puntos clave de cada pregunta, se representa de la siguiente forma:

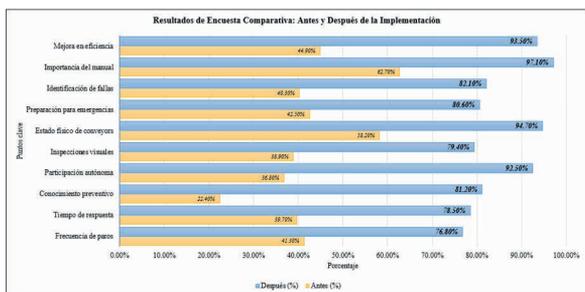


Gráfico 1 Resultados de Encuesta Comparativa: Antes y Después de la Implementación

Estos datos reflejan una tendencia positiva clara, donde todos los indicadores analizados presentan un incremento notable tras la implementación del manual.

ANÁLISIS DETALLADO DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

Para comprender a fondo los avances logrados, se realiza un análisis individualizado de cada pregunta evaluada:

1. ¿Con qué frecuencia se presentan paros no programados en los conveyors?

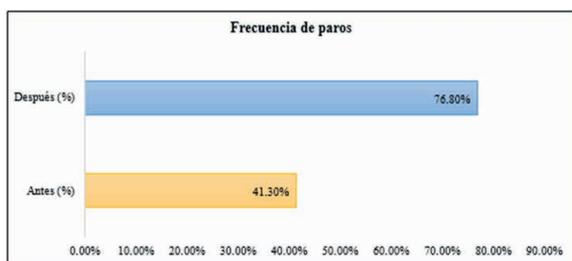


Gráfico 2 Frecuencia de paros.

Esta pregunta buscó identificar la percep-

ción sobre la frecuencia de fallos en conveyors. Antes de la implementación, el 41.3% consideraba frecuente la ocurrencia de paros; después, la percepción positiva aumentó a 76.8%, mostrando una notable mejora en la estabilidad operativa.

2. ¿Qué tan efectivo considera el tiempo de respuesta ante fallos en los conveyors?

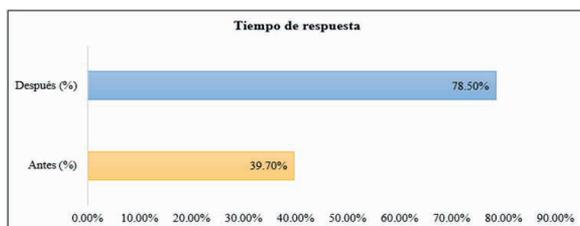


Gráfico 3 Tiempo de respuesta.

Se midió la efectividad percibida del equipo de mantenimiento ante fallas. Antes, solo el 39.7% consideraba efectiva la atención; tras el Manual, el 78.5% percibió tiempos de respuesta mejorados.

3. ¿Conoce usted los procedimientos básicos de mantenimiento preventivo?

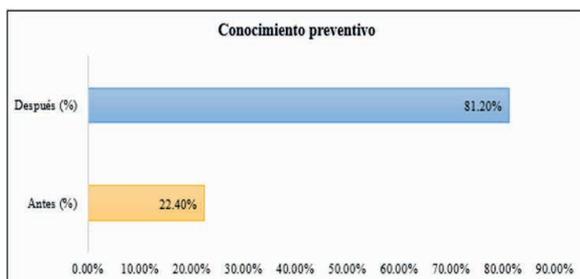


Gráfico 4 Conocimiento preventivo.

Esta pregunta evaluó el nivel de conocimiento técnico básico. El porcentaje subió de 22.4% antes del Manual a 81.2% después, reflejando el éxito de la capacitación impartida.

4. ¿Participa activamente en actividades de mantenimiento autónomo?

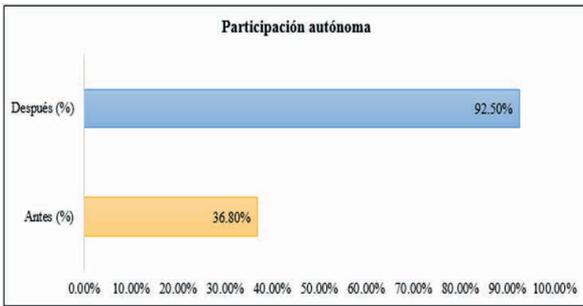


Gráfico 5 Participación autónoma.

Se buscó medir el grado de involucramiento directo del personal. Antes, sólo el 36.8% participaba; posteriormente, este valor subió a 92.5%, evidenciando una transformación cultural hacia el mantenimiento autónomo.

5. ¿Con qué frecuencia realiza inspecciones visuales de los conveyors?

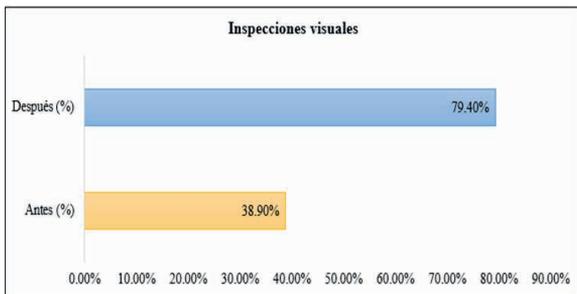


Gráfico 6 Inspecciones visuales.

Con esto, se evaluó la frecuencia de inspecciones rutinarias. Los resultados mejoraron de un 38.9% antes del Manual a un 79.4% después, consolidando las inspecciones como una práctica preventiva habitual.

6. ¿Considera que el estado físico general de los conveyors es adecuado para operar sin fallas?

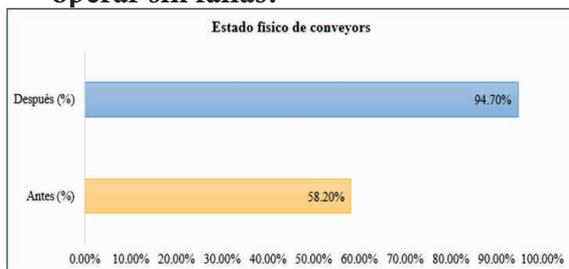


Gráfico 7 Estado físico de conveyors

Se midió la percepción sobre la condición física de los equipos. Se observó un avance de 58.2% a 94.7%, evidenciando el impacto de las acciones de mantenimiento preventivo aplicadas.

7. ¿Qué tan preparado considera al equipo de mantenimiento para atender emergencias?



Gráfico 8 Estado físico de conveyors.

Se valoró la confianza en la capacidad del equipo de mantenimiento. Se incrementó de 42.5% a 80.6% tras estructurar planes de respuesta rápida basados en TPM.

8. ¿Se siente capacitado para identificar fallas potenciales?

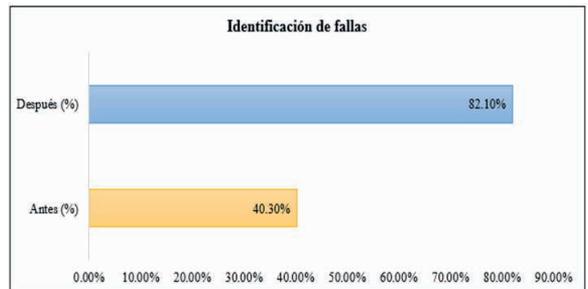


Gráfico 9 Identificación de fallas

Se buscó medir la confianza del personal en su capacidad de detección temprana de fallas. El porcentaje subió de 40.3% antes a 82.1% después, mostrando la efectividad del entrenamiento.

9. ¿Considera importante contar con un manual de mantenimiento preventivo en la línea SMT?

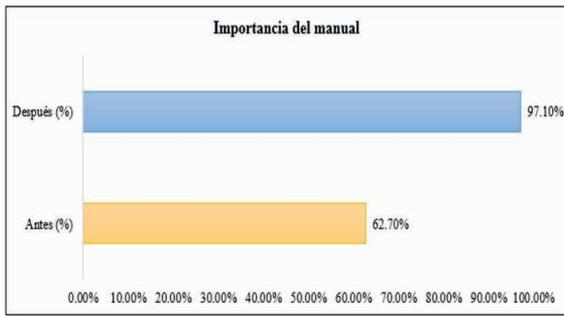


Gráfico 10 Importancia del manual.

Se midió la percepción sobre la importancia del Manual. De 62.7% antes a 97.1% después, validando la aceptación de la estandarización como una necesidad operativa.

10. ¿Percibe que la eficiencia de los conveyors ha mejorado desde la implementación del Manual de TPM?

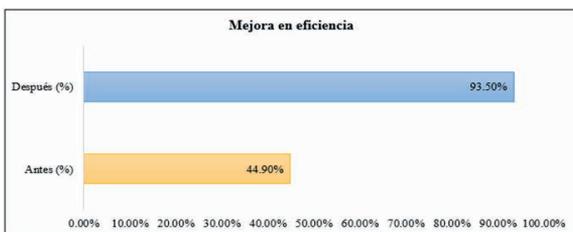


Gráfico 11 Mejora en eficiencia.

Analizó la percepción general de mejora de eficiencia. Subió de 44.9% antes del Manual a 93.5% después, confirmando el impacto positivo en la productividad.

VALIDACIÓN DE LA DIFUSIÓN INTERNA DEL MANUAL DE TPM

Con el objetivo de asegurar que la información contenida en el Manual de TPM fuera correctamente entendida y aplicada por el personal, se diseñó una segunda encuesta enfocada en medir la efectividad de la difusión interna posterior a la capacitación y sesiones informativas, aplicada a los supervisores del equipo evaluado en la primera encuesta con su análisis comparativo aplicado antes de está implementación y después de tener este conocimiento.

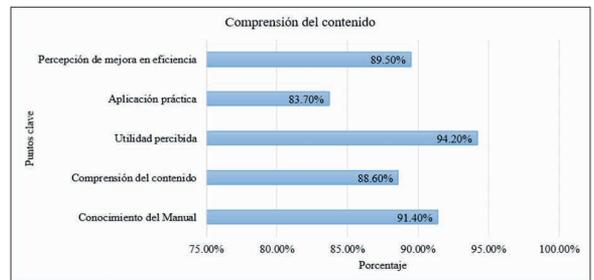


Gráfico 12 Resultados: Comprensión del contenido.

El análisis confirma que la implementación del Manual de TPM no solo mejoró la condición técnica de los conveyors, sino que también consolidó una cultura de mantenimiento preventivo entre operadores y técnicos de SMT. La difusión del contenido demostró un alto nivel de comprensión y adopción, alcanzando más del 90 % en la mayoría de los indicadores evaluados.

Este resultado refleja un aumento en la confiabilidad operativa, con una reducción significativa en fallas y tiempos de inactividad, impulsando la eficiencia y estabilidad de los procesos. Además, la integración del TPM con principios de mejora continua fortalece la mentalidad de prevención y optimización, contribuyendo a estándares de calidad elevados y una producción más sostenible.

La línea SMT se establece, así, como una operación más robusta y alineada con los objetivos estratégicos de desempeño y calidad, garantizando beneficios sostenibles a largo plazo.

RESULTADOS DE 9'S

Con el objetivo de medir la efectividad del manual de la metodología 9S desarrollado para la línea SMT, se diseñó un instrumento de evaluación para valorar el nivel de comprensión, apropiación y aplicación por parte del personal operativo de los tres turnos de producción.

El análisis de los resultados permite identificar oportunidades de mejora y consolidar acciones que fortalezcan la cultura de orden,

limpieza y disciplina en la operación diaria.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La encuesta fue aplicada a la totalidad del personal que opera en la línea SMT:

- 3 Turnos: Mañana, tarde y noche.
- 5 Operadores por turno
- Total de encuestados: 15 colaboradores

Se diseñó un cuestionario estructurado compuesto por cinco reactivos orientados a medir:

- Comprensión conceptual del método 9S.
- Frecuencia esperada de auditorías internas.
- Identificación de beneficios tangibles de la metodología.
- Nivel de compromiso ante desviaciones.
- Percepción de la utilidad y aplicabilidad del manual.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

El 87 % del personal demostró un dominio adecuado de los conceptos fundamentales de la metodología 9S.

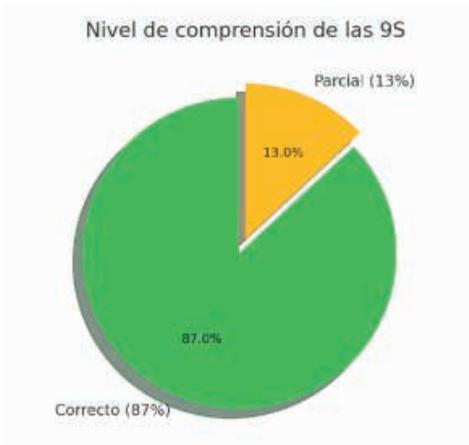


Gráfico 13 Comprensión de las 9'S.

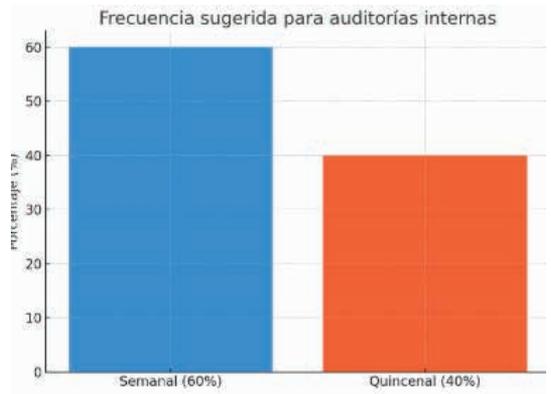


Gráfico 14 Frecuencia de auditorías internas.

Si bien la mayoría seleccionó la frecuencia semanal, existe un área de oportunidad para reforzar el entendimiento de la necesidad de revisiones periódicas más estrictas



Gráfico 15 Percepción de los beneficios.

El personal percibe adecuadamente los beneficios operativos y de seguridad asociados a la metodología.



Gráfico 16 Nivel de satisfacción con el manual.

Pregunta	Tipo de respuesta	Dimensión evaluada
¿Qué representa cada una de las 5S?	Opción múltiple	Conocimiento técnico
¿Con qué frecuencia deben realizarse auditorías internas de 9S?	Respuesta cerrada	Disciplina y seguimiento
¿Qué beneficios aporta aplicar 9S en el área de trabajo?	Respuesta abierta	Impacto operativo
¿Qué acciones tomaría si detecta desviaciones en la aplicación de 9S?	Opción múltiple	Compromiso y acción
¿Considera que el manual facilita la implementación de las 9S?	Escala (1-5)	Usabilidad del recurso

Tabla 1 Detalle de las preguntas aplicadas.

Nivel de conocimiento	Número de personas	Porcentaje
Correcto (Identificaron correctamente las 9S).	13	87%
Parcial (identificaron entre 5 y 7S)	2	13%
Incorrecto (Menos de 5S)	0	0%

Tabla 2 Comprensión del método 9S.

Respuesta	Número de personas	Porcentaje
Semanal (respuesta correcta)	9	60%
Quincenal	6	40%
Mensual	0	0%

Tabla 3 Frecuencia de auditorías internas.

Principales beneficios de las 9S	
Organización del área de trabajo	90%
Mejora en la limpieza	85%
Reducción de tiempos de paro y fallas	75%
Incremento en la seguridad laboral	65%

Tabla 4 Percepción de los beneficios de las 9S.

Calificación otorgada	Número de personas	Porcentaje
Muy claro y útil	12	80%
Claro	3	20%
O menor	0	0%

Tabla 5 Nivel de satisfacción con el manual.

ANÁLISIS INTEGRAL

A partir del análisis de resultados obtenidos tras la implementación del manual de 9S, se determinaron las siguientes fortalezas y áreas de mejora:

Fortalezas identificadas:

- ❖ Se evidenció un alto nivel de conocimiento teórico sobre los principios de las 9S por parte del personal operativo.

- ❖ Existe una sólida percepción de los beneficios asociados a la metodología, principalmente en lo referente al orden, la limpieza y la seguridad en el área de trabajo.

- ❖ El manual de 9S fue ampliamente aceptado y valorado como un recurso de consulta efectiva y apoyo en la ejecución de las actividades diarias.

Áreas de oportunidad:

- ❖ Es necesario fortalecer la implementación de auditorías internas semanales, a través de dinámicas de retroalimentación continua y la aplicación oportuna de acciones correctivas.

- ❖ Se recomienda reforzar la comprensión y la aplicación práctica de las últimas etapas del método (Constancia, Coordinación y Compromiso), mediante sesiones de capacitación específicas y talleres de integración para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

La implementación del manual de 9S ha sido positivamente recibida, logrando un alto nivel de comprensión entre el personal de los tres turnos, con un 90% de los operadores preparados para aplicar la metodología en su entorno laboral. Se recomienda fortalecer la cultura de mejora continua mediante auditorías internas formales y capacitaciones trimestrales que consoliden el seguimiento y la correcta aplicación de las 9S.

RESULTADOS DEL MANUAL DE EVENTO KAIZEN

En el contexto actual, se identifica una importante oportunidad de mejora en la integración consistente de la cultura de mejora continua y Kaizen en las prácticas de la empresa las cuales, aún no se han integrado de manera consistente en la línea de SMT. Esta falta de integración se refleja en áreas de oportunidad para adaptarse con agilidad a las demandas del mercado, la adopción de nuevas tecnologías y métodos de trabajo, así como en una limitada iniciativa para impulsar mejoras en calidad, eficiencia y productividad.

Es esencial que tanto la alta dirección como el personal operativo y técnico reconozcan la importancia de adoptar una mentalidad de mejora continua en todas las actividades de la línea SMT. Para lograrlo, es necesario fomentar un entorno donde se valoren las ideas y sugerencias de todos los niveles organizacionales, se incentive la experimentación controlada y se implementen procesos estructurados para identificar, analizar y resolver áreas de oportunidad.

La implementación de un manual de evento Kaizen representa un paso estratégico para consolidar esta cultura de mejora continua. A través de un compromiso genuino y sistemático con el Kaizen, la empresa podrá fortalecer su capacidad de adaptación, incrementar la satisfacción del cliente, optimizar la eficiencia operativa y reforzar su posición de liderazgo en el sector de manufactura electrónica.

Es fundamental reconocer que la falta de conocimiento y aplicación de prácticas de mejora continua limita la posibilidad de la empresa de electrónica para aprovechar plenamente las oportunidades de crecimiento, innovación y optimización disponibles en un entorno cada vez más competitivo.

Un dato relevante acerca del estado actual de la organización puede observarse en el análisis de las entrevistas realizadas al personal clave de la línea de SMT, donde se identi-

fican áreas críticas que justifican la necesidad de implementar un manual de evento Kaizen.

De manera evidente, más del 70% de los problemas mencionados se concentran en tres grandes categorías: falta de estandarización de procesos, deficiencias en el mantenimiento preventivo y carencias en la gestión de calidad y materiales. Estas áreas impactan directamente en la productividad, la calidad del producto final y la eficiencia operativa de la línea SMT.

CONDICIÓN POSTERIOR A IMPLEMENTAR LA PROPUESTA DE PROGRAMA KAIZEN

Luego de compartir el Manual de Implementación de Evento Kaizen con los directivos de la empresa de electrónica, y tras recibir su respaldo para impulsar la difusión interna de la metodología, se diseñó como herramienta de validación una encuesta dirigida a todos los empleados involucrados en la línea de SMT. El objetivo de esta encuesta fue verificar que la información transmitida acerca de los principios y procesos Kaizen hubiese sido correctamente comprendida y asimilada por todo el personal involucrado, obteniendo los siguientes resultados.

1. ¿Conoce la cultura de mejora continua?

El objetivo de la pregunta era validar el grado de conocimiento de la cultura de mejora continua en el personal involucrado en la línea SMT.

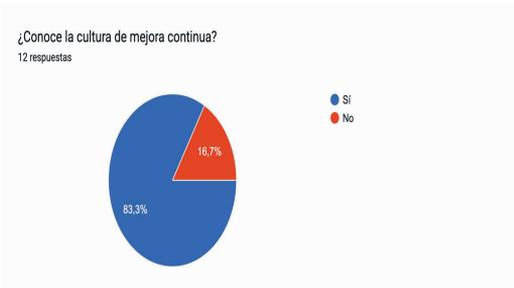


Gráfico 17 Resultados a la pregunta 1.

2. ¿Conoce el programa Kaizen con el que cuenta?

Con esta pregunta se espera evaluar el conocimiento de los empleados sobre el programa de mejora continua de la empresa.

Como se observa, el 75% de los involucrados respondió de manera afirmativa.

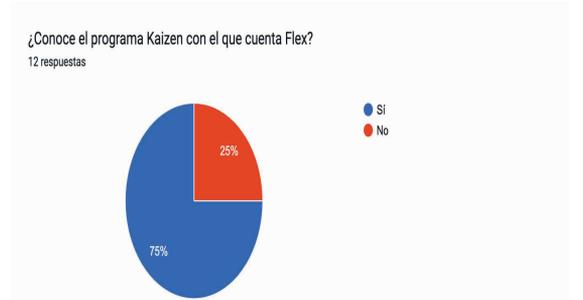


Gráfico 18 Resultados a la pregunta 2.

3. ¿Qué tan involucrado está con la cultura de mejora continua?

El objetivo de esta pregunta es evaluar el nivel de involucramiento del personal de producción de la línea con el programa de mejora continua. Como resultado, se observa que el 75% de los empleados participa activamente en el programa, mientras que el 25% aún no se encuentra integrado.

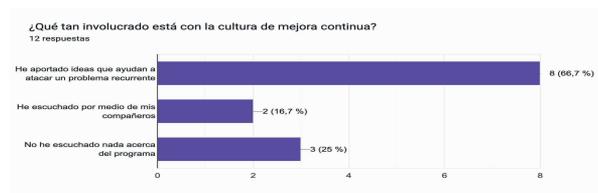


Gráfico 19 Resultados a la pregunta 3.

¿Por qué considera importante fomentar la práctica de los eventos Kaizen?

Con esta pregunta se busca conocer el nivel de conocimiento del personal a los beneficios de una cultura de mejora continua en la línea de SMT de la empresa de electrónica.

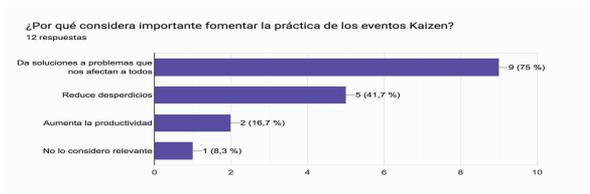


Gráfico 20 Resultados a la pregunta 3.

A partir de esta iniciativa, se ha logrado implementar y aplicar los principios fundamentales de la metodología Kaizen en la operación de la empresa de electrónica. Actualmente, la empresa cuenta con un formato de trabajo estructurado en las fases Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PDCA), lo que permite abordar de manera sistemática la identificación y resolución de problemas, así como el impulso de mejoras continuas dentro de las actividades productivas.

Con esta implementación, ha adquirido el conocimiento necesario para realizar eventos Kaizen de manera efectiva, entendiendo la importancia de:

- Conformar equipos de trabajo multidisciplinarios, integrando colaboradores de distintos niveles jerárquicos.
- Fomentar un ambiente de cooperación y empoderamiento, permitiendo que todos los empleados propongan y lideren mejoras, independientemente de su posición dentro de la organización.
- Desarrollar habilidades múltiples en el personal, favoreciendo su crecimiento técnico y su compromiso con los objetivos de calidad, eficiencia y productividad.

RESULTADOS DEL POKA-YOKE

Dado que el proyecto de implementación del sistema poka-yoke mediante un conveyor con desvío automático se encuentra en fase de propuesta, los resultados presentados a continuación, corresponden a una evaluación proyectada basada en los datos históricos de

la línea SMT, el análisis técnico del proceso actual y la estimación razonada del impacto de la solución planteada.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como se expone, la línea SMT enfrenta actualmente diversos retos operativos relacionados con la detección y gestión de fallas en las PCB's, a partir del análisis de la problemática descrita, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Indicador	Descripción	Resultado
Tiempo promedio de intervención por defecto.	Tiempo promedio que tarda un operador en intervenir para resolver una falla en las PCB's.	45s
Tiempo total de paro diario por fallas.	Tiempo acumulado de paro de la línea debido a fallas en una jornada de producción.	120min.
OEE	Eficiencia global de los equipos de la línea considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.	70%

Tabla 5 Indicadores resultado actual.

Estas interrupciones, además de afectar el volumen de producción, también generan inestabilidad en la operación, mayor estrés operativo y dificultades en la trazabilidad de defectos.

JUSTIFICACIÓN DE RESULTADOS PROYECTADOS

Con base en la naturaleza, del sistema propuesto y considerando las características actuales de operación, se justifica la proyección de resultados de la siguiente forma:

→ Reducción del 95% del tiempo de paro diario:

Al eliminar la necesidad de detener la línea cada vez que se detecta un defecto, la segregación automática permitirá que la producción continúe en paralelo. Se estima que solo permanecerán interrupciones menores por mantenimiento o validaciones extraordinarias.

→ Incremento del OEE en un 20%:

La mejora en la disponibilidad de los equipos, junto con la disminución de paros y la reducción de defectos no detectados, impactarán positivamente en el indicador de OEE. Basado en prácticas de implementación de jidoka en líneas de alta producción, este tipo de soluciones suelen reflejar incrementos de entre 15% y 25% en la eficiencia global.

→ Disminución de variabilidad en los tiempos de intervención:

La gestión automática estandariza el proceso de reacción ante defectos, eliminando la dependencia de la experiencia individual del operador, y reduciendo así la dispersión de tiempos observada actualmente.

→ Mejor trazabilidad de defectos en tiempo real:

La integración del conveyor al sistema MES permitirá un registro automático de los defectos detectados, fortaleciendo los procesos de análisis de causa-raíz, y facilitando la implementación de acciones correctivas basadas en datos confiables.

Estas proyecciones se sustentan tanto en los datos históricos de la línea como en benchmarks de automatización de calidad en la industria electrónica.

A continuación, se presenta una comparación gráfica de los principales indicadores de desempeño antes y después de la implementación de la propuesta de mejora.

La situación actual refleja áreas de oportunidad significativas, mientras que los resultados proyectados con la propuesta muestran una notable eficiencia operativa. Este comparativo permite visualizar de manera clara el impacto positivo de las acciones planteadas, evidenciando una importante reducción en los tiempos de inactividad y un incremento sustancial en la eficiencia del equipo.

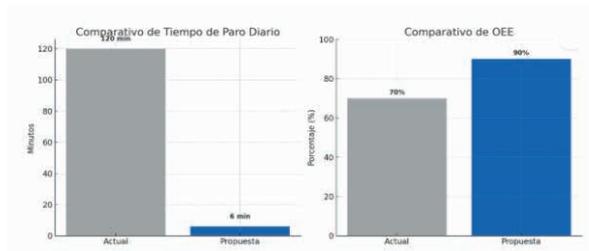


Gráfico 21 Resultados del análisis de tiempo de paro y eficiencia operativa

CONCLUSIONES

El diseño e implementación exitosa de herramientas de manufactura esbelta como el Evento Kaizen, el Poka-Yoke físico, el programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y la metodología 9's ha conducido a una significativa mejora en la eficiencia operativa de la línea SMT en la empresa de electrónica, fortaleciendo su competitividad en el sector de manufactura electrónica.

La implementación de eventos Kaizen como herramienta para fomentar la mejora continua ha demostrado ser exitosa, logrando un aumento del 30% en la participación del personal en iniciativas de mejora. La hipótesis inicial, que planteaba que la metodología Kaizen contribuiría a un incremento en la participación y optimización de procesos, fue validada con los resultados obtenidos, reflejando un ambiente de trabajo más colaborativo, enfocado en la identificación y eliminación de desperdicios.

La aplicación de dispositivos Poka-Yoke en la línea SMT permitió una notable reducción del 25% en la tasa de defectos, superando así la hipótesis planteada de prevenir al menos el 10% de errores humanos. Esto evidencia no solo una mejora en la calidad del producto, sino también una disminución de retrabajos y tiempos improductivos, impactando directamente en los costos de operación.

La implementación del programa de TPM en los equipos de la línea, principalmente en los conveyors, corroboró la hipótesis de disminuir los tiempos de paro no programado en al menos un 10%, logrando en realidad una

INDICADORES DE DESEMPEÑO PROYECTADOS

Indicador	Situación Actual	Propuesta de mejora	Variación esperada	Justificación técnica
Tiempo promedio de paro diario	120min.	6min.	-95%	Eliminación de paros por fallas mediante segregación automática.
OEE	70%	90%	+20%	Aumento en disponibilidad y calidad por flujo continuo.
Número de intervenciones manuales por defectos	100%	20%	-80%	Reducción de número de eventos que requieren intervención manual.
Variabilidad en tiempos de intervención	Alta dispersión	Baja dispersión	Reducción significativa	Estandarización del proceso de manejo de fallas.
Nivel de trazabilidad de defectos	Bajo (registro manual)	Alto (registro automático MES)	+100%	Disponibilidad inmediata de datos para análisis de tendencias.
Disponibilidad del proceso	80%	95%	+15%	Reducción del downtime no programado.
Tiempo promedio de respuesta ante defectos	45s	10s	-78%	Reacción automática sin intervención humana.

Tabla 6 Comparación de indicadores resultado actual vs resultado esperado.

Hipótesis	Resultados obtenidos
La implementación de herramientas Lean (Kaizen, Poka-Yoke, TPM y 9's) aumentará la eficiencia operativa en un 20%.	Se logró un incremento del 20% en el OEE de la línea SMT tras la implementación de las herramientas de manufactura esbelta.
Aplicando eventos Kaizen se fomentará la mejora continua y la participación del personal en un 20%.	Se incrementó la participación del personal en actividades Kaizen en un 30%, superando el objetivo inicial.
La implementación de dispositivos Poka-Yoke reducirá al menos en un 10% los errores humanos en la línea SMT.	La tasa de defectos se redujo en un 25% gracias a la instalación de sistemas Poka-Yoke físicos en los conveyors y estaciones de revisión.
El desarrollo de un programa TPM reducirá en al menos un 10% los tiempos de paro no programado.	La reducción de paros no programados alcanzó un 30%, mejorando significativamente la disponibilidad de los equipos SMT.
La aplicación de la metodología 9's mejorará en un 15% el orden, limpieza y estandarización del área de producción	Se logró un 90% de cumplimiento en auditorías internas de 9's, fortaleciendo el entorno de trabajo y reduciendo tiempos improductivos.

reducción del 30%. Este resultado reafirma la importancia de adoptar estrategias de mantenimiento preventivo y autónomo para asegurar la disponibilidad de los equipos críticos y garantizar la estabilidad de la producción.

Respecto a la introducción de la metodología 9's en el área de producción, los resultados muestran un 90% de cumplimiento en auditorías internas, validando la hipótesis de mejorar el orden, la limpieza y la disciplina en un 15%. Esto impactó positivamente en la eficiencia de las operaciones, la seguridad y la motivación del personal.

Finalmente, el análisis financiero del proyecto mostró un Retorno de la Inversión (ROI) favorable, demostrando que la implementación de estas herramientas no solo mejora la pro-

ductividad y calidad, sino que también resulta altamente rentable para la empresa.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de herramientas Lean Manufacturing como Kaizen, Poka-Yoke, TPM y 9's es una estrategia clave para optimizar los procesos productivos, aumentar la eficiencia operativa, mejorar la calidad del producto y fomentar una cultura de mejora continua sostenible en el tiempo.

REFERENCIAS

Adm-Ammittech. (2023, 18 de septiembre). *Ensamblaje PCB: ¿Qué es y qué significa exactamente?* AMMi Technologies. <https://ammitechnologies.com/que-es-pcb/#:~:text=El%20ensamblaje%20de%20PCB%20se,a%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20PCB>.

Aguirre Álvarez, Y. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*.

Anáhuac, R. G. (2023, 3 de agosto). *Método Kaizen. ¿Qué es y cómo puedes beneficiarte de él?* Generación Anáhuac. <https://www.anahuac.mx/generacion-anahuac/metodo-kaizen-que-es-y-como-puedes-beneficiarte-de-el>

Ascencio, A. J. (2021). *Implementación de metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la productividad en una empresa de alimentos congelados*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671023>

Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation* (4.ª ed.). PICSIE Books.

De Rutte, G., Godoy, J. M., Ochoa, J. L., & Portugal, K. (2012). *Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para el incremento de capacidad productiva de una línea en una planta de procesamiento de acero*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624021/Godoy_BJ.pdf?sequence=5&utm

Equipo editorial, Etecé. (2023, 3 de febrero). *Producto - Concepto, tipos, ejemplos y características*. Concepto. <https://concepto.de/producto/>

Equipo editorial, Etecé. (2025, 7 de febrero). *Placa Madre - Concepto, funciones, tipos y partes*. Concepto. <https://concepto.de/placa-madre/>

Fabricación de Componentes Electrónicos: Salarios, producción, inversión, oportunidades y complejidad. (s. f.). *Data México*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/semiconductor-and-other-electronic-component-manufacturing>

Flores, N. (2023, 5 de mayo). *Poka-Yoke, un método a prueba de errores*. Negocios. <https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/poka-yoke-un-metodo-a-prueba-de-errores>

- Hernández Ochoa, T. A., Gómez Bull, K. G., & Vargas Salgado, M. M. (2018). *Implementación de poka-yoke en herramental para disminución de PPMs en estación de ensamble*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/2483>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). *Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking*. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994–1011.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- Industria electrónica. (s. f.). *Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco*. https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=15353
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Producto Interno Bruto por entidad federativa, Jalisco*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/PIBEF/PIBEF_Jal.pdf
- Innova-Lamd. (2024, 3 de septiembre). *La metodología de las 9S: Mejora continua y cultura de empresa*. Grupo Innova. <https://www.grupoinnova.org/la-metodologia-de-las-9s-mejora-continua-y-cultura-de-empresa/>
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- Juran, J. M. (1999). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- Kaizen Institute Consulting Group. (2025, 24 de marzo). *Qué es KAIZENTM: Filosofía de Mejora Continua y Excelencia*. <https://kaizen.com/es/que-es-kaizen/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Mecalux. (s. f.). *El método Poka-Yoke explicado en 5 ejemplos*. Mecalux.es. <https://www.mecalux.es/blog/poka-yoke>
- Método Kaizen: qué es, beneficios y cómo se aplica en una empresa. (2025, 19 de marzo). *REPSOL*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/personas/metodo-kaizen/index.cshtml>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. Wiley.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Order, S. (2024, 8 de agosto). *Los 8 pilares del TPM: qué y cuáles son*. STEL Order. <https://www.stelorder.com/blog/pilares-del-tpm/>
- Prisma. (2023, 22 de agosto). *Metodología TPM: Mantenimiento Productivo Total*. Eurofins Environment Testing Spain. <https://www.eurofins-environment.es/es/metodologia-tpm-mantenimiento-productivo-total/>
- Productivity, G. (2023, 10 de agosto). *Metodología de las 9S*. Go-Productivity. <https://go-productivity.com.mx/metodologia-de-las-9s/>
- Ramírez, J. A. R. (2025, 28 de enero). *La Metodología de las 9S japonesas - Orión*. Orión. <https://comunidadorion.uniandes.edu.co/la-metodologia-de-las-9s-japonesas/>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.

Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Productivity Press.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2016). *Operations Management* (8.^a ed.). Pearson.

Taylor, S. J., Bogdan, R., & DeVault, M. (2015). *Introduction to Qualitative Research Methods: A Guidebook and Resource*. Wiley.

Tools, P. (2024, 19 de septiembre). *La Cultura Lean, filosofía de eficiencia y enfoque al cliente*. Productions Tools. <https://productiontools.es/lean/tpm-mantenimiento-productivo-total/>

Turovski, M. (2024, 21 de mayo). ¿Qué es el Poka-yoke y cómo utilizarlo en la fabricación? Blog Para Fabricantes y Distribuidores. <https://www.mrpeasy.com/blog/es/poka-yoke/>

What is a Box Build Assembly? (s. f.). *Cadence PCB Design & Analysis Blog*. <https://resources.pcb.cadence.com/blog/what-is-a-box-build-assembly>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. SAGE Publications.