

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE METODOLOGÍA SMED INTEGRADO CON TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 PARA ENFRENTAR DESAFÍOS OPERATIVOS EFICIENTEMENTE

PROCESS OPTIMIZATION THROUGH SMED METHODOLOGY INTEGRATED WITH INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY TO EFFICIENTLY ADDRESS OPERATIONAL CHALLENGES

Autores: ¹Julio César Méndez Bravo.

E-mail de contacto: julio.mendezb@ug.edu.ec

Afiliación: ^{1*}Universidad de Guayaquil. (Ecuador).

Artículo recibido: 11 de Enero del 2026

Artículo revisado: 13 de Enero del 2026

Artículo aprobado: 22 de Enero del 2026

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Administrativas, (Ecuador).

Resumen

El presente estudio busca analizar cómo la integración de SMED con la tecnología de la industria 4.0 puede mejorar sustancialmente la eficiencia de los procesos mediante reducción de tiempos improductivos y la flexibilización operativa, dando respuestas ágiles a los cambios de mercados globales. Para lo cual se realizó una investigación cualitativa de revisión literaria, mediante el análisis de artículos de revistas de impacto mundial, estudiando los desafíos en diferentes sectores de la industria, así como la revisión de casos donde la implementación de SMED permitió descomponer procesos complejos, diferenciar actividades claves y optimizar su ejecución, aportando en la toma de decisiones efectivas con la implementación de tecnologías emergentes. Concluyendo que la integración de smed con las tecnologías i4.0 representa una transformación significativa en la forma en que se gestionan los procesos en los diferentes sectores industriales, permitiendo avanzar hacia una manufactura inteligente, sostenible, sustentable y competitiva.

Palabras clave: SMED, Industria 4.0, Estandarización, Mejora continua, Procesos.

Abstract

This study seeks to analyze how the integration of smed with industry 4.0 technology can substantially improve process efficiency by reducing downtime and streamlining operations, providing agile responses to changes in global markets. A qualitative

literature review was conducted, analyzing articles from journals of global impact, studying the challenges in different industry sectors, as well as reviewing cases where the implementation of SMED made it possible to break down complex processes, differentiate key activities, and optimize their execution, contributing to effective decision-making with the implementation of emerging technologies. The conclusion is that the integration of SMED with industry 4.0 technologies represents a significant transformation in the way processes are managed in different industrial sectors, allowing progress toward smart, sustainable, and competitive manufacturing.

Keywords: SMED, Industry 4.0, Standardization, Continuous improvement, Processes.

Sumário

Este estudo tem como objetivo analisar como a integração da troca de ferramentas em um minuto (smed, na sigla em inglês) com as tecnologias da indústria 4.0 pode melhorar substancialmente a eficiência dos processos, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a flexibilidade operacional, permitindo, assim, respostas ágeis às mudanças nos mercados globais. Para tanto, foi realizada uma revisão qualitativa da literatura, analisando artigos de periódicos de alto impacto em todo o mundo. O estudo examinou os desafios em diferentes setores industriais e revisou estudos de caso em que a implementação da smed possibilitou a decomposição de processos complexos, a diferenciação de atividades-chave e a

otimização de sua execução. Isso contribuiu para a tomada de decisões eficazes em relação à implementação de tecnologias emergentes. O estudo conclui que a integração da smed com as tecnologias da indústria 4.0 representa uma transformação significativa na forma como os processos são gerenciados em diversos setores industriais, facilitando o progresso rumo a uma manufatura inteligente, sustentável e competitiva.

Palavras-chave: **SMED, Indústria 4.0, Padronização, Melhoria Contínua, Processos.**

Introducción

El crecimiento acelerado de la industria ha sido impulsado en gran medida por la creciente demanda de mercado, sin embargo, este desarrollo conlleva desafíos relevantes, particularmente en la optimización de los procesos de producción para garantizar la eficiencia operativa y la competitividad en un entorno cada vez más exigente. Durante décadas se han implementado beneficios positivos en el logro de la eficiencia productiva y la reducción de desperdicios (Shahriar et al., 2022). Por lo cual, para mantener una ventaja competitiva en mercados digitalizados de rápido crecimiento y evolución, se hace indispensable un método de producción que sea esbelto y ágil (Toki et al., 2023). Uno de los principales desafíos que enfrenta la industria es la ausencia de estandarización en los procedimientos operativos, lo cual, genera retrasos, desperdicios de recursos y problemas en la calidad del producto final. La carencia de una organización eficiente en la asignación de tareas y la gestión del tiempo contribuyen a realizar procesos innecesarios y costosos, incidiendo en el cumplimiento de compromisos adquiridos y en la satisfacción del cliente.

De igual manera, el liderazgo dentro de las operaciones juega un papel crucial en la eficiencia productiva, no obstante, las

deficiencias en la toma de decisiones, la resolución de problemas y la supervisión de actividades clave, dificulta la identificación y corrección oportuna de errores, generando un impacto negativo en la productividad y la calidad. Así también, la ineficiente planificación de la producción, como la falta de estrategias bien definidas para la programación de tareas generan interrupciones imprevistas, cambios de prioridad desorganizados y el incumplimiento de entregas, afectando la cadena de suministros y su operatividad. Otro factor crítico es la gestión de los insumos y materiales necesarios para la producción. Errores en la preparación o insuficiencia de recursos pueden ocasionar desperdicios y retrasos significativos, incrementando los costos operativos y reduciendo la rentabilidad de la organización.

Por ello, abordar este tipo de desafíos representa una oportunidad para aplicar conocimientos en optimización de procesos, análisis de eficiencia y mejora continua. La implementación de control de calidad, la estandarización de procedimientos y una administración más estratégica de la cadena de suministro son aspectos claves para fortalecer la competitividad y mejorar el desempeño de las industrias en un mercado en constante evolución. Considerando que, durante todas las etapas de desarrollo, la fabricación ágil fomenta la mejora de los procesos mediante la optimización, estandarización y la automatización (Hemalatha et al., 2021). La implementación de la metodología SMED (acrónimo de Single Minute Exchange of Die) desarrollada por Shigeo Shingo en la década de 1950, se enfoca en la reducción de tiempos de cambio y preparación en procesos productivos, se presenta como una solución efectiva para enfrentar estos desafíos de una manera estructurada y sistemática. Considerando que, si

el objetivo de una industria es la de reducir el tiempo de inactividad de equipos, acelerando las configuraciones, disminuyendo los tiempos de los procedimientos que no agregan valor, se lo puede lograr mediante la implementación de la metodología SMED (Godina et al., 2018; Toki et al., 2023). La metodología SMED brinda un enfoque estandarizado en las actividades a realizar, mejorando la organización de las herramientas, materiales y accesorios necesarios, además de fomentar un entorno de trabajo más eficiente y comunicativo.

Materiales y Métodos

El presente estudio se basó en la metodología de revisión literaria, considerando que esta metodología permite una exploración integral e interdisciplinaria de un tema (Ferrari, 2015). Permitiendo sintetizar diferentes investigaciones que abarcaron publicaciones de revistas de impacto mundial, estudios de casos, publicaciones de congresos y un best seller en su línea de investigación, como se clasificó en la Tabla 1. Lo cual aseguró un análisis completo de diferentes perspectivas actuales. Según Rosa et al. (Rosa et al., 2017) una revisión literaria permite sustentar coherentemente la investigación. Para Khan et al. (2025) esta metodología explora de manera integral e interdisciplinaria un tema en particular, en el caso de la presente investigación analiza cómo la metodología SMED permite mejorar los procesos mediante la reducción de tiempos y la estandarización de procesos, siendo más eficiente con la adopción de las nuevas tecnologías desarrolladas en la Industria 4.0.

Tabla 1. Tipo de documento usado en la revisión literaria

Tipo de documento	Total
Artículo Científico	25
Artículo de Congreso indexados en SCOPUS	11
Libro	1
Total	37

Fuente: Elaboración propia

La revisión literaria facilita un análisis más flexible e interpretativo de la bibliografía seleccionada, permitiendo una perspectiva amplia e interdisciplinaria. Para la selección de la bibliografía se usaron dos plataformas de investigación (SCOPUS y Science Direct), los resultados de búsqueda elegidos fueron publicados en revistas y artículos de congresos revisados por pares. A continuación, se presenta la Tabla 1 donde se resume la revisión literaria agrupada por tipo de documento utilizado y la Tabla 2 que muestra las revistas con la cantidad de artículos que aportaron y el cuartil al que pertenecen.

Tabla 2. Número de artículos agrupados por revistas y cuartiles

Revistas indexadas en SCOPUS	Artículos	Cuartil
International Journal of Production Economics	2	Q1
Journal of Industrial Information Integration	2	Q1
Journal of Cleaner Production	2	Q1
Journal of Manufacturing Technology Management	2	Q1
Sustainable Production and Consumption Array	1	Q1
Journal of Business Logistics	1	Q1
Cleaner Engineering and Technology Results in Engineering	1	Q1
Advances in Industrial and Manufacturing Engineering	1	Q1
Cleaner Engineering and Technology Computers & Industrial Engineering	1	Q1
Medical Writing	1	Q2
International Journal on Interactive Design and Manufacturing	1	Q2
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	3	Q2
Materials Today: Proceedings	1	Q2
Revista de Análisis Económico	1	Q3
Gazi University Journal of Science	1	Q3

Fuente: Elaboración propia

Resultados y Discusión

Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se basa en conceptos que buscan mejorar los procesos y generar valor, esta filosofía enseña a eliminar lo innecesario, enfocándose en lo que el cliente realmente valora, manteniendo un flujo de

trabajo constante mientras se busca la mejora continua. Sin embargo, lo interesante de esta idea no solo se limita a la producción, sino que puede aplicarse en cualquier área de la organización para optimizar su funcionamiento. Lean Manufacturing tiene como objetivo producir bienes y servicios de alta calidad a costos bajos mediante la eliminación de desperdicios, inventarios, esperas, sobre procesos, sobre producción, movimientos innecesarios y defectos que afectan el rendimiento (Márquez Figueroa et al., 2023). Priorizando la reducción de costos y plazos de entrega para satisfacer a los clientes (Costa et al., 2024). Esto fortalece la posición de una organización frente a la competencia y mejora su capacidad de adaptación. Aunque implementar esta filosofía requiere un cambio profundo en la mentalidad y prácticas de toda la organización, los beneficios en términos de productividad, calidad y satisfacción del cliente suelen justificar el esfuerzo invertido.

Se puede describir el Lean Manufacturing como un enfoque sistemático y centrado en orientar el aprendizaje y la educación de los empleados, ya que su gestión abarca tanto un plan de transformación organizacional individual como colectivo para la implementación de un sistema educativo, sociotécnico y de gestión de cambio (Bonamigo et al., 2022). La filosofía Lean se observa como un cambio de enfoque hacia el desarrollo de una cultura organizacional Lean (Bonamigo et al., 2022), convirtiéndose en la opción fundamental para mejorar el rendimiento organizacional, impulsando a las empresas a disminuir el desperdicio, generar ganancias y aumentar la eficiencia (Guimarães et al., 2025). Algunas de las técnicas y/o herramientas más conocidas para las instalaciones de fabricación actuales son El mapeo de flujo de valor (por sus siglas en inglés VSM), Kanban, Kaizen, Trabajo estándar, las

5S, los 8 desperdicios, el Mantenimiento Productivo Total (por sus siglas en inglés TPM), SMED, GEMBA y el análisis modal de fallos y efectos (FMEA) (Shahriar et al., 2022). Estas técnicas y/o herramientas ayudan no solo en el desarrollo de los procesos de la organización, sino también en mejorar los conocimientos y habilidades de los trabajadores (Guimarães et al., 2025). Aunque existen diferentes técnicas a la automotriz Lean, en el presente trabajo se abordará la metodología SMED, la misma que a partir de la década de 1990 se ha convertido en un componente esencial del sistema de producción de Toyota y de la filosofía Lean Manufacturing, extendiéndose su adopción en sectores diferentes al automotriz como es el caso del sector de la electrónica, alimentación, farmacéutica, entre otras, reconociendo a SMED como una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y flexibilidad en los procesos manufactureros.

Metodología SMED

Si se considera el principio básico del Lean Manufacturing que se refiera a incrementar la competitividad de las organizaciones mediante la minimización de los costes, lo que implica que se enfoca en mejorar los procesos, lo cual deriva en una mejora de la eficiencia que se traduce en una mayor rentabilidad. SMED surge del Sistema de Producción Toyota siendo una de las herramientas integradas en la filosofía de Lean Manufacturing (Cannas et al., 2025; Rosa et al., 2017; A. Silva et al., 2020; Vieira et al., 2019). La metodología SMED de enfoque científico se encuadra en la reducción de tiempos de preparación, siendo aplicable a cualquier unidad industrial y maquinaria. Definiendo al tiempo como el periodo mínimo requerido para cambiar de una actividad productiva a otra, considerando el intervalo desde la fabricación de la última pieza de un lote

hasta la producción de la primera pieza del siguiente lote (Shingo, 1985). Por lo que, SMED propone que las preparaciones deben estar dentro de un espacio de tiempo de 10 minutos (Bonamigo et al., 2022). Haciendo de

SMED una de las herramientas del Lean Manufacturing que permite reducir el tiempo de inactividad de los equipos y, en consecuencia, aumentar la eficiencia de la producción (Afonso et al., 2022).

Tabla 3. Pasos de implementación de metodología SMED

Pasos de implementación SMED	Descripción
Medir tiempos y analizar la situación inicial	Se analizan procedimiento y condiciones operativas vigentes en el área de trabajo
Organizar e identificar operaciones internas y externas	Actividades de cambio de serie que no detienen la producción se llaman externas y las que si lo hacen se llaman internas
Transformación de las tareas internas en externas	Siempre que sea posible se transforman las actividades internas en externas.
Optimización de las tareas internas	Reducir el tiempo de actividades que requieren detención del equipo mediante simplificación, estandarización y mejora.
Optimización de las tareas externas	Mejorar actividades que pueden realizarse con máquinas en funcionamiento evitando desperdicios de recursos y mejorando el proceso
Estandarizar, comunicar y capacitar	Se documenta las mejores prácticas identificadas, se socializan las mejoras asegurando que la organización se alinee con los nuevos estándares, y se entrena al personal en los nuevos procedimientos.

Fuente: Adaptación propia de (Shingo, 1985; A. Silva et al., 2020).

Con base en el estudio realizado del trabajo original de Shingo (1985) y el de Silva et al. (2020) se presentan los pasos de implementación de la metodología SMED con su análisis y explicación en la Tabla 3. La metodología SMED permite dividir un proceso específico en muchos subprocesos elementales, lo que permite examinar actos y tareas innecesarias que se pueden realizar en modo paralelo (Habib et al., 2023). La contribución que genera la metodología SMED va dirigida a la productividad y eficiencia operativa, obligando la estandarización de los procesos de cambio, disminuyendo la variabilidad y los errores, dando como resultado una mayor consistencia en la calidad del producto. La implementación de SMED puede incidir en la reducción significativa en los costos de inventarios y almacenamiento, ya que, con tiempos de cambio más cortos, las industrias pueden producir lotes más pequeños y frecuentes, minimizando así la necesidad de mantener grandes inventarios de productos terminados, lo que se traduce en mayor disponibilidad de capital para inversión en diferentes áreas.

Relación Lean Manufacturing con SMED

La relación entre Lean Manufacturing y SMED se puede considerar simbiótica, ya que SMED recoge principios centrales de Lean, como la eliminación de desperdicios, los mismos que para Lean son largos tiempos de cambio y SMED proporciona un método estructurado de reducción drástico, fluida y flexible, reduciendo tamaños de lotes y permitiendo una respuesta ágil a las demandas cambiantes del consumidor, lo cual se alinea al ideal Lean de producir exactamente lo que el cliente requiere, cuando lo necesita y en las cantidades que requiera. La implementación de SMED es un proceso continuo de análisis y mejora, cada vez que se realiza un cambio, se buscan oportunidades para optimizar el proceso, lo cual se enmarca en la filosofía Lean de buscar constantemente la perfección. Para Martínez (2021) la estandarización es un concepto clave en Lean, y es un componente importante de SMED al reducir la variabilidad y crear un punto de referencia para futuras mejorar, lo cual es fundamental en la filosofía Lean. Partiendo que existen varios factores que influyen en la

productividad en una organización, según la naturaleza de la industria, los tipos de productos y los elementos comerciales específicos, Guimaraes et al. (2025) mencionaron que diferentes investigaciones muestran que las prácticas de Lean tienen un impacto positivo en las entregas a tiempo, la productividad, el rendimiento en el primer paso, la eliminación de desperdicios, la reducción de inventarios, de costes, de defectos y la gestión de la demanda; lo cual es esencial para mejorar la productividad y el crecimiento económico.

Basándose en la información analizada, se puede establecer que SMED no solo encaja con Lean Manufacturing, sino que la impulsa, haciéndola más fácil de aplicar en diferentes aspectos de su enfoque, ayudándola a alcanzar los resultados que busca. SMED fomenta la innovación y la mejora continua en una organización involucrando a los operadores en el proceso de optimización, creando una cultura de resolución de problemas y mejora continua que puede extenderse a otras áreas de la operación, lo cual contribuye esencialmente con la mejora de la productividad y eficiencia operativa reduciendo los tiempos de inactividad asociados con los cambios de configuraciones, consiguiendo que los equipos operen durante más tiempo incidiendo positivamente en la productividad, además, se debe considerar que la estandarización de los procesos de cambio reduce la variabilidad y los errores, conllevando una mejor consistencia en la calidad del producto.

Metodología SMED en la Industria 4.0

Considerando que SMED se enfoca en la reducción sistemática del tiempo de cambio de procesos, así como en la diferenciación entre actividades internas y externas. Con la implementación de la Industria 4.0 (I4.0) se ha redefinido la aplicación de SMED, generando

oportunidades significativas para mejorar la eficiencia productiva mediante la digitalización, automatización y análisis de datos en tiempo real. I4.0 representa la transición de la fabricación tradicional a la fabricación digital donde las máquinas se integran a la perfección mediante las tecnologías de la información y la comunicación (Ullah et al., 2024). Basándose en un enfoque estratégico de la digitalización de los procesos de fabricación, así como en la transformación de las cadenas de valor industriales mediante la incorporación de tecnologías digitales, donde se diseñan flujos de producción óptimos mediante la integración de sistemas de fabricación flexibles y ágiles (Cannas et al., 2025; Ruppert et al., 2021). Lo cual, permite una recopilación, procesamiento, análisis e intercambio más rápido de grandes conjuntos de datos entre máquinas, generando un ahorro financiero (Fiorello et al., 2023).

Además de la adopción tecnológica, el marco de I4.0 se caracteriza por principios de diseño clave, entre ellos: virtualización, capacidad en tiempo real, interoperabilidad, modularidad, descentralización, orientación al servicio, integración vertical y horizontal, orientación al cliente y asistencia técnica. Estos principios definen la estrategia operativa de las organizaciones que implementan I4.0, guiando su transición hacia un modelo de producción más inteligente, flexible y eficiente. Un ejemplo de este tipo de tecnologías digitales son los sistemas de comunicación en entornos de producción, siendo herramientas críticas para el flujo de información y coordinación entre las diferentes áreas y niveles en la industria. Sin embargo, se debe considerar que estas tecnologías deben seleccionarse con base en las necesidades específicas de la empresa, la naturaleza de sus procesos de producción y cultura organizacional. Según Costa et al., (2024) las tecnologías asociadas a la I4.0

pueden clasificarse en tecnologías centrales y facilitadores como se puede observar en la Tabla 4. De igual manera, en su investigación resalta el impacto de estas tecnologías en el Lean Manufacturing en la integración de conceptos en un entorno de producción, como es el caso de la metodología SMED.

Tabla 4. *Tecnologías asociadas a la Industria 4.0.*

Tecnologías centrales	Tecnologías facilitadoras
Internet de las cosas (IoT)	Sensores Industriales
Sistemas Ciberfísicos (CPS)	Actuadores
Computación en la Nube	Controladores de maquinarias y procesos
Inteligencia Artificial (IA)	Identificación por Radiofrecuencia (RFID)
Robots Autónomos	Interfaces de comunicación
Realidad aumentada (RA)	Sistemas industriales embebidos
Cadena de Bloques (Blockchain)	Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC)
Análisis de Big Data	Control numérico computarizado (CNC)
Fabricación Aditiva (FA)	La Planificación de Recursos Empresariales
	Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

Nota. Adaptación propia de Costa et al., (2024).

Digitalización y análisis de datos en la optimización de SMED

Un factor determinante en la I4.0 es su capacidad de recolectar y analizar volúmenes significativos de datos en tiempo real, para ello, el uso de Big Data y Machine Learning permite generar estrategias que permita resolver los cuellos de botellas en la su solución. El análisis de Big Data implica el procesamiento y análisis de datos permite identificar patrones, correlaciones, tendencias de mercado y preferencias de los clientes mediante el modelamiento predictivo, agrupación en clústeres y arboles de decisiones con los cuales se pueden descubrir relaciones y correlaciones ocultas dentro de los datos, siendo información esencial para la toma de decisiones (Khan et al., 2025). La digitalización de las herramientas de Lean requiere la adquisición de datos en tiempo real como factor de inicio para una implementación eficiente de la producción (Iyer et al., 2023). Por lo que, el impacto de dichas tecnologías digitales mejora las capacidades operativas a nivel de proceso, generando no

solo un impacto significativo en SMED, sino también, en otras metodologías de mejora de procesos como Six Sigma, la Teoría de Restricciones, e incluso en enfoques más generales como la Reingeniería de Procesos de Negocios (Cifone et al., 2021). En el caso de SMED la digitalización ha permitido recopilar datos sobre los tiempos de cambio, identificación de ineficiencias y desarrollo de estrategias para la mejora continua. Un ejemplo de ello es el uso de sensores en máquinas, lo que posibilita la obtención de datos exactos, los cuales con almacenados en plataformas en la nube y se procesan mediante el uso de algoritmos de análisis avanzados para la identificación de patrones y oportunidades de optimización.

Además, la implementación de software de simulación y realidad aumentada (RA) facilita la capacitación de los operarios en la ejecución de cambios de herramientas eficientes sin afectar la producción real. Estas tecnologías permiten visualizar de manera interactiva los procedimientos óptimos, lo que reduce errores y mejora la estandarización del proceso (García y Pacheco, 2021). Así también, herramientas como el Big Data y Machine Learning pueden analizar grandes volúmenes de información. Para Ullah et al. (Ullah et al., 2024) la adopción exitosa de las tecnologías de la I4.0 comienza con la integración de datos. Considerando un análisis previo de datos a través del Big Data y Analytics, se puede optimizar las intervenciones de los operarios en las máquinas, mejorando la eficiencia del Mantenimiento Productivo Total (MPT), de igual manera, el uso de sensores y el Internet Industrial de las Cosas (IIoT) permite una gestión más eficiente de herramientas y maquinarias, reduciendo el desperdicio de materiales y el consumo energético mediante tecnologías avanzadas de integración y análisis de datos (Cannas et al.,

2025). Por lo que se puede afirmar que el uso de IIoT, Big Data y Analytics ha impulsado diversas prácticas de Lean Manufacturing como es el caso de SMED.

En consecuencia, la digitalización y análisis de datos de SMED facilita la estandarización de los procesos en la industria, garantizando la implementación de mejores prácticas en las diferentes líneas de producción. SMED y la estandarización de procedimientos. La estandarización de procedimientos es un pilar fundamental en la industria manufacturera actual, lo cual implica la creación y aplicación de métodos consistentes y repetibles para cumplir con tareas específicas, asegurando que cada operación se realice de una manera óptima, sin importar quien lo esté ejecutando, lo cual es vital para mantener la calidad del producto, la eficiencia operativa y la seguridad en la organización. La Asociación de Normas IEEE define un estándar como una práctica recomendada y aceptada que rige cómo se hacen las cosas, los cuales se desarrollan mediante un esfuerzo voluntario, colaborativo y cooperativo. Para Shingo (1985) la estandarización requiere de reglas para superar los ajustes y las pruebas de funcionamiento, donde los factores que afectan el proceso de toma de decisiones con SMED son el costo, la energía, la distribución de las instalaciones, la seguridad, la vida útil, la calidad y el mantenimiento.

La adopción de nuevas tecnologías en la implementación de SMED y otras herramientas de Lean Manufacturing implica una mayor complejidad en el entorno de fabricación y gestión de los sistemas, obligando a que la conexión de dispositivos y la transición de un modelo de producción paralelo a uno centralizado, requiriendo modificaciones en diversas capas de la producción, así como en

toda la estructura organizacional, por lo cual, la estandarización y la armonización desempeñan un rol fundamental para asegurar una transición exitosa, permitiendo flexibilidad, interconectividad, operatividad y eficiencia (Schlemitz y Mezhuyev, 2024).

Tabla 5. Estudios de implementación de SMED en diferentes contextos

Investigador de referencia	Contexto de investigación	Resultados obtenidos
(Brito et al., 2019)	Industria Metalurgia	Implementación conjunta de SMED y análisis ergonómico focalizado en la reducción de tiempo en actividades internas
(Boran & Ekinçioğlu, 2017)	Fábrica de perfiles de aluminio	Integración exitosa de la evaluación de fatiga muscular en SMED, reduciendo tiempos de configuración
(Sousa et al., 2018)	Producción de tapones de corcho	Reducción del tiempo de cambio mediante aplicación de SMED
(Nascimento et al., 2019)	Contexto de fabricación	Una propuesta de modelo de negocio donde mejoraron la capacidad de respuesta a la demanda de mercado
(I. B. Da Silva & Godinho Filho, 2019)	Revisión literaria	Se destacaron mejoras en la reducción del tiempo de configuración y eficiencia general de la producción.
(Monteiro et al., 2019)	Industria Metalmecánica	Se demostró el uso de la herramienta SMED para mejorar el proceso de mecanizado.
(Vieira et al., 2019)	Equipos de perfilado	Aplicación de SMED en el proceso de perfilado en frío
(Sahin & Kologlu, 2022)	Empresa de fabricación de rodamiento	Reducción de tiempo en preparación de la máquina en la línea de torneado mediante SMED
(Afonso et al., 2022)	Unidad de Resortes de Acero para Automoción	Reducción del 55% en el tiempo de preparación, aumento del 26.4% en la producción potencial mensual y reducción del riesgo de Trastornos Musculoesquelético-Relacionados con el Trabajo (TMTR)
(Junior et al., 2022)	Empresa de gas y petróleo	Mejora en el tiempo de preparación e incremento en la Eficacia General del Equipo, logrando estandarizar actividades de preparación.
(Peças et al., 2022)	Adaptación de instrumentos de Lean en entorno de la Industria 4.0	Ánalisis exhaustivo y detallado de SMED como posible método innovador gracias a su digitalización.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando los pasos de implementación de SMED que hace referencia a la Transformación de las tareas internas en externas (ver Tabla 3), por lo cual, para Sundar et al. (2014) la sostenibilidad de esas mejoras en el tiempo de configuración se logra mediante la estandarización. Siendo el objetivo de este paso en comprender a fondo el proceso de configuración, por lo que el método operativo resultante obtenido mediante SMED debe registrarse, el fin de este registro es promover el trabajo estandarizado y servir de base para la formación y el perfeccionamiento de los equipos (Rosa et al., 2017). Un efecto de los avances tecnológicos ha sido la generación de mayores expectativas de los clientes respecto a

la disponibilidad de la información y la transparencia en el proceso de fabricación, requiriendo definir estándares de datos y mecanismos de integración (Budler et al., 2024). A continuación, se presenta la Tabla 5, donde se muestran diferentes estudios que analizan la implementación de SMED en diferentes contextos donde se evidencia su aplicación en la optimización de tiempos de producción y estandarización.

Conclusiones

Con base en la revisión literaria realizada se puede concluir que la integración de SMED con las tecnologías I4.0 representa una transformación significativa en la forma en que se gestionan los procesos en los diferentes sectores industriales, permitiendo avanzar hacia una manufactura inteligente, sostenible, sustentable y competitiva. Considerando el entorno actual y venidero caracterizado por los cambios constantes y competitivos, donde la reducción de tiempos improductivos y la flexibilización operativa se ha convertido en una necesidad. La implementación conjunta de SMED y tecnologías I4.0 permite superar las expectativas de eficiencia, reducción de costos operativos y aumento de productividad, incidiendo directamente en la competitividad de las industrias. La evidencia literaria demuestra la evolución que se ha desarrollado en la industria con la adaptación de Herramientas y metodologías de Lean Manufacturing con la I4.0. Demostrando puntualmente, como SMED es susceptible de adaptación y tecnificación sin que esto incida de manera negativa en su efectividad, permitiendo que las industrias que la implementen puedan adaptarse rápidamente a los cambios que se generan en los mercados globales.

Referencias Bibliográficas

- Afonso, M., Gabriel, A., & Godina, R. (2022). Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100075>
- Bonamigo, A., Bernardes, P., Conrado, L., Torres, L., & Calado, R. (2022). Patient flow optimization: SMED adoption in emergency care units. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 204–209. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.391>
- Boran, S., & Ekincioglu, C. (2017). A novel integrated SMED approach for reducing setup time. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(9–12), 3941–3951. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0424-9>
- Brito, M., Ramos, A., Carneiro, P., & Gonçalves, M. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Budler, M., Quiroga, B., & Trkman, P. (2024). A review of supply chain transparency research: Antecedents, technologies, types, and outcomes. *Journal of Business Logistics*, 45(1). <https://doi.org/10.1111/jbl.12368>
- Cannas, V., Pozzi, R., Saporiti, N., & Urbinati, A. (2025). Unveiling the interaction among circular economy, industry 4.0, and lean production: A multiple case study analysis and an empirically based framework. *International Journal of Production Economics*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109537>
- Cifone, F., Hoberg, K., Holweg, M., & Staudacher, A. (2021). Lean 4.0: How can digital technologies support lean practices? *International Journal of Production Economics*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108258>
- Costa, F., Alemsan, N., Bilancia, A., Tortorella, G., & Staudacher, A. (2024). Integrating industry 4.0 and lean manufacturing for a sustainable green transition: A comprehensive model. *Journal of Cleaner*

- Production, 465.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.14272>
- 8
Da Silva, I., & Godinho Filho, M. (2019). Single-minute exchange of die (SMED): A state-of-the-art literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9–12), 4289–4307. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230–235.
<https://doi.org/10.1179/2047480615Z.000000000329>
- Fiorello, M., Gladysz, B., Corti, D., Wybraniak-Kujawa, M., Ejsmont, K., & Sorlini, M. (2023). Towards a smart lean green production paradigm to improve operational performance. *Journal of Cleaner Production*, 413.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137418>
- Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. (2018). A structural literature review of the single minute exchange of die: The latest trends. *Procedia Manufacturing*, 17, 783–790.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129>
- Guimarães, A., Oliveira, E., Oliveira, M., & Pereira, T. (2025). Effects of lean tools and industry 4.0 technology on productivity: An empirical study. *Journal of Industrial Information Integration*, 44.
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2025.100787>
- Habib, M., Rizvan, R., & Ahmed, S. (2023). Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. *Results in Engineering*, 17.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Hemalatha, C., Sankaranarayanasamy, K., & Durairaaj, N. (2021). Lean and agile manufacturing for work-in-process control. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10334–10338.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.473>
- Iyer, S., Sangwan, K., & Dhiraj. (2023). Digitalization: A tool for the successful long-term adoption of lean manufacturing. *Procedia CIRP*, 116, 245–250.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.042>
- Junior, R., Inácio, R., Silva, I., Hassui, A., & Barbosa, G. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die assisted by lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 6469–6487.
<https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Khan, M., Yasmeen, T., Khan, M., Hadi, N., Asif, M., Farooq, M., & Al-Ghamdi, S. (2025). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects. *Sustainable Production and Consumption*, 54, 149–189.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.012>
- Marquez, L., Garcia, J., Diaz, J., & Gil, A. (2023). Lean manufacturing tools applied to human resource management and its impact on social sustainability. *Enfoque UTE*, 14(4), 44–52.
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.993>
- Martínez, A. (2021). Implementation of lean manufacturing through the reconstruction of its trajectory: An experience of an auto parts company in Mexico. *Análisis Económico*, 36(93), 99–118.
<https://doi.org/10.24275/uam/azc/desh/ae/2021v36n93/Martinez>
- Monteiro, C., Ferreira, L., Fernandes, N., Sá, J., Ribeiro, M., & Silva, F. (2019). Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED. *Procedia Manufacturing*, 41, 555–562.
- Nascimento, D., Alencastro, V., Quelhas, O., Caiado, R., Garza-Reyes, J., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>
- Ortiz, J., Salas, J., Huayanay, L., Manrique, R., & Sobrado, E. (2022). Modelo de gestión

- para la aplicación de herramientas lean manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antiflama de Lima-Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
- Peças, P., Faustino, M., Lopes, J., & Amaral, A. (2022). Lean methods digitization towards lean 4.0: A case study of e-VMB and e-SMED. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 16(4), 1397–1415. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-00975-1>
- Rosa, C., Silva, F., Ferreira, L., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for steel wire-rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Ruppert, T., Csalodi, R., & Abonyi, J. (2021). Estimation of machine setup and changeover times by survival analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107026>
- Sahin, R., & Kologlu, A. (2022). A case study on reducing setup time using SMED on a turning line. *Gazi University Journal of Science*, 35(1), 60–71. <https://doi.org/10.35378/gujs.735969>
- Schlemitz, A., & Mezhuyev, V. (2024). Approaches for data collection and process standardization in smart manufacturing: Systematic literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100578>
- Shahriar, M., Parvez, M., Islam, M., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100488>
- Shingo, S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED system. Productivity Press.
- Silva, A., Sá, J., Santos, G., Silva, F., Ferreira, L., & Pereira, M. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Sousa, E., Silva, F., Ferreira, L., Pereira, M., Gouveia, R., & Silva, R. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sundar, R., Balaji, A., & Satheesh Kumar, R. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Toki, G., Ahmed, T., Hossain, M., Alave, R., Faruk, M., Mia, R., & Islam, S. (2023). Single minute exchange die (SMED): A sustainable and well-timed approach for Bangladeshi garments industry. *Cleaner Engineering and Technology*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100592>
- Ullah, H., Uzair, M., Jan, Z., & Ullah, M. (2024). Integrating industry 4.0 technologies in defense manufacturing: Challenges, solutions, and potential opportunities. *Array*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.array.2024.100358>
- Vieira, T., Sá, J., Lopes, M., Santos, G., Félix, M., Ferreira, L., Silva, F., & Pereira, M. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38, 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Julio César Méndez Bravo.

