



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**La metodología SMED para la mejora de la productividad en
una empresa metalmecánica.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

Chávez Solis, Maricielo Cristina (ORCID: 0000-0001-9539-0598)

Mamani Ticona, Roberto Carlos (ORCID: 0000-0001-6012-1582)

ASESOR:

Dr. Panta Salazar, Javier Francisco (ORCID: 0000-0002-1356-4708)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo principalmente a nuestros padres por darnos vida y permitirnos alcanzar este momento importante de nuestro camino profesional y a todos aquellos que nos alentaron a seguir esforzándonos para poder cumplir con este sueño de mejorar cada día.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros padres por su gran apoyo que nos brindan día a día, a la Universidad César Vallejo por brindarnos los conocimientos para nuestra labor como profesional, y todos los profesores que nos brindaron su apoyo en la realización de esta investigación.

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población y muestra	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Métodos de análisis de datos	22
3.6. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIONES	54
VI. CONCLUSIONES.....	58
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	31

Índice de tablas

Tabla 1. Principales causas de la baja productividad en la máquina transfer.	4
Tabla 2. Elección de los productos para la muestra de estudio	21
Tabla 3. Tiempos planeados y reales para un cambio de molde	31
Tabla 4. Identificación de operaciones	32
Tabla 5. Tiempo total de las operaciones internas.....	33
Tabla 6. Eficacia antes de la aplicación de la metodología SMED.....	35
Tabla 7. Eficiencia Antes de la metodología SMED	36
Tabla 8. Productividad antes de la metodología SMED	36
Productividad= Eficiencia x Eficacia	36
Tabla 9. Diferenciación de operaciones internas y operaciones externas.....	38
Tabla 10. Operaciones externas después de la metodología SMED	39
Tabla 11. Operaciones internas en la etapa post.....	40
Tabla 12. Tiempo real y tiempo planeado e la medición post	43
Tabla 13. Eficacia después de la aplicación de la metodología SMED	45
Tabla 14. Valores de la eficiencia en la medición Post.	46
Tabla 15. Valores de la productividad en la medición Post.	47
Tabla 16. Uso del estadígrafo según distribución de datos.....	48
Tabla 17. Síntesis de procesamiento de la variable dependiente Productividad	48
Tabla 18. Prueba de Normalidad de la variable dependiente Productividad	48
Tabla 19. Estadísticas de muestras emparejadas del indicador Productividad	49
Tabla 20. Correlaciones de muestras relacionadas del indicador productividad	49

Tabla 21.	Prueba de muestras relacionadas del indicador productividad.....	49
Tabla 22.	Síntesis de procesamiento de la dimension eficacia	50
Tabla 23.	Prueba de Normalidad de la dimensión 1 Eficacia	50
Tabla 24.	Estadísticas de muestras relacionadas de la dimensión Eficacia	51
Tabla 25.	Correlaciones de muestras emparejadas de la dimensión Eficacia.....	51
Tabla 26.	Prueba de muestras relacionadas de la dimensión 1 Eficacia.....	51
Tabla 27.	Síntesis del procesamiento de casos de la dimensión 2 Eficiencia	52
Tabla 28.	Prueba de normalidad de la dimensión 2 Eficiencia	52
Tabla 29.	Estadísticas de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia	53
Tabla 30.	Correlaciones de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia	53
Tabla 31.	Prueba de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia	53

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i>	Representación del diagrama de Ishikawa de la baja productividad en la máquina transfer.....	3
<i>Figura 2.</i>	Representación de Pareto la baja productividad en la máquina transfer.....	5
<i>Figura 3.</i>	Mapa de ubicación de la empresa	23
<i>Figura 4.</i>	Organigrama de la empresa EMEMSA SA	25
<i>Figura 5.</i>	Cartera de productos	25
<i>Figura 6.</i>	Layout de la empresa Ememsa S.A.....	26
<i>Figura 7.</i>	Layout del área de producción seriada	27
<i>Figura 8.</i>	Diagrama (DOP) de fabricación de válvula	28
<i>Figura 9.</i>	DAP actual de cambio de molde.....	30
<i>Figura 10.</i>	Operario en el área de producción seriada cambio de molde	37
<i>Figura 11.</i>	DAP modificado o propuesto	42
<i>Figura 12.</i>	DAP de operaciones internas	44

Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo determinar en qué medida la aplicación de la metodología SMED mejorará la productividad en una empresa metalmecánica. Su enfoque fue cuantitativo porque se utilizó la estadística para el análisis de datos. El problema principal se presentó en la máquina Transfer, la cual se encuentra en el área de confección en la empresa Ememsa S.A., puesto que presentó demoras en el cambio de molde, estos problemas afectaron la productividad de la máquina en mención. Debido a la falta de capacitación para el colaborador con respecto a metodologías que debe desarrollar, demoras por cambios de molde, falta de stock de herramientas, falta de mantenimiento preventivo, demoras en los ajustes de la máquina, etc. Los datos recolectados fueron procesados y analizados empleando el software SPSS v.21, se realizó la prueba de normalidad para determinar si las variables y cada uno de sus dimensiones fueron paramétricas o no paramétricas, posteriormente se contrastó la hipótesis general mediante la T-Student mostrando un nivel de significancia de 0.000, por tanto se aprobó la hipótesis alterna donde indica que la metodología SMED mejora de manera relevante la producción de la máquina transfer del área de producción seriada en la empresa metalmecánica Ememsa.

Palabras clave: Smed, eficiencia, eficacia, productividad.

Abstract

The objective of this research was to determine to what extent the application of the SMED methodology will improve productivity in a metalworking company. Their approach was quantitative because statistics were used for data analysis. The main problem occurred in the Transfer machine, which is located in the manufacturing area of the company Ememsa S.A., since it presented delays in the change of mold, these problems affected the productivity of the machine in question. Due to the lack of training for the collaborator regarding methodologies to be developed, delays due to mold changes, lack of stock of tools, lack of preventive maintenance, delays in machine adjustments, etc. The collected data were processed and analyzed using the SPSS v.21 software, the normality test was carried out to determine if the variables and each of their dimensions were parametric or non-parametric, later the general hypothesis was contrasted using the T-Student showing a significance level of 0.000, therefore the alternative hypothesis was approved where it indicates that the SMED methodology significantly improves the production of the transfer machine of the serial production area in the metalworking company Ememsa.

Keywords: Smed, efficiency, effectiveness, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se enfocó en describir como los temas del estudio que fueron la metodología Smed y la productividad se fueron presentando en los niveles del ámbito internacional, nacional y local; además del planteamiento del problema, las justificaciones y la declaración de los objetivos e hipótesis.

Actualmente las industrias están en un ambiente globalizado y de mucha competencia, teniendo en cuenta la exigencia de los clientes actuales y potenciales de cubrir sus necesidades que en muchos casos están en función del costo, calidad y tiempo, por lo cual las empresas necesitan adaptar a sus procesos productivos, diversas técnicas, métodos o herramientas tanto en producción como en la organización en sí para poder cumplir con las demás del cliente y permanecer en el mercado. De esta manera Hernández y Vizán (2013) mencionaron que actualmente las empresas industriales tienen como reto buscar y aplicar nuevas técnicas en la organización tanto como en la producción, lo cual les permite competir en un mercado globalizado.

Flores, Monzón, Bernal, Arquier, Pérez, Villamil y Castellani (2018) indicaron que la industria metalmecánica tiene gran relevancia dentro de la industria manufacturera, ya que está articulada con los distintos sectores productivos. Por ejemplo, industrias tales como la minera, construcción o automotriz dependen de las maquinarias e insumos que produce la industria metalmecánica.

En la industria metalmecánica hay mucha competencia, y por ello también tienen que adaptar sus procesos al requerimiento del cliente, teniendo en cuenta que el mercado es globalizado y los competidores también lo son. En el ámbito internacional Gaona y Muratalla (2018) describieron que en inicios de un tratado de comercio se cumplió de manera neutral, pero a partir del año 2001 la forma de proceder de trabajo cambio por el motivo que China se incluyó en la Organización Mundial de Comercio, estos cambios abruptos perjudicaron el consumo de productos mexicanos, entre los más afectados se encontraba la industria metalmecánica. En el transcurso del año 2000 y 2010 el proceder de la industria metalmecánica ha variado mucho en la producción de maquinarias y equipos de transporte, generaron el incremento en su aporte al pbi del 2.3% y 1.6 %.

Los tratados comerciales fueron de gran ayuda para la industria metalmeccánica, la cual expande su portafolio de clientes a nivel internacional obteniendo ganancias, pero también se tiene que tener en cuenta que habrá mayor competencia. Por tal motivo los procesos de la industria metalmeccánica tienen que ser más eficientes.

En el Perú, según los analistas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019) han indicado que en el año 2018 la producción de la industria manufacturera progresó un 6,17%, gracias al buen rendimiento de 12.73% del subsector fabril primario, subsiguiente de un aumento de 3.89% del subsector fabril no primario, el cual se reconoció como uno de los sectores que tuvieron buen rendimiento en los últimos años.

Según la SIN en su reporte indicó que la producción del sector metalmeccánico creció un 10,2 % entre los meses de enero y octubre del año 2018. En dicho reporte se puede apreciar que las actividades que generan mayor producción son la fabricación de generadores, transformadores, motores con un porcentaje de 13.8 %, con 22.8% las motocicletas, las piezas, partes y accesorios para vehículos un 15.3%. Por otro lado, la fabricación de depósitos, tanques y recipientes de metal tuvo -1.5%, y la fabricación de bombas, grifos, válvulas y compresores un -5.2% (Sociedad nacional de industrias, 2019).

La empresa metalmeccánica Ememsa S.A. se encuentra en el subsector fabril no primario, por lo tanto, la fabricación de bienes intermedio como: válvulas para gas, cañerías y llaves en blanco para cerradura metálicas, etc., son parte del crecimiento del país. En la empresa Ememsa S.A. se fabrica y comercializa productos metalmeccánicos para su aprovechamiento a muchas empresas industriales de diferentes sectores: Gas natural, Agroindustrial, Industrial, Minero, Gas licuado de petróleo, Servicios públicos, Autopartes, Ferretero, Siderúrgico y muchos más.

La falencia que se encuentra en la industria metalmeccánica es la entrega a destiempo de sus productos, procesos rígidos y venta en grandes lotes, generando así mayor tiempo en los cambios de molde, limpieza de piezas y máquina, cambios imprevistos de producción, uso de tiempo en montar y desmontar una máquina, todo esto con el fin de dar cumplimiento al requerimiento de los clientes.

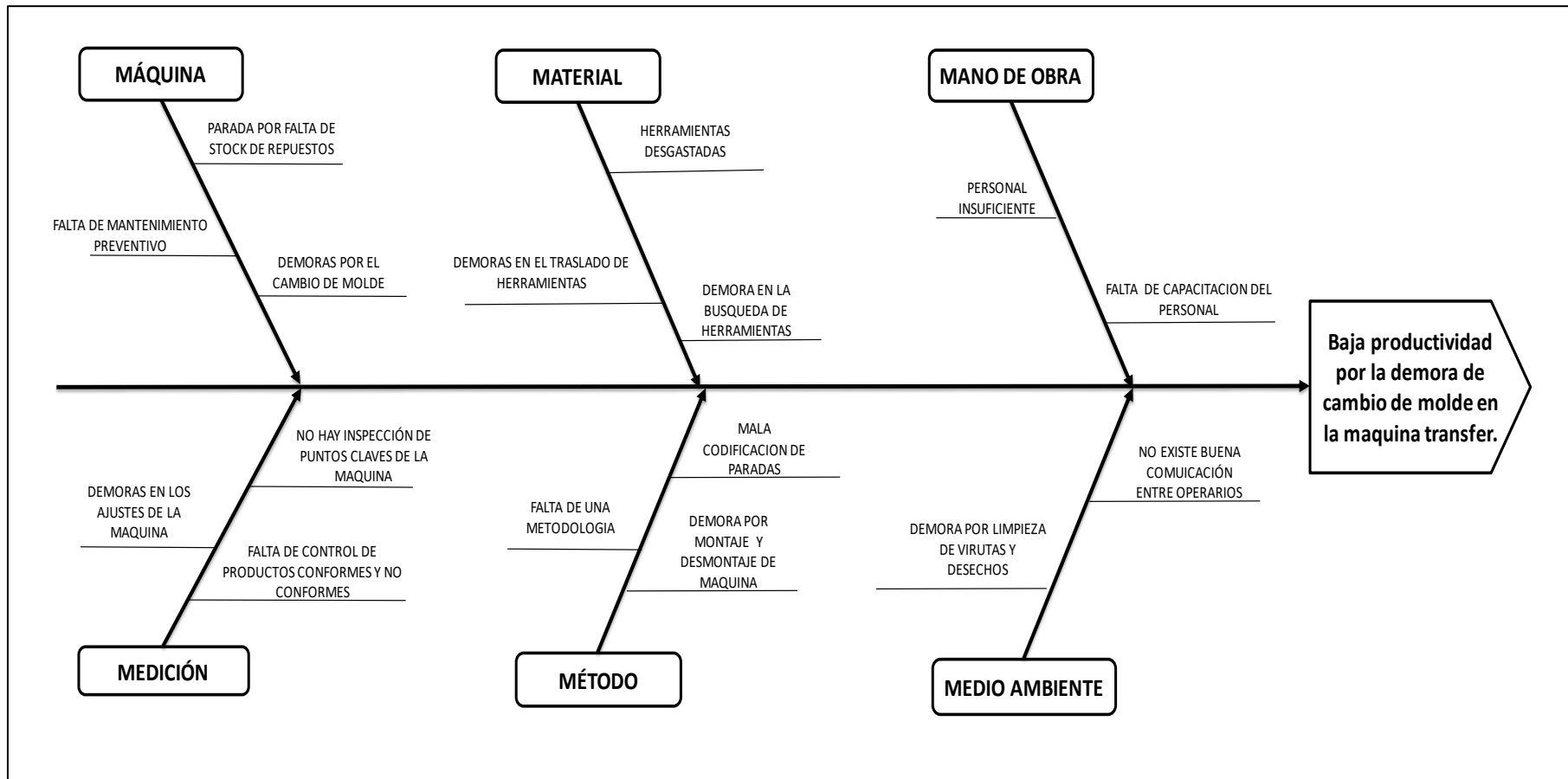


Figura 1. Representación del diagrama de Ishikawa de la baja productividad en la máquina transfer.

En el diagrama de Ishikawa se observan las diferentes causas, las cuales son: paradas por cambio de formato, parada por falta de stock de repuestos, falta de mantenimiento preventivo, demoras por ajustes de máquina, entre otras. En el aspecto de materiales, herramientas desgastadas a falta de herramientas nuevas, por los altos costos de compra de estas. Al tener paradas en la máquina, no hay una codificación por parada, por lo tanto, resulta difícil reconocer cuales son los problemas más reiterativos por lo cual la máquina se para, en consecuencia, no se puede decir con rapidez cual es la mejor solución

Por todas las causas mencionadas anteriormente se realizó un cuadro, con el fin de analizar cuáles son las causas con mayor frecuencia de falla, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 1. *Principales causas de la baja productividad en la máquina transfer.*

Causa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Falta de una metodología	40	40	34%	34%
Demoras por cambio de molde	25	65	22%	56%
Demoras en los ajustes de la máquina	20	85	17%	73%
Parada por falta de stock de repuestos	10	95	9%	81%
Demora por montaje y desmontaje de máquina	8	103	7%	88%
Falta de mantenimiento preventivo	8	111	7%	95%
No existe buena comunicación entre operarios	5	116	4%	100%
Total	116		100%	

En la tabla anterior se logró mostrar los principales problemas de baja productividad por la demora de cambio de molde en la máquina transfer en una empresa metalmecánica. La causa de falta de metodología (34%), retraso por cambios de molde (22%) y retraso en los ajustes de la máquina (17%); fueron los que tuvieron mayor incidencia.

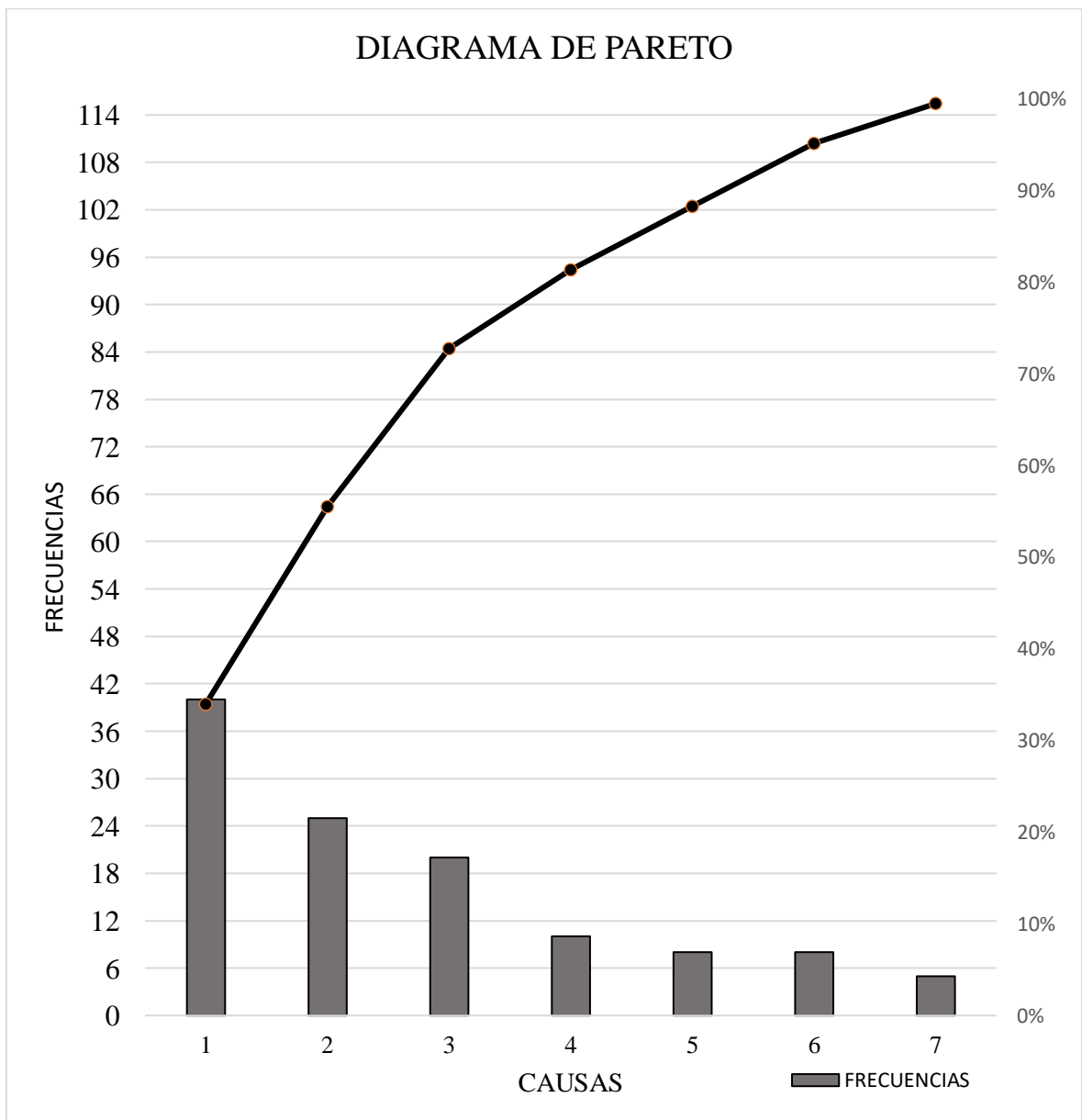


Figura 2. Representación de Pareto la baja productividad en la máquina transfer.

En la figura anterior se evidenció que los problemas más significativos de la empresa son la falta de una metodología y las demoras por cambio de molde en la máquina transfer del área de producción seriada, siendo esta última actividad un retraso que conlleva a desmontar y volver a montar la máquina para la producción de un producto distinto. Por lo tanto, estos serían problemas puntuales en la empresa, ya que generan retrasos y pérdidas en la producción de válvulas y otros.

Después de haber realizado el estudio de las diferentes causas que provocaron el fenómeno o problema observado, se pasó a la formulación del problema general del estudio que fue: ¿En qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la productividad en una empresa metalmecánica?

Los problemas específicos fueron los siguientes:

- ¿En qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la eficiencia en una empresa metalmecánica?
- ¿En qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la eficacia en una empresa metalmecánica?

Además, se fundamentó las diversas justificaciones que tuvieron relación con el desarrollo de nuestra investigación los cuales fueron los siguientes:

Justificación metodológica, sobre el que Valderrama (2013) mencionó que se refiere a la aplicación de determinados métodos y herramientas que deben contribuir al estudio de problemas similares al examinado, así como la posterior aplicación de otros investigadores (p.140).

Esta investigación se justifica de manera metodológica ya que se crearon instrumentos (formato de recolección varios) que sirvieron para el recojo de información para su posterior análisis de la variable independiente SMED para ver su mejora en la variable dependiente productividad.

Justificación práctica, sobre el que Valderrama (2013) indicó que “consiste en señalar su uso aplicativo: el uso de un instrumento para resolver problemas” (p.124)

En esta investigación será realizado en el área de producción seriada de la empresa Ememsa S.A. con el propósito de obtener operaciones eficientes, y aplicar la herramienta SMED para solucionar nuestros problemas.

Justificación económica, la investigación se justifica de manera económica debido a que será de beneficio para aquella entidad que busque incrementar su productividad. Con la aplicación del tratamiento propuesto se pretende lograr

mejorar la productividad de la empresa y por ende mejorar sus ingresos económicos

En esta investigación se determinó el objetivo general del estudio que fue determinar en qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la productividad en una empresa metalmecánica.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar en qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la eficacia en una empresa metalmecánica
- Determinar en qué medida la aplicación de la metodología SMED mejora la eficiencia en una empresa metalmecánica.

La hipótesis general de la investigación fue: la aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la productividad en una empresa metalmecánica.

Las hipótesis específicas fueron los siguientes:

- La aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la eficacia en una empresa metalmecánica.
- La aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la eficiencia en una empresa metalmecánica.

II. MARCO TEÓRICO

En el contenido de este segundo apartado se mencionó los estudios que abordaron diversos autores sobre el tema de nuestra investigación; además se mencionaron diversas teorías de autores que dieron sustento y soporte para el desarrollo de esta investigación. Como antecedentes en ámbito nacional se consideró los siguientes estudios:

Flores (2017) hizo su estudio cuyo objetivo fue incrementar los índices de productividad, minimizar costos, establecer un sistema de trabajo y organización que proporcione trabajar de forma eficiente. Siguió una metodología aplicada de nivel explicativo con enfoque cuantitativo, orientado a mejorar su productividad sin generar una sobrecarga o esfuerzo mayor que tienen en la actualidad. El mencionado autor concluyó que la implementación de las propuestas de mejora, tuvieron como resultado una producción de 140 polos al mes, siendo esta una cantidad superior al doble de productos actuales. Del mismo modo se redujo el tiempo de paradas de 38.07% a 10% del tiempo total de producción.

También Orihuela (2017) en su investigación que fue determinar si la aplicación de SMED en un proceso mejora la productividad de una máquina en una empresa industrial. Su estudio fue de tipo aplicativo, de investigación explicativo con enfoque cuantitativo, orientado a optimizar los tiempos de cambio de estación y reducir el porcentaje de máquina parada. El autor concluyó que el empleo de SMED mejoró la productividad de un 52.3% a 73% en la máquina bajo estudio en la empresa industrial.

Además, Palacios (2017) en su estudio de tesis que fue aplicar la técnica SMED para mejorar la eficiencia y eficacia en el área de etiquetado de una empresa. Su metodología fue de tipo aplicada de nivel explicativo con un enfoque cuantitativo en donde buscó la recolección de datos de los procesos. Asimismo, el autor concluyó que antes de implementar la técnica SMED la productividad era de 68% y después de la aplicación de la técnica SMED la productividad llegó a un 95% dicho estudio logró un incremento de un 41.8%.

Además, Alarcón (2014) en su estudio de tesis cuyo objetivo fue determinar mediante las herramientas de Lean Manufacturing, los indicadores en los procesos

de producción que permitan incrementar la productividad en planta. Su metodología fue de tipo aplicada, nivel de explicación descriptivo de enfoque cuantitativo. El autor concluyó que el OEE calculó un valor de 8% de rendimiento antes de la aplicación de SMED, y después de la mejora se logró un valor de 62%, teniendo un 33% de incremento en la productividad, afirmando su hipótesis de alcanzar un 20% de incremento.

Por último, Bustamante (2013) en su investigación que fue disminuir los tiempos improductivos en la sección de Montaje-Metalmecánica al momento de realizar el cambio de matrices en las prensas de formación de planchas metálicas, las cuales estaban destinadas a ser piezas y partes de las cocinas y refrigeradoras. Su metodología fue de tipo aplicada con un nivel de investigación explicativo de enfoque cuantitativo. Como conclusión el autor logró reducir un 49% de tiempo en los procesos del set up a través de la aplicación de SMED, del mismo modo demostró que una filosofía japonesa de producción pudo convertirse en parte de la cultura laboral de la industria Induglob S.A.

Como referencia de estudios en el ámbito internacional se consideró la investigación de Rebolledo (2010) que tuvo por objetivo estandarizar la metodología SMED dentro de un proceso de producción continuo. Aplicó las herramientas del conocido círculo de Deming e famoso PHVA. Por último, el citado autor concluyó que se pudieron generar ganancias económicas, gracias a los ahorros en tiempo y materiales debido a la baja en el rechazo del producto final. Del mismo modo se incrementó la flexibilidad productiva de la línea, en un 84% de eficiencia en promedio en toda planta a finales del periodo de estudio.

También, Aguirre (2018) en su estudio de tesis cuyo objetivo fue realizar un diseño aplicando la herramienta Smed, con el fin de lograr disminuir los tiempos de cambio del molde para lograr así un aumento significativo en los índices de su productividad y por ende la disminución de las pérdidas económicas causados por los tiempos no productivos en cada cambio de molde. Su metodología fue de tipo aplicada con un nivel de investigación explicativo de enfoque cuantitativo. Como conclusión se redujo entre un 80 y 90 % del tiempo de cambio de formato el tiempo que lleva cambiar un molde (15 y 25 minutos), lo que resulta en una diferencia de tiempo del 63 por ciento (53 minutos) para el cambio que arrojó resultados positivos

en las primeras ejecuciones y pruebas, lo que trajo consigo un cambio más versátil y sencillo Acercarse.

Además, el autor Minor (2014) en su investigación que fue mitigar los tiempos asociados a la limpieza y ajuste en los cambios de formato, en la línea de acondicionamiento de sólidos en una empresa de fármacos. Su metodología fue de tipo aplicada de nivel explicativo con enfoque cuantitativo, en donde se enfatiza que los equipos logren estar disponibles para cuando sea requerido. Concluyó el autor a través de los tiempos de cambio de formato menor en la línea de acondicionamiento que se estudió fueron reducidos en un 52.4% con lo que se demuestra la eficacia de la metodología SMED.

También, Ortega (2009) en su tesis desarrolló un estudio para reducir los tiempos muertos en la línea de producción de cubiertas de cocinas en una empresa industrial. Su metodología fue de tipo aplicada de nivel de investigación explicativo de enfoque cuantitativo, orientado a solucionar el problema de las largas duraciones en el ensamblaje de matrices, resultaron en una pérdida de \$32,333 cada año. El autor concluyó que el uso de la técnica SMED redujo el tiempo de inactividad debido al ensamblaje del troquel en un 50.23%, logrando ahorrar \$16,167; recomendó seguir trabajando para que el valor del ahorro pueda ser mejorado constantemente.

Por último, Largacha (2006) en su tesis cuyo objetivo fue implementar el Smed en una planta de producción para reducir los tiempos en el cambio de referencias o matriz, y con ello el aumento de su productividad. Su investigación tuvo un enfoque cuantitativo, el nivel de su investigación fue explicativa. La eficacia de las soluciones implementadas se determinó observando el indicador de eficiencia global de los equipos (OEE), que mostró que se cumplió el objetivo, así como las horas improductivas mensuales registradas. Como resultado, en comparación con julio de 2006, hubo una disminución del 58% en cuanto a los tiempos de paradas por el cambio de matriz.

Por otra parte, se consideró las teorías que guardaron relación con el tema de estudio, que para esta investigación se hizo mención a los siguientes conceptos:

Lean Manufacturing

Conocida como producción ajustada, es la búsqueda de la disminución del desperdicio mediante la mejora de la fabricación. Las acciones que se consideran desperdicio son las que no aportan valores a los productos/servicios. (Rajadell y Sánchez, 2010).

Lean Manufacturing definición acuñado por Standard, Davis y Dennis (1999, citado en Villaseñor & Galindo, 2011) determinó que el pensamiento Lean es una forma distinta de pensar en un negocio, en el cual se conceptualiza los procesos de producción, desde el inicio que es la materia prima hasta cuando el producto está en las manos del cliente.

De la misma manera Sonya (2012), menciona que la manufactura esbelta es una teoría de gestión eficaz la cual busca la reducción del consumo de recursos, de costos, de tiempos de producción con la aplicación de sus herramientas. La producción en masa es una de cuales se busca implementar esta manufactura debido a que puede reducir insumos, costos, mano de obra, entre otros, y que además permite medir la variación que se logra después de su aplicación.

Para este estudio se definió como variable independiente a la metodología Smed que en sus siglas en ingles “Single minute Exchange of Die” o cambio rápido de herramienta, tiene como objetivo la disminución del tiempo de cambio, también conocido como setup (Rajadell y Sánchez, 2010).

Del mismo modo Hernández y Vizán (2013) indicaron que aplicar esta herramienta o técnica cumple el propósito de disminuir los tiempos de elaboración de la máquina.

Es también definido como el conjunto de teoría y técnicas, las cuales se diseñan para elaborar operaciones de giro de utillaje en descenso de 10 minutos, por lo cual se reducen los tiempos del proceso obteniendo de esta manera el mejoramiento de la empresa. (Santos, Wysk y Torres, 2010).

Apoyando esta idea Palacios (2018) también indicó que la metodología SMED es una forma de mejora continua que tiene forma metodológica y busca reducir el tiempo de cambio de formato de máquinas en entornos productivos.

Cabe resaltar que es posible que no se obtenga el rango de diez minutos para todas las máquinas en su preparación, pero si se puede reducir los tiempos y el preparativo en muchos casos.

De acuerdo a Cruelles (2013), para poder realizar o aplicar este tipo de metodología se debe tener en cuenta acciones previas como:

- Es importante tener en cuenta los datos de la empresa (actividades), para disminuir los tiempos.
- Conocer e informar los problemas de la organización, plantear los objetivos relacionados a reducir costos eliminando tiempos innecesarios.
- La reducción de los tiempos de preparación como de procesos es vital; ya que ello busca que se incremente la producción y se mejore los niveles de entrega y cumplimiento del cliente final.

Del mismo modo Rajadell y Sánchez (2010) mencionaron que para realizar esta técnica se necesita considerar tres ideas fundamentales, las cuales son:

- La demora en los cambios de formato, tiene que ver con las personas, máquinas y la misma organización, al no dar a conocer métodos que ayuden a reducirlos.
- La aplicación del método de forma rigurosa y constante, tiene como consecuencia la reducción de los costos gracias a su implementación.

Implementación de la metodología SMED

Muchos autores indican que son cuatro pasos, otros mencionan que solo son tres. En este caso se consideró cuatro pasos, los cuales son:

1. Identificar las actividades diversas en el cambio de modelo

Sobre el paso uno, Rajadell y Sánchez (2010) mencionaron que se toma tiempos con un cronómetro para determinar cuánto es que demoran por proceso, y cuánto se demoran en pasar de un producto a otro.

Además, Santos et al. (2010) mencionaron que se elabora procedimientos necesarios para el correcto uso en la operatividad de máquinas, equipos y herramientas; se elabora listas que comprueben con partes y pasos que se necesiten para operación, incluyendo todo lo que se relaciona a las máquinas.

2. Las actividades internas y externas deben estar diferenciados.

Las actividades tanto internas y externas que se realizan en un cambio de formato deben de ser separados o clasificados, entendiendo que las actividades externas se realizan cuando la máquina está en marcha y las actividades internas se hacen cuando la máquina está parada, Rajadell y Sánchez (2010).

Se indicó que al preparar las operaciones internas y externas el tiempo puede disminuir entre el 30% y el 50%. Identificando la diferencia entre las dos operaciones, se puede reducir el tiempo de preparación interna, por lo que se reduce el tiempo de producción.

Se separan cada una de las operaciones definiendo si son tareas internas o externas. Esto se puede medir con la siguiente formula:

$$\%NTI = \frac{NT \text{ Internas}}{NT \text{ Totales}} \times 100\%$$

Leyenda:

%NTI= Indicador de actividades internas.

NT Totales= Número total de tareas internas

NT Internas= Número de tareas

3. Las actividades internas transformar en externas

Los mismos autores mencionaron que se revisa con detalle todas las operaciones para verificar si alguno se asumió como una operación interna, teniendo la posibilidad de convertir esas operaciones en externas. También se tiene que investigar que métodos se pueden implementar para que el transporte de materiales, útiles o herramientas sea más eficiente. Por ejemplo, puede ser útil el uso de un check-list,

Santos *et al.* (2010) también mencionó que en esta etapa muchas veces no es suficiente separar las actividades internas y las actividades externas, sino que es necesario que las operaciones internas sean cambiadas a externas, de manera que estas actividades puedan darse

cuando la máquina se encuentre operativa. El cual se puede medir con la siguiente formula:

$$\%TTPI = \frac{T \text{ actual TI}}{T \text{ total TI}} \times 100\%$$

Leyenda:

TTPI= Porcentaje de actividades transformados.

T actual TI= Tiempo actual de preparación interna de cambio de formato

T total TI= Tiempo total de preparación interna de cambio de formato

4. Perfeccionamiento de aspectos técnicos de las preparaciones

Rajadell y Sánchez (2010) indicaron que al perfeccionar los aspectos técnicos de las elaboraciones se puede alcanzar a través de operaciones paralelas, mejoras de ingeniería y eliminando ajustes.

En esta etapa se perfecciona las operaciones de cambio, tanto como externas e internas, para poder reducir cada una e incluso eliminarlos si fuera posible, Santos *et al.* (2010).

El cual se puede medir con la siguiente formula:

$$\%TMI = \frac{\text{Tiempo real}}{T \text{ programado}} \times 100$$

TM: tiempo mejorado en el cambio de utillaje

Variable dependiente: Productividad

Al respecto de productividad Gutiérrez (2010) explicó que:

Es la relación entre los recursos de salida y los recursos de entrada. Mide el uso óptimo de los recursos de producción, como trabajo y capital. La productividad se considera un motor importante del crecimiento económico

y la competitividad, así como un punto de referencia con el que se puede medir el desempeño de un país u organización.

Por otro lado, Prokopenko (1989) explicó que la productividad es la división de los resultados y el tiempo que genera obtenerlos. Lo que se entiende que, si es menos el tiempo de producción, es más productivo.

En esa misma línea de conceptos Niebel y Freivalds (2009) mencionaron que para que crezca una empresa y sus ganancias se incrementen es necesario la mejora del nivel de su productividad. Un aumento de este indicador puede ser por ejemplo la mejora del volumen de producción respecto a las horas invertidas. Gutiérrez (2010) añadió que la eficiencia y la eficacia son dos componentes principales para medir la productividad.

Eficiencia

Gutiérrez (2010) indicó que la eficiencia es la correlación de los resultados obtenidos y los resultados utilizados, lo cual se entiende que ser eficientes es tratar de perfeccionar los recursos sin tener desperdicios.

Se puede medir con la siguiente formula:

El porcentaje de Horas Máquinas es igual a horas máquinas utilizadas entre horas máquinas programadas por 100%.

$$\%HM = \frac{H \text{ máquina utilizadas}}{H \text{ máquina programadas}} \times 100 \%$$

Eficacia

Mokate (2001) mencionó que la eficacia implica el logro de objetivos, independientes del costo o la asignación de recursos. La eficacia está determinada por qué tan bien logra sus objetivos, teniendo en cuenta la calidad y la oportunidad sin considerar tanto los costos incurridos. (p. 2)

La eficacia se entiende como el cumplir de tus objetivos sin tener en cuenta el costo ni los usos de los recursos, por ellos se mide con exactitud solo los objetos teniendo en cuenta la calidad del producto o servicio.

Gutiérrez (2010) mencionó también la eficacia es posible sin tener grandes recursos, el objetivo es cumplirlo.

La eficacia se logra medir a través de la siguiente fórmula

$$\%PM = \frac{P \text{ real}}{P \text{ programada}} \times 100\%$$

Leyenda:

%PM= Porcentaje de producción de máquina

P real= Producción real

P programada= Producción programada

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Sobre la investigación de tipo aplicada, Valderrama (2013) enunció que el tipo de estudio es aplicado cuando la herramienta a utilizar solucionará los problemas encontrados en la realidad donde se predijo. Es por este motivo que la tesis es de tipo aplicada porque se va a mejorar la situación problemática presentado por la baja productividad aplicando la metodología SMED en la empresa metalmecánica.

Nivel de investigación

Al respecto Niño (2011) mencionó que el objetivo es definir la realidad que se investiga, un componente de la misma, sus piezas, clases, categorías o los vínculos que se pueden establecer entre numerosos objetos para esclarecer un hecho, confirmar un enunciado o probar una hipótesis (p. 34)

Por lo tanto, el presente estudio es descriptivo porque se busca medir, evaluar y precisar características, propiedades de los fenómenos presentes en el proceso. El autor argumenta que es respecto a nivel son etapas del estudio que se emplean para poder avanzar en el desarrollo del mismo.

Asimismo, Niño (2011) indicó que para hacer una explicación tiene que ir precedido de una descripción, aunque muchas veces esto depende del campo o área científica y de las técnicas que se aplicaran. Cuando se realiza con enfoque cuantitativo, si hay una medición para explicar la relación causa-efecto.

De esta manera se infiere que la investigación es explicativa porque busca explicar la relación entre las variables de estudio para conocer los aspectos que intervienen en el proceso. El autor argumenta que la investigación explicativa está orientada a asumir el estudio de un objeto o fenómeno desde dos perspectivas.

Enfoque

Hernández, et al. (2014) indicaron que todo parte de un bosquejo de proyecto que se va delimitando y generando preguntas de investigación, para así revisar la literatura y construir un panorama o un marco teórico. Por lo tanto, esto cumple un

análisis de mediciones obtenidas de las variables de estudio para luego hacer uso de la estadística.

Diseño

Al respecto Hernández, et al. (2014) mencionaron que los diseños cuasi-experimentales igualmente derivan del diseño experimental, donde también existen intervención en las variables de estudio sus consecuencias, resultado y vínculo con una o más variables dependientes. El autor también argumenta que las variables independientes se ejecutan de acuerdo a las necesidades que requiere la variable dependiente de la empresa.

Es longitudinal, ya que Hernández *et al.* (2014) indicó que se recibe información a través del tiempo en etapas o ciclos, para obtener deducciones e información sobre las modificaciones, reconociendo sus posibles efectos y resultados a futuro.

Además, agregó los estudios longitudinales tienen el beneficio de proporcionar información sobre cómo los estados, las definiciones, las variables, los fenómenos, las sociedades y sus vínculos se desarrollan a través del tiempo.

3.2. Variables y operacionalización

Para este estudio se consideró las siguientes variables:

Variable independiente: Metodología SMED

Según Hernández y Vizán (2013) conceptualizaron SMED como una metodología o conjunto de procedimientos que buscan minimizar el periodo de duración de montaje de una máquina.

Dimensión 1: Diferenciar las operaciones interna y externas

Rajadell y Sánchez (2010) mencionaron que se deben reconocer las actividades o labores de iniciación que se desarrollan en una modificación o cambio, distinguiendo las operaciones externas, con la máquina encendida y en funcionamiento, de las operaciones internas, en el cual la máquina está inoperativa.

Dimensión 2: Transformar las operaciones internas en externas

Rajadell y Sánchez (2010) indicó que reformar las operaciones implica un examen detallado de todas las labores para ver si existen algunos avances que se han alcanzado erróneamente, como en las operaciones internas, mientras existen probabilidades de convertir estas operaciones en externas.

Dimensión 3: Perfeccionar las operaciones internas a externas

Según Santos *et al.* (2010) el tercer periodo como una fase para mejorar y pulir totalmente las áreas de cambio, tanto internas, así como externas, para minimizar los cambios a cada una de ellas e incluso eliminarlas si fuera posible.

Variable dependiente: Productividad

Cuya definición conceptual según Prokopenko (1989) explicó que es la relación entre los datos obtenidos del tiempo y los resultados. El tiempo viene a ser un indicador importante, ya que viene a ser una medida universal que no puede ser contralado por una persona. Es decir, si se logra alcanzar a la propuesta deseada en un menor tiempo propuesto, quiere decir que el sistema es productivo.

Se entiende que para mejorar la productividad es necesario realizar mejoras y estas deben ser continuas, en estas mejoras se pueden encontrar el uso de nuevas técnicas o metodologías. Al realizar estas actividades se genera un cambio en los resultados de productividad, se obtiene una mayor productividad.

Dimensión 1: Eficiencia

Para medir la eficiencia se utilizará las horas utilizadas y las horas programadas de la máquina. Se puede medir con la siguiente formula:

$$\%HM = \frac{H \text{ maquina utilizadas}}{H \text{ maquina programadas}} \times 100\%$$

Leyenda:

%HM= Porcentaje de horas máquina

Dimensión 2: Eficacia

La eficacia se conceptualiza como el empleo de los bienes para el cumplimiento de las metas propuestas en una empresa.

Esto se puede medir con la siguiente fórmula

$$\%PM = \frac{P \text{ real}}{P \text{ programada}} \times 100\%$$

%PM= Porcentaje de producción de máquina.

3.3. Población y muestra

Al respecto de población Fracica (1988) citado por Bernal (2010) indicó que este representa como el grupo de total de componentes en los que se basa el proyecto o investigación. También se puede conceptualizar como el todo de las cantidades de la investigación.

La población estuvo conformada por el área de producción seriada, en el cual se encuentra la máquina transfer. Los datos presentes son datos de abril hasta junio del presente año, se extrapola que la cantidad de productos será aproximadamente la misma en los siguientes tres meses cuando fue la aplicación del tratamiento. En la tabla 3 se observa la cantidad de productos junto con la participación correspondiente de ventas, entre los meses ya mencionados.

La muestra para Hernández *et al.* (2010) indicaron que se refiere a una parte seleccionada de la población, que se utilizan para realizar pruebas y estudios. Por lo tanto, la muestra viene a ser un porcentaje de parte de la población entera.

En nuestro estudio la muestra fue la producción de válvulas y cuerpos de válvulas en el área de producción seriada. Entonces podemos asegurar que el 31% de los productos, los cuales equivalen a 4 productos (Cuerpo válvula ecuatoriana cuello largo sin logo, cuerpo válvula M2 EMEMSA 1735I, válvula automática Ø20 10Kg GLP Premium y válvula automática Ø22 15Kg GLP cuello largo -sin logo), representan el 68% de las ventas, por un monto de S/406,613.18.

También se puede aseverar que el 62% de los productos, que son 8 tipos de artículos solo genera 18% de las ventas que son S/110,573.88.

Por último, el 14% de las ventas que equivalen a S/82,614.27 son producidas por el 8% de manguera GN EMEMSA 1,50 M G1/2 X G1/2 tuerca girat. T/CALID

Tabla 2. *Elección de los productos para la muestra de estudio*

Participación estimada	Clasificación de <i>n</i>	Participación <i>n</i>	Ventas	Participación Ventas
0 % - 80 %	A	31%	S/406,613.18	68%
81 % - 95 %	B	62%	S/110,573.88	18%
96 % - 100 %	C	8%	S/82,614.27	14%

Acerca del muestreo, Niño (2011) explicó que el muestreo se ejecuta utilizando el juicio crítico propio para usar la muestra adecuada.

Por este motivo, la muestra de esta investigación es intencional, por lo cual, los productos que se escogieron son: Cuerpo válvula ecuatoriana cuello largo sin logo, cuerpo válvula M2 EMEMSA 1735I, válvula automática Ø20 10Kg GLP Premium y válvula automática Ø22 15Kg GLP cuello largo -sin logo, ya que son los productos bandera y tienen una participación de 68% de las ventas en la empresa Ememsa S.A.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los datos relevantes sobre conceptos, rasgos o variables de las unidades de análisis o casos se recopilan durante este paso (Hernández, et al., 2010)

Para nuestro estudio se usó la técnica de observación directa con el fin de evaluar y registrar información relevante para el estudio. Con el fin de tener un panorama de la situación actual del estado en el que se encuentra la empresa en relación con la problemática

Validez de los instrumentos de medición

Respecto a la validez, Niño (2011) mencionó que la validez es una característica del instrumento que ayuda a medir la variable, por tanto, se debe analizar y seleccionar el instrumento adecuado para un proyecto específico.

En nuestro estudio respecto a la validez de los instrumentos que fueron utilizados para la respectiva medición de nuestras variables fueron a través del juicio de expertos, quienes evaluaron y validaron dichos instrumentos, estos expertos tienen el grado exigido por la universidad para tal fin. Los documentos que certifican la validación se encuentran en el anexo 4, anexo 5 y anexo 6.

3.5. Métodos de análisis de datos

Hernández *et al.* (2010) mencionó que, el especialista realiza análisis estadísticos para poder comparar y encontrar similitudes entre las variables. Se realiza análisis descriptivos a cada variable para poder comprobar con las hipótesis si existe alguna relación en los cálculos estadísticos que se presentaron.

Se entiende que el investigador busca analizar sus variables mediante un análisis de estadística descriptiva y para probar la hipótesis se hizo uso de la estadística inferencial.

Bernal (2010) indicó, que la prueba t-Student es una práctica de nivel estadístico que sirve para analizar posibles respuestas de acuerdo a una media, si las medidas de la muestra n son por debajo de 30 mediciones ($n < 30$), y se quiere conocer si no hay similitud relevante entre la media poblacional y la media de la muestra.

3.6. Aspectos éticos

Se recaba información para el desarrollo de la investigación de la empresa EMEMSA S.A., cuyos datos son meramente académicos, lo que confirma que los datos obtenidos para el desarrollo de la investigación son verdaderos y confiables. Para ello se obtuvo la autorización respectiva con fines del desarrollo de la investigación, el mismo que se encuentra en el anexo 7. Se consideró también cualidades de lealtad, compromiso, honestidad y respeto, así como en una política de reserva de información.

IV. RESULTADOS

Generalidades de la Empresa

La empresa industrial EMEMSA se dedica a la fabricación y venta de productos metalmecánicos, esta empresa fue fundada en 1973. Cabe destacar que tiene una amplia gama de productos, los cuales los vende a muchas empresas industriales de diferentes sectores: Gas natural, Agroindustrial, Industrial, Minero, Gas licuado de petróleo, Servicios públicos, Autopartes, Ferretero, Siderúrgico y muchos más. Para realizar un buen estudio se recopiló datos generales de la empresa con el fin de adquirir una extensa perspectiva de la empresa.

Base legal

- Razón social: EMPRESA METAL MECANICA S. A.
- RUC: 20100276322
- Tipo de contribuyente: Sociedad anónima

Se ubica en la calle sección 08 S/N, urbanización las praderas de Lurín, Lurín.

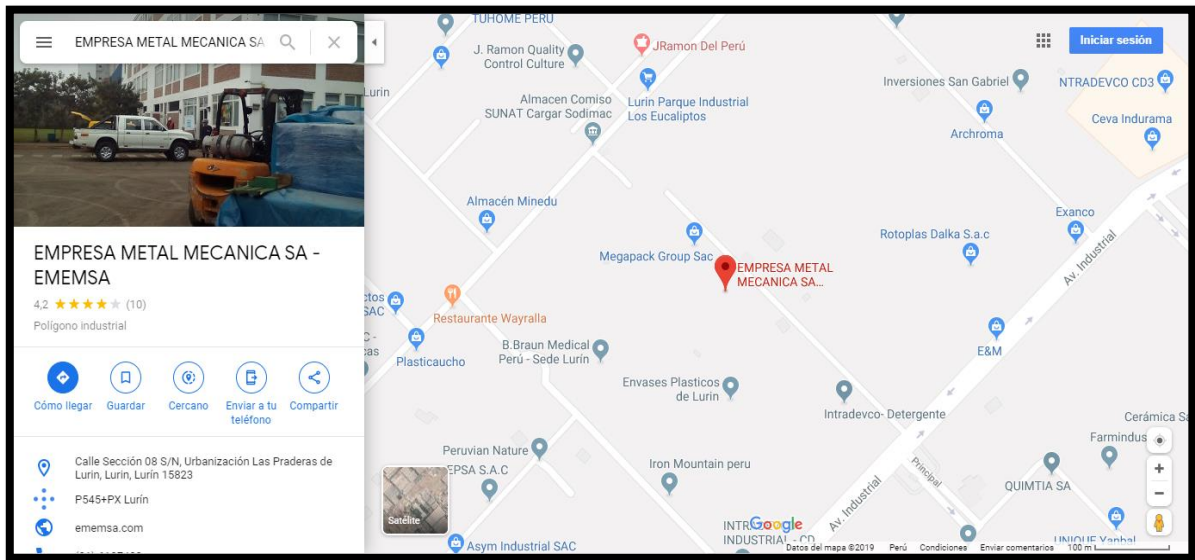


Figura 3. Mapa de ubicación de la empresa

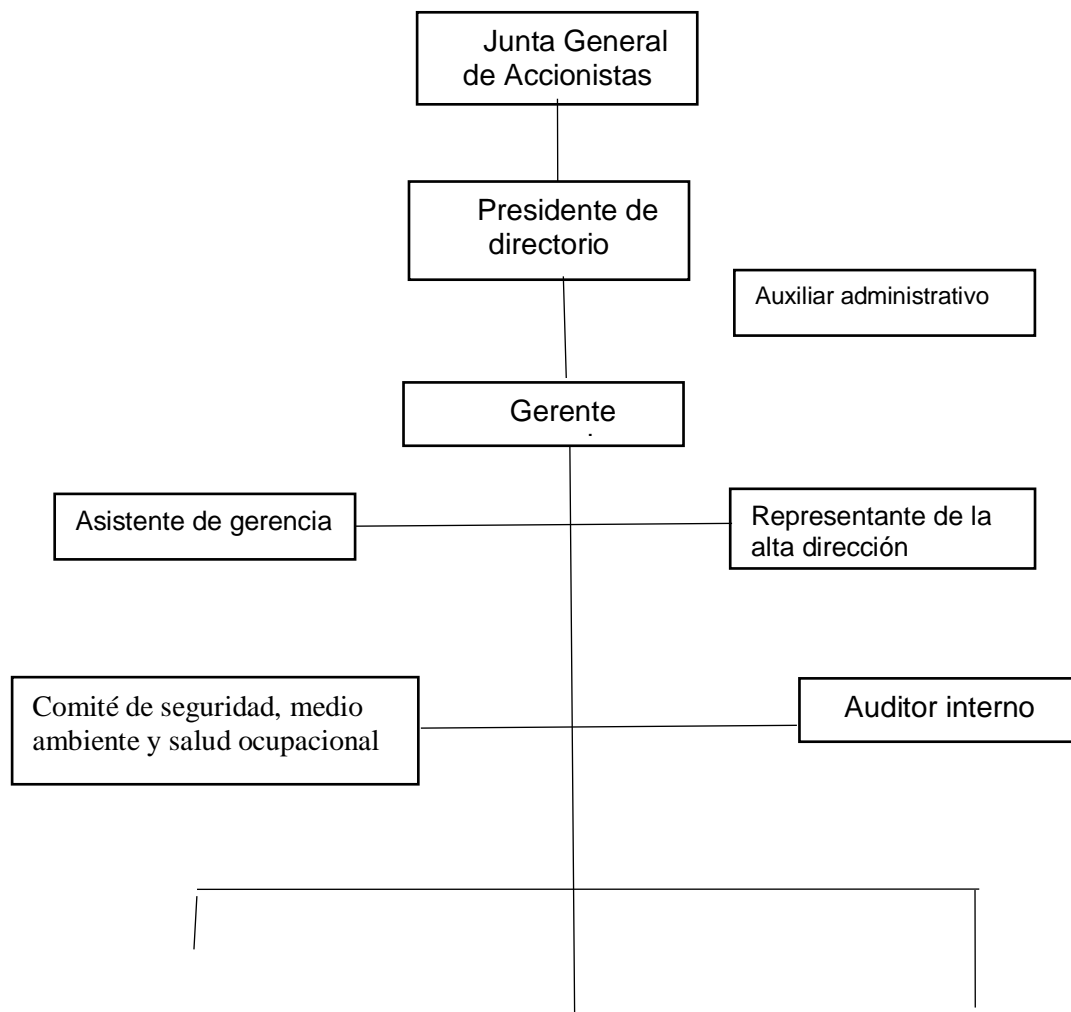
Fuente: Google Maps. Recuperado de

Misión: Conocer todos los requerimientos y necesidades que buscan nuestros clientes, con el fin de aportar soluciones y generar notoriedad en el mercado, buscando ser sostenibles e importantes en el sector.

Visión: Establecerse como una entidad trascendental en Latinoamérica y constituirse de forma rentable como una empresa metalmecánica de confianza para nuestros clientes.

Valores Organizacionales y Organigrama

- Seguridad industrial: Se tiene en cuenta la seguridad de cada una de las personas, así como también protegiendo su infraestructura promoviendo el yo te cuido, tú me cuidas.
- Integridad: Se cumple con el compromiso bajo las leyes y políticas que se rigen.



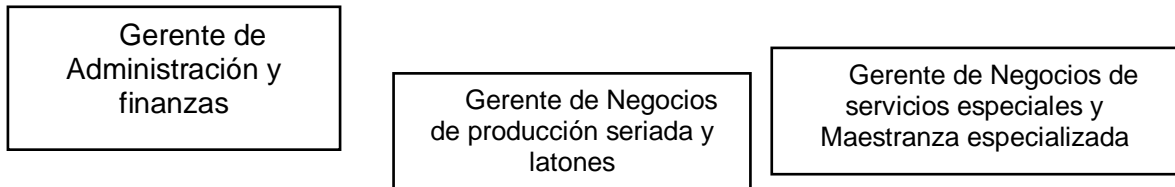


Figura 4. Organigrama de la empresa MEMSA SA

Cartera de productos

Fabrica accesorios metalmecánicos para diversos sectores industriales; entre los que destacan accesorios como válvulas para gas, cañerías y llaves en blanco cv para cerradura metálicas entre los productos tenemos:



Figura 5. Cartera de productos

Fuente: Ememsa S.A.

En el siguiente DOP en la figura se verán las diferentes operaciones que se realizan para obtener el producto final, que en este caso es la válvula, partiendo desde la materia prima del cuerpo forjado de un metal, con el fin de darle forma y pulir para convertir esta materia prima en el producto final.



Figura 6. Layout de la empresa Ememsa S.A.

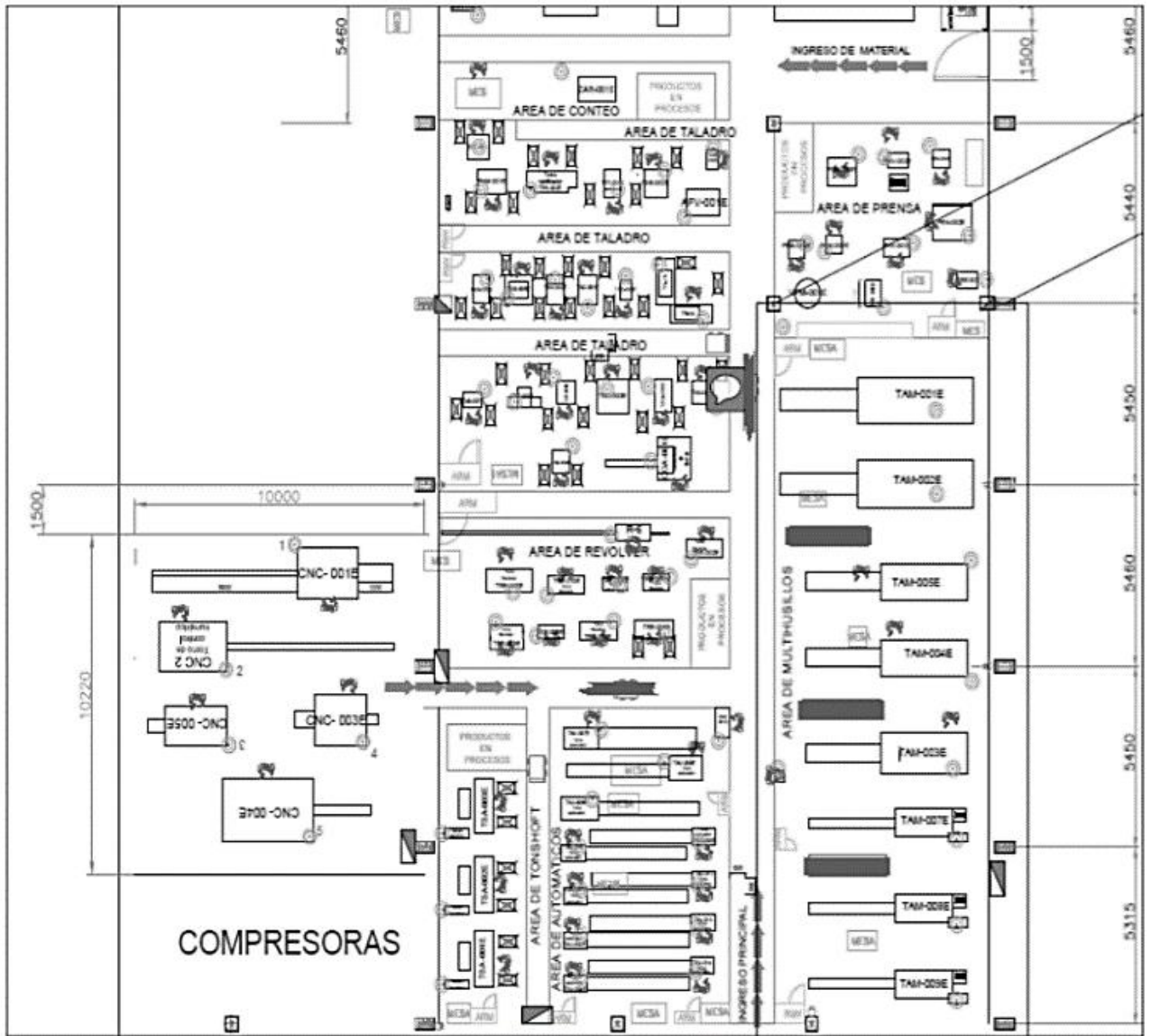


Figura 7. Layout del área de producción seriada

Fuente: Ememsa S.A.

Se puede apreciar la distribución de las máquinas en el área de producción seriada, está dividida en área de prensa, área de torque, área de revolver, área de prensa, área de compresoras, el área de productos en procesos y el área de multisellos.

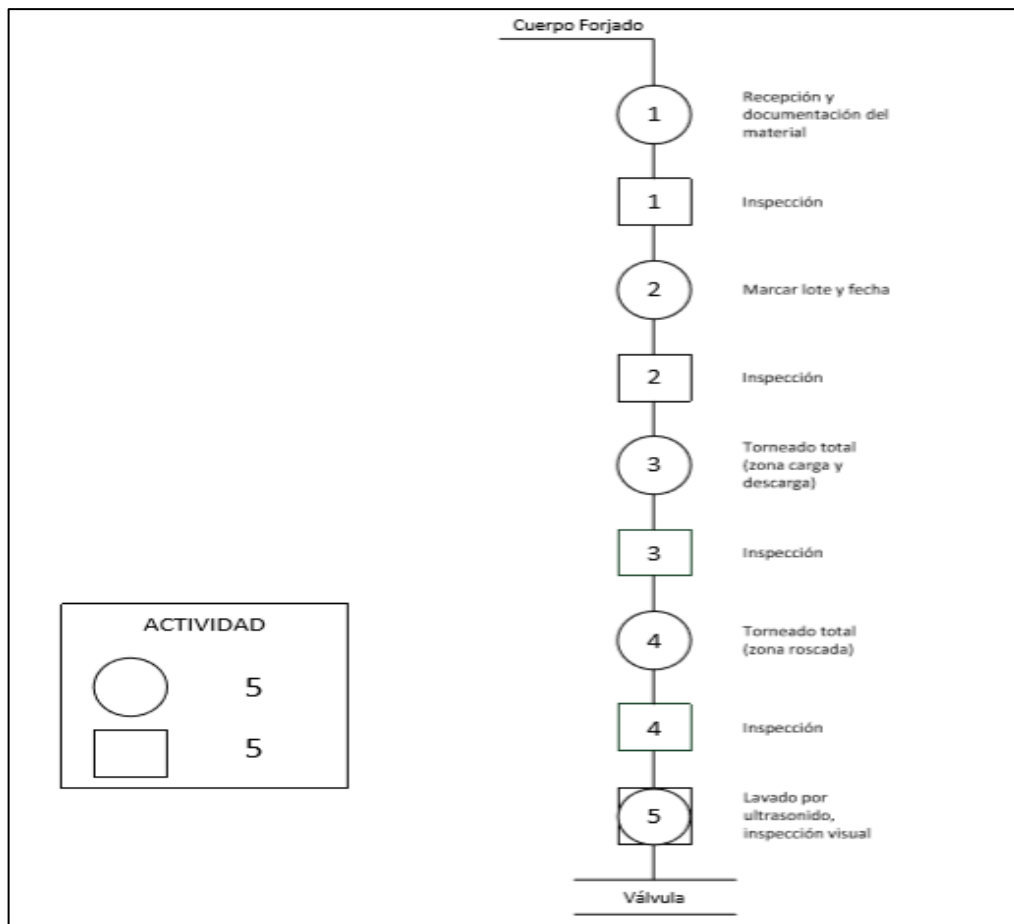


Figura 8. Diagrama (DOP) de fabricación de válvula

Fuente: Elaboración propia

Situación actual de la empresa

En EMEMSA existió la necesidad de mejorar su productividad, ya que en sus procesos se generaban demoras, las cuales afecta la productividad de la máquina Transfer. Debido al problema detectado se propuso implementar la metodología SMED.

En la actualidad se encuentran múltiples herramienta y metodologías que buscan optimizar operaciones, procesos y tiempos, conllevando esto a su aumento en la productividad. Con la metodología SMED, se busca mejorar los tiempos en el cambio de formato y mejorar la producción cada vez que exista un cambio de molde.

En esta etapa se decidió levantar la información necesaria para realizar un análisis detallado sobre los tiempos y gastos de un cambio de molde, estos fueron

detectados y evidenciados haciendo uso de las herramientas de calidad mencionados en la primera parte del estudio; se encontró como puntos críticos las paradas por cambio de formato y demoras por ajustes de máquinas.

Es por ello que se realizó un DAP detallado del cambio de formato, consiguiendo estos resultados. En la figura 9 se apreciará los tiempos que se toma para un cambio de molde, las operaciones que se realizan y los tiempos que se toma. Los tiempos se midieron mediante un cronometro.

De esta forma se vio, analizó e identificó todas las actividades que se dan durante este proceso, para así poder realizar modificaciones y en algunos casos eliminar, para la mejora de productividad y optimización de tiempos.

Se pudieron obtener los siguientes datos:

- 14 operaciones
- 5 transportes
- 1 espera
- 4 inspecciones

Formato cursograma analítico									
Diagrama Num: 1		Hoja Núm. 1		Resumen					
Objeto: Tiempo de cambio de formato		Actividad		Actual	Propuesta				
		Actividad: Registro de tiempo cambio de formato		Operación		14			
Método: Actual/Propuesto		Transporte		5					
Lugar: Planta de Producción Seriada		Espera		1					
Operario (s): 10		Inspección		4					
Fecha: 2-10-2019		Almacenamiento							
Compuesto por: Roberto Mamani , Maricielo Chávez		Distancia (m)		210 m					
Aprobado por: Luis Amaya		Tiempo (min-hombre)		240 min					
		Costo							
		- Mano de obra							
		- Material		7537.5					
		Total							
Descripción		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones	
Orden de producción			15 min		○	□	D	⇒	▽
Revisión de la orden de producción			3 min			x			
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento			7 min	50 m				x	
Búsqueda de las herramientas adecuadas			5 min		x				
Búsqueda de los lubricantes			5 min		x				
Búsqueda de los moldes del nuevo producto			3 min		x				
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo			7 min	50 m				x	
Verificar y/o apagar las máquina			1 min			x			
Inspección del mantenimiento de máquina			10 min			x			
Desmontaje de máquina			20 min		x				
Limpieza general de máquina			60 min		x				
Engrase y lubricación de máquina			20 min		x				
Cambio de molde en máquina Transfer			15 min		x				
Montaje de máquina			20 min		x				
Inspección de instalación del molde adecuado			5 min			x			
Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo			10 min		x				
Calibrar máquina para el nuevo formato			10 min		x				
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento			7 min	50 m				x	
Dejar las herramientas en su lugar			3 min		x				
Dejar los moldes y lubricantes en su lugar			3 min		x				
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo			7 min	50 m				x	
Ordenar la preparación de sus puestos de trabajo			3 min	10 m	x			x	
Encendido de máquina			1 min		x				
Total			240 min	210 m	14	4	1	5	

Figura 9. DAP actual de cambio de molde

En el DAP se evidencia que el tiempo que emplea la máquina Transfer se realiza en un total de 240 min equivalente a 4 horas, logrando encontrar algunas demoras innecesarias que se pueden mejorar durante el cambio de molde.

El tiempo de demora para un cambio de molde es mucho más del planeado, para poder identificar cuáles son las actividades que se demoran más. Se realizó

la siguiente tabla, teniendo como base los tiempos planeados en contraste con los tiempos reales. En la tabla 05 se puede observar lo anteriormente descrito.

Tabla 3. *Tiempos planeados y reales para un cambio de molde*

Tipo de operación (Interna/Externa)	Tiempo planeado	Hora de inicio	Hora final	Tiempo real (min)	Hora inicio	Hora final
Orden de producción	12	8:00	8:12	15	8:00	8:15
Revisión de la orden de producción	2	8:12	8:17	3	8:15	8:18
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento	5	8:17	8:22	7	8:18	8:25
Búsqueda de las herramientas adecuadas	4	8:22	8:26	5	8:25	8:30
Búsqueda de los lubricantes	4	8:26	8:30	5	8:30	8:35
Búsqueda de los moldes del nuevo producto	2	8:30	8:32	3	8:35	8:38
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo	5	8:32	8:37	7	8:38	8:45
Verificar y/o apagar la máquina	1	8:37	8:38	1	8:45	8:46
Inspección de instalación del molde adecuado	8	8:38	8:46	10	8:46	8:56
Desmontaje de máquina	16	8:46	9:02	20	8:56	9:16
Limpieza general de máquina	50	9:02	9:52	60	9:16	10:16
Engrase y lubricación de máquina	16	9:52	10:08	20	10:16	10:36
Cambio de molde en la máquina transfer	12	10:08	10:20	15	10:36	10:51
Montaje de máquina	12	10:20	10:32	20	10:51	11:11
Inspección de instalación del molde adecuado	4	10:32	10:36	5	11:11	11:16
Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo	8	10:36	10:44	10	11:16	11:26
Calibrar máquina para el nuevo formato	8	10:44	10:52	10	11:26	11:36
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento	5	10:52	10:57	7	11:36	11:43
Dejar las herramientas en su lugar	2	10:57	10:59	3	11:43	11:46
Dejar los moldes y lubricantes en su lugar	2	10:59	11:01	3	11:46	11:49
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo	5	11:01	11:06	7	11:49	11:56
Ordenar la preparación de sus puestos de trabajo	2	11:06	11:08	3	11:56	11:59
Encendido de máquina	1	11:08	11:09	1	11:59	12:00
TOTAL	189			240		

Se puede ver el tiempo que demora cada actividad para realizar el cambio de molde para la producción de un artículo diferente. Se toma en cuenta la hora de inicio de la actividad, hasta el término del cambio de molde. Toda la medición de los tiempos reales se hizo con un cronómetro.

Se puede observar que el tiempo planeado tiene un total de 189 minutos, pero cuando se tomaron datos reales con el cronómetro en mano, se obtuvo un

resultado de 240 minutos. Siendo 51 minutos de diferencia por el hecho que siempre existen circunstancias ajenas que dificultan las actividades.

En la siguiente tabla se procedió a identificar las diversas actividades que se realizan tanto internas y externas.

Tabla 4. *Identificación de operaciones*

N	OPERACIONES	OPERACIÓN INTERNA	OPERACIÓN EXTERNA
1	Orden de producción		X
2	Revisión de la orden de producción		X
3	Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento		X
4	Búsqueda de las herramientas adecuadas		X
5	Búsqueda de los lubricantes		X
6	Búsqueda de los moldes del nuevo producto		X
7	Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo		X
8	Verificar y/o apagar la máquina	X	
9	Inspección de instalación del molde adecuado	X	
10	Desmontaje de máquinas	X	
11	Limpieza general de máquina	X	
12	Engrase y lubricación de máquina	X	
13	Cambio de molde en máquinas (colada, prensa, transfer)	X	
14	Montaje de máquina	X	
15	Inspección de instalación del molde adecuado	X	
16	Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo	X	
17	Calibrar máquinas para el nuevo formato	X	
18	Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento	X	
19	Dejar las herramientas en su lugar	X	
20	Dejar los moldes y lubricantes en su lugar	X	
21	Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo	X	
22	Ordenar la preparación de sus puestos de trabajo	X	
23	Encendido de máquina		X
Total		15	8

Fuente: Elaboración propia

Dimensión 1: Porcentaje de preparación interna para el cambio de molde.

$$\%NTI = \frac{NT \text{ Internas}}{NT \text{ Totales}} \times 100\%$$

%NTI= Porcentaje de tareas de preparación interna.

NT TOTALES= Número total de operaciones.

NT INTERNAS = Número de operaciones internas

$$\%NTI = \frac{15}{23} \times 100\%$$

%NTI= 62.22%

El porcentaje de preparación interna resultó un 62.22% con esto logramos determinar que más de la mitad de las operaciones se realizan cuando la máquina esta parada.

Dimensión 2: Porcentaje de tiempo de tareas de operaciones internas.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de demora de las operaciones internas.

Tabla 5. *Tiempo total de las operaciones internas*

N	Actividad Interna	Tiempos(min)
1	Verificar y/o apagar la máquina	1
2	Inspección de instalación del molde adecuado	8
3	Desmontaje de máquina	16
4	Limpieza general de máquina	50
5	Engrase y lubricación de máquina	16
6	Cambio de molde en máquina	12
7	Montaje de máquina	12
8	Inspección de instalación del molde adecuado	4
9	Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo	8
10	Calibrar máquinas para el nuevo formato	8
11	Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento	5
12	Dejar las herramientas en su lugar	2
13	Dejar los moldes y lubricantes en su lugar	2
14	Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo	5
15	Ordenar la preparación de sus puestos de trabajo	2
TOTAL TIEMPO		151

A continuación, se sacará el porcentaje de tiempo para las operaciones internas para un cambio de molde. Se utilizará la siguiente formula:

$$\%TTPI = \frac{T \text{ actual TI}}{T \text{ total}} \times 100\%$$

%NTI= Porcentaje de tareas de preparación interna.

NT TOTALES= Número total de operaciones.

NT INTERNAS = Número de tareas internas

$$\%TTPI = \frac{151 \text{ min}}{240 \text{ min}} \times 100\%$$

$$\%TTPI = 63\%$$

Este resultado muestra que el tiempo que se realiza normalmente en un cambio de molde de la máquina en la actualidad fue de un 63%.

Dimensión 3: tiempo de cambio (TM)

$$\%TMI = \frac{240 \text{ min}}{189 \text{ min}} \times 100$$

$$\%TMI = 127\%$$

Como podemos observar el tiempo programado de cambio de molde actual es de 240 (4 horas), podemos darnos cuenta que se está utilizando el 127% del tiempo programado que es 189. Lo cual demuestra que el tiempo real de cambio de formato es mucho mayor al tiempo programado.

Productividad

Antes de la implementación de la metodología SMED, la productividad actual del cambio de molde de la máquina Transfer se procedió a calcular una vez analizado la eficiencia y eficacia del cambio actual. La cual se muestra en las tablas 8, 9 y 10.

Eficacia

La eficacia en la primera medición se midió con la siguiente formula:

$$\frac{\text{P. real}}{\text{P. programada}} \times 100\%$$

Tabla 6. *Eficacia antes de la aplicación de la metodología SMED*

Semana	Cantidad a Producir Proyectada	Cantidad a Producir Real	Eficacia
1	15,000	11856	79%
2	15,000	12480	83%
3	15,000	11232	75%
4	15,000	11856	79%
5	15,000	11232	75%
6	15,000	11856	79%
7	15,000	11232	75%
8	15,000	11856	79%
9	15,000	12480	83%
10	15,000	12480	83%
11	15,000	11856	79%
12	15,000	13104	87%

$$\%PM = 143520 / 180000 \times 100\% = 79.73\%$$

Se obtiene un 79.73 % de eficacia de productividad de la máquina Transfer, lo cual indica que se está dentro del rango aceptable de eficacia, pero aun así no es lo que se debería de producir. Por lo cual concluimos que hay que utilizar la metodología SMED.

Eficiencia

Para hallar la eficiencia de la máquina se utilizó la siguiente formula

$$\%HM = \frac{H \text{ máquina utilizadas}}{H \text{ máquina programadas}} \times 100 \%$$

Tabla 7. *Eficiencia Antes de la metodología SMED*

SEMANA	Horas Programadas (min)	Horas reales (min)	Eficiencia
1	5,760	4,560	79%
2	5,760	4,800	83%
3	5,760	4,320	75%
4	5,760	4,560	79%
5	5,760	4,320	75%
6	5,760	4,560	79%
7	5,760	4,320	75%
8	5,760	4,560	79%
9	5,760	4,800	83%
10	5,760	4,800	83%
11	5,760	4,560	79%
12	5,760	5,040	88%
TOTAL	69,120	55,200	80%

Como se puede apreciar en la tabla 7, la eficiencia es un 80 %, lo cual se considera de nivel aceptable, pero se requiere mejorar este indicador.

Tabla 8. *Productividad antes de la metodología SMED*

Productividad= Eficiencia x Eficacia

EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
0.79	0.79	63%
0.83	0.83	69%
0.75	0.75	56%
0.79	0.79	63%
0.75	0.75	56%
0.79	0.79	63%
0.75	0.75	56%
0.79	0.79	63%
0.83	0.83	69%
0.83	0.83	69%
0.79	0.79	63%
0.87	0.88	76%
TOTAL		64%

Como se pudo observar en la tabla 8 en el análisis y cálculo de la productividad de las 12 semanas nos da un resultado de 64%, lo cual indica que nuestra productividad está en el nivel bajo, por lo cual es necesario mejorar la productividad.

Propuesta de Mejora la metodología SMED

En la empresa EMEMSA se quiere mejorar el tiempo en el proceso de cambio de molde, ya que todo este proceso demora 240 trabajo y trayendo grandes pérdidas, cada vez que se quiere producir un nuevo artículo.

En la actualidad se encuentran múltiples herramienta y metodologías que buscan optimizar operaciones, procesos y tiempos, conllevando esto a su aumento en la productividad. En este caso se eligió la metodología SMED, ya que se busca reducir los tiempos de cambio de formato y mejorar la producción cada vez que exista un cambio de molde.

SMED

La metodología SMED viene a ser una solución a los problemas de tiempos cuando se realiza los cambios de formato, ya que según nuestras fuentes previas a esta investigación confirman la optimización y reducción de tiempos, para así generar una mayor producción, aprovechando los nuevos tiempos obtenidos gracias a esta técnica.

Una de las principales actividades fue la capacitación de los operarios, ya que ellos estaban acostumbrados a una forma de trabajo, es por este motivo que se enfatizó en las inducciones para así cambiar la metodología de trabajo e involucrar a todos los colaboradores.



Figura 10. Operario en el área de producción seriada cambio de molde

Dimensión 1: Diferenciar las operaciones internas y externas

Para la separación de las actividades en el cambio de molde se consideró que las operaciones internas vendrían a ser cuando la máquina está inoperativa o apagada, mientras que las operaciones externas son cuando la máquina está activa o en pleno proceso de producción.

Tabla 9. *Diferenciación de operaciones internas y operaciones externas*

Tipo de actividad	Actividad interna	Actividad externa
Orden de producción		X
Revisión de la orden de producción		X
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento		X
Búsqueda de las herramientas adecuadas		X
Búsqueda de los lubricantes		X
Búsqueda de los moldes del nuevo producto		X
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo		x
Verificar y/o apagar la máquina	X	
Desmontaje de máquina	X	
Limpieza general de máquinas	X	
Engrase y lubricación de máquina	X	
Cambio de molde en la máquina	X	
transfer	X	
Montaje de máquina	X	
Inspección de instalación del molde adecuado	X	
Calibrar máquina para el nuevo formato	X	
Encendido de máquina		X
Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo		X
Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento		X
Dejar las herramientas en su lugar		X
Dejar los moldes y lubricantes en su lugar		X
Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo		X
TOTAL	8	13

En la tabla 9, se muestran las diferentes actividades internas y externas que fueron identificados y registrados durante todo el ciclo de cambio de molde.

Dimensión 1: Porcentaje de preparación interna para el cambio de molde.

$$\%NTI = \frac{NT \text{ Internas}}{NT \text{ Totales}} \times 100\%$$

%NTI= Porcentaje de tareas de preparación interna.

NT TOTALES= Número total de operaciones.

NT INTERNAS = Número de operaciones internas

$$\%NTI = \frac{8}{21} \times 100\%$$

%NTI= 38.10%

El porcentaje de preparación interna nos da un 38.10% con esto logramos determinar que las tareas internas más de la mitad de las operaciones se realizan cuando la máquina esta parada.

Por consiguiente, se pasó a separar las actividades en internas y externas, identificando el total de cada una de ellas.

Tabla 10. *Operaciones externas después de la metodología SMED*

N	Actividad Externa
1	Orden de producción
2	Revisión de la orden de producción
3	Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento
4	Búsqueda de las herramientas adecuadas
5	Búsqueda de los lubricantes
6	Búsqueda de los moldes del nuevo producto
7	Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo
8	Encendido de máquina

Para esta tabla se encontró que para realizar un cambio de formato realizan 8 operaciones externas.

Tabla 11. *Operaciones internas en la etapa post*

N	Actividad Interna
1	Verificar y/o apagar la máquina
2	Inspección de instalación del molde adecuado
3	Desmontaje de máquina
4	Limpieza general de máquina
5	Engrase y lubricación de máquina
6	Cambio de molde en la máquina
7	Montaje de máquina
8	Inspección de instalación del molde adecuado
9	Limpieza de virutas y desperdicios en el área de trabajo
10	Calibrar máquina para el nuevo formato
11	Desplazarse del puesto de trabajo al área de mantenimiento
12	Dejar las herramientas en su lugar
13	Dejar los moldes y lubricantes en su lugar
14	Desplazarse del área de mantenimiento al puesto de trabajo
15	Ordenar la preparación de sus puestos de trabajo

Cambiar las operaciones internas en externas

En esta etapa se realizó la conversión de actividades; con esto se logra tener más actividades externas con la máquina en marcha y menos tareas internas.

En la tabla 11 se aprecia que se pudo modificar y reorganizar las diferentes actividades, convirtiendo muchas actividades internas en externas, con el fin de optimizar tiempos y reducir pérdidas por el cambio de molde.

Mediante este paso se pudo redefinir las actividades, siendo un total de 21 actividades con los siguientes datos:

- 8 actividades internas
- 13 actividades externas

Perfeccionar las operaciones internas en externas

En esta etapa se realizan modificaciones detalladas para poder pulir la metodología SMED, en esta etapa se pueden realizar o realizar algunas modificaciones con el fin de obtener una mejor optimización de tiempos para la mejora de la productividad.

Es por ello que se realizó un nuevo DAP para obtener nuevos resultados con la inclusión del SMED.

En este DAP se realizó con los cambios de operaciones internas a externas, para conseguir mejores resultados, con respecto a la reducción de tiempos para el cambio de molde. Se tomó en cuenta todas las actividades.

Según el análisis del DAP N^o 2 se obtuvo los siguientes resultados:

- 227
- 21 actividades habilitadas

Se tomaron los siguientes tiempos, para realizar un nuevo DAP, en el cual solo se incluya las operaciones internas, en la tabla.

Tabla 12. *Tiempo real y tiempo planeado e la medición post*

Tipo de actividad (Interna/externa)	Tiempo planeado	Hora de inicio	Hora final	Tiempo real	Hora de inicio	Hora final
Verificar y/o apagar la máquina	1	08:00	08:01	1	08:00	08:01
Desmontaje de máquina	16	08:01	08:17	20	08:01	08:21
Limpieza general de máquina	50	08:17	09:07	60	08:21	09:21
Engrase y lubricación de máquina	16	09:07	09:23	20	09:21	09:41
Cambio de molde en máquinas	12	09:23	09:35	15	09:41	09:56
Montaje de máquina	12	09:35	09:47	20	09:56	10:16
Inspección de instalación del molde adecuado	4	09:47	09:51	5	10:16	10:21
Calibrar máquina para el nuevo formato	8	09:51	09:59	10	10:21	10:31
TOTAL	119			151		

De acuerdo con el cambio de formato, se tuvo que tomar en cuenta el tiempo de cambio de molde mientras la máquina está inoperativa o apagada, obteniendo un nuevo DAP con nuevos resultados.

Según el análisis de este DAP N3 se obtuvo los siguientes resultados:

- 151
- 8 actividades

Con la implementación del SMED se optimizaron actividades y tiempos en los cambios de molde, obteniendo más de una hora en reducción de tiempo por cada cambio de formato que se realiza, generando mejora en el índice su productividad.

Eficacia en la medición post.

Tabla 13. *Eficacia después de la aplicación de la metodología SMED*

	Cantidad a Producir Proyectada	Cantidad a Producir Real	EFICACIA
1	15,000	13013	87
2	15,000	13406	89
3	15,000	12620	84
4	15,000	13013	87
5	15,000	12620	84
6	15,000	13013	87
7	15,000	12620	84
8	15,000	13013	87
9	15,000	13406	89
10	15,000	13406	89
11	15,000	13013	87
12	15,000	13798	92
Total	180000	156941	87

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un 87% de eficacia en la máquina Transfer, lo cual indica que ha mejorado a comparación de la eficacia cuando no se usó la metodología SMED. Está dentro del rango aceptable de eficacia gracias a la aplicación de la mejora.

Eficiencia después de implementar la metodología SMED

Tabla 14. Valores de la eficiencia en la medición Post.

SEMANA	Horas Programadas (min)	Horas reales (min)	EFICIENCIA
1	5,760	5,005	87
2	5,760	5,156	90
3	5,760	4,854	84
4	5,760	5,005	87
5	5,760	4,854	84
6	5,760	5,005	87
7	5,760	4,854	84
8	5,760	5,005	87
9	5,760	5,156	90
10	5,760	5,156	90
11	5,760	5,005	87
12	5,760	5,307	92
Total	69,120	60,362	87

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un 87% de eficiencia en la máquina Transfer, lo cual indica que ha mejorado a comparación de la eficacia cuando no se usó la metodología SMED. Está dentro del rango aceptable de eficiencia, toda esta mejora se debe gracias a la aplicación de la mejora.

Productividad después de implementar la metodología SMED

Productividad= Eficiencia x Eficacia

Tabla 15. Valores de la productividad en la medición Post.

SEMANAS	EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
1	87	87	75%
2	89	90	80%
3	84	84	71%
4	87	87	75%
5	84	84	71%
6	87	87	75%
7	84	84	71%
8	87	87	75%
9	89	90	80%
10	89	90	80%
11	87	87	75%
12	92	92	85%
Total	87	87	76%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, se muestra el análisis y cálculo de la productividad de las 12 semanas nos da un resultado de 76%, lo cual indica que nuestra productividad está en el nivel aceptable, pero aun así se necesita mejorar la productividad.

Análisis de la estadística Inferencial – Pruebas de Normalidad

Para este proceso de prueba de normalidad se usó el programa estadístico SPSS con relación a que nuestra investigación fue de tipo cuantitativo.

Principio para determinar la normalidad:

P-valor \geq a 0.05 los datos tienen una distribución normal

P-valor $<$ a 0.05 los datos no tienen una distribución normal

Tabla 16. *Uso del estadígrafo según distribución de datos.*

Paramétrico	Paramétrico	T-Student
Paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon
No paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon

Variable dependiente Productividad

Tabla 17. *Síntesis de procesamiento de la variable dependiente Productividad*

Síntesis del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Productividad ANTES	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Productividad DESPUÉS	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tabla 18. *Prueba de Normalidad de la variable dependiente Productividad*

Prueba de normalidad

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Productividad ANTES	,245	12	,045	,889	12	,114
Productividad DESPUÉS	,242	12	,051	,890	12	,118

Interpretación: La tabla 17, indicado en la parte superior, acerca del indicador productividad el valor Sig. antes y después fue de (0.114 y 0.118) respectivamente; ambos fueron mayor a 0.05 de acuerdo a los datos observados, indicaron que los datos fueron paramétricos, por ello se usó la prueba paramétrica de t-Student.

Prueba de la hipótesis general - Productividad

H₀: La aplicación de la metodología SMED no mejora significativamente la productividad en una empresa metalmeccánica.

H_a: La aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la productividad en una empresa metalmeccánica.

Tabla 19. *Estadísticas de muestras emparejadas del indicador Productividad*

Estadísticas de muestras relacionadas				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Productividad ANTES	63,82	12	6,283	1,814
Par 1 Productividad DESPUÉS	76,20	12	4,307	1,243

Tabla 20. *Correlaciones de muestras relacionadas del indicador productividad*

Correlaciones de muestras relacionadas			
	N	Correlación	Sig.
Par 1 Productividad ANTES y Productividad DESPUÉS	12	1,000	,000

Tabla 21. *Prueba de muestras relacionadas del indicador productividad*

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Productividad ANTES Productividad DESPUÉS	-2,382	1,977	,571	-13,638	-11,125	-1,691	11	,000

Interpretación: En la tabla 21, el valor de la significancia fue de (0.000) valor < 0.05; con esto se aceptó la hipótesis de la investigación (H₀); con lo cual se comprobó que la metodología SMED mejoró de manera relevante la producción de la máquina transfer en el área de estudio.

Prueba de normalidad de la dimensión Eficacia

Tabla 22. Síntesis de procesamiento de la dimensión eficacia

	Síntesis del procesamiento de los casos					
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Eficacia ANTES	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Eficacia DESPUÉS	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tabla 23. Prueba de Normalidad de la dimensión 1 Eficacia

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia ANTES	,237	12	,061	,891	12	,123
Eficacia DESPUÉS	,237	12	,061	,891	12	,123

Interpretación: La tabla 23, indicado en la parte superior, acerca del indicador eficacia el valor Sig. antes y después fue de (0.1223 y 0.123) respectivamente; ambos fueron mayor a 0.05 de acuerdo a los datos observados, indicaron que los datos fueron paramétricos, por ello se usó la prueba paramétrica de t-Student.

Prueba de hipótesis específica eficacia

H₀: La aplicación de la metodología SMED no mejora significativamente la eficacia en una empresa metalmecánica.

H_a: La aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la eficacia en una empresa metalmecánica.

Tabla 24. *Estadísticas de muestras relacionadas de la dimensión Eficacia*

Estadísticas de muestras relacionadas				
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Eficacia ANTES	79,73	12	3,900	1,126
Par 1 Eficacia DESPUÉS	87,19	12	2,454	,708

Tabla 25. *Correlaciones de muestras emparejadas de la dimensión Eficacia*

Correlaciones de muestras relacionadas			
	N	Correlación	Sig.
Par 1 Eficacia ANTES y Eficacia DESPUÉS	12	1,000	,000

Tabla 26. *Prueba de muestras relacionadas de la dimensión 1 Eficacia*

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Eficacia ANTES - Eficacia DESPUÉS	-7,456	1,446	,417	-8,375	-6,537	-17,861	11	,000

Interpretación: En la tabla 26, el valor de la significancia fue de (0.000) valor < 0.05; con esto se aceptó la hipótesis específica de la investigación (H₀); con lo cual se comprobó que la metodología SMED mejoró de manera relevante la eficacia de la máquina transfer en el área de estudio.

Prueba de normalidad de la dimensión Eficiencia

Tabla 27. Síntesis del procesamiento de casos de la dimensión 2 Eficiencia

Síntesis del procesamiento de los casos						
	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Eficiencia ANTES	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
Eficiencia DESPUÉS	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

Tabla 28. Prueba de normalidad de la dimensión 2 Eficiencia

Prueba de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia ANTES	,237	12	,061	,891	12	,123
Eficiencia DESPUÉS	,237	12	,061	,891	12	,123

Interpretación: La tabla 28, indicado en la parte superior, acerca del indicador eficiencia el valor Sig. antes y después fue de (0.1223 y 0.123) respectivamente; ambos fueron mayor a 0.05 de acuerdo a los datos observados, indicaron que los datos fueron paramétricos, por ello se usó la prueba paramétrica de t-Student.

Prueba de la hipótesis específica Eficiencia

H₀: La aplicación de la metodología SMED no mejora significativamente la eficiencia en una empresa metalmecánica.

H_a: La aplicación de la metodología SMED mejora significativamente la eficiencia en una empresa metalmecánica.

Tabla 29. *Estadísticas de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia*

Estadísticas de muestras relacionadas					
	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media	
Par 1	Eficiencia ANTES	79,86	12	3,906	1,128
	Eficiencia DESPUÉS	87,33	12	2,458	,709

Tabla 30. *Correlaciones de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia*

Correlaciones de muestras relacionadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Eficiencia ANTES y Eficiencia DESPUÉS	12	1,000	,000

Tabla 31. *Prueba de muestras relacionadas de la dimensión 2 Eficiencia*

Prueba de muestras relacionadas									
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Eficiencia ANTES - Eficiencia DESPUÉS	-,468	1,448	,418	- 8,388	- 6,548	- 7,861	11	,000

Interpretación: En la tabla 31, el valor de la significancia fue de (0.000) valor < 0.05; con esto se aceptó la hipótesis específica de la investigación (H₀); con lo cual se comprobó que la metodología SMED mejoró de manera relevante la eficiencia de la máquina transfer en el área de estudio.

V. DISCUSIONES

Para la ejecución de la presente tesis se aplicó la metodología denominada SMED, los resultados estadísticos fueron extraídos de las dimensiones, los cuales fueron contrastados por medio de la prueba de normalidad y la prueba de verificación de hipótesis con la comparación de medias mediante el T-Student, por lo que se argumenta lo siguiente.

Primera discusión

La metodología SMED utiliza cuatro pasos para la reducción de tiempos de cambio de molde, las cuales son las cuales son, identificar las operaciones en que se divide el cambio de modelo, diferenciar las operaciones internas de las externas, transformar las operaciones internas en externas, perfeccionamiento de aspectos técnicos de las preparaciones, se rigen en su desarrollo para una mejora continua; el desarrollo de esta etapas ayudaron a que esta metodología logre aumentar la productividad de la máquina transfer en un 12% con respecto al pre – test, los resultados obtenidos fueron verificados con la prueba de hipótesis donde se alcanzó un valor de significancia menor al 0.05.

Segunda discusión

La metodología SMED también se centra en aumentar la eficacia; los resultados conseguidos en la dimensión 1 que son parte de la variable dependiente muestran resultados beneficiosos con un aumento de eficacia al 87% con respecto al pre - test, estos resultados también fueron verificados en la prueba de hipótesis donde se generó un valor de significancia por debajo al 0.05.

Tercera discusión

La metodología SMED también se centra en aumentar la eficiencia, ya que al aumentar la eficacia también aumenta la productividad; los resultados adquiridos por parte de la dimensión 2 que también forman parte de la variable dependiente exponen resultados propicios en relación al aumento de la eficiencia a un 87% acerca del pre – test, los resultados fueron verificados con la prueba de hipótesis donde se adquirió un valor de significancia inferior al 0.05.

Cuarta discusión

Continuando con los puntos de discusión sobre los diferentes resultados que se lograron obtener en nuestra investigación, en particular los resultados de la variable dependiente que para este estudio se consideró a la productividad; se hizo referencia a los valores obtenidos de una de sus dimensiones como es la eficacia, cuyos resultados se muestran en la tabla 6 de la página 3, donde los valores de este indicador fueron tomados del promedio de cada uno de las semanas en el que se desarrolló el estudio; dando como resultado final un índice en su primera medición de un 79.73%, después en su segunda medición o en su etapa post estudio se logró un índice de un 87% que también fue un promedio de las 12 semanas que duró la segunda medición. Este valor obtenido sirvió para el cálculo de la variable productividad que junto con la dimensión eficiencia sirvieron para evaluar el desempeño de nuestra variable dependiente. Cuyo concepto también fue considerado en la teoría que acompaña a esta investigación. El resultado antes mencionado tuvo una relación con el resultado obtenido por el investigador Flores (2017) quien realizó su estudio para incrementar los índices de productividad, minimizar costos, establecer un sistema de trabajo y organización que proporcione trabajar de forma eficiente en una empresa industrial. El investigador llegó a concluir que la implementación de las propuestas de mejora, tuvieron como resultado una producción de 140 polos al mes, siendo esta una cantidad superior al doble de productos actuales. Del mismo modo se redujo el tiempo de paradas de 38.07% a 10% del tiempo total de producción. Ambos resultados sin duda tuvieron efectos favorables sobre la variable que se tuvo como objetivo mejorar.

Quinta discusión

Como siguiente punto de discusión también nos vamos a referir al resultado de una de las dimensiones de nuestra variable dependiente productividad, la dimensión al que se hizo mención es la eficiencia, similar al punto anterior de discusión también es uno de los factores que acompañado de la eficacia sirvieron para medir el desempeño de la productividad. Los valores como resultados de cada uno de las mediciones que se hicieron al índice de la eficiencia se muestran en la

tabla 7 de la página 35, en esa tabla se encuentran agrupados cada uno de las semanas en la que fue hecho la medición para luego obtener un promedio de la primera medición que fue doce semanas, cuyo valor obtenido en promedio fue de un 80% para después pasar a las siguientes doce semanas de medición o etapa post estudio en el cual logró un valor de un 87%. Con la obtención de resultados de cada uno de las semanas en que duró el desarrollo de la investigación y teniendo como resultado los índices de la eficacia fue posible la medición de la productividad que se detalló en un siguiente punto de discusión. Fue evidente que se logró un incremento de este factor que fue de 7%; que en apariencia no es un valor alto pero que representa un logro en la mejora de la variable dependiente que se pretendió incrementar por lo mismo que se pudo lograr los objetivos tanto específicos como general planteados en la investigación. Los descrito como resultado y su influencia que tuvo sobre la productividad tuvo un grado de similitud con lo investigado por Palacios (2017) en cuyo estudio aplicó la técnica SMED para mejorar la eficiencia y eficacia en el área de etiquetado de una empresa. Asimismo, el autor concluyó que antes de implementar la técnica SMED la productividad era de 68% y después de la aplicación de la técnica SMED la productividad llego a un 95% dicho estudio logró un incremento de un 41.8%. Estos resultados logrados avalan lo mencionado en las teorías descritas en la investigación donde se señaló que el método Smed ayuda a eliminar tiempos y procesos improductivos para ayudar en la mejora de la productividad.

Sexta discusión

Continuando con los puntos de discusión, se consideró relevante mencionar en este punto la importancia de los valores obtenidos de la variable independiente que fue la metodología Smed; el mismo que se usó para aplicar el tratamiento a la problemática que se presentó en el área de estudio. Uno de los conceptos o pasos importantes para llevar a cabo dicha implementación fue la conversión o transformación de las actividades internas en externas. En la tabla 9 y en la tabla 12 se muestran estos valores o resultados que fueron posibles obtener. Por ejemplo, de 8 actividades internas se pasó a tener 13 actividades externas. Con esto se acompaña a lo indicado por el autor Santos *et al.* (2010) que mencionó que las actividades internas deben en lo posible cambiarse a externas de modo que se

logre tener más actividades cuando la máquina esté operando. En particular este valor como resultado obtenido tiene una coincidencia con lo investigado por Alarcón (2014) en su investigación cuyo objetivo fue determinar mediante las herramientas de Lean Manufacturing, los indicadores en los procesos de producción que permitan incrementar la productividad en planta. El autor concluyó que el OEE calculó un valor de 8% de rendimiento antes de la aplicación de SMED, y después de la mejora se logró un valor de 62%, teniendo un 33% de incremento en la productividad, afirmado su hipótesis de alcanzar un 20% de incremento. Estos valores obtenidos respaldaron que la existencia de relación directa entre la aplicación de metodologías Lean y la conformidad de los clientes.

Sétima discusión

Como punto último de discusión acerca de cada uno de los resultados que fue posible obtener durante todo el desarrollo de la investigación, se consideró importante y necesario mencionar el efecto que causó la aplicación de nuestra variable independiente sobre el problema detectado en el área de estudio que fue la baja productividad. Sobre el particular estos resultados se muestra en la tabla 10 de la página 35; en donde se evidenció que este indicador en su primera medición obtuvo un valor de un 64%, los cuales también utilizó para su medición los índices de la eficiencia y la eficacia los mismos que sirvieron para medir en la etapa post estudio, allí logró un índice del 76%. Con esto se logró evidenciar que existió un incremento de un 12%. Es decir el factor que se pretendió mejorar logró su propósito gracias a la aplicación de la variable independiente que para este estudio fue la metodología Smed. Este resultado coincide con lo investigado por Minor (2014) quien hizo su estudio para mitigar los tiempos asociados a la limpieza y ajuste en los cambios de formato, en la línea de acondicionamiento de sólidos en una empresa de fármacos. Concluyó el autor a través de los tiempos de cambio de formato menor en la línea de acondicionamiento que se estudió fueron reducidos en un 52.4% con lo que se demuestra la eficacia de la metodología SMED.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos, luego de la implementación de la metodología SMED para la mejora de la productividad en la empresa metalmecánica Ememsa se puede establecer las siguientes conclusiones:

1. Se consiguió mejorar la productividad de 64% al 76%, mediante la aplicación de la metodología SMED, reduciendo de 23 actividades del cambio de molde de la máquina Transfer a solo 8 actividades que actualmente se desarrollan.
2. Se pudo determinar que mediante la aplicación de la metodología SMED, la eficacia aumento de 80% a 87%, generando una mayor cantidad de artículos producidos, que antes era de 143520 por 3 meses y actualmente se producen 156941 artículos en el mismo periodo de tiempo.
3. Se pudo determinar que mediante la aplicación de la metodología SMED, la eficiencia aumento de 80% a 87%, generando una mayor cantidad de horas en la cual la máquina está operativa y en marcha, antes de implementar la metodología SMED el tiempo de horas productivas era de 55200 por 3 meses y actualmente el tiempo de producción de la máquina Transfer aumento a 60362 horas en el mismo periodo de tiempo.

VII. RECOMENDACIONES

Partiendo de los hechos que la metodología SMED genero una mejora y maximizo la eficiencia y eficacia, generando una mayor productividad, se sugiere a la directiva de la empresa las siguientes recomendaciones:

1. Educar, instruir y preparar a todo el personal para las constantes mejoras y cambios de formato que ofrece la metodología SMED, para así involucrar y volver cómplices de los nuevos métodos de trabajo que conllevan una mejora continua en la empresa metalmecánica Ememsa.
2. Se recomienda analizar los resultados obtenidos en la eficiencia y eficacia de la máquina Transfer después de implementar la metodología SMED, con el fin de propagar esta nueva forma de trabajo a diferentes máquinas y áreas de trabajo en la empresa de manera progresiva, generando una mayor productividad en la empresa.
3. Finalmente se recomienda a las diferentes empresas en asignar parte de sus recursos en la implantación de nuevas e innovadoras metodologías y herramientas de trabajo para la mejora continua, como es el caso del SMED, ya que con el presente trabajo se pudo corroborar la mejora de productividad en la máquina Transfer y esto puede ser empleado no solo en una máquina, si no en diferentes áreas y líneas de operaciones y procesos.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, J. J., 2018. *Diseño de SMED para moldes de inyección* [en línea]. Tesis de pregrado. Veracruz, México: Universidad tecnológica del centro de Veracruz. Disponible en: <http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/483/1/008627.pdf>
- ALARCÓN, A. H., 2014. *Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico* [en línea]. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8043>
- BERNAL, C. A., 2010. *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. 3ª ed. Colombia: Pearson Educación. ISBN 9799586991285.
- BUSTAMANTE, D. A., 2013. *Desarrollo de la herramienta SMED para la aplicación en el área de montaje-metalmecánica de la empresa Induglob S.A.* [en línea]. Tesis de pregrado. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Disponible en: <file:///E:/UCV/TESIS/smed%20ecuador%202.pdf>
- CABRERA CALVA, R.C., 2015. *Manual del lean manufacturing: TPS americanizado*. España, Madrid: EAE Editorial Academia Española. ISBN s.n.
- CHIPANTIZA, D. J., 2017. *Gestión de la producción para reducir desperdicios de tiempo del proceso de apurado utilizando la metodología de cambio rápido de herramientas SMED en industrias de manufactura de calzado de cuero* [en línea]. Tesis de pregrado. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25692/1/Tesis_t1242id.pdf
- CRUELLES, J. A., 2010. *Productividad Industrial: La teoría de la medición del despilfarro*. 2ª ed. Toledo, España: Editorial ZADECON. ISBN 9788426720306.
- CRUELLES, J. A., 2012. *Productividad Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. Barcelona: Marcombo Ediciones Técnicas S.A. ISBN 9788426718785.
- CRUELLES, J.A., 2013. *Despilfarro cero: la mejora continua a partir de la medición y la reducción del despilfarro*. Barcelona, España: Editorial Marcombo S.A. ISBN 9788426720306.
- FLORES, A., MONZÓN, C., BERNAL, P. G., ARQUIER, P. L., PÉREZ, M., VILLAMIL, A., y CASTELLANI, A., 2018. *La Industria Metalmecánica en Chaco. Indicios para su Desarrollo. EscueladeGobierno* [en línea]. [Consulta: agosto 2019]. Disponible en: <http://escueladegobierno.chaco.gov.ar/files/documentos-de-trabajo/informe-final-metalmecanica-2018.pdf>

- FLORES, W. E., 2017. *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED, y 5s, en una empresa de confecciones* [en línea]. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9706>
- FRACICA, N. G., 1998. *Modelo de simulación en muestreo*. Bogotá, Colombia: Universidad de la Sabana. ISBN 9789581201730
- GAONA, H. A. y MURATALLA, G., 2018. Balance Scorecard como Propuesta de un Sistema de Planeación Estratégica en una Empresa Metalmeccánica para aumentar la Productividad. *Revista INCEPTUM*, vol. 8, no. 25, pp. 5-28. ISSN s.n.
- GUTIÉRREZ, H., 2010. *Calidad total y productividad*. 3ª. ed. Ciudad de México: McGraw-Hill /Interamericana Editores s.a. de C.V. ISBN 9786071503152.
- GUTIÉRREZ PULIDO, H., 2014. *Calidad total y productividad*. 4a. ed. Ciudad de México: McGraw-Hill /Interamericana Editores s.a. de C.V. ISBN 9786071503152.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2010. Metodología de la Investigación. 5a. ed. México D.F.: McGraw-Hill /Interamericana. ISBN 9701057538.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, M. del P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6ª. ed. México, D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, s.a. de C.V. ISBN 9781456223960.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2019. Nota de prensa N° 022. Producción Nacional. *INEI* [en línea]. [Consulta: julio 2019]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-022-informe-tecnico-produccion-nacional.pdf>
- LARGACHA, J. E., 2006. *Reducción de los tiempos de cambio de referencia en la línea 4 mediante la aplicación de las técnicas SMED en la planta de producción de Reckitt Benckiser Colombia S.A.* [en línea]. Tesis de pregrado. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente. Disponible en: <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/6928/1/T04867.pdf>
- MENDOZA, G. A., 2016. *Aplicación de la metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de formato en una línea de producción de helados* [en línea]. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31988>
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, 2019. Sistema de gestión presupuestal: Clasificador económico de gastos año fiscal 2019. *MEF* [en línea]. [Consulta: julio 2019]. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publico/anexos/Anexo_2_clasificador_Gastos.pdf

- MINOR, O.J., 2014. *Aplicación de la metodología SMED en una línea de empaque de fármacos* [en línea]. Tesis de pregrado. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: https://www.academia.edu/18556820/APLICACION%20DE_LA_METODOLOGIA%20DA_SMED_EN_UNA_LINEA_DE_EMPAQUE_DE_FARMACOS
- MOKATE, K., 2001. Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad. ¿Qué queremos decir? Departamento de Integración y Programas regionales. *BID* [en línea]. [Consulta: agosto 2019]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/14536/eficacia-eficiencia-equidad-y-sostenibilidad-que-queremos-decir>
- NIEBEL, B., y FREIVALDS, A., 2009. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana. ISBN 978970169622.
- NIÑO, V.M., 2011. *Metodología de la Investigación diseño y ejecución*. Bogotá-Colombia: Editores de la U. ISBN 9789588675947.
- ORIHUELA, V. A. 2017. *Aplicación de SMED en el proceso de cambio de estación de Elmer posterior para mejorar la productividad en la máquina PI-8 en la Empresa Kimberly Clark, Perú Lima-2017* [en línea]. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/13132>
- ORTEGA, D. M., 2009. *Análisis del sistema de producción y aplicación de SMED en la línea de cubiertas de cocinas Mabe Ecuador* [en línea]. Tesis de pregrado. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4420>
- PALACIOS, L. C., 2009. *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. 2a. ed. Bogotá: Ecoe Ediciones. ISBN 9789587713435.
- PALACIOS, R. 2017. *Aplicación de la técnica SMED para mejorar la productividad del área de etiquetado de la empresa industrias alimentarias S.A.C, lima 2017*. [en línea]. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1743>.
- PERTUZ, A. J., 2018. *Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempos de alistamiento (Set Up) en máquinas encapsuladoras de una empresa farmacéutica en la ciudad de Barranquilla* [en línea]. Tesis de pregrado. Barranquilla, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/711/browse?type=subject&value=Maquina+Encapsuladora++Medicamentos>
- PEÑALOZA, J. M., (2016). *Aplicación del Ciclo Deming y Metodología SMED para la reducción de tiempos de paradas de máquinas inyectoras en el área de producción de la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC*. [en línea]. Tesis de pregrado. Lima,

Perú: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en:
<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1088>

PROKOPENKO, J., 1991. *La gestión de la productividad Manual Práctico*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. ISBN 9223059011.

RAJADELL, M. y SÁNCHEZ, J.L., 2010. *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. ISBN 9788479785154.

REBOLLEDO, J. A., 2010. *Optimización de tareas y equipos en líneas productivas durante un cambio de formato: implementación de herramienta SMED* [en línea]. Tesis de pregrado. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile. Disponible en:
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103715>

SANTOS, J., WYSK, R. y TORRES, J. M., 2010. *Mejorando la producción con Lean Thinking*. 2ª. ed. Madrid, España: Editorial Pirámide. ISBN 9788436832822.

SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS, 2019. SNI: Industria metalmecánica creció 10,2%. SNI [en línea]. [Consulta: agosto 2019]. Disponible en:
[https://www.sni.org.pe/sni-industria-metalmecanica-crecio-102/-](https://www.sni.org.pe/sni-industria-metalmecanica-crecio-102/)

SONYA, D. H., 2012. *Lean Manufacturing. Encyclopedia of Management* [en línea]. Editorial Ed. Sonya D.Hill. ISBN 9781414464336. Disponible en:
<http://link.galegroup.com/apps/doc/CX4016600170/GVRL?u=univcv&sid=GVRL&xid=11fe4c8f>

VALDERRAMA, J. A., 2018. *Aplicación de la metodología SMED para incrementar la productividad del cambio de formato de la máquina IS- de 4 secciones de la empresa Envases de vidrio S.A.C. San Juan de Lurigancho – 2018* [en línea]. Tesis de pregrado. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Disponible en:
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/34921>

VALDERRAMA, S., 2014. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*, 3a. ed. Lima, Perú: Editorial San Marcos EIRL. ISBN s.n.

VILLASEÑOR, A. y GALINDO, E., 2011. *Manual de Lean Manufacturing Guía básica*. 2ª ed. México: Editorial Limusa. ISBN 9786070500428.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de Variables

La metodología SMED para la mejora de la productividad en una empresa metalmeccánica									
VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fórmula
METODOLOGÍA SMED	Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. (Hernández y Vizán, 2013, p.42)	La metodología SMED tendrá las dimensiones de diferenciar las operaciones internas de las externas, transformar las operaciones internas en externas, perfeccionar las operaciones internas a externas. (Rajadell y Sánchez, 2010, pp. 1290-132)	Diferenciar las operaciones internas de las externas	% de operaciones de preparación Interna (NTI) para el cambio de referencia o utilería	Razón	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones, formulario de estudio de tiempos	Porcentual	$\%NTI = (NT \text{ internas} / NT \text{ totales}) * 100$ NT Totales= Número total de tareas NT Internas= Número de tareas internas
			Transformar las operaciones internas en externas	% de tiempo de operaciones de preparación interna (TTPi) para el cambio de referencia o utilería	Razón	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones, formulario de estudio de tiempos	Porcentual	$\%TTPi = (T \text{ actual int.} / T \text{ totales}) * 100$ T actual TI= Tiempo actual de preparación interna de cambio T total TI= Tiempo total de preparación.
			Perfeccionar las operaciones internas a externas	% tiempo mejorado en el cambio de utillaje	Razón	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones, formulario de estudio de tiempos	Porcentual	$\%TM = (T \text{ utilizado} / T \text{ programado}) * 100$
PRODUCTIVIDAD	La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema. (Prokopenko, 1989, p. 3)	La productividad se puede evaluar y medir mediante las dimensiones de eficiencia y eficacia.	Eficiencia	% de horas máquina. (HM)	Razón	Observación	Hoja de registro, formulario	Porcentual	$\% HM = (H \text{ máquinas utilizadas} / H \text{ máquinas programadas}) * 100$ %HM: Porcentaje de horas máquina
			Eficacia	% de producción de máquina. (PM)	Razón	Observación	Hoja de registro, formulario	Porcentual	$\% PM = (P \text{ real} / P \text{ programada}) * 100$ %PM: Porcentaje de producción máquina

Anexo 2. Instrumento principal de recolección de datos

INSRUMENTO DE MEDICIÓN / VARIABLE DEPENDIENTE					
PRODUCTIVIDAD					
Nº Observaciones	Frecuencia	Índice de eficacia		Índice de eficiencia	
	Proyecto por mes	Eficacia	$\%PM=P \text{ real}/P \text{ programada} * 100$	Eficiencia	$\%HM=H \text{ máquina utilizadas}/H \text{ máquina programadas} * 100$

Anexo 3. Documentos para solicitar validación de juicio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita):

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima este, requiero validar el instrumento con el cual recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación.

El título de la Investigación es: La metodología SMED para la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaré.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Chávez Solis Maricelo Cristina
DNI: 73144904

Mamani Ticona Roberto Carlos
DNI: 70829274

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable independiente: METODOLOGÍA SMED

SMED es un conjunto de técnicas de reducción de tiempos para la mejora continua en los procesos de una empresa. Es por ello que Hernández y Vizán (2013) indicaron que esta metodología o conjunto de técnicas tiene como fin la reducción de los tiempos de preparación de la máquina.

Dimensiones de las variables:

G

Dimensión 1: Diferenciar las operaciones internas de las externas

Rajadell y Sánchez (2010) enunció: "Hay que identificar las tareas o actividades de preparación que se realizan en un cambio, diferenciando entre operaciones internas, operaciones que deben realizarse mientras la máquina está parada y operaciones externas con la máquina en marcha" (p. 129) además también indico que "Simplemente separando y organizando las operaciones internas y externas, el tiempo de preparación interna (máquina parada), puede reducirse entre el 30 y el 50%." (p.130). Identificando la diferencia entre las dos operaciones, se puede reducir el tiempo de preparación interna, por lo que se reduce el tiempo de producción.

Dimensión 2: Transformar las operaciones internas en externas

Rajadell et al. (2010) indicó: "implica un examen minucioso de todas las actividades para ver si hay algunos pasos que se han asumido erróneamente como internos, mientras hay posibilidades de convertir estos pasos en externos. (p.130) también "Se trata de investigar e implementar métodos eficientes para transportar útiles y otros elementos, mientras la máquina está en marcha. Puede ser útil, la utilización de un check-list" (p.131).

Dimensión 3: Perfeccionar las operaciones internas a externas

Rajadell et al. (2010) mencionó: "se reducen de la misma manera que se hace con las operaciones internas, integrando los movimientos de los operarios, teniendo los estándares de línea actualizados y validados y estando todos los operarios formados adecuadamente" (p.132).

Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD

Prokopenko (1989) explicó:

La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema. (p. 3)

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1: Eficiencia

Gutierrez (2010) indicó que la eficiencia es "la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados" (p. 21).

Dimensión 2: Eficacia

Gutierrez (2010) también mencionó "la eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado)" (p. 21)

Variable independiente: METODOLOGÍA SMED

DIMENSIÓN	INDICADOR	FÓRMULA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diferenciar las operaciones internas de las externas	% de operaciones de preparación Interna (NTI) para el cambio de referencia o utilería	$\%NTI = \frac{NT \text{ internas}}{NT \text{ totales}} * 100$ %NTI: Porcentaje de tareas de preparación interna para el cambio	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones, formulario de estudio de tiempos
Transformar las operaciones internas en externas	% de tiempo de operaciones de preparación interna (TPPI) para el cambio de referencia o utilería	$\%TPPI = \frac{T \text{ actual int.}}{T \text{ totales}} * 100$ %TPPI: Porcentaje de tiempo de cambio de utilería	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones formulario de estudio de tiempos
Perfeccionar las operaciones internas a externas	% de tiempo de operaciones de preparación interna (TPI) para el cambio de referencia o utilería	$\%TM = \frac{T \text{ utilizado}}{T \text{ programado}} * 100$ %TM: Tiempo mejorado en el cambio de utillaje	Observación	Ficha de inspección, cronometro, tabla de observaciones, formulario de estudio de tiempos

Fuente: Elaboración propia.

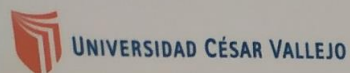


Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD

DIMENSIÓN	INDICADOR	FÓRMULA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Eficiencia	% de horas máquina. (HM)	$\% \text{Horas máquina} = \frac{H \text{ máquinas utilizadas}}{H \text{ máquinas programadas}} * 100$	Observación	Hoja de registro, formulario
Eficacia	% de producción de máquina. (PM)	$\% \text{Producción máquina} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} * 100$	Observación	Hoja de registro, formulario

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Certificado de Validez de los instrumentos de medición - 1



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: METODOLOGÍA SMED

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1: Diferenciar las operaciones internas de las externas $\%NTI = \frac{NT \text{ internas}}{NT \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: Transformar las operaciones internas en externas $\%TPPI = \frac{T \text{ actual int.}}{T \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
3	DIMENSIÓN 3: Perfeccionar las operaciones internas a externas $\%TM = \frac{T \text{ utilizado}}{T \text{ programado}} * 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Si hay suficiencia.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: *LNG. ACOSTA UNOZO DDD DCEXI* DNI: *4/609054*

Especialidad del validador: *MAESTRO EN GESTION DE FUENTES HUMANAS*

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

05 de *12* del 201*9*

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: PRODUCTIVIDAD

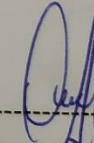
N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1: Eficiencia $\% \text{Horas máquina} = \frac{H \text{ máquina utilizada}}{H \text{ máquina programada}} * 100$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: Eficacia $\% \text{Producción máquina} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} * 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):
Si hay suficiencia
Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

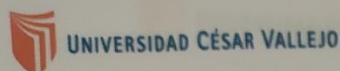
Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: *Luz Acosta Lindero Plazo Acosta* DNI: *46609054*
Especialidad del validador: *MAESTRO EN GESTION DE TALENTO HUMANO*

- ¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

05. de 12 del 2019.

Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Certificado de Validez de los instrumentos de medición - 2



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: METODOLOGÍA SMED

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Diferenciar las operaciones internas de las externas							
1	$\%NTI = \frac{NT \text{ internas}}{NT \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Transformar las operaciones internas en externas							
2	$\%TPPI = \frac{T \text{ actual int.}}{T \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 3: Perfeccionar las operaciones internas a externas							
3	$\%TM = \frac{T \text{ utilizado}}{T \text{ programado}} * 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Panta Salazar Javier Francisco DNI: 02636281

Especialidad del validador: Ing. Industrial

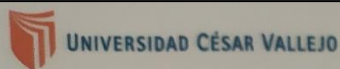
05 de 12 del 2019

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

Anexo 6. Certificado de Validez de los instrumentos de medición - 3



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: METODOLOGÍA SMED

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1: Diferenciar las operaciones internas de las externas $\%NTI = \frac{NT \text{ internas}}{NT \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: Transformar las operaciones internas en externas $\%TPPI = \frac{T \text{ actual int.}}{T \text{ totales}} * 100$	✓		✓		✓		
3	DIMENSIÓN 3: Perfeccionar las operaciones internas a externas $\%TM = \frac{T \text{ utilizado}}{T \text{ programado}} * 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

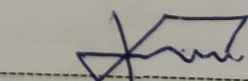
Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: ROBERTO FARRÁN MARTÍNEZ DNI: 02617808

Especialidad del validador: GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

05 de Distrito del 2019

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
DIMENSIÓN 1: Eficiencia								
1	$\% \text{Horas máquina} = \frac{H \text{ máquina utilizada}}{H \text{ máquina programada}} * 100$	✓		✓		✓		
DIMENSIÓN 2: Eficacia								
2	$\% \text{Producción máquina} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} * 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

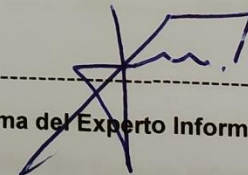
Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: ROBERTO FARRAN MORTWET DNI: 02617808

Especialidad del validador: GERENCIA DE PROGRAMAS DE INGENIERIA

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

05 de setiembre del 2019


 Firma del Experto Informante.

Anexo 7. Autorización para realizar tesis de investigación.

Lima, 27 noviembre del 2019

Señores:

Chávez Solis Maricielo Cristina, Mamani Ticona Roberto Carlos

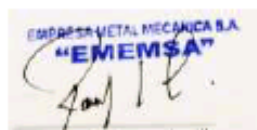
Estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad Cesar Vallejo

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TESIS DE INVESTIGACIÓN

Yo Victor Raul Gómez Castillo , identificado con DNI 41446205, en mi calidad de representante legal de la empresa EMEMSA S.A. , autorizo a los Señores antes mencionados, ambos estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Este, a utilizar información de la empresa que los estudiantes consideren relevantes para el desarrollo del proyecto de tesis denominado **“La Metodología SMED para la mejora de la productividad en una empresa metalmecánica”**. Los estudiantes se comprometen a hacer buen uso de los datos e información que puedan recopilar de los diferentes medios como archivos electrónicos, formatos y archivos físicos que la empresa pone a su disposición para los efectos de llevar a cabo el desarrollo de su investigación. Se reitera que la información debe ser de uso exclusivo para llevar a cabo la investigación de su tesis. De considerar necesario se autoriza a los estudiantes para la publicación de su investigación en el medio que considere su Universidad.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción de un estudio de caso. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Industrial.

Atentamente,

A rectangular stamp with the text "EMPRESA METAL MECANICA S.A." at the top and "EMEMSA" in large, bold letters in the center. Below the stamp is a handwritten signature in blue ink.

Victor Raul Gómez Castillo
Gerente General