



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TESIS

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SMED EN EL ÁREA DE
INYECCIÓN DE ACCESORIOS DE PVC, PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS
EQUIPOS DE LA EMPRESA MEXICHEM PERÚ, EL
AGUSTINO-2019**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor:

Bach. Manyari Taipe, Elvis Ovidio

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1721-457X>

Asesor:

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7266-4290>

Línea de Investigación:

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2020

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN
EL ÁREA DE INYECCIÓN DE ACCESORIOS DE PVC, PARA INCREMENTAR
LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA MEXICHEM PERÚ,
EL AGUSTINO-2019

Aprobación del Jurado

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto
Asesor

Mg. Purihuaman Leonardo Celso Nazario
Presidente de Jurado

Mg. Larrea Colchado Luis Roberto
Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Armas Zavaleta José Manuel
Vocal del Jurado

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis con amor y cariño a mi esposa Heli y a mis adoradas hijas Ayelen y Valeri.

Elvis Manyari Taipe

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida e iluminar mi camino, asimismo agradezco a mi asesora metodológica Dra. Ana María Guerrero Millones por su amistad, comprensión y apoyo durante estos meses compartidos.

También, agradezco al asesor Mg. Luis Roberto Larrea Colchado, por orientarme con sus conocimientos en la elaboración y culminación de la tesis.

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN EL ÁREA DE INYECCIÓN DE ACCESORIOS DE PVC, PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA MEXICHEM PERÚ, EL AGUSTINO-2019”

Elvis Manyari Taipe¹

RESUMEN

La investigación tuvo el propósito de elaborar una propuesta de aplicación de la Metodología SMED, para incrementar la disponibilidad de la máquina de la línea 12 del proceso de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC, en la empresa Mexichem Perú S.A., período 2020. Para lo cual, se empleó el tipo de investigación aplicada, en la muestra de 13 tomas de tiempo de las operaciones de cambio de molde. Los resultados mostraron que los efectos de la técnica SMED, permiten reducir los tiempos de cambio de molde en 44.81%, ampliando el tiempo de utilización de las máquinas a 0.55%, al incrementarse la disponibilidad de la máquina de 93.43% a 93.98% favoreciendo el incremento de la disponibilidad de la máquina.

Palabras Clave: SMED, cambio de molde, inyección de PVC.

¹Adscrito a la Escuela Académico de Ingeniería Industrial, Pregrado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú, email: Mtaipeelvisovid@crece.uss.edu.pe, Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1721-457X>

**“PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF THE SMED METHODOLOGY
IN THE AREA OF INJECTION OF PVC ACCESSORIES, TO INCREASE
THE AVAILABILITY OF THE EQUIPMENT OF THE COMPANY MEXICHEM
PERU, THE AGUSTINO-2019”**

ABSTRACT

The purpose of the investigation was to prepare a proposal for the application of the SMED Methodology to increase the availability of the machine in line 12 of the process of changing the PVC accessory injection mold at Mexichem Peru S.A., in the period of 2020. For this purpose, we used the applied research method in the sample of 13 time shots of the mold change operations. The results showed that the effects of the SMED technique make it possible to reduce mold change times by 44.81%, increasing machine utilization time to 0.55%, while increasing machine availability from 93.43% to 93.98%.

Keywords: *SMED, mold change, PVC injection*

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPITULO I.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.	13
1.2. Trabajos previos.....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	22
1.3.1. Metodología SMED.....	22
1.3.2. Disponibilidad.	25
1.3.3. Definiciones conceptuales.	26
1.4. Formulación del problema de investigación.	28
1.4.1. Problema general.	28
1.4.2. Problemas específicos.....	28
1.5. Justificación e importancia de la investigación.....	28
1.6. Hipótesis	29
1.6.1. Hipótesis general.	29
1.6.2. Hipótesis específicas.....	29
1.7. Objetivos.	30
1.7.1. Objetivo general.....	30
1.7.2. Objetivos específicos.....	30
CAPITULO II.....	31
II. MATERIAL Y MÉTODO	32
2.1. Tipo y diseño de investigación.	32
2.2. Población y muestra.....	33
2.3. Variables, operacionalización.	39
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. 40	
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	41
2.6. Aspectos éticos.	42
2.7. Criterios de rigor científico.	42

CAPITULO III	43
III. RESULTADOS	44
3.1. Diagnóstico de la empresa.....	44
3.1.1. Información general (datos de la empresa, productos o servicios, máquinas, etc.).....	44
3.1.2. Descripción del proceso productivo de inyección de accesorios de PVC	47
3.1.3. Descripción del proceso de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC	52
3.1.4. Análisis de la problemática.....	60
3.1.4.1. Resultados de la aplicación de instrumentos	60
3.1.4.1.1. Resultado del análisis documental	60
3.1.4.1.2. Resultado del análisis de observación	60
3.1.4.2. Resultados de las herramientas de diagnóstico.....	65
3.1.5. Situación actual de la variable dependiente	69
3.2. Propuesta de Investigación.....	69
3.2.1. Fundamentación.....	69
3.2.2. Objetivos de la propuesta.....	70
3.2.3. Estrategias de solución.....	70
3.2.4. Cronograma de actividades de la propuesta.....	73
3.2.5. Recursos empleados.....	76
3.2.6. Aplicación de la metodología SMED del proceso de cambio de molde de inyección de PVC.....	79
3.2.7. Aplicación de 5'S	85
3.2.8. Aplicación del plan de capacitación	86
3.2.9. Situación de la variable dependiente con la propuesta.....	88
3.2.10. Análisis beneficio/costo de la propuesta.....	88
3.2.11. Discusión de resultados.....	89
CAPITULO IV	92
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
4.1. Conclusiones.....	93
4.2. Recomendaciones	95
REFERENCIAS	96
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Horas de paro de las 24 líneas de inyección de PVC - año 2019	16
Tabla 2 Líneas de inyección de PVC Horas de cambio de medida y horas de cambio de producción - año 2019	16
Tabla 3 Muestra de toma de tiempos de las 57 actividades de montaje y desmontaje de cambio de molde (horas)	36
Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente – Disponibilidad.....	39
Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente - Metodología SMED.	40
Tabla 6 Máquina de inyección de PVC de la línea 12	44
Tabla 7 Sistema de alimentación de inyección de PVC de la línea 12.....	46
Tabla 8 Molde 1 1/2" RI de inyección de PVC de la línea 12	47
Tabla 9 Horas de paro de cambio de medida de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2017-2019	60
Tabla 10 Actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC..	61
Tabla 11 Tiempo estándar de la muestra de las operaciones de cambio de molde (segundos)	63
Tabla 12 Disponibilidad de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2018-2019	69
Tabla 13 Estrategias de solución	72
Tabla 14 Presupuesto de la propuesta.....	78
Tabla 15 Resultado del tiempo de cambio de molde actual y propuesto	85
Tabla 16 Temas del plan de capacitación	87
Tabla 17 Disponibilidad de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2019-2021	88
Tabla 18 Beneficio de la propuesta SMED.....	89
Tabla 19 Beneficio costo de la propuesta	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos generales del estudio de tiempos.....	35
Figura 2 Unidad de inyección.....	45
<i>Figura 3</i> Unidad de sistema se alimentación.....	46
Figura 4 Diagrama de operaciones del proceso de producción de inyección	51
Figura 5 Diagrama de recorrido.....	52
Figura 6. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de molde de inyección (DOP)	59
Figura 7 Diagrama de Ishikawa.....	66
Figura 8 Análisis de Pareto	68
Figura 9 Cronograma de la propuesta SMED	75
Figura 10 Separación de operaciones internas y externas	81
Figura 11 Cambio de operaciones internas a externas	83
Figura 12 Reducción de operaciones internas	84
Figura 13 Ficha de evaluación de utilidad de capacitación	87

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las organizaciones se encuentran inmersas en un mundo globalizado, donde la dinámica de la demanda y el mercado, hacen que las empresas industriales atraviesen constantes cambios. Por lo cual, tienen que adaptarse a las nuevas tendencias para obtener ventajas de ellas con el fin de ser más eficientes. Esta mejora en los tiempos de cambio otorga ventajas competitivas y productivas a las organizaciones.

En tal sentido, la metodología SMED, por sus siglas en inglés Single Minute Exchange Die o Cambio de matriz en un solo dígito por minuto, es una técnica de trabajo que propone reducir el tiempo perdido en la preparación de las máquinas de las empresas industriales, con la finalidad de mejorar el tiempo de producción de la planta.

Por lo mismo, la metodología SMED, una vez aplicada promueve una gestión eficaz del tiempo, ya que permite que la máquina se mantenga en funcionamiento por un mayor tiempo, con lo cual, se incrementa la disponibilidad de la máquina, lo que se refleja en el tiempo mayor de producción y en el mayor volumen de producción que se obtiene con la liberación del tiempo de máquina detenida para cambio de molde de los equipos de fabricación en las empresas.

El presente trabajo de investigación, propone aplicar la metodología SMED a los procesos de inyección de PVC de accesorios de una empresa multinacional, con sede en el Perú, para reducir los tiempos de preparación de la máquina y mejorar la disponibilidad de la máquina de inyección, lo cual, se verá reflejado tanto en el mayor tiempo de fabricación.

Para ello, se ha estructurado la investigación en cuatro capítulos. En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, los antecedentes de investigaciones que aportan hallazgos al estudio; así como, se desarrolla el marco teórico que fundamenta la metodología SMED y la productividad. Asimismo, se presentan los objetivos y se formulan las hipótesis del estudio. En capítulo II, se describe el tipo y diseño de estudio, la operacionalización de variables, los procedimientos y análisis de recolección de datos; así como, los aspectos éticos y de rigor. En el capítulo III, se especifica el diagnóstico del problema, identificando los principales problemas y causas, y midiendo la situación actual de las variables;

de igual modo, se detalla la propuesta de investigación y discusión de resultados. Por último, en el capítulo IV se proponen las conclusiones y recomendaciones.

1.1. Realidad problemática.

Para la industria del plástico, el moldeo por inyección es una práctica, que permite la fabricación de piezas de plástico con diversas especificaciones, formas, tamaños, texturas, etc. La evolución del moldeo por inyección de plástico, ocurrió paralelamente al de la tecnología. En el año 1872, fue registrada la primera patente de una máquina de fabricación de piezas de plástico que utilizó un molde rudimentario por John Hyatt. Posteriormente, en el año 1928, fue construida la primera máquina de inyección moderna por la compañía Mentmore Manufacturing (Vargas, 2017). Después en Inglaterra en el año 1930, se utilizó una máquina inyectora que trabajaba, con apertura y cierre de molde manual, aire comprimido, extracción de la pieza manual, sin sistema de control o seguridad, para la fabricación del primer lote masivo de plumas estilográficas (Vargas, 2017).

Durante las últimas décadas, en los Estados Unidos el moldeo por inyección ha sido una técnica muy utilizada, para la fabricación de lotes de artículos diversos. La industria del plástico, experimentó una tasa anual de crecimiento de 12%, en la cual, los principales procesos de transformación de plástico, son el moldeo por inyección, seguido por el moldeo de extrusión. Al respecto, el moldeo por inyección se realiza para la fabricación de componentes que demandan las industrias automovilísticas, aeronáuticas, construcción, manufactura de juguetes (LEGO y Playmobil, entre otras (Tecser Chile, 2014).

En la actualidad, las organizaciones operan en un mercado globalizado de gran competitividad, que demanda la reducción de costos y el aumento de la productividad. El proceso de fabricación está marcado por dos particularidades, como a) la fabricación de productos por lotes pequeños que son demandados por los clientes, para evitar los stocks que representan una fuente de despilfarro; y b) los lotes de fabricación de productos variados para satisfacer el consumo de los clientes, que solicitan productos específicos de mayor valor añadido. Por lo tanto, para cumplir con ambas características, las fábricas que compiten en el mercado internacional, operan con mayor flexibilidad, para realizar la fabricación de una variedad de lotes específicos, en un corto tiempo (Del Vigo y Villanueva, 2009).

En el Perú, las empresas de fabricación de plásticos que negocian en el mercado interno, atienden las exigencias de los clientes, que demandan la fabricación de pequeños lotes específicos de productos, cuya producción se realiza en una máquina, a la cual, se le acondicionan y cambian diferentes moldes. En tal sentido, el tema de la aplicación del SMED (Cambio de molde en menos de diez minutos) en el cambio de molde de los procesos de inyección es de gran importancia, ya que, permite la reducción de los tiempos de cambio de formato molde de las máquinas, lo que incrementa la disponibilidad de la máquina en funcionamiento y favorece la productividad de los procesos de la organización (Aguilar, 2016).

En este contexto, para las empresas nacionales modernas la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die, por sus siglas en inglés), representa la teoría y técnica, a través de la cual, se busca disminuir los tiempos de cambio de molde para obtener un lote distinto, de varias horas, a un dígito por minuto (Minor, 2015). Por lo tanto, esta herramienta puede ser considerada por las empresas manufactureras, como una estrategia para disminuir el tiempo de cambio de molde y ajuste de máquina, cuando se requiere la producción de diferentes lotes de productos (Vásquez, 2011).

La empresa Mexichem Perú S.A. ubicada en la ciudad de Lima, forma parte del grupo internacional Mexichem S.A., líder en la industria de químicos desde hace más de 50 años. La empresa se dedica a la producción de accesorios de PVC, para satisfacer los diferentes lotes de accesorios que demandan los clientes. Para cumplir con dicha demanda, la compañía industrial se orienta a la reducción de los tiempos perdidos de operación, como el tiempo muerto por falta de materia prima, el tiempo perdido por cambio de molde, el tiempo de calentamiento, el tiempo muerto por falta de energía y el tiempo de averías. Para la empresa es importante gestionar con eficiencia los tiempos perdidos, ya que su reducción se refleja en el incremento de la disponibilidad de los equipos y con ello se incrementa la producción. El proceso de producción de la empresa es el moldeo por inyección de accesorios de PVC.

El moldeo por inyección es el proceso por el cual se funde la materia prima plástica de los polímeros de PVC en estado líquido y caliente, que se desliza a través de un molde con paredes frías cuya cavidad permite la formación del

accesorio de plástico. El moldeo por inyección es uno de los métodos que caracteriza la producción masiva de piezas de plástico (Beltrán y Marcilla, 2012).

Mexichem Perú S.A., busca solucionar los problemas relacionados a los tiempos perdidos o muertos y obtener los conocimientos necesarios para implementar con éxito una herramienta de calidad basada en la metodología SMED, como una posibilidad de acercarse al reto de la producción actual y así mejorar la competitividad de la organización. Esta metodología persigue que la empresa fabrique lotes más pequeños en un menor tiempo al reducir los tiempos muertos de las máquinas.

Esta actividad posibilita el aumento de la disponibilidad y la producción, así como la reducción de los inventarios, que favorece la fabricación del lote específico que el cliente demanda, de manera rápida, ágil y flexible. Para ello, es imprescindible que los cambios de fabricaciones ocurran rápidamente, fácilmente y estén perfectamente definidos para reducir los errores, minimizar los defectos, reducir las inspecciones; y lograr que las máquinas y equipos incrementen el tiempo de fabricación, aumentando así su disponibilidad.

El proceso de producción de accesorios de PVC se realiza a través de la inyección de polímeros que fluyen por las cavidades de los moldes, hasta obtener las piezas de accesorios de los lotes planificados. El proceso de fabricación de accesorios, cuenta con 24 líneas de inyección. En el año 2019 el total de horas de paro de máquinas de inyección por tiempo perdido fueron de 2,824 horas, de las cuales los principales problemas observados fueron las horas de cambio de medida o de molde de 51% (995 horas de paro), seguido por la falta de materia prima de 30% (584 horas de paro), el calentamiento en 16% (322 horas de paro), la falta de energía de 3% (56 horas de paro) y otros (averías, mantenimiento no programado, falla de herramientas, etc.) de 1% (12 horas de paro).

Por lo tanto, para resolver el tiempo perdido se determinó resolver el problema de horas de máquina detenida por cambio de molde de las máquinas de inyección, ya que representa más del 50% de las horas de paro.

Tabla 1 Horas de paro de las 24 líneas de inyección de PVC - año 2019

Problema	Horas-paro 2019												Total	%
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Cambio de medida	79	59	71	44	76	79	49	63	99	97	187	92	995	51%
Falta de materia prima	52	57	43	43	33	26	26	30	68	33	117	56	584	30%
Calentamiento	25	24	30	19	35	23	29	35	25	27	22	28	322	16%
Falta de energía	-	-	55	-	-	-	-	1	-	-	-	-	56	3%
Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12	1%
Total general	156	139	198	105	143	128	104	128	192	157	338	175	1,961	100%

Nota: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa Mexichem Perú S.A, 2019.

Posteriormente se examinaron las horas de paro por cambio de medida y las horas de producción real. Se aprecia que el tiempo de paro por cambio de molde de las 24 líneas de inyección representa el 0.68% del tiempo de producción real. Además, se identificó que de las 24 líneas de inyección de PVC, la línea 12 representa el 1.32% del tiempo de paro por cambio de molde con respecto al tiempo de producción real de la máquina en funcionamiento. De acuerdo con las especificaciones de producción de la empresa, dicho porcentaje no debe ser superior a 0.85%. Las 23 líneas restantes se encuentran en los parámetros señalados, por esa razón no se incluyeron en el análisis de la presente tesis.

Tabla 2 Líneas de inyección de PVC Horas de cambio de medida y horas de cambio de producción - año 2019

Año 2019

Máquina de inyección de PVC	Horas de paro por cambio de medida (1)	Horas de producción real (2)	Porcentaje (1)/(2)
Línea de inyección 12 (haitian ma 3800)	79.5	6,042	1.32%
Línea de inyección 19 (haitian ma 5300)	60.5	7,564	0.80%
Línea de inyección 13 (haitian sa 4700)	50.5	6,020	0.84%
Línea de inyección 23 (haitian ma 700)	20	2,405	0.83%
Línea de inyección 16 (engel 150 hl)	49.5	5,986	0.83%
Línea de inyección 24 (engel 100 hl-3)	41	4,962	0.83%
Línea de inyección 06 (haitian2 ma 2500)	56.5	6,977	0.81%
Línea de inyección 22 (engel 100 hl-1)	37	4,739	0.78%
Línea de inyección 14 (engel 300 hl)	31.5	4,138	0.76%
Línea de inyección 10 (haitian ma 3800)	56.5	7,644	0.74%
Línea de inyección 04 (haitian3 ma 3800)	52.5	7,609	0.69%
Línea de inyección 09 (negri bossi)	42	6,427	0.65%

Línea de inyección 20 (haitian ma 200-2)	37	6,038	0.61%
Línea de inyección 08 (haitian ma 2500)	43.5	7,565	0.58%
Línea de inyección 11 (haitian ma 4700)	18	2,504	0.72%
Línea de inyección 18 (haitian ma 200-1)	46.5	6,681	0.70%
Línea de inyección 05 (engel 400 tl)	47	5,829	0.81%
Línea de inyección 21 (haitian ma 600)	29	6,389	0.45%
Línea de inyección 03 (haitian3 sa 3800)	39	7,101	0.55%
Línea de inyección 07 (kr maffei 300 c2)	26	3,327	0.78%
Línea de inyección 01 (haitian1 sa 3800)	31	7,521	0.41%
Línea de inyección 15 (haitian2 ma 4700)	29	7,171	0.40%
Línea de inyección 02 (haitian2 sa 3800)	25	6,468	0.39%
Línea de inyección 17 (haitian2 ma 5300)	48	7,182	0.67%
Total líneas	995	145,397	0.68%

Nota: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa Mexichem Perú S.A, 2019.

Cabe resaltar que en la actualidad, la empresa no distingue entre operaciones internas y externas, es decir que no se dispone de registros históricos. Por tal motivo, se determinó aplicar la metodología SMED para distinguir las operaciones internas y externas. De esta forma se propone reducir el tiempo de cambio de molde a través de la transformación de operaciones internas a externas y reducción del tiempo de las operaciones internas.

Por lo mencionado, se formula el problema de investigación ¿De qué manera la propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de PVC, permitirá incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú, El Agustino, 2021?

1.2. Trabajos previos.

Internacional

Pertuz (2018) realizó una tesis titulada *“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”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, en Colombia, que tuvo el objetivo de implementar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), como herramienta de reducción de tiempos de alistamiento en la máquina encapsuladora para aumentar

la productividad de una empresa farmacéutica en Barranquilla. Para ello, se elaboró una investigación de alcance descriptivo. Los resultados demostraron que aplicando la herramienta SMED se verifica que los tiempos de alistamiento disminuyen de 240 minutos (4 horas) a 150 minutos (2.5 horas). Por lo tanto, se concluye que la metodología SMED es una herramienta de gran utilidad que permite a las empresas gestionar la reducción del tiempo muerto para lograr un mayor tiempo de funcionamiento de la producción.

Lascano (2015) realizó una tesis titulada *“Aumento de productividad en el proceso de cambio de formato utilizando SMED para el caso de envasado de cerveza en una empresa en Ecuador”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad de las Américas, en Ecuador, que tuvo el objetivo de aplicar la herramienta SMED para reducir el tiempo de paro, incrementar la disponibilidad de la máquina, aumentar la eficiencia general de los equipos OEE y la productividad de la línea de envasado de cerveza de una fábrica en Ecuador. Para ello, se elaboró una investigación de tipo aplicada no experimental. Los resultados demostraron que a través de la metodología SMED se logra una reducción de más del 50% del tiempo. La conversión de las actividades internas a externas, reduce el número de operaciones y el tiempo de cambio disminuye de 2 horas 9 minutos a 1 hora 20 minutos. Así como, se logra un incremento de la disponibilidad y eficiencia OEE de la línea. Por lo mismo, se concluyó que la aplicación de la metodología SMED disminuye el tiempo de paro en más del 50%, aumenta la disponibilidad y productividad de la línea de envasado de cerveza de la empresa.

Carvajal y Villalobos (2017) realizaron una tesis titulada *“Rediseño de la gestión de las operaciones”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad de Costa Rica, Alajuela, en Costa Rica, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para rediseñar la gestión de operaciones de cambio de molde completo de tres máquinas de inyección de plásticos con la finalidad de reducir el tiempo de cambio de molde e incrementar la disponibilidad. Para ello, se elaboró una investigación de tipo aplicada descriptiva no experimental. Los resultados demostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde de la inyectora 1 de 6.91 a 2.32 horas, de la inyectora 2 de 8.85 a 1.67 horas y de la inyectora 3 de 6.70 a 1.67 horas; con lo cual la disponibilidad de las máquinas de

inyección se incrementa en 6.36% al pasar de 80.50% (727.65 horas) a 86.86% (865.92 horas). Se concluye que la metodología SMED es útil para reducir los tiempos improductivos de las operaciones que afectan la disponibilidad de la máquina y con ello la producción.

Castillo (2017) realizó una tesis titulada “*Reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de preformas de la Compañía Plásticos Team S.A.S*”, para optar el grado de maestro en Gestión de Plantas Industriales por la Universidad de San Buenaventura, en Ecuador, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para disminuir el tiempo de cambio de molde en 20% y con ello aumentar la producción de la línea de preformas de una empresa de plásticos. Para ello, se elaboró una investigación de alcance descriptivo. Los resultados mostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde en 25.49% y se incrementó el volumen de la producción en 10%. Se concluyó que la utilización de la técnica SMED fue eficaz para reducir el tiempo de cambio de molde e incrementar la disponibilidad y productividad de la línea de preformas.

Arboleda y Rubiano (2017) realizaron una tesis titulada “*Aplicación de técnica de lean manufacturing en el proceso de cambio de moldes en una pequeña empresa de alimentos*”, para optar el grado de maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad Pontificia Bolivariana, en Colombia, que tuvo el objetivo de aplicar la herramienta SMED de la manufactura esbelta, en el proceso de cambio de molde de una máquina de fabricación de helados de una empresa ubicada en Colombia. Para ello, se elaboró una investigación de alcance descriptivo. Los resultados mostraron que una vez implementadas las mejoras, se obtuvo como resultado la disminución del tiempo de cambio de molde en un 66.77% es decir 1,297 minutos 42 segundos de ahorro de tiempo, que representan 38,931 minutos al año, que corresponden a la producción de 439,623 unidades al año. Se concluyó que la técnica SMED permite la disminución del tiempo de preparación y parada de máquina, lo que otorga mayor flexibilidad y producción al proceso de fabricación de la empresa.

Alarcón (2014) realizó una tesis titulada “*Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico*”, para optar el grado de maestro en Sistemas de Producción y Productividad por la Universidad de Guayaquil, en Ecuador, que tuvo el objetivo de aplicar la

herramienta SMED para reducir el tiempo de paro por cambio de molde, incrementar la disponibilidad de la máquina y aumentar la eficiencia general de los equipos OEE. Para ello, se elaboró una investigación de alcance descriptivo. Los resultados demostraron que se redujo el tiempo de paro por cambio de molde de 125 minutos (67,6%) a 56 minutos (52%), la disponibilidad se incrementó de 344 minutos (57.33%) a 498.58 minutos (69%), y la eficiencia general de los equipos OEE aumentó de 32.89% a 54.5%. Por lo cual, se concluye que la metodología SMED contribuye a la disminución del tiempo de paro de cambio de molde, e incrementa la disponibilidad de la máquina en funcionamiento, así como la eficiencia global de los equipos.

Nacional

Ipanaque (2019) realizó una tesis titulada *“Aplicación de la metodología SMED para incrementar la productividad en la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima-2019”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad César Vallejo, en Lima, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio de referencia e incrementar la productividad. Para ello, se realizó una investigación de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados mostraron una reducción de tiempo de cambio de molde de 62.85%, al pasar de 110.98 a 30.17 minutos. Se concluye que la aplicación de la metodología SMED es útil para reducir el tiempo perdido por parada de máquina cuando se realiza el cambio de formato.

Castro (2016) realizó la tesis titulada *“Propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado pet de la empresa Ajeper S.A.”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo Perú, que tuvo el objetivo de elaborar una propuesta de implementación de la metodología de manufactura esbelta con la finalidad de optimizar el proceso de producción de la línea de envasado pet de una empresa ubicada en Perú. Para ello, se realizó una investigación de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados mostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde de 80 a 60 minutos y el tiempo de cambio de sabor de 82 a 64 minutos. Asimismo, se incrementó la disponibilidad de la línea de envasado pet en 9.99%, de 63.1% a 73.9%. Se concluyó que el uso de la herramienta SMED es útil para reducir el tiempo de cambio de formato de las

máquinas e incrementar la disponibilidad, para mejorar la productividad de la empresa.

Valderrama (2018) realizó una tesis titulada *“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”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad César Vallejo, en Lima, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para reducir el tiempo de cambio de formato de una máquina de envases de vidrio. Para ello, se elaboró una investigación de tipo aplicada, diseño experimental y cuasi experimental. Se concluyó que se redujo el tiempo de cambio de referencia de 176.9 minutos a 111 minutos.

Díaz (2018) realizó la tesis titulada *“Aplicación de metodología smed para reducir tiempos de cambio en formato de la línea de embotellado Grupo Bebidas Refrigerantes S.A.”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad Privada del Norte, en Lima Perú, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para disminuir el tiempo de cambio de molde de la línea de embotellado de una empresa de bebidas en Perú. Para ello, se realizó una investigación de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados mostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde en 42.22%, de 1.5 horas a 0.87 horas y el número de actividades se redujo de 22 a 20 operaciones. Lo que representa, 0.63 horas de ahorro de cambio de molde de la llenadora de bebidas, que incrementa la disponibilidad de la máquina. Además con la implementación de SMED en el último semestre del año, se logró un ahorro de tiempo de 87.4 horas y se incrementó la productividad de 95.44% a 97.47%. Por lo cual, se concluye que la técnica SMED proporciona beneficios que inciden en la disponibilidad de las máquinas, lo que favorece la productividad.

Fernández (2016) realizó la tesis titulada *“Reducir tiempo de entrega mejorando el tiempo de cambio de molde en empresa de plásticos de Lima, Perú”*, para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial y Comercial por la Universidad San Ignacio de Loyola, en Lima Perú, que tuvo el objetivo de aplicar la metodología SMED para disminuir el tiempo de cambio de molde para optimizar el tiempo de entrega del producto a los clientes de una empresa ubicada en Perú. Para ello, se realizó una investigación de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados

mostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde aproximadamente en 2 horas, de 3 horas y 19 minutos a 1 hora y 18 minutos. Se concluyó que la aplicación de SMED es útil para reducir los tiempos de cambio de molde, que representan tiempos perdidos de producción; así como para incrementar la disponibilidad de la línea de producción.

Local

Gamarra (2016) realizó la tesis titulada "*Propuesta de implementación de un sistema de aspiración basado en la metodología lean manufacturing en el proceso de extrusión, para incrementar la capacidad de producción en una empresa productora de alimento balanceado acuícola*", para optar el grado de licenciado en Ingeniería Industrial por la Universidad Privada del Norte, Lima Perú, que tuvo el objetivo de implementar la metodología de manufactura esbelta con la herramienta SMED, para incrementar la disponibilidad y la eficiencia global de los equipos. Para ello, se realizó una investigación de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados mostraron que la aplicación de la técnica SMED, permite la reducción del tiempo de cambio de molde de 210.44 minutos a 38.47 minutos, aumenta la disponibilidad de dosificación de la máquina de 88% a 95% y de extrusión de 77% a 79%, y se aprecia un incremento de la eficiencia OEE de 60% a 71%, e incrementa la capacidad de producción en 33%, lo que representa un ahorro de US\$ 120,979.73 dólares. Por lo cual, se concluye que la técnica SMED es apropiada en la solución de problemas de exceso de tiempos parada de máquina o cambio de formato, cuya solución incrementa la disponibilidad de la máquina, y optimiza la productividad de la empresa.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Metodología SMED.

El sistema de manufactura esbelta o Lean Manufacturing según Madariaga (2013), como se citó en Orozco (2016), es "un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación – personas, materiales, máquinas y métodos – que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro" (p. 17).

Díaz (2017) refiere que la manufactura esbelta utiliza diferentes herramientas, que de manera conjunta o no, son utilizadas para eliminar los

desperdicios o despilfarros, con la intención de mejorar los procesos de las empresas (p.36). Algunas de estas herramientas son: la técnica de justo a tiempo (mejora de reducción de desperdicios), kaizen (mejora continua), poka yoke (mejora a prueba de fallos) (Castillo, 2017, p. 23), SMED (mejora de cambio rápido), etc.

En la práctica de la manufactura esbelta como menciona Lema (2014), Single Minute Exchange of Die (SMED) o cambio rápido, se define como la herramienta o técnica que permite la reducción del tiempo de cambio de las operaciones del proceso de producción (p. 9). Según Cuatrecasas (2011), el enfoque SMED es el cambio de matriz que se realiza en minutos de un solo dígito, es decir con un tiempo menor a 10 minutos (p. 135). En ese sentido, López (2007) declara que SMED es una técnica que se utiliza en la producción, para realizar cambios rápidos herramientales, como troqueles, moldes, punzones, etc., que tiene la finalidad de reducir y descartar las operaciones que incrementan el tiempo de cambio cuando son ejecutadas con la máquina en funcionamiento (p. 7).

Al respecto, en la aplicación de la técnica SMED, se clasifican a las tareas en internas y externas. Las tareas internas, son las que se pueden realizar cuando los equipos no se encuentran produciendo, es decir cuando la máquina está parada. Las tareas externas, son las que se realizan cuando los equipos se encuentran produciendo, es decir con la máquina en funcionamiento (Lema, 2014, p. 17).

La técnica SMED como enfatizan Del Vigo y Villanueva (2009), es importante para las empresas, porque permite la reducción de los tiempos de cambio de molde, que representa un ahorro de tiempo, que se traduce positivamente en tiempo de producción. La disminución del tiempo de cambio de formato, permite el aumento del tiempo de utilización de la máquina para la producción (p. 35).

La disminución del tiempo de cambio (setup) de matrices o moldes, se mide a partir de la última pieza de tipo A producida y la primera pieza de tipo B producida (Rajadell, 2010 como se citó en Díaz, 2017, p. 124). Por lo cual, la reducción del tiempo de colocación del molde y preparación de la máquina hasta obtener una pieza diferente es fundamental, para aumentar la disponibilidad de la máquina o equipos para la producción.

La reducción total del tiempo de cambio de molde, ocurre cuando se mantiene el mismo número de cambio de moldes durante el proceso de producción.

Esto se manifiesta en la disminución del tamaño del lote de productos y el nivel de existencias. Así como en la reducción del plazo de fabricación; lo que otorga una mayor facilidad para la ejecución del programa de producción, y favorece la planificación de horizontes de producción en menor plazo (Del Vigo y Villanueva, 2009, p. 35).

La aplicación de la técnica SMED para el cambio de matrices en la producción, como destaca López (2007), tiene la finalidad de administrar las operaciones indispensables que se realizan mientras la máquina se encuentra en funcionamiento, y eliminar las operaciones que incrementan el tiempo de cambio de herramientas como, buscar herramientas, traer el molde, ajustar los troqueles, entre otros (p. 8).

Por otra parte, Díaz (2017) enfatiza que la herramienta SMED de la manufactura esbelta, aporta diferentes beneficios a la producción, tales como:

- Disminuye el tiempo de los cambios de herramientas, útiles e instrumentos.
- Reduce el tiempo de preparación de la máquina.
- Incrementa la flexibilidad de la producción para fabricar lotes de piezas con diferentes especificaciones.
- Minimiza el desperdicio de tiempo de cambio de molde, de tiempo de preparación de la máquina, equipos y herramientas, el tiempo muerto por traslado de herramientas o moldes, y el tiempo perdido por desplazamientos innecesarios.
- Incrementa la productividad, al aumentar la disponibilidad de la máquina por los cambios que se realizan con mayor rapidez.
- Disminuye el tiempo de entrega del producto final al cliente.

Por otro lado, Del Vigo y Villanueva (2009), plantean que la metodología SMED, para realizar cambios rápidos en las matrices del proceso de producción industrial, se desarrolla en diferentes fases:

- A. Fase de observación y medición.- En esta primera etapa, se realiza un análisis exhaustivo de todas las operaciones que se realizan durante el cambio (Del Vigo y Villanueva, 2009). Se miden los tiempos de las operaciones, para determinar aquellos cambios que ocupan un tiempo mayor (López, 2007).

- B. Fase de separación de operaciones internas y externas.- Se identifican las operaciones que se realizan con la máquina parada y con la máquina en funcionamiento (Del Vigo y Villanueva, 2009).
- C. Fase de conversión de operaciones internas a externas.- Se determinan las operaciones que no son necesarias durante el cambio de molde, y se convierten a operaciones externas, para realizarlas con la máquina en marcha (Del Vigo y Villanueva, 2009). Se realizan las modificaciones en las operaciones, a partir de los recursos disponibles en la organización y cuando no es posible se adquieren equipos o herramientas para convertir las operaciones (López, 2007).
- D. Fase de optimización.- Se eliminan las operaciones que no son necesarias y se reducen los tiempos de las operaciones internas de ser posible (Del Vigo y Villanueva, 2009).

Al respecto, Díaz (2017) considera como actividades internas: la colocación de herramientas, piezas, pernos, y fresas, el montaje y desmontaje de partes de la máquina, el cambio de pernos, ruedas y ajustes de la máquina, y el reemplazo de herramientas de corte. A su vez, considera como actividades externas: la búsqueda de herramientas, moldes y repuestos, el alistamiento de utensilios y materiales, el traslado de herramientas, moldes y materiales, y la búsqueda y traslado de la materia prima.

Al respecto de las teorías del SMED, el concepto de lote económico, determina que los cambios de molde o formato representan un costo inversamente Proporcional al de los lotes fabricados, cuya distribución sigue una curva exponencial decreciente, y cuyo costo de mantenimiento de inventario tiene un costo que es directamente proporcional a la cantidad de stock (Shingo, 1983). En tal sentido, la teoría SMED tiene la finalidad de reducir el volumen de los lotes de producción para eliminar los desperdicios (Sundar, Balaji & SatheeshKumar, 2014).

1.3.2. Disponibilidad.

La disponibilidad (D), es la fracción de tiempo que el equipo está operando realmente reflejando las pérdidas por averías y paradas” (Hernández & Vizán, 2013, p. 50). El índice de disponibilidad incluye las pérdidas por paradas programadas y no programadas.

El índice de disponibilidad se mide a través de la razón del tiempo disponible entre el tiempo operativo. El tiempo disponible se refiere al tiempo programado menos las paradas programadas (mantenimiento). El tiempo operativo o utilizado se refiere al tiempo disponible menos el tiempo de paradas no programadas que originan pérdidas de disponibilidad, como las averías, falta de material, cambios de referencia, esperas, entre otras (Rajadell & Sánchez, 2010).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo operativo}}$$

El tiempo disponible o tiempo de carga, es el tiempo de operación total menos el tiempo perdido o muerto, como las interrupciones del programa de producción, el tiempo de descanso y las reuniones del taller. El tiempo operativo o de operación se refiere al tiempo de carga menos el tiempo que la máquina está detenida o parada por interrupciones de averías, preparación, cambio de molde, ajustes, y otras paradas (Hernández & Vizán, 2013).

1.3.3. Definiciones conceptuales.

- Cambio de herramientas.- Son los cambios de fresas que realiza el operario (Díaz, 2017).
- Cambios rápidos (SMED).- Los cambios de útiles en minutos de un solo dígito se conocen popularmente como el sistema SMED, acrónimo de la expresión inglesa Single-Minute Exchange of Die. El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos (Villaseñor, 2009).
- Demanda / demanda del cliente.- La cantidad de partes requeridas por el cliente (Villaseñor, 2009).
- Desperdicio: Es todo aquello que no agrega valor, y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Los siete tipos de desperdicios son: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventario, movimiento, productos defectuosos o retrabajos (Villaseñor, 2009).

- Lean Manufacturing: Como dice Rajadell y Sánchez se entiende por Lean Manufacturing, la búsqueda continua de la mejora del sistema de producción mediante la eliminación del desperdicio. Se pueden definir además como un conjunto de técnicas desarrolladas por Toyota en sus plantas en Japón, inspiradas en parte, por los principios de Deming; con el fin de eliminar los desperdicios dentro de sus procesos de producción (Rojas y Cortéz, 2014).
- Movimiento innecesario.- Ocurre cuando hay movimientos innecesarios hechos por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas y hasta caminar si no es parte del proceso (Rojas y Cortéz, 2014).
- Operación externa.- elementos de preparación de herramientas que se pueden ejecutar con seguridad mientras la máquina está funcionando (Villa, 2014).
- Operación interna.- Elementos de preparación de herramientas que se deben ejecutar mientras la máquina esta parada (Villa, 2014).
- Preparación.- Conjunto de operaciones necesarias para el cambio (Rojas y Cortéz, 2014).
- Setup: Abarca todas las actividades necesarias para preparar el equipo para producir un producto diferente, incluso las de preparación, ajuste y limpieza (Villa, 2014).
- Tiempo de preparación: Es el total del tiempo de preparación de las operaciones internas y externas (Hernández & Vizán, 2013).
- Transporte innecesario: Se presenta cuando se realizan movimientos innecesarios de algunas partes durante la producción. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual genera un reproceso, elevando los costos.
- 5S's: Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Proviene de términos japoneses que son utilizados diariamente en la vida cotidiana y, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o

hemos practicado las 5'S, aunque no nos demos cuenta (López, 2001, párr. 1).

1.4. Formulación del problema de investigación.

1.4.1. Problema general.

¿De qué manera la propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de PVC, permitirá incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú, El Agustino, 2021?

1.4.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuál es el diagnóstico de la situación actual del proceso de inyección de accesorios de PVC, cuáles son los problemas y causas principales?
2. ¿Cuál es la propuesta SMED para reducir el tiempo de cambio de molde e incrementar la disponibilidad de los equipos?
3. ¿Cuál es el costo beneficios de la propuesta?

1.5. Justificación e importancia de la investigación.

Con el advenimiento de las nuevas tendencias en sistemas de Gestión de la calidad, las organizaciones se han visto en la necesidad de revisar y hacer un seguimiento constante de sus procesos productivos, las cuales implican controlar de forma meticulosa los costos que se originan en el desarrollo de actividades establecidas, los tamaños de lotes producidos, los plazos de entregas, el exceso de inventario de materia prima y productos terminados, los tiempos en que se desarrollan las procesos productivos, y toda acción que comprometa a mejorar la utilización de la capacidad productiva de la organización.

Las actividades que se desarrollan en el Área de inyección de PVC, en la empresa Mexichem Perú S.A., es una de las más importantes, y se ha observado que presenta una gran variación en los tiempos en el desarrollo de sus procesos productivos, cada colaborador realiza su actividad según su criterio o experiencia, encontrando que alguno les toma más tiempo que a otros realizar una misma actividad, este dilema muchas veces origina pérdidas financieras, debido a que se generan tiempos muertos en el proceso productivo de inyección de PVC, disminuyendo la productividad y competitividad de la organización.

Dada la importancia de mejorar todos los procesos de cambios en los formatos de fabricación de accesorios inyectados de PVC y conseguir los objetivos de calidad previstos, surge la necesidad de utilizar técnicas que permitan afrontar los retos y lograr la competitividad; y una de ellas es la metodología SMED, que responde rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación, las cuales le permite acortar rápidamente y de manera drástica los tiempos y el desperdicio en los procesos en cualquier parte de una organización.

Esta mejora en la disminución del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa Mexichem Perú S.A., ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote existe un mayor control de calidad sobre el producto lo que permite reducir la cantidad de defectos, y que no almacenan stocks innecesarios.

El presente trabajo de investigación explora, analiza y desarrolla la técnica SMED para la reducción de tiempos causados por cambios de referencia, en una organización que fabrica accesorios de PVC., analizando los avances de la técnica y dilucidando el efecto de la misma en el indicador de disponibilidad de los equipos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general.

No corresponde plantear hipótesis porque el objetivo es descriptivo. Según Hernández et al. (2010), no es necesario plantear hipótesis cuando el objetivo tiene la finalidad de describir las características de la variable y no se contrasta de manera probabilística.

1.6.2. Hipótesis específicas.

No corresponde plantear hipótesis porque el objetivo es descriptivo. Según Hernández et al. (2010), no es necesario plantear hipótesis cuando el objetivo tiene la finalidad de describir las características de la variable y no se contrasta de manera probabilística.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo general.

Desarrollar una propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de PVC, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú, El Agustino, 2021.

1.7.2. Objetivos específicos.

1. Realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de inyección de accesorios de PVC, para identificar los problemas y causas principales.
2. Elaborar la propuesta SMED para reducir el tiempo de cambio de molde e incrementar la disponibilidad de los equipos.
3. Analizar el costo beneficios de la propuesta.

CAPITULO II

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, es de tipo aplicada, de alcance exploratorio descriptivo, y diseño no experimental longitudinal.

El enfoque cuantitativo es aquel que mide las peculiaridades de un fenómeno, a partir del cual se formula un problema que se sustenta en el marco de la teoría de una ciencia, para enunciar una hipótesis que se verifica estadísticamente y obtener resultados que se generalizan al objeto analizado (Bernal, 2016). De manera que, la investigación es cuantitativa porque se diagnostica una situación problemática, por lo cual, se plantea una hipótesis que se valida a través de la estadística, para extrapolar los resultados al problema del exceso de tiempo de cambio de molde de máquina parada.

La investigación aplicada o práctica, se enfoca en la posibilidad de aplicar las teorías de un campo del conocimiento científico, a la solución de un problema concreto en la práctica (Baena, 2014). Por lo tanto, el tipo de investigación de acuerdo a sus objetivos es aplicada, porque utiliza la teoría de la metodología SMED para resolver el problema del margen de tiempo de máquina parada por cambio de molde de la inyectora de la línea 12 de PVC, con lo cual, se busca reducir dicho tiempo para incrementar la disponibilidad de la máquina en funcionamiento.

En la ciencia de la ingeniería industrial, la investigación exploratoria descriptiva, se enfoca en plantear y describir una propuesta de mejora en el entorno laboral de la empresa, que se sostiene en el diagnóstico inicial de un problema, y sobre la cual, se realiza una evaluación económica para estimar los beneficios del cambio (Rau, Nakama & Cisneros, 2019). Por consiguiente, el alcance de la investigación es exploratorio, debido a que propone el uso de la metodología SMED para explorar la situación inicial del problema del exceso de tiempo de máquina detenida por la actividad cambio de molde. La investigación es descriptiva porque detalla los aspectos necesarios para realizar un cambio que mejora dicha actividad (al reducir el tiempo de máquina detenida e incrementar la disponibilidad de la máquina inyectora de PVC) y estima los beneficios del cambio propuesto.

En el ámbito de la ingeniería industrial el diseño no experimental longitudinal, se orienta al estudio de la evolución de un fenómeno tal como se manifiestan en su

entorno natural sin ningún tipo de manipulación, a través de diferentes momentos del tiempo (Rau et al., 2019). Entonces, el diseño de la investigación es no experimental porque se observa el comportamiento de la variable sin ninguna clase de intervención intencional para modificar las condiciones de la variable. La investigación es de diseño longitudinal porque se recoge la información de la variable varias veces durante un periodo de tiempo a través del control estadístico de toma de tiempo de las operaciones de la actividad de cambio de molde de la máquina inyectora de la línea 12 de PVC.

2.2. Población y muestra.

La población de estudio se define como el total de casos que cumplen con ciertas especificaciones, sobre los cuales es posible generalizar los resultados de la investigación. La población debe estar claramente delimitada por sus especificaciones de contenido, lugar y tiempo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La población está conformada por las actividades de cambio de molde de la línea 12 del proceso de inyección de accesorios de PVC. No se considera como población el total de las 24 líneas de inyección, porque en cada línea se realiza un número diferentes de actividades de cambio de molde, de acuerdo al volumen de producción que se requiere por cada tipo de accesorio. Es decir que cada línea es una entidad con actividades diferentes de cambio, por lo cual, no se puede generalizar los resultados de la metodología SMED a todas las líneas.

La muestra se define como el subgrupo representativo de la población, sobre la cual se recogen los datos de interés para analizar el fenómeno de estudio (Hernández-Sampieri, Fernández & Baptista, 2014). La muestra está conformada por 13 tomas de tiempo de las actividades de cambio de molde de la línea 12 del proceso de inyección de accesorios de PVC. El detalle de la estimación de la muestra se aprecia en el punto 3.1.4.1.2 correspondiente al resultado del análisis del estudio de tiempos (Ver página 59).

El estudio de tiempos se aplicó para determinar el tamaño de la muestra. El estudio de tiempos es la técnica principal que se utiliza para registrar el tiempo de ejecución de las actividades, a través de la observación y la medición del tiempo con la ayuda de un cronómetro (Baca et al., 2014).

Primero, se seleccionó como trabajo de análisis, el subproceso de cambio de molde, con la finalidad de observar el tiempo que demoran las actividades de montaje y desmontaje de cambio de molde del proceso de inyección de la línea 12 de accesorios de PVC.

Segundo, se seleccionó a uno de los operarios del turno de la mañana, ya que es un trabajador promedio cuya capacitación y destreza, le permiten realizar las actividades de cambio de molde con un ritmo normal.

Tercero, se analizaron las actividades de montaje y desmontaje de cambio de molde.

Cuarto, se dividió el trabajo de cambio de molde en actividades, para identificar el flujo de actividades de cambio de molde desde el inicio hasta el final, así como se registró la distancia.

Quinto, se efectuaron las mediciones de prueba inicial.

Sexto, se determinó el tamaño real de la muestra.

Séptimo, se realizó el cronometraje de muestras adicionales.

Octavo, se realizó la calificación de la actuación del operario

Noveno, se estimaron las tolerancias de los tiempos.

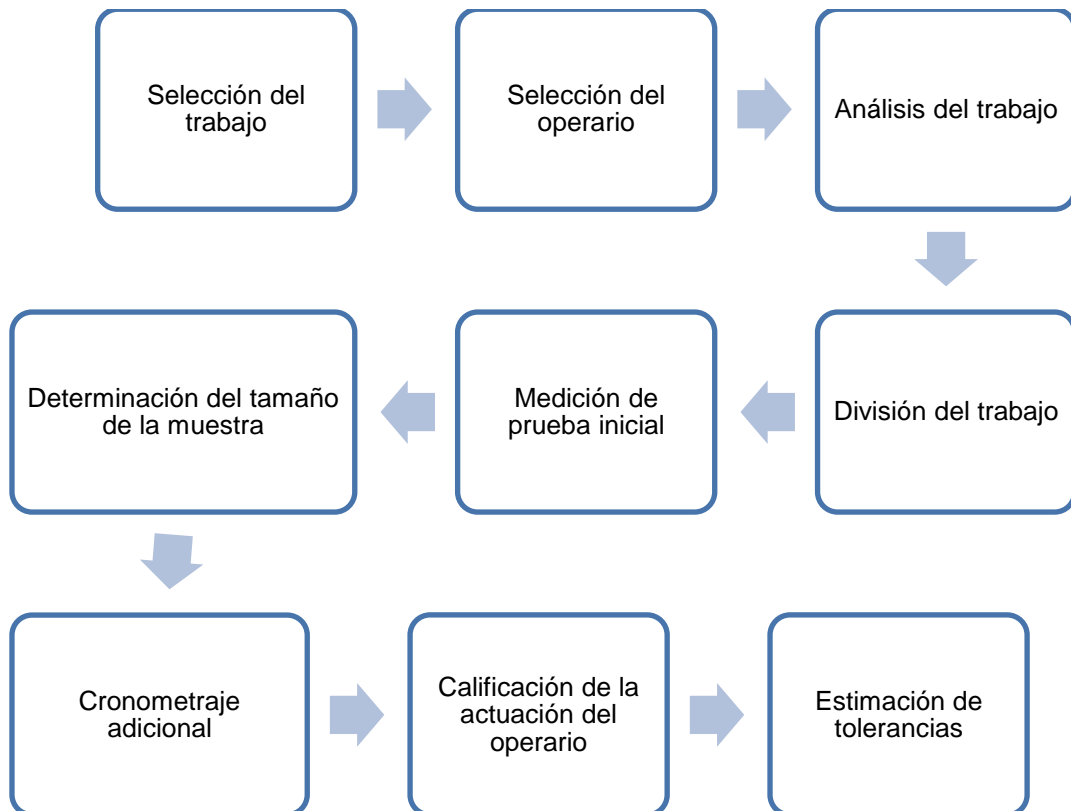


Figura 1. Pasos generales del estudio de tiempos.
Adaptado de “Introducción a la Ingeniería Industrial”, por G. Baca, et al., 2014, pp. 187-190.

Tabla 3 Muestra de toma de tiempos de las 57 actividades de montaje y desmontaje de cambio de molde (horas)

Nº Act.	Descripción detallada de la actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	11	12	13
1	Detener máquina inyectora	00:00:28.03	00:00:29.45	00:00:29.32	00:00:30.23	00:00:31.03	00:00:30.65	00:00:27.45	00:00:29.76	00:00:30.56	00:00:31.56	00:00:28.95	00:00:29.13	00:00:29.71
2	Realizar limpieza del área	00:09:32.28	00:09:35.54	00:09:22.43	00:09:25.63	00:09:35.32	00:09:30.12	00:09:27.65	00:09:35.87	00:09:37.65	00:09:35.98	00:09:33.80	00:09:32.84	00:09:31.82
3	Comunicación al técnico de moldes	00:02:56.32	00:02:59.76	00:02:54.12	00:02:58.19	00:02:55.65	00:02:57.61	00:02:56.54	00:02:58.90	00:02:56.32	00:02:59.87	00:02:58.31	00:02:59.46	00:02:59.35
4	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas	00:00:13.50	00:00:13.67	00:00:12.54	00:00:13.23	00:00:12.29	00:00:13.12	00:00:13.34	00:00:13.90	00:00:13.76	00:00:13.98	00:00:12.82	00:00:13.37	00:00:11.99
5	Traslado de técnico al taller para buscar una herramienta	00:02:36.23	00:02:39.53	00:02:33.76	00:02:35.74	00:02:25.32	00:02:45.23	00:02:39.59	00:02:37.34	00:02:39.32	00:02:39.56	00:02:44.93	00:02:39.23	00:02:25.02
6	Traslado de técnico del taller con la herramienta a la línea	00:00:13.25	00:00:14.13	00:00:12.65	00:00:13.99	00:00:14.18	00:00:13.15	00:00:13.79	00:00:13.87	00:00:13.87	00:00:14.78	00:00:12.85	00:00:13.83	00:00:13.88
7	Retira mangueras de agua	00:04:55.22	00:04:58.53	00:04:35.67	00:04:51.65	00:04:40.49	00:04:50.42	00:04:50.43	00:04:57.78	00:04:58.89	00:04:59.78	00:04:50.12	00:04:58.23	00:04:40.19
8	Retira mangueras hidráulicas	00:04:13.21	00:04:23.34	00:04:02.13	00:04:20.73	00:04:25.76	00:04:15.67	00:04:16.89	00:04:15.89	00:04:15.97	00:04:11.54	00:04:15.37	00:04:23.04	00:04:25.46
9	Retira clamp del botador	00:02:12.45	00:02:19.65	00:02:15.18	00:02:23.74	00:02:08.27	00:02:15.65	00:02:09.67	00:02:13.65	00:02:15.78	00:02:15.76	00:02:15.35	00:02:19.35	00:02:07.97
10	Retrocede botador a posición cero	00:00:19.32	00:00:19.34	00:00:19.45	00:00:20.12	00:00:17.69	00:00:18.78	00:00:18.54	00:00:20.65	00:00:19.76	00:00:18.65	00:00:18.48	00:00:19.04	00:00:17.39
11	Cerrar el molde	00:00:19.57	00:00:21.54	00:00:21.99	00:00:22.78	00:00:21.87	00:00:21.56	00:00:21.76	00:00:20.87	00:00:21.97	00:00:22.78	00:00:21.26	00:00:21.24	00:00:21.57
12	Coloca cáncamos	00:02:54.52	00:02:58.78	00:02:45.87	00:02:50.12	00:02:55.13	00:02:57.45	00:02:55.87	00:02:54.52	00:02:55.76	00:02:57.64	00:02:57.15	00:02:58.48	00:02:54.83
13	Traslado de técnico a la posición del puente grúa	00:00:30.31	00:00:30.65	00:00:32.21	00:00:32.65	00:00:33.76	00:00:31.56	00:00:32.79	00:00:32.34	00:00:30.31	00:00:30.31	00:00:31.26	00:00:30.35	00:00:33.46
14	Traslado de puente grúa	00:00:33.86	00:00:35.56	00:00:32.67	00:00:34.53	00:00:32.80	00:00:35.67	00:00:35.65	00:00:34.78	00:00:36.89	00:00:33.76	00:00:35.37	00:00:35.26	00:00:32.50
15	Colocar cadena de puente grúa en molde	00:01:35.90	00:01:25.56	00:01:28.67	00:01:24.39	00:01:30.89	00:01:23.12	00:01:26.89	00:01:30.76	00:01:26.56	00:01:32.76	00:01:22.82	00:01:25.26	00:01:30.59
16	Levantar cadena con uso de puente grúa	00:00:26.58	00:00:27.89	00:00:29.69	00:00:27.93	00:00:28.98	00:00:27.28	00:00:27.23	00:00:28.56	00:00:25.78	00:00:28.78	00:00:26.98	00:00:27.59	00:00:28.68
17	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil	00:00:54.86	00:00:56.67	00:00:56.78	00:00:55.49	00:00:57.34	00:00:55.37	00:00:54.67	00:00:58.98	00:00:51.76	00:00:56.79	00:00:55.07	00:00:56.37	00:00:57.04
18	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	00:01:26.42	00:01:29.65	00:01:30.45	00:01:30.39	00:01:25.87	00:01:25.65	00:01:23.98	00:01:25.89	00:01:28.90	00:01:32.98	00:01:25.35	00:01:29.35	00:01:25.57
19	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil	00:01:22.42	00:01:28.78	00:01:19.67	00:01:25.47	00:01:27.32	00:01:24.13	00:01:20.32	00:01:22.65	00:01:20.67	00:01:25.56	00:01:23.83	00:01:28.48	00:01:27.02
20	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija	00:00:52.86	00:00:56.13	00:00:59.67	00:00:55.18	00:00:58.13	00:00:58.24	00:00:54.49	00:00:57.54	00:00:55.87	00:00:59.07	00:00:57.94	00:00:55.83	00:00:57.83
21	Realiza abertura de máquina	00:00:48.24	00:00:47.65	00:00:49.59	00:00:45.75	00:00:50.09	00:00:47.49	00:00:46.19	00:00:50.87	00:00:49.56	00:00:45.24	00:00:47.19	00:00:47.35	00:00:49.79
22	Molde queda suspendido	00:00:42.78	00:00:45.32	00:00:45.78	00:00:44.89	00:00:43.12	00:00:46.38	00:00:45.13	00:00:48.98	00:00:46.76	00:00:47.98	00:00:46.08	00:00:45.02	00:00:42.82
23	Retirar barra botadora	00:00:26.12	00:00:28.47	00:00:30.39	00:00:28.65	00:00:26.71	00:00:28.65	00:00:27.05	00:00:27.89	00:00:26.98	00:00:28.12	00:00:28.35	00:00:28.17	00:00:26.41
24	Llevar molde hasta el área de moldes	00:02:02.76	00:02:13.34	00:02:09.89	00:01:59.98	00:02:10.37	00:02:05.17	00:02:05.21	00:02:08.65	00:02:11.76	00:02:09.76	00:02:04.87	00:02:13.04	00:02:10.07
25	Colocar sobre una parihuela	00:00:35.87	00:00:37.54	00:00:37.62	00:00:38.65	00:00:39.54	00:00:39.54	00:00:34.54	00:00:36.76	00:00:38.93	00:00:39.25	00:00:39.24	00:00:37.24	00:00:39.24
26	Coger el molde a montar	00:00:29.15	00:00:33.23	00:00:32.63	00:00:31.38	00:00:31.21	00:00:31.38	00:00:29.87	00:00:32.15	00:00:29.24	00:00:32.17	00:00:31.08	00:00:32.93	00:00:30.91

27	Traslado del técnico con el molde a máquina	00:01:37.52	00:01:41.65	00:01:35.98	00:01:26.39	00:01:41.15	00:01:36.78	00:01:39.79	00:01:38.76	00:01:38.54	00:01:37.49	00:01:36.48	00:01:41.35	00:01:40.85
28	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador	00:00:55.60	00:00:59.78	00:00:58.73	00:00:55.28	00:00:56.23	00:00:57.87	00:00:57.39	00:00:59.18	00:00:56.99	00:00:58.76	00:00:57.57	00:00:59.48	00:00:55.93
29	Cerrar el molde	00:01:32.39	00:01:36.21	00:01:25.76	00:01:27.46	00:01:26.38	00:01:31.34	00:01:34.65	00:01:33.54	00:01:25.91	00:01:35.09	00:01:31.04	00:01:35.91	00:01:26.08
30	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija	00:01:03.63	00:01:05.29	00:01:05.29	00:01:08.86	00:01:10.56	00:01:01.37	00:01:06.18	00:01:04.24	00:01:08.71	00:01:06.42	00:01:01.07	00:01:04.99	00:01:10.26
31	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	00:01:22.53	00:01:26.64	00:01:35.79	00:01:24.67	00:01:30.04	00:01:25.47	00:01:26.75	00:01:26.65	00:01:25.43	00:01:25.78	00:01:25.17	00:01:26.34	00:01:29.74
32	Abrir el molde	00:00:11.09	00:00:12.54	00:00:12.32	00:00:12.23	00:00:12.54	00:00:12.27	00:00:11.54	00:00:12.65	00:00:11.89	00:00:11.79	00:00:11.97	00:00:12.24	00:00:12.24
33	Colocar la barra expulsora	00:02:56.18	00:03:09.61	00:02:55.65	00:02:58.43	00:02:51.31	00:02:46.95	00:02:57.54	00:02:57.89	00:02:59.45	00:02:56.18	00:02:46.65	00:03:09.31	00:02:51.01
34	Cerrar el molde	00:00:55.45	00:00:59.16	00:00:55.98	00:00:59.28	00:00:58.78	00:00:55.67	00:00:54.67	00:00:59.43	00:00:58.67	00:00:53.40	00:00:55.37	00:00:58.86	00:00:58.48
35	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil	00:02:03.42	00:02:12.28	00:01:59.89	00:02:03.67	00:02:00.12	00:02:13.65	00:02:09.23	00:02:08.76	00:02:01.54	00:02:07.43	00:02:13.35	00:02:11.98	00:01:59.82
36	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil	00:02:25.58	00:02:30.43	00:02:25.65	00:02:21.87	00:02:15.34	00:02:21.34	00:02:29.19	00:02:29.76	00:02:25.87	00:02:28.72	00:02:21.04	00:02:30.13	00:02:15.04
37	Retirar puente grúa	00:01:44.54	00:01:42.27	00:01:40.39	00:01:44.98	00:01:45.19	00:01:31.09	00:01:40.25	00:01:39.05	00:01:38.07	00:01:39.06	00:01:30.79	00:01:41.97	00:01:44.89
38	Abrir el molde	00:00:51.55	00:00:49.51	00:00:47.79	00:00:48.65	00:00:47.09	00:00:49.03	00:00:49.78	00:00:53.89	00:00:48.08	00:00:46.56	00:00:48.73	00:00:49.21	00:00:46.79
39	Realizar instalación de mangueras de agua	00:07:30.40	00:07:08.12	00:07:05.88	00:07:03.78	00:07:45.54	00:07:29.31	00:07:31.54	00:07:33.76	00:07:32.89	00:07:36.23	00:07:29.01	00:07:07.82	00:07:45.24
40	Realizar prueba de circulación de agua	00:03:39.59	00:03:58.43	00:03:45.82	00:03:35.45	00:03:30.17	00:03:38.63	00:03:35.31	00:03:42.87	00:03:45.54	00:03:46.21	00:03:38.33	00:03:58.13	00:03:29.87
41	Verificar fugas de agua por mangueras	00:00:56.32	00:00:59.69	00:00:59.99	00:00:55.78	00:00:59.99	00:00:57.54	00:00:59.85	00:00:57.67	00:00:57.54	00:00:53.08	00:00:57.24	00:00:59.39	00:00:59.69
42	Traslado de técnico al taller a buscar mangueras hidráulicas	00:01:43.86	00:01:47.82	00:01:35.61	00:01:48.98	00:01:44.36	00:01:46.13	00:01:41.67	00:01:47.86	00:01:48.65	00:01:49.65	00:01:45.83	00:01:47.52	00:01:44.06
43	Traslado de técnico a la línea con mangueras hidráulicas	00:00:35.23	00:00:38.34	00:00:35.24	00:00:37.86	00:00:35.81	00:00:36.78	00:00:35.89	00:00:36.87	00:00:37.89	00:00:33.32	00:00:36.48	00:00:38.04	00:00:35.51
44	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	00:05:23.78	00:05:35.81	00:05:32.28	00:05:04.64	00:05:30.43	00:05:27.43	00:05:34.76	00:05:25.76	00:05:21.65	00:05:29.87	00:05:27.13	00:05:35.51	00:05:30.13
45	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	00:04:42.90	00:04:55.67	00:04:35.45	00:04:30.53	00:04:33.02	00:04:41.65	00:04:41.56	00:04:44.87	00:04:47.87	00:04:53.89	00:04:41.35	00:04:55.37	00:04:32.72
46	Traslado de técnico al taller a buscar terminales	00:01:54.87	00:02:01.76	00:01:50.82	00:01:58.32	00:01:45.69	00:01:56.17	00:01:59.67	00:01:55.08	00:01:51.65	00:01:54.87	00:01:55.87	00:02:01.46	00:01:45.39
47	Traslado de técnico con terminales a la línea 12	00:00:43.97	00:00:48.13	00:00:49.65	00:00:49.43	00:00:47.65	00:00:46.59	00:00:45.09	00:00:46.97	00:00:43.97	00:00:48.97	00:00:46.29	00:00:47.83	00:00:47.35
48	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	00:01:00.89	00:01:05.19	00:01:06.23	00:01:03.48	00:01:01.32	00:01:01.23	00:01:00.89	00:00:56.76	00:01:00.28	00:00:59.79	00:01:00.93	00:01:04.89	00:01:01.02
49	Programar función de noyos en pantalla de máquina	00:05:54.65	00:06:02.69	00:05:30.32	00:05:35.07	00:05:45.64	00:05:45.78	00:05:50.70	00:05:59.08	00:05:45.76	00:05:57.89	00:05:45.48	00:06:02.39	00:05:45.34
50	Realizar prueba de movimientos de core	00:03:34.45	00:03:39.12	00:03:21.56	00:03:39.94	00:03:30.65	00:03:32.54	00:03:31.78	00:03:35.87	00:03:37.98	00:03:31.54	00:03:32.24	00:03:38.82	00:03:30.35
51	Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas	00:01:02.76	00:01:04.28	00:01:01.93	00:01:00.43	00:01:00.39	00:01:00.32	00:01:03.87	00:01:00.76	00:01:03.87	00:01:09.09	00:01:00.02	00:01:03.98	00:01:00.09
52	Regular carrera del botador	00:01:12.88	00:01:15.62	00:01:14.97	00:01:10.54	00:01:05.46	00:01:15.05	00:01:11.78	00:01:10.54	00:01:15.05	00:01:12.89	00:01:14.75	00:01:15.32	00:01:05.16
53	Colocar clamp de botador	00:01:13.62	00:01:15.79	00:01:07.29	00:01:10.56	00:01:15.65	00:01:13.39	00:01:16.89	00:01:14.13	00:01:11.38	00:01:12.65	00:01:13.09	00:01:15.49	00:01:15.35
54	Realizar ajustes de altura de molde	00:02:54.76	00:03:01.25	00:03:05.74	00:02:55.76	00:02:58.54	00:02:51.50	00:02:55.98	00:02:58.78	00:02:51.45	00:02:53.76	00:02:51.20	00:03:00.95	00:02:58.24
55	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	00:04:15.78	00:04:40.38	00:04:01.05	00:04:04.12	00:04:10.56	00:04:19.79	00:04:11.00	00:04:16.09	00:04:17.89	00:04:14.78	00:04:19.49	00:04:40.08	00:04:10.26

56 Realizar prueba de movimientos en general	00:04:32.99	00:04:45.67	00:04:29.27	00:04:25.03	00:04:29.56	00:04:30.27	00:04:36.73	00:04:33.87	00:04:23.12	00:04:31.67	00:04:29.97	00:04:35.37	00:04:29.26
57 Se entrega al operario de producción (volante)	00:01:43.77	00:01:48.73	00:01:45.76	00:01:42.85	00:01:44.98	00:01:46.09	00:01:45.76	00:01:46.78	00:01:48.34	00:01:47.98	00:01:45.79	00:01:48.43	00:01:44.68

2.3. Variables, operacionalización.

En la operacionalización de las variables, se consideró como variable dependiente la disponibilidad y como variable independiente la metodología SMED. La disponibilidad se define operacionalmente a través del tiempo disponible de la máquina de inyección de PVC de la línea 12. La metodología SMED se define operacionalmente, a través de la estimación de los tiempos de las operaciones internas y externas de la actividad de cambio de molde de la máquina de inyección de PVC de la línea 12.

A continuación se presenta la operacionalización de las variables en la siguiente tabla.

Tabla 4. Operacionalización de la variable dependiente – Disponibilidad.

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Disponibilidad	Tiempo planificado de producción	$TTD = \sum TP - HPP$ <p>TTD: Tiempo total disponible TP: Tiempo programado HPP: Horas de paradas programadas</p>	Análisis Documental	Ficha de análisis documental
	Tiempo real de producción	$TU = \sum TTD - HPNP$ <p>TU: Tiempo utilizado TTD: Tiempo total disponible HPP: Horas de paradas No programadas</p>	Análisis Documental	Ficha de análisis documental
	Tiempo disponible	$TD = \frac{\sum TU}{\sum TTD} \times 100$ <p>TD: Tiempo disponible porcentaje</p>	Análisis Documental	Ficha de análisis documental

Elaboración propia

Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente - Metodología SMED.

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Metodología SMED	Separación de las operaciones internas y externas	$TPC_o = \sum OI + OE$ <p>TPCo: Tiempo de parada por cambio de molde inicial OI: Tiempo de operaciones internas OE: Tiempo de operaciones externas</p>	Análisis de Observación	Ficha de Observación
	Conversión de las operaciones internas a externas	$OI = \sum OI DC$ <p>OI: Tiempo de operaciones internas OII: Tiempo de operaciones internas después de conversión a externas</p>	Análisis de Observación	Ficha de Observación
	Reducción del tiempo de las operaciones internas	$TPC_{SMED} = \sum OIR$ <p>TPC_{SMED}: Tiempo de parada por cambio de molde con SMED OIR: Tiempo de operaciones internas después de reducción y eliminación de actividades innecesarias</p>	Análisis de Observación	Ficha de Observación

Elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Para recolectar la información se utilizaron dos técnicas. La primera, la técnica de análisis documental, se aplica para recoger la información histórica anual de los tiempos de cambio de molde y la disponibilidad de la máquina en el periodo 2017-2019. No se recolectan los tiempos de las operaciones internas y externas de dicho periodo, ya el registro histórico no distingue los tiempos entre las mismas. La segunda, la técnica de observación indirecta, se aplica para recoger la información de la muestra sobre los tiempos de las operaciones internas y externas de la actividad de cambio de molde.

En la ciencia de la ingeniería industrial los instrumentos de medición que se pueden utilizar para la elaboración del diagnóstico situacional son diversas y se relacionan con el tema de investigación; en el caso del tema del análisis de operaciones, los instrumentos de recolección de datos recomendados son la medición del desempeño de los procesos, el muestreo, el estudio de toma de

tiempo, las herramientas de calidad, los diagramas de operaciones, los diagramas del flujo de procesos, los gráficos de control, entre otros (Rau et al., 2019).

Entonces, se utilizaron dos instrumentos del análisis de operaciones para la recolección de datos. Para la primera técnica, se utilizó el registro de análisis documental, en el cual se recogen los tiempos históricos del tiempo de cambio de molde y la disponibilidad de la máquina de inyección. Para la segunda técnica, se aplicaron dos instrumentos, como a) la hoja de observación de toma de tiempos de la actividad de cambio de molde de la máquina de inyección de PVC de la línea 12, para recoger los tiempos durante los 10 días de la muestra; y b) la hoja de observación del diagrama de flujo del proceso de cambio de molde en la cual se distinguen los tiempos de las actividades internas y externas.

Para la recolección de datos se solicitó el consentimiento de la empresa con la finalidad de obtener el permiso de acceso a la información histórica de la disponibilidad y los tiempos de cambio de molde; así como el permiso para realizar la observación en las instalaciones del área de inyección de la empresa (Ver Anexo 1).

La validez de los instrumentos, se obtuvo a través del juicio de expertos. Para ello, se obtuvo la validez de 3 Jueces que certificaron la validez de contenido de los instrumentos de medición de las variables (Ver Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7).

2.5. Procedimientos de análisis de datos.

En la ciencia de la ingeniería industrial, los procedimientos de análisis de datos estadísticos, se realiza por medio de la estadística descriptiva e inferencial, así como a través de la prueba de hipótesis. El análisis de los temas de operaciones, se realiza mediante algunas herramientas, como la reducción del tiempo perdido, las herramientas de calidad, el diseño de flujo del proceso, la evaluación de la propuesta de mejora, entre otros (Rau et al., 2019).

Por lo tanto, para realizar el análisis del diagnóstico inicial del tiempo de cambio de molde y disponibilidad, se registraron los datos históricos del tiempo de cambio de molde y la disponibilidad de la máquina de inyección de PVC de la línea 12 del periodo 2017 a 2019. El análisis se realizó por medio de la estadística descriptiva, con el uso de la media, la desviación estándar y el análisis de

frecuencias. Adicionalmente, se utilizaron algunas herramientas de calidad para analizar el problema, como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto. En ambos casos, se utilizó el programa estadístico Minitab en la versión 19.

Por otro lado, para realizar el análisis del diagnóstico inicial de la muestra de 10 días, se utilizó el diagrama de flujo del proceso de cambio de molde, para distinguir las operaciones internas de las operaciones externas, así como estimar el tiempo de cada actividad y el tiempo total de las actividades. Para ello, se utilizó el programa Microsoft Excel versión 2019.

2.6. Aspectos éticos.

Se asumieron compromisos de responsabilidad ética antes, durante y después del proceso de investigación. Se cumple así con el principio de reserva, los derechos de autor y el respeto a la dignidad humana y el derecho a la intimidad.

Todas las fuentes consignadas en esta investigación están debidamente referenciadas; asimismo, los datos obtenidos corresponden fielmente a los resultados registrados.

2.7. Criterios de rigor científico.

El estudio se elaboró cumpliendo el criterio de validez externa, que permite extrapolar los resultados de la investigación aplicada a las unidades de análisis observadas.

Asimismo, se garantiza el criterio de objetividad de la gestión de la información obtenida y analizada, sin considerar los prejuicios del investigador; lo que permite que pueda ser replicada por futuros investigadores.

CAPITULO III

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la empresa

3.1.1. Información general (datos de la empresa, productos o servicios, máquinas, etc.).

Mexichem Perú S. A. es una empresa líder en el sector de fabricación de productos de plásticos. Actualmente, realiza sus operaciones en el mercado nacional bajo la marca Pavco, que atiende la demanda de los mercados predial, infraestructura, minería y agrícola; produciendo y comercializando accesorios de PVC (Polivinilo de cloruro), PE (Polipropileno) y PP (Polietileno) (Mexichem Perú, 2019).

La fabricación de accesorios de PVC se realiza a través del proceso de inyección de PVC. En este proceso intervienen la máquina inyectora, los equipos del sistema de alimentación conformados por el alimentador y la tolva secadora y los moldes de inyección.

La máquina de inyección de PVC, es una máquina que realiza transformación de materia prima de PVC en accesorios, con el apoyo de los equipos auxiliares, como el molde y el sistema de alimentación.

Tabla 6 *Máquina de inyección de PVC de la línea 12*

Descripción	Detalle	Imagen de referencia
Número de Línea	Línea 12	
Marca y Modelo	HAITIAN 3800 MA	
Tipo de aceite hidráulico	TELLUS 68	
Cantidad	750 l	
Diámetro de tornillo	70 mm	
Capacidad de inyección (peso)	1127 gr	
Volumen de inyección	1239 cm ³	
Altura de molde máx	730 mm	
Altura de molde min	28 mm	
Peso de máquina (tn)	15.4	
Año de fabricación	2010	

La unidad de inyección está compuesta por diversos componentes principales, como las guías de desplazamiento, los pernos niveladores centradores, el paquete de rodamiento, el barril, los tornillos, el cabezal, la boquilla, el calentamiento de la resistencia, sensores, el motor ventilador, el tablero de distribución del sistema de calefacción, las termocuplas, entre otros.

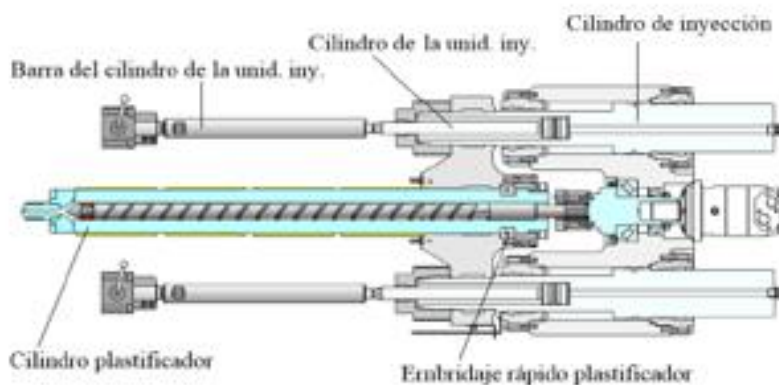



Figura 2 *Unidad de inyección*

El Sistema de alimentación, se encarga de alimentar la inyectora y consta de dos componentes, como son a) el equipo alimentador que se encarga de alimentar o llenar la tolva secadora por un sistema de vacío que es generado por una unidad generadora de vacío; b) la tolva secadora, que es donde se almacena el material y se realiza el secado a una temperatura de 110 °C o una temperatura diferente de acuerdo al material o el tipo de accesorio a inyectar. La tolva se encuentra ubicada en la unidad de inyección y se une con el tornillo a través de un agujero.

Tabla 7 Sistema de alimentación de inyección de PVC de la línea 12

Descripción	Detalle	Imagen de referencia
Número de Línea	Línea 12	
Marca y modelo	SHINI - Secador PIOVAN – Alimentador	
Tipo de sistema	Neumático – Alimentador	
Número de mangueras	2 – Alimentador	
Capacidad de carga (peso)	100 tm – Secador	
Volumen de inyección	1239 cm3	
Peso de molde	50 kg - Secador 70 kg - Alimentador	
Dimensiones	84 x 47 x 104 mm	
Año de fabricación	2017 - Secador 2019 - Alimentador	
Procedencia	China	


El sistema de alimentación, está conformado por algunos componentes principales, como la unidad generadora de vacío, las magueras anilladas, las abrazaderas, la tolva, los filtros malla, los filtros de papel, el motor eléctrico, el calentador tubular, el motor secador calentador, el tablero de control, los sensores de la tolva, los calentadores tubulares, entre otros.



Figura 3 Unidad de sistema se alimentación

El molde o matriz es el equipo auxiliar del proceso de inyección que determina la forma, tamaño y espesor del accesorio, así como define la cantidad de accesorios y consta de tres partes importantes, como a) la placa móvil que es la placa donde se encuentra la placa botadora de accesorios y en la que se encuentran fijos los sistemas hidráulicos; b) la placa fija en la que se encuentra el bebedero o boquilla por donde ingresa el material, es una placa fija porque está sujeta a la placa de la máquina; y c) los expulsores son las varillas que cumplen la función de expulsar los accesorios del molde.

Tabla 8 Molde 1 1/2" RI de inyección de PVC de la línea 12

Descripción	Detalle	Imagen de referencia
Número de Línea	Línea 12	
Marca y modelo	MOLDDABLE 1 1/2" RI	
Tipo de sistema	Hidráulico	
Cavidades	4	
Peso de inyección	480 gr	
Peso de molde	1240 kg	
Dimensiones	1250 x 1250 x 4801 mm	
Año de fabricación	2005	
Procedencia	España	

3.1.2. Descripción del proceso productivo de inyección de accesorios de PVC

En este apartado se describe el proceso productivo de inyección de accesorios de PVC, como una referencia previa para la comprensión de las operaciones del proceso de cambio de molde.

El proceso productivo de inyección de PVC de la empresa Mexichem Perú, está dedicado a todas las operaciones necesarias para la transformación de los insumos de polivinilo de cloruro, en diversos accesorios como codos, manguitos, reducciones, bridas, tapones, machones, enlaces de 3 piezas y colectores. El proceso de inyección de accesorios de PVC es un proceso muy complejo. Está conformado por tres etapas, como el inicio del llenado de la línea de inyección, el ciclo de producción y la descarga del producto terminado (accesorios de PVC).

- a. El llenado de la línea de inyección, implica la preparación de la máquina inyectora, verificación de los recursos y llenado de la tolva.
 1. La preparación de la máquina.- Involucra la comprobación de los recursos necesarios para el inicio del ciclo de producción, como la materia prima, máquina, equipos y molde. Para ello, primero se comprueba la disponibilidad de la materia prima de compuesto de PVC en almacén.
 2. La verificación de los recursos.- Después, se realiza la inspección de todos los componentes auxiliares, como mangueras, material y purga, así como se revisa la posición del molde.
 3. Llenado de la tolva.- Implica el procedimiento de llenado o carga de materia prima en la tolva secadora.
- b. El ciclo de producción, es la fase de fabricación de los accesorios de PVC, en la cual se realiza el secado del material, la carga de material, el cierre de molde, la inyección del material, el tiempo de enfriamiento y la apertura del molde.
 1. Secado de material.- En esta fase se realiza el secado de material a una temperatura de 100 °C, esto se realiza para mejorar el aspecto del accesorio y lograr la mejora de la calidad del producto final.
 2. Carga de material o dosificación de material.- Se realiza la dosificación y carga de material en el conjunto de plastificación, a una temperatura de trabajo que se encuentra distribuida en 5 zonas de calefacción de 170 a 200 °C, lo cual depende de la carga y material que requiera el accesorio.
 3. Cierre de molde.- En esta operación se cierra el molde. La máquina establece una fuerza de cierre para evitar la apertura del molde al momento de llenado, por lo cual, se debe regular adecuadamente los movimientos de la máquina.
 4. Inyección de material.- En esta operación la máquina inyecta el material para que adopte la forma en el interior del molde. En este paso hay que realizar una buena programación de los

perfiles de inyección, porque de esto depende el buen aspecto del accesorio.

5. Tiempo de enfriamiento.- En esta operación el accesorio empieza a tomar forma geométrica. Dependiendo del tipo de accesorio que se está produciendo este es el tiempo donde se debe considerar la temperatura del agua en el sistema de refrigeración.
 6. Apertura de molde.- En esta operación la regulación es importante para no dañar el accesorio y si el molde tiene sistema hidráulico como motor o pistones hidráulicos.
- c. Descarga del producto terminado, es la fase donde el operario procede a retirar los accesorios de la zona de descarga de la máquina. Las operaciones que se realizan en esta fase son la expulsión de accesorios, la inspección de accesorios, el conteo y embolsado, la separación de productos defectuosos, y la separación del material de colada.
1. Expulsión de accesorios.- En esta operación se realiza la expulsión de los accesorios, hay que considerar el cuidado de estos ya que son muy frágiles.
 2. Inspección de accesorios.- En esta operación el operario de línea verifica los accesorios conformes y separa los accesorios con defectos.
 3. Conteo embolsado y encajado de accesorios conformes.- Todos los accesorios buenos son declarados como productos para empacar y por ende producto terminado.
 4. Separación de scrap.- Son los accesorios que están dañados que no cumplen con los estándares de calidad.
 5. Separación de la colada.- Es el material sobrante o colada en el proceso de inyección de PVC, es parte de él porque todo accesorio no puede ser llenado sin colada.

El proceso operativo de inyección de PVC, está conformado por 14 actividades, de las cuales 12 corresponde a operaciones y 2 corresponden a verificaciones. El tiempo de ciclo de producción es de 112.2 segundos.

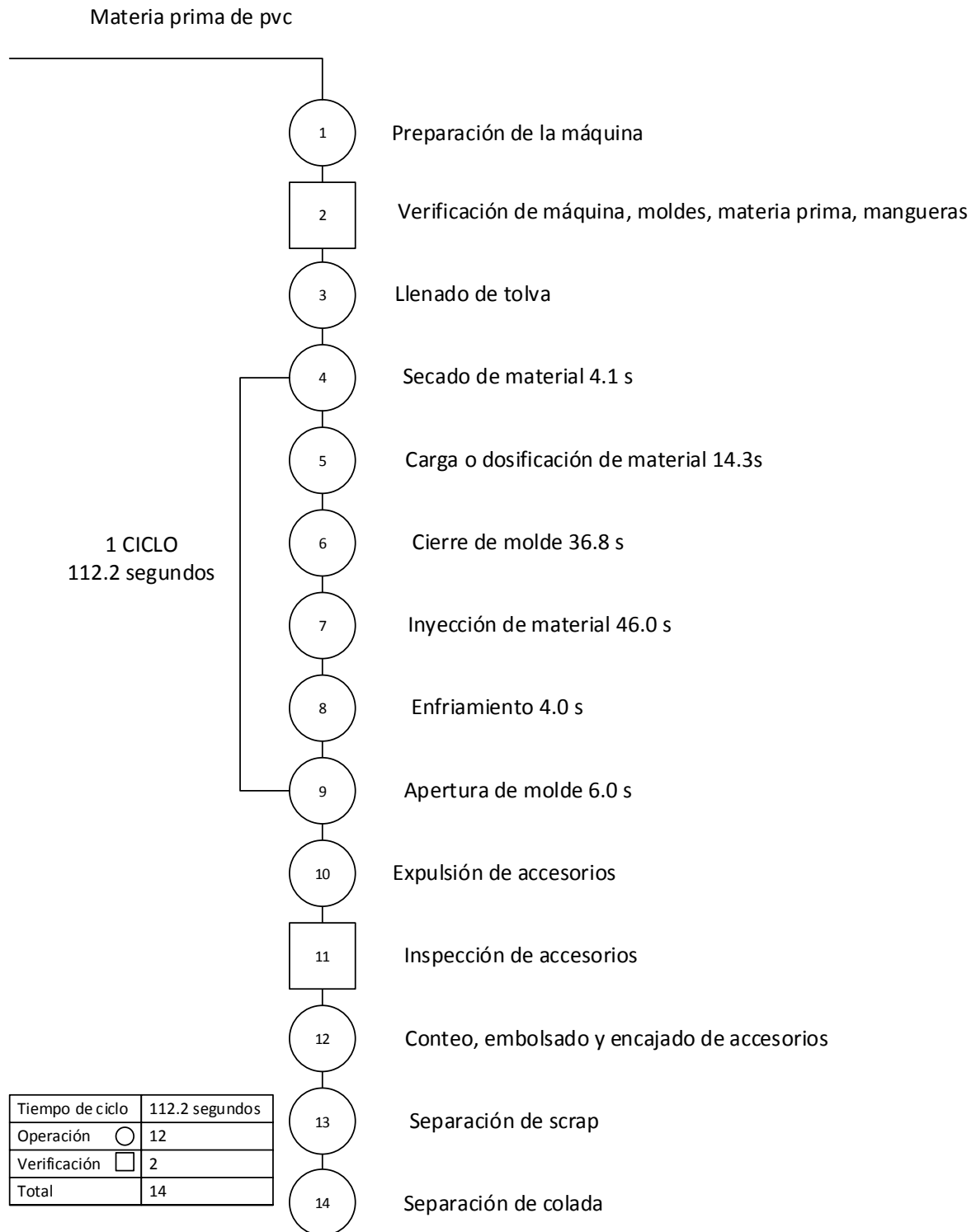


Figura 4 Diagrama de operaciones del proceso de producción de inyección
 Las operaciones inician con a) la preparación de la máquina; b) la verificación de la máquina, moldes y equipos; c) el llenado de la tolva; d) el secado del material; e) la dosificación del material; f) el cierre del molde; la inyección del material; g) el

enfriamiento; h) la apertura; i) la expulsión de accesorios; j) la inspección de accesorios; k) el conteo, embolsado y encajado de accesorios; l) la separación de scrap o desecho; y m) la separación de la colada. La descripción de cada una de ellas se realizó previamente en la descripción del proceso productivo de inyección.

A continuación se muestra el diagrama de recorrido del proceso de inyección de PVC de la línea 12, en el cual se puede visualizar el recorrido de la materia prima a través de los procesos de producción hasta que se transforma en producto final.

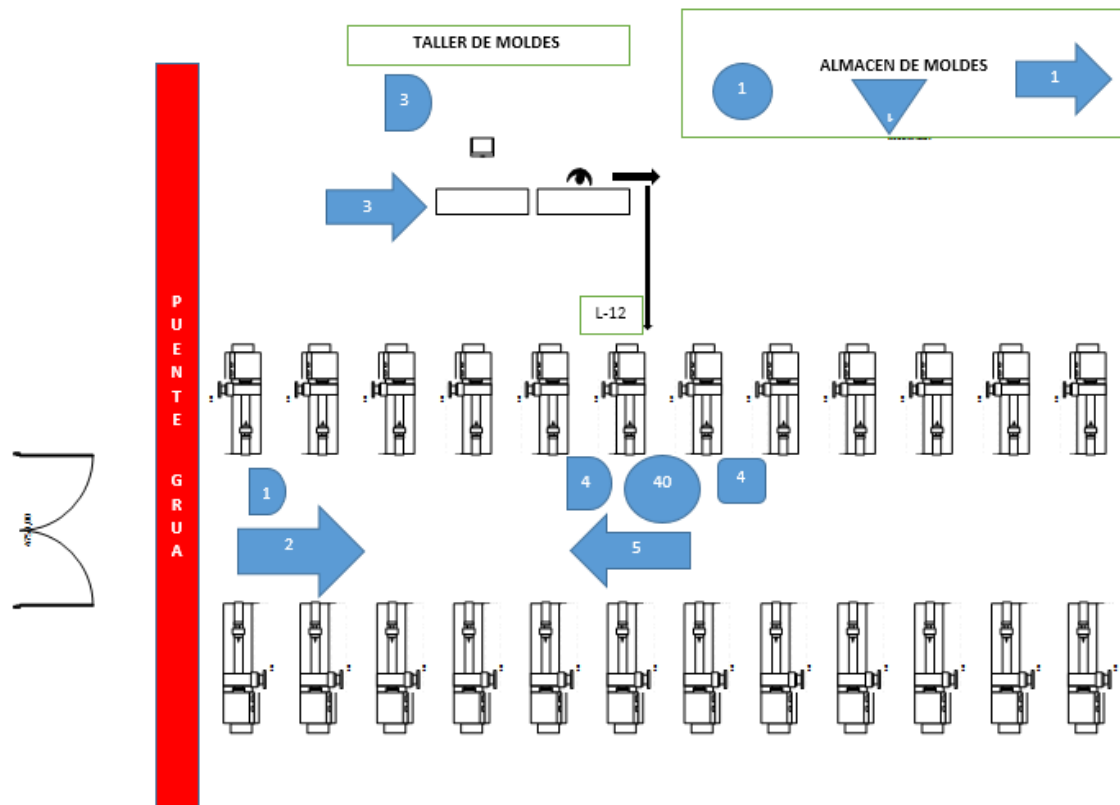


Figura 5 Diagrama de recorrido

3.1.3. Descripción del proceso de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC

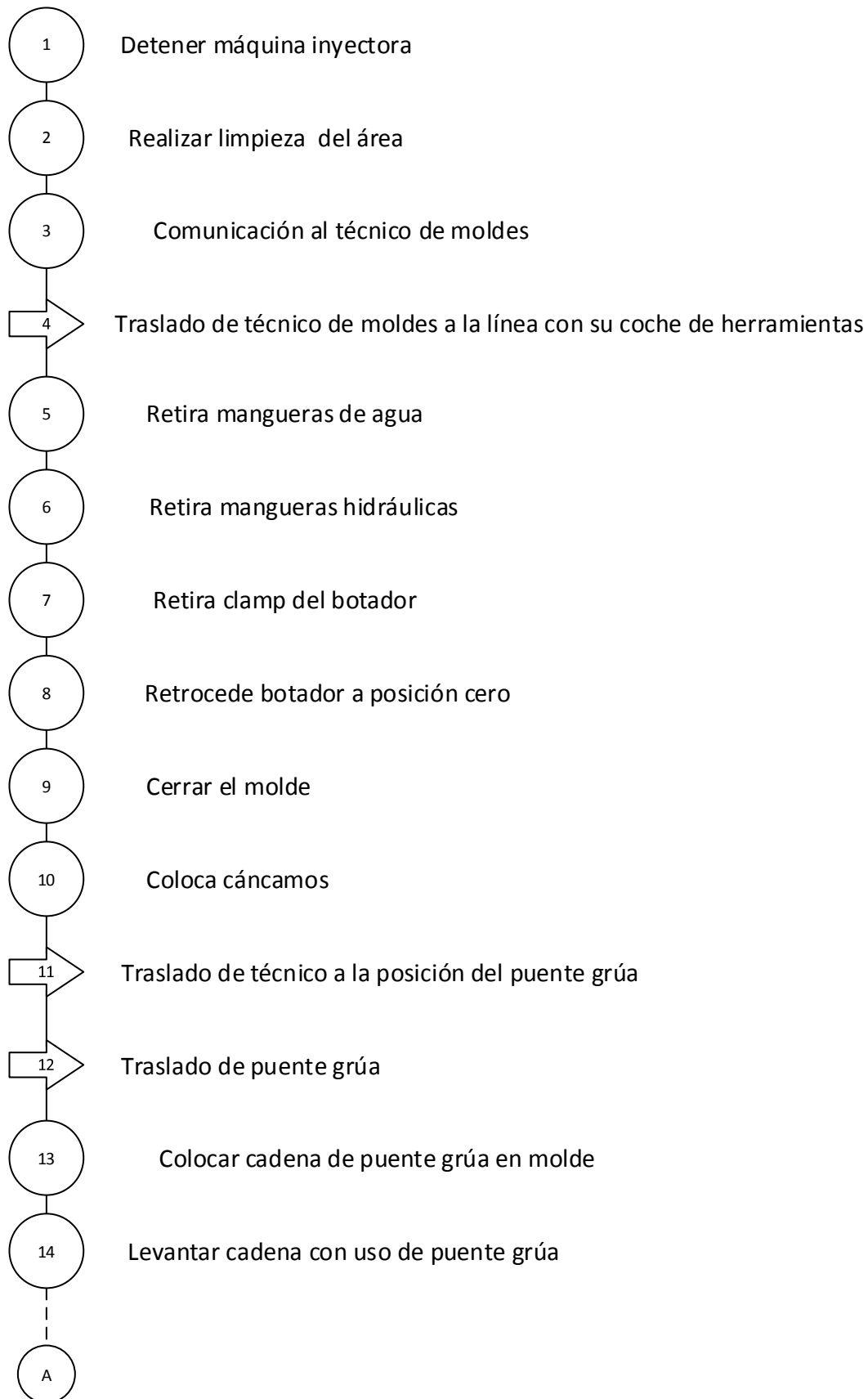
El proceso de cambio de molde está conformado por 38 operaciones involucradas en el montaje y desmontaje de cambio de molde de inyección de PVC. Las actividades de operación son 29, las de transporte son 5, y las de inspección son 3 actividades. A continuación se describe cada una de las actividades del proceso de cambio de molde:

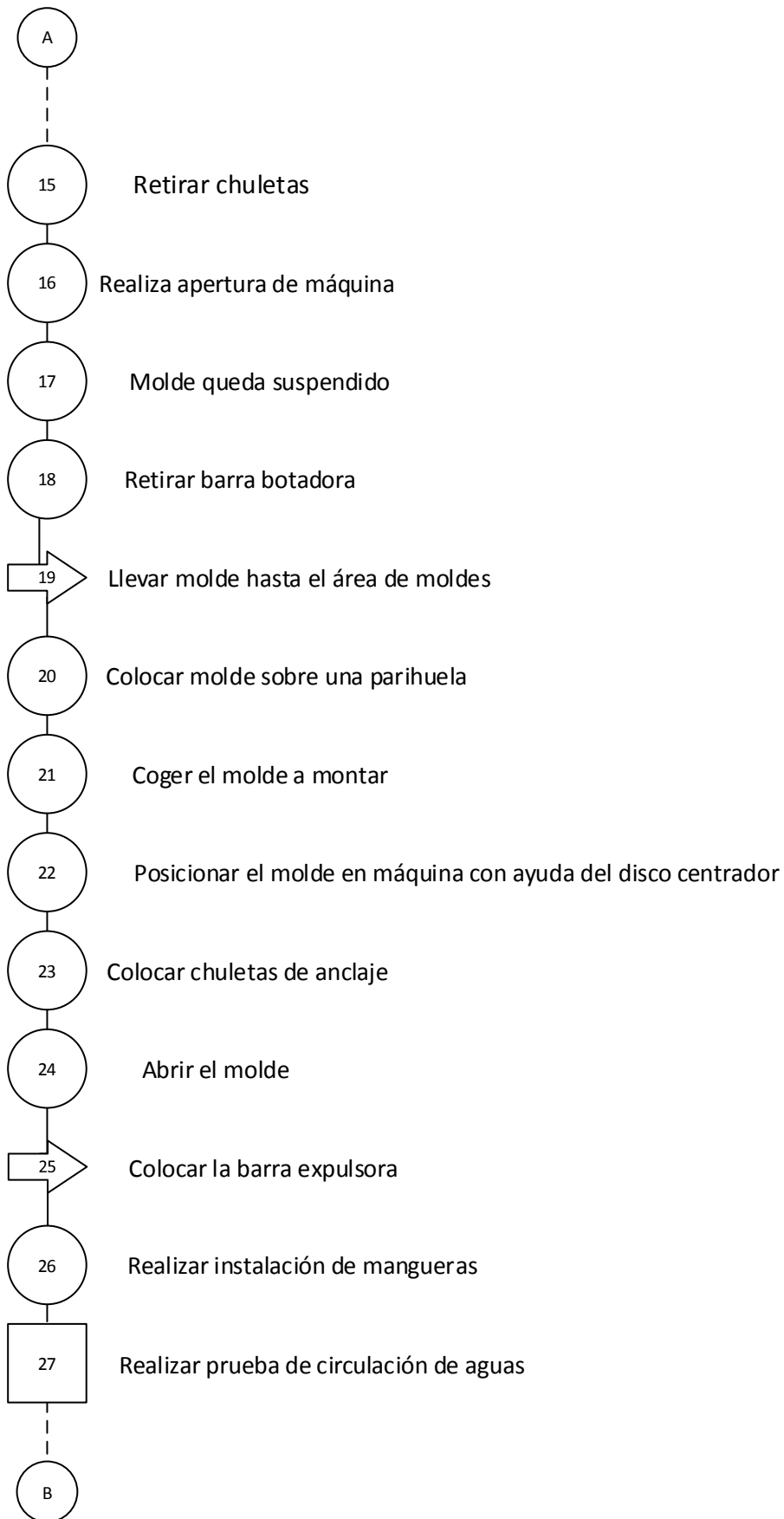
1. Detener máquina inyectora: Se realiza al colocar la máquina en posición manual y luego se apaga motor principal.
2. Realizar limpieza del área: Se realiza con el apoyo de una escoba y recogedor alrededor de la máquina para recoger cualquier accesorio o material de PVC del piso.
3. Comunicación al técnico de moldes: Se realiza el comunicado al técnico personalmente y vía correo, para que se acerque a la máquina y proceda con el cambio de molde.
4. Traslado del técnico de moldes a la línea con el coche de herramientas: El técnico se dirige del taller a la máquina con todas las herramientas necesarias para el cambio de molde.
5. Retira mangueras de agua.- Es la operación en la que se realiza la desconexión de las mangueras del sistema de refrigeración del molde que están unidos por medio de acoples rápidos de 3/8”.
6. Retira mangueras hidráulicas.- Es la operación en la que se realiza la desconexión de las mangueras hidráulicas con conectores rápidos de 5/8” de los pistones hidráulicos, motores hidráulicos y válvulas hidráulicas.
7. Retira clamp del botador.- Es la operación donde se realiza el retiro del clamp que sujeta la barra botadora, con el apoyo de un martillo y un punzón.
8. Retrocede botador a posición cero.- Es la acción donde el botador regresa a su punto inicial 0 con ayuda de la programación del sistema operativo en el panel de control de la inyectora.
9. Cerrar el molde.- Es la acción que realiza la máquina cuando se pulsa el botón de cierre y en posición manual, para esto el operador tiene que tener cuidado con el molde.
10. Coloca cáncamos: Es la acción de colocar el cáncamo en forma correcta y perpendicular al molde, en la cual debe ingresar toda la parte roscada para evitar que se doble y caiga el molde M24, M20, M16.
11. Traslado de técnico a la posición del puente grúa: Es la acción donde el técnico se desplaza hacia el puente grúa.
12. Traslado de puente grúa.- Es la acción de trasladar el puente grúa hacia el punto de trabajo de la máquina y molde, cumpliendo con los procedimientos de seguridad como por ejemplo la utilización del casco.

13. Colocar cadena de puente grúa en molde.- Es la acción de colocar la cadena de puente grúa sobre el molde y asegurar que encajen los grilletes en los cáncamos correctamente, así como cualquier otro tipo de anclaje como eslingas.
14. Levantar cadena con uso de puente grúa.- Es la acción de levantar la cadena con la ayuda del puente grúa.
15. Retirar chuletas de anclaje.- Es la operación donde se realiza el retiro de las chuletas utilizando llaves Allen 17mm, 19mm y 12mm.
16. Realiza apertura de la máquina.- En esta operación se apertura la máquina.
17. Molde queda suspendido.- En esta operación el molde queda suspendido porque se realizó apertura de máquina con el molde suelto, hay que tener mucho cuidado del efecto péndulo que puede ocasionar dicha operación.
18. Retirar barra botadora.- Es la acción donde se retira la barra botadora que tiene una rosca M16 para que no se pueda dañar al momento de trasladar el molde que fue desmontado.
19. Llevar molde hasta el área de moldes: Es la acción de trasladar el molde hacia el taller para que se realice su mantenimiento inmediatamente.
20. Colocar molde sobre una parihuela: Es la acción de colocar el molde sobre una parihuela para no dañar el piso ya que los moldes son muy pesados aproximadamente un peso de 200 kilos a 3500 kilos de peso.
21. Coger el molde a montar.- Es la acción de anclar el molde a montar con el apoyo del puente grúa la cadena y los cáncamos.
22. Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador.- En esta operación se realiza el posicionamiento de molde realizando el centrado con el apoyo de disco centrador y el puente grúa, siempre teniendo en cuenta el correcto funcionamiento del mismo.
23. Colocar chuletas de anclaje.- Es la operación donde se fija el molde con apoyo de las chuletas y se ajusta adecuadamente con el apoyo de un taquímetro regulado con el torque ideal dependiendo del perno si es M16, M20, M24.
24. Abrir el molde.- Es la operación donde se realiza la apertura de la máquina a una longitud determinada dependiendo del tamaño y tipo de molde esto se da en milímetros.

25. Colocar la barra expulsora.- Es la operación donde la barra botadora se coloca en el molde y cuenta con una rosca de M16, esta barra lleva el nombre de botadora porque realiza el botado de los accesorios.
26. Realizar instalación de mangueras de agua.- Esta operación es muy importante, por lo cual se realiza con proactividad y siguiendo el recorrido correcto del circuito de agua, ya que la inadecuada instalación podría ocasionar fugas de agua.
27. Realizar prueba de circulación de agua.- Es la operación donde se realiza la verificación de estanqueidad de todo el circuito de refrigeración del molde.
28. Verificar fugas de agua por mangueras.- Es la operación donde el técnico de moldes realiza la verificación de fugas para poder corregir este inconveniente.
29. Realizar instalación de mangueras hidráulicas.- Es la operación donde se realiza la instalación de dichas mangueras, que están compuestas por mangueras que soportaran 250 bar de presión y cuentan también con conectores rápidos de 5/8".
30. Realizar instalación de micro interruptor (microswitch).- En esta operación el técnico de moldes realiza la instalación de microswitch. según el código y número que debe coincidir tanto con el molde como el de la máquina.
31. Programar función de noyos en pantalla de máquina.- Esta es una operación que se realiza directamente en el programa de la máquina inyectora realizando la conexión de los cores o noyos con el apoyo del sistema binario que tiene el programa 1 que significa conectado y 0 que significa desconectado, todo con la respectiva prioridad de ingreso.
32. Realizar prueba de movimientos de Core.- Es la operación en la cual, se realiza movimientos para verificar que funcione el molde de inyección de acuerdo al requerimiento de piezas.
33. Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas.- Es la inspección general de todo el circuito hidráulico, para verificar que no haya fugas de aceite.
34. Regular carrera del botador.- Es la operación donde se regula el botador a la medida de salida hacia delante y hacia atrás, esto es muy importante porque de lo contrario no funciona la máquina en ciclo automático.

35. Colocar clamp de botador.- Es la operación donde se coloca el clamp que une la barra botadora con el capuchón de la máquina para que realice movimientos repetitivos sin problemas.
36. Realizar ajustes de altura de molde.- Es la operación donde se ajusta la máquina al tamaño de molde, ya que toda máquina inyectora tiene un máximo y mínimo de altura de molde.
37. Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde.- Es la operación de regular la fuerza de cierre en toneladas. Esto depende del molde y la máquina, y se regula para evitar la apertura del molde al momento de inyectar.
38. Realizar prueba de movimientos en general.- Es la operación donde se verifica todos los movimientos que realiza la máquina, así como la sincronización del molde con la máquina, para evitar problemas cuando trabaje en automático.





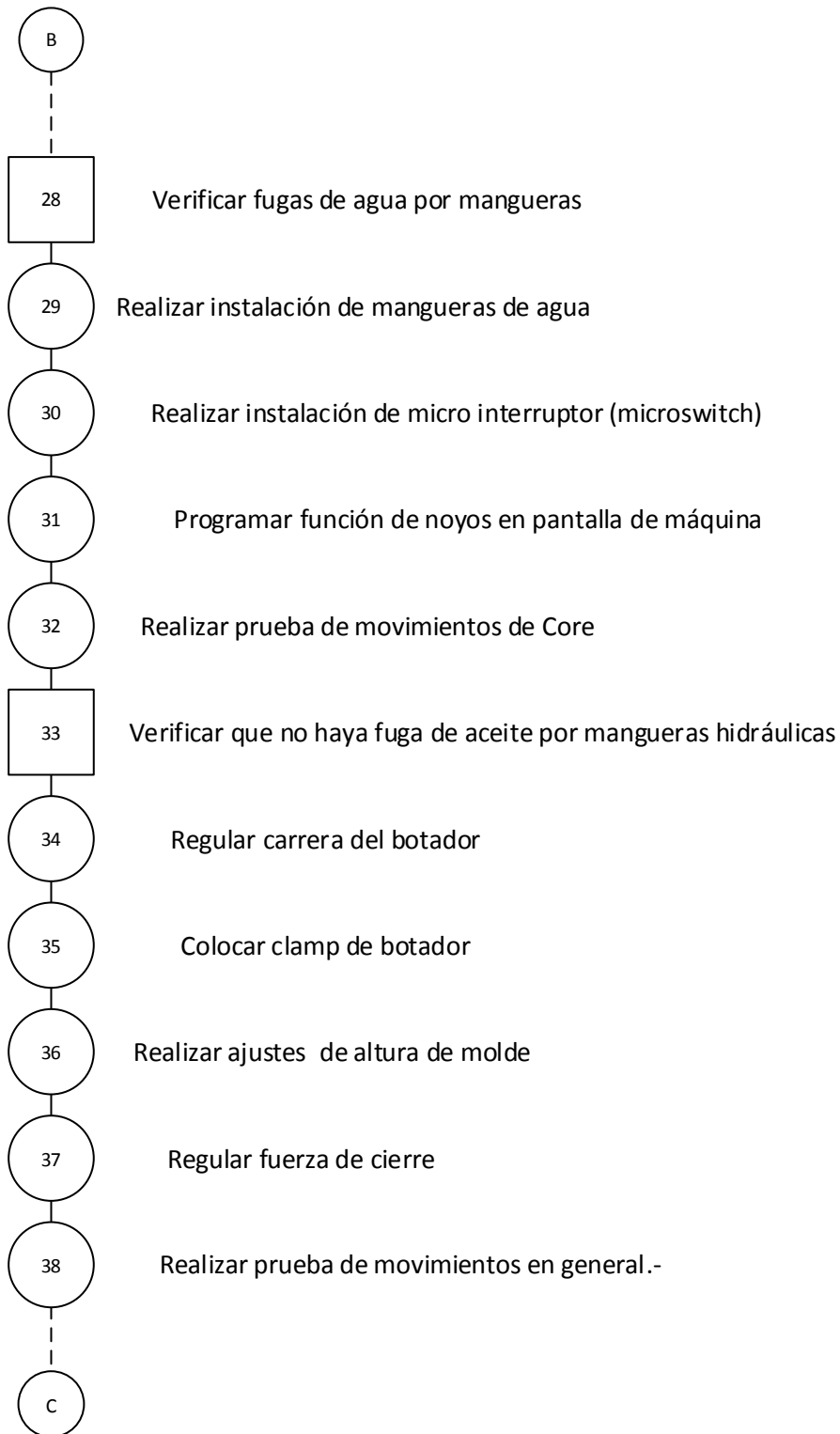


Figura 6. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de molde de inyección (DOP)

3.1.4. Análisis de la problemática.

3.1.4.1. Resultados de la aplicación de instrumentos

3.1.4.1.1. Resultado del análisis documental

A partir del resultado del análisis documental se obtuvo el tiempo de horas de paro o máquina detenida por cambio de molde de la línea de inyección 12, máquina haitian ma 3800. Se aprecia que el tiempo se incrementó en 42% en el año 2019 con respecto al año 2018.

Tabla 9 Horas de paro de cambio de medida de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2017-2019

Descripción	2018	2019	Variación 19/18
Horas de cambio de medida	56.0	79.5	42%

Nota: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa Mexichem Perú S.A, 2019

3.1.4.1.2. Resultado del análisis de observación

Resultado del análisis del Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se realizó con la finalidad de identificar el número de muestras, así como estimar el tiempo estándar de las operaciones de cambio de molde, requerido para el análisis SMED.

Primero, se seleccionó como trabajo de análisis, el subproceso de cambio de molde, con la finalidad de observar el tiempo que demoran las actividades de cambio de molde del proceso de inyección de la línea 12 de accesorios de PVC.

Segundo, se seleccionó a uno de los operarios del turno de la mañana, ya que es un trabajador promedio cuya capacitación y destreza, le permiten realizar las actividades de cambio de molde con un ritmo de trabajo normal.

Tercero, se analizaron las actividades de cambio de molde y se dividió el trabajo de cambio de molde en actividades, para identificar el flujo de actividades de cambio de molde desde el inicio hasta el final, así como se registró la distancia. Se observaron 57 actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC.

Tabla 10 Actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC

Nº Act.	Descripción detallada de la actividad	T (min)	D (m)
1	Detener máquina inyectora		0
2	Realizar limpieza del área		4
3	Comunicación al técnico de moldes		100
4	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas		100
5	Traslado de técnico al taller para buscar una herramienta		100
6	Traslado de técnico del taller con la herramienta a la línea		100
7	Retira mangueras de agua		15
8	Retira mangueras hidráulicas		15
9	Retira clamp del botador		3
10	Retrocede botador a posición cero		0
11	Cerrar el molde		0
12	Coloca cáncamos		2
13	Traslado de técnico a la posición del puente grúa		100
14	Traslado de puente grúa		100
15	Colocar cadena de puente grúa en molde		3
16	Levantar cadena con uso de puente grúa		0
17	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil		6
18	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija		3
19	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil		3
20	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija		6
21	Realiza abertura de máquina		0
22	Molde queda suspendido		0
23	Retirar barra botadora		3
24	Llevar molde hasta el área de moldes		90
25	Colocar sobre una parihuela		0
26	Coger el molde a montar		5
27	Traslado del técnico con el molde a máquina		95
28	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador		0
29	Cerrar el molde		0
30	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija		3
31	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija		6
32	Abrir el molde		0
33	Colocar la barra expulsora		3
34	Cerrar el molde		0
35	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil		3
36	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil		6
37	Retirar puente grúa		0
38	Abrir el molde		0
39	Realizar instalación de mangueras de agua		6
40	Realizar prueba de circulación de agua		0
41	Verificar fugas de agua por mangueras		6
42	Traslado de técnico al taller a buscar mangueras hidráulicas		100

43	Traslado de técnico a la línea con mangueras hidráulicas	100
44	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	6
45	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	6
46	Traslado de técnico al taller a buscar terminales	100
47	Traslado de técnico con terminales a la línea 12	100
48	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	10
49	Programar función de noyos en pantalla de máquina	0
50	Realizar prueba de movimientos de core	0
51	Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas	10
52	Regular carrera del botador	0
53	Colocar clamp de botador	3
54	Realizar ajustes de altura de molde	0
55	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	0
56	Realizar prueba de movimientos en general	0
57	Se entrega al operario de producción (volante)	6

Nota: N° Act=número de actividad de cambio de molde.T=tiempo, min=minutos, D=distancia, m=metros.

Cuarto, se efectuaron las mediciones de prueba inicial. En este paso se recolectaron las observaciones de toma de tiempo de las operaciones de cambio de molde como muestra inicial, con la finalidad de establecer la muestra real. Para la estimación de la muestra inicial, se recolectaron 10 muestras de toma de tiempo en horas de las actividades de cambio de molde. La medición del tiempo de las actividades, se realizó con el cronómetro y el tiempo se expresó en horas (Ver Anexo 8). Luego, con el propósito de estimar el tamaño real de la muestra, se transformó el formato de horas a decimales en segundos, a través de una macro en el programa Excel. De esta forma se expresa el tiempo de cambio de molde de cada una de las muestras en segundos (Ver Anexo 9).

Quinto, se determinó el tamaño real de la muestra. A partir de los parámetros de la muestra inicial de tiempo en segundos de las operaciones de cambio de molde, con un nivel de confianza establecido, se utilizó la fórmula recomendada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que considera un nivel de confianza de 95.45%, con un margen de error de +5% (Baca et al., 2014).

$$n = \left(\frac{40 * \sqrt{(n' * \sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

n: Número de observaciones real de la muestra.

n': Tamaño de la muestra inicial.

x: observaciones

Para estimar el número de muestras adicionales, se reemplazaron en la fórmula anterior, los valores de las observaciones de las tomas de tiempo inicial de la muestra (n'=10). A partir de lo cual, se aprecia que el número de observaciones adicionales (n) de cada actividad es diferente y oscila en un rango de 0 a 3. Por lo cual, es necesario agregar 3 muestras adicionales de la toma de tiempo para encontrar el tiempo estándar de las actividades de cambio de molde, antes de aplicar la metodología SMED (Ver Anexo 10).

Sexto, se realizó el cronometraje adicional de las muestras. El cronometraje adicional corresponde a 3 muestras. Por lo tanto, la muestra real estuvo conformada por 13 tomas de tiempo en segundos de las operaciones de cambio de molde, de las cuales 10 corresponden a la muestra inicial y 3 a la muestra adicional (Ver Anexo 11).

Séptimo, se estimó el tiempo estándar de las muestras de las operaciones de cambio de molde. Para lo cual, fue necesario realizar algunos cálculos, como a) el tiempo promedio observado de cada actividad de cambio de molde y b) el tiempo básico que considera la calificación del desempeño del operario y las tolerancias constantes y variables. En cuanto a la calificación de desempeño del operario se asignó un puntaje de 110, y valores de 9% para las tolerancias constantes y 13% para las tolerancias variables, siguiendo las recomendaciones sugeridas por la Organización Internacional del Trabajo (Ver Anexo 12).

Tabla 11 Tiempo estándar de la muestra de las operaciones de cambio de molde (segundos)

N° Act	Descripción detallada de la actividad	Tiempo estándar	Tiempo estándar acumulado
1	Detener máquina inyectora	39.83	39.83
2	Realizar limpieza del área	767.72	807.55
3	Comunicación al técnico de moldes	238.50	1046.05
4	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas	17.71	1063.76
5	Traslado de técnico al taller para buscar una herramienta	210.67	1274.43

6	Traslado de técnico del taller con la herramienta a la línea	18.40	1292.83
7	Retira mangueras de agua	390.98	1683.81
8	Retira mangueras hidráulicas	345.31	2029.11
9	Retira clamp del botador	180.91	2210.02
10	Retrocede botador a posición cero	25.52	2235.54
11	Cerrar el molde	28.98	2264.52
12	Coloca cáncamos	234.97	2499.49
13	Traslado de técnico a la posición del puente grúa	42.53	2542.02
14	Traslado de puente grúa	46.38	2588.40
15	Colocar cadena de puente grúa en molde	118.11	2706.51
16	Levantar cadena con uso de puente grúa	37.36	2743.88
17	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil	75.07	2818.95
18	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	117.73	2936.67
19	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil	113.17	3049.85
20	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija	76.26	3126.11
21	Realiza apertura de máquina	64.52	3190.63
22	Molde queda suspendido	61.01	3251.65
23	Retirar barra botadora	37.37	3289.01
24	Llevar molde hasta el área de moldes	171.87	3460.88
25	Colocar sobre una parihuela	50.99	3511.87
26	Coger el molde a montar	42.05	3553.92
27	Traslado del técnico con el molde a máquina	131.38	3685.30
28	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador	77.30	3762.60
29	Cerrar el molde	121.99	3884.60
30	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija	88.46	3973.05
31	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	116.75	4089.80
32	Abrir el molde	16.24	4106.04
33	Colocar la barra expulsora	237.03	4343.08
34	Cerrar el molde	76.72	4419.80
35	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil	169.83	4589.63
36	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil	194.07	4783.70
37	Retirar puente grúa	134.46	4918.16
38	Abrir el molde	65.72	4983.88
39	Realizar instalación de mangueras de agua	598.69	5582.57
40	Realizar prueba de circulación de agua	297.75	5880.33
41	Verificar fugas de agua por mangueras	77.81	5958.14
42	Traslado de técnico al taller a buscar mangueras hidráulicas	141.63	6099.77
43	Traslado de técnico a la línea con mangueras hidráulicas	48.85	6148.63
44	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	439.68	6588.30
45	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	379.56	6967.87
46	Traslado de técnico al taller a buscar terminales	153.98	7121.85
47	Traslado de técnico con terminales a la línea 12	63.17	7185.02
48	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	82.88	7267.90
49	Programar función de noyos en pantalla de máquina	468.75	7736.65
50	Realizar prueba de movimientos de core	286.66	8023.30

51	Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas	83.80	8107.11
52	Regular carrera del botador	97.04	8204.14
53	Colocar clamp de botador	98.61	8302.76
54	Realizar ajustes de altura de molde	237.22	8539.97
55	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	344.92	8884.89
56	Realizar prueba de movimientos en general	364.69	9249.59
57	Se entrega al operario de producción (volante)	142.45	9392.04

Nota: N° Act=número de actividad de cambio de molde

A partir de las 13 muestras observadas, se encontró un tiempo estándar de las operaciones de cambio de molde de 9,392.04 segundos, es decir 02:36:32.04 horas. Cabe resaltar que en la actualidad no existen registros históricos sobre el tiempo de las operaciones internas y externas ya que la empresa no discrimina las operaciones. Por lo tanto, el tiempo de paro de máquina o máquina detenida por cambio de molde es de 2 horas 36 minutos y 32 segundos.

3.1.4.2. Resultados de las herramientas de diagnóstico

En este apartado se explican los resultados del análisis de las herramientas de diagnóstico.

Análisis del diagrama de Ishikawa

Para analizar las causas del problema se utilizó el diagrama de Ishikawa, que es una herramienta básica de la calidad, que permite identificar las causas y subcausas del problema. Para ello, se analizan las causas del problema desde seis perspectivas de la producción, tales como: el factor personal o mano de obra, el factor de los materiales, el factor de las mediciones, el factor de la maquinaria, el factor de los métodos de trabajo y el factor del medio ambiente o entorno de trabajo. De esta forma, se puede determinar cuáles son las causas que afectan cada uno de estos aspectos importantes de la producción. Una vez realizado el análisis se encontraron los siguientes resultados:

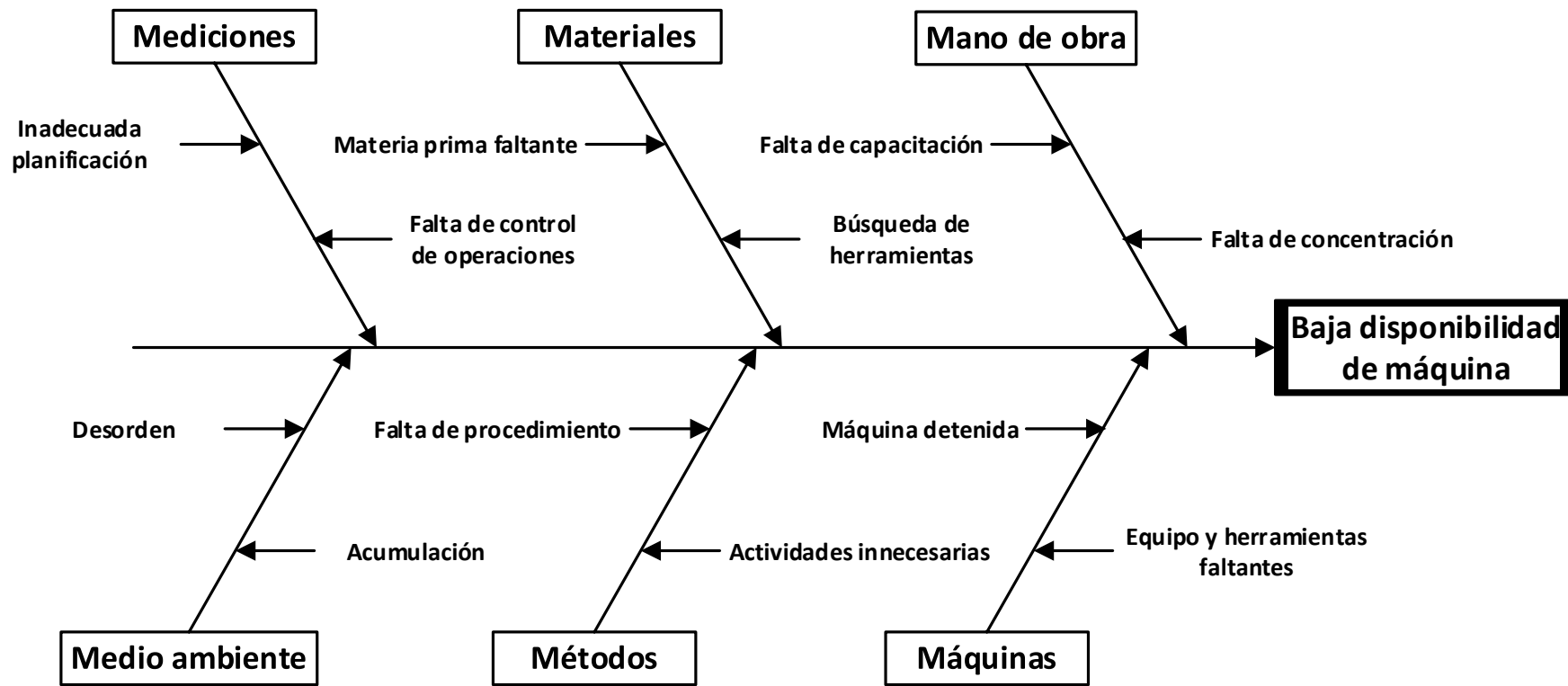


Figura 7 Diagrama de Ishikawa

- Las causas del problema relacionadas con el personal o mano de obra, están asociados con la falta de capacidad del operario, debido a la inexperiencia, ineptitud de habilidades y desconocimiento del personal, para realizar las operaciones de trabajo de la línea de inyección de PVC de producción de accesorios. Asimismo, están asociadas con la falta de concentración, debido a las distracciones, descuidos y fatiga de los operarios durante la jornada laboral.
- Las causas del problema relacionadas con el material, están la materia prima y material faltante, así como el traslado para búsqueda de herramientas faltantes por olvido en el taller.
- Las causas del problema relacionadas con las mediciones, están asociadas con la inadecuada planificación, porque hay desorganización. Así como, con la ausencia de control de operaciones que se refleja en el mayor número de actividades que no son necesarias e incrementan el tiempo de paro de máquina.
- Las causas del problema relacionadas con la maquinaria, están asociadas a la máquina detenida por el tiempo de paro por cambio de molde, así como las actividades innecesarias cuando falta un equipo como una manguera.
- Las causas del problema relacionadas con los métodos, están asociadas con los procedimientos de trabajo, debido a que no se han estandarizado las operaciones que se deben realizar. Asimismo, no hay un manual de procedimientos que delimite el flujo de las operaciones de trabajo, por lo cual se realizan actividades innecesarias.
- Las causas del problema relacionadas con el medio ambiente o entorno de trabajo, están asociadas con la falta de orden, debido a la acumulación de herramientas de trabajo o moldes de manera desorganizada, y al desorden, que causa dificultad durante la búsqueda y genera pérdida de tiempo.

Análisis del diagrama de Pareto

Posteriormente, se realizó el diagrama de Pareto para determinar las causas más frecuentes. Para ello, se consideraron las doce causas principales identificadas en el diagrama de Ishikawa.

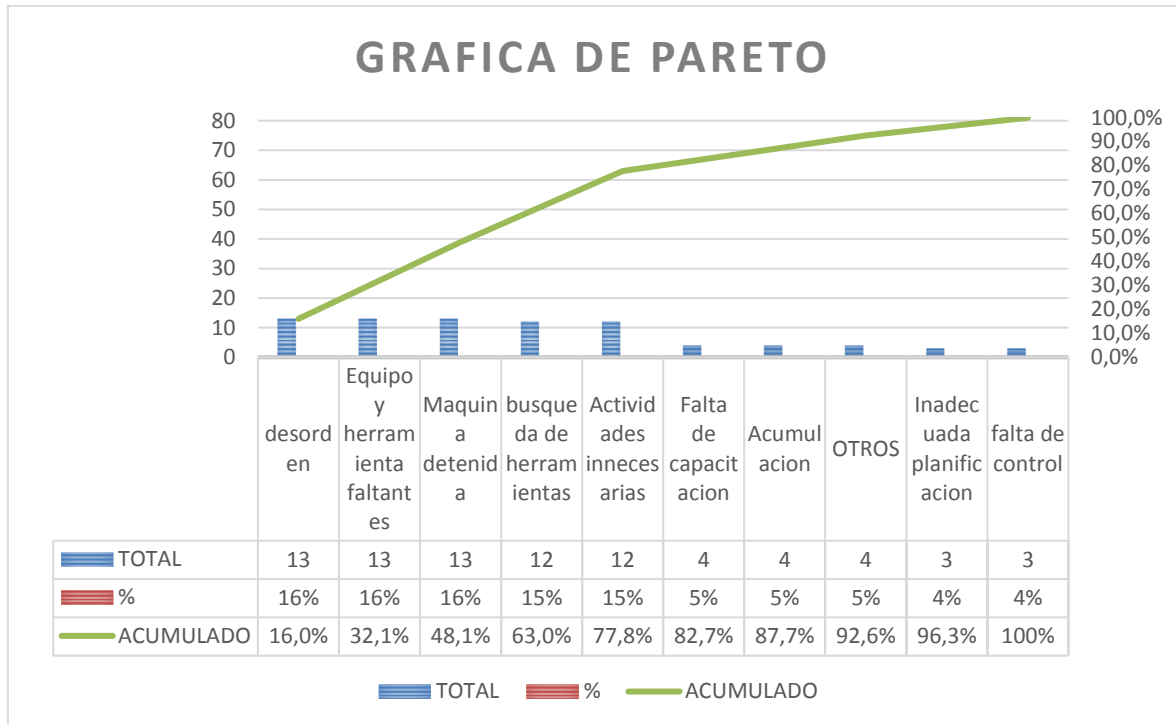


Figura 8 Análisis de Pareto

Una vez realizado el análisis, se identificó que las causas más frecuente que afectan la disponibilidad de la línea 12 de inyección de PVC representan el 82.7%, de las cuales, el desorden ocurre en el 16% de los casos, el equipo y herramientas faltantes en el 16% de los casos, la máquina detenida por cambio de molde en el 16% de los casos, las actividades innecesarias en el 16% de los casos, la búsqueda de herramientas en el 14.8% de los casos, la acumulación en el 14.8% de los casos, la falta de capacitación en el 4.9% de los casos, falta de control de operaciones en el 4.9% de los casos, inadecuada planificación en el 3.7% de los casos y otras en el en el 4.9% de los casos.

3.1.5. Situación actual de la variable dependiente

El tiempo programado de producción es de 8,760 horas, que corresponden a 3 turnos de trabajo, de 8 horas cada uno, y 365 días. El tiempo de paradas programadas incluye los tiempos de mantenimiento eléctrico, mantenimiento de moldes, mantenimiento mecánico, mantenimiento preventivo y el tiempo de programación. El tiempo total disponible corresponde a la diferencia del tiempo programado y las paradas programadas. El tiempo utilizado se refiere a la diferencia del tiempo disponible total y las paradas por cambio de molde, así como de las otras paradas no programadas (falta de material, falta de personal, falta de energía, calentamiento).

Tabla 12 Disponibilidad de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2018-2019

Descripción	2018	2019	Variación 19/18
Tiempo programado	8760	8760	0.00%
Paradas programadas	2,001.6	2,293.5	14.58%
Tiempo total disponible	6,758.4	6,466.5	-4.32%
Otras paradas no programadas	261.5	345.5	32.12%
Parada por cambio de molde	56.0	79.5	41.96%
Tiempo utilizado	6,440.9	6,041.5	-6.20%
Disponibilidad	95.30%	93.43%	-1.87%

Nota: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa Mexichem Perú S.A, 2019

A partir de lo cual, se aprecia que la disponibilidad del año 2018 fue de 95.30%, y en el año 2019 de 93.43%, es decir que la disponibilidad de la máquina se redujo en 1.87%.

3.2. Propuesta de Investigación.

3.2.1. Fundamentación.

La investigación se fundamenta en la aplicación de manera práctica de los hallazgos proporcionados por la metodología SMED, propios del conocimiento de la ingeniería industrial, para resolver un problema de la realidad que afecta la producción de una empresa peruana. Al aplicar principios de SMED, se espera reducir el tiempo de cambio de molde de las máquinas inyectoras, que participan

en el proceso productivo de accesorios de PVC. Con lo cual, se alcanzará una mayor disponibilidad de la máquina de inyección. En resumen al reducirse el tiempo de cambio de molde, se incrementa la disponibilidad de la máquina.

3.2.2. Objetivos de la propuesta.

A continuación se describen los objetivos de la propuesta de implementación de la Metodología SMED para la solución del problema.

Objetivo general:

Incrementar la disponibilidad de la máquina del proceso de inyección de PVC, a través de la reducción del tiempo de cambio de molde en la empresa Mexichem Perú S.A., período 2021.

Objetivo Específicos:

1. Proponer la capacitación de los operarios en la metodología SMED.
2. Aplicar la metodología SMED a las actividades de cambio de molde de inyección de la línea 12 de producción.
3. Aplicar la herramienta de 5's para optimizar el tránsito en el área de trabajo.

3.2.3. Estrategias de solución

Para la solución del problema del tiempo de desperdicio por cambio de molde (set-up) que origina un alto costo operacional, se propone desarrollar las siguientes estrategias:

Estrategia general:

Desarrollar actividades necesarias para guiar la implementación de la Metodología SMED con el propósito de reducir el tiempo de cambio de molde (set-up), y con ello incrementar el tiempo útil de fabricación, es decir la disponibilidad.

Estrategias Específicas:

1. Capacitar al personal del área a través de la capacitación en utilización de Metodología SMED, para reducir el tiempo de cambio de molde (set-up) y con ello incrementar el tiempo útil de fabricación. Para ello, se proponen dos actividades, como a) la invitación al personal a participar en la capacitación en SMED, que se realizará a través del envío de la comunicación por medio del correo electrónico

y whastapp, la publicación del tema, fecha y hora de capacitación en el cuadro de actividades semanales del área de producción, y el envío del recordatorio de capacitación a través del correo electrónico y la capacitar al personal de operarios en SMED; y b) la capacitación al personal por medio de la charla educativa en el uso de SMED, la presentación de SMED, y el material impreso de apoyo. Así como capacitar el personal en la técnica 5S y en procedimientos de operaciones de cambio de molde.

2. Utilizar la Metodología SMED a través del desarrollo de 3 pasos al proceso de cambio de molde de la línea 12 de inyección.
Para ello, se realizarán tres actividades, como a) la identificación y separación de las operaciones internas de las externas; b) la conversión de las operaciones internas a externas; y c) la reducción del tiempo.
3. Realizar las actividades de mejora para reducir el tiempo de cambio de molde, a través de la aplicación de la técnica de 5'S para mejorar el flujo de tránsito de los operarios y equipos en el área de trabajo.

Tabla 13 *Estrategias de solución*

Estrategia	Actividades	Procedimientos	Metas	Duración	Responsable	Presupuesto
Capacitar al personal del área a través de la capacitación en utilización de Metodología SMED, para reducir el tiempo de cambio de molde (set-up) y con ello incrementar el tiempo útil de fabricación; así como la capacitación en la técnica 5S y procedimientos de operaciones de cambio de molde.	Invitar al personal a participar en la capacitación en SMED	Enviar comunicación a través del correo electrónico.	Informar al 100% de los trabajadores del área.	14 días	Supervisor	S/ 2,415.00
		Publicar tema, fecha y hora de capacitación en el cuadro de actividades semanales del área.	Incentivar a la participación al 100% de los trabajadores del área.	14 días	Supervisor	
		Enviar recordatorio de capacitación a través del correo electrónico	Lograr una participación del 100% de los trabajadores del área.	1 día	Supervisor	
	Capacitar al personal en SMED	Realizar una charla educativa en el uso de SMED	Lograr una participación del 100% de los trabajadores del área.	1 día	Jefe	
	Capacitar en 5S	Presentar PPT en SMED Proporcionar material impreso de apoyo.				
	Capacitar en procedimientos	Proporcionar material impreso de apoyo.				
Utilizar la Metodología SMED a través del desarrollo de 3 pasos al proceso de cambio de molde de la línea 12 de inyección.	Identificar y separar las operaciones internas de las externas	Aplicar el formato FIPVCMP20180002	Medir el tiempo de las operaciones internas y externas.	3 días	Operarios	S/ 24,840.00
	Convertir las operaciones internas en externas	Aplicar el formato FIPVCMP20180002	Reducir las actividades internas.	30 días	Operarios	
	Reducción del tiempo	Aplicar el formato FIPVCMP20180002	Reducir el tiempo de las actividades internas.	3 días	Operarios	
Realizar las actividades de mejora para reducir el tiempo de cambio de molde.	Aplicar 5'S	Aplicar el formato FIPVCMP20180005	Mantener el lugar de trabajo ordenado y limpio.	60 días	Operarios	S/ 8,750

Las actividades necesarias para desarrollar cada estrategia de solución, los procedimientos necesarios, las metas que se espera lograr con cada actividad propuesta, los responsables de cada actividad y el presupuesto, se muestran en la siguiente tabla.

3.2.4. Cronograma de actividades de la propuesta.

Las actividades de la propuesta SMEd se realizarán en el periodo de Enero a Junio del 2021. El detalle de las actividades se mencionó anteriormente en el apartado

Actividades	Fecha		Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun			
	F. inicial	F. final	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Invitación de capacitación	02/01/2021	30/01/2021	■	■	■																					
Envío de comunicación de invitación por correo electrónico SMED	02/01/2021	08/01/2021	■																							
Publicación de tema, fecha y hora de capacitación en el cuadro de actividades semanales del área SMED	09/01/2021	15/01/2021		■																						
Envío de recordatorio de capacitación a través del correo electrónico SMED	16/01/2021	22/01/2021			■																					
Capacitación a operarios SMED	23/01/2021	23/01/2021				■																				
Realizar una charla educativa en el uso de SMED	23/01/2021	23/01/2021				■																				
Presentar PPT en SMED	23/01/2021	23/01/2021				■																				
Proporcionar material impreso de apoyo SMED	23/01/2021	23/01/2021				■																				
Identificar y separar las operaciones internas de las externas SMED	02/02/2021	05/02/2021					■																			
Convertir las operaciones internas en externas	02/02/2021	05/02/2021					■																			
Reducción del tiempo	02/02/2021	05/02/2021					■																			
Invitación de capacitación 5S	02/02/2021	28/02/2021					■	■	■	■																
Envío de comunicación de invitación por correo electrónico 5S	02/02/2021	08/02/2021					■																			
Publicación de tema, fecha y hora de capacitación en el cuadro de actividades semanales del área 5S	09/02/2021	15/02/2021						■																		
Envío de recordatorio de capacitación a través del correo electrónico 5S	16/02/2021	22/02/2021							■																	
Capacitación a operarios 5S	23/02/2021	23/02/2021								■																
Realizar una charla educativa en el uso de 5S	23/02/2021	23/02/2021								■																
Presentar PPT en 5S	23/02/2021	23/02/2021								■																
Proporcionar material impreso de apoyo 5S	23/02/2021	23/02/2021								■																

Actividades	Fecha		Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun			
	F. inicial	F. final	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Invitación de capacitación procedimientos	02/03/2021	30/03/2021																								
Envío de comunicación de invitación por correo electrónico procedimientos	02/03/2021	08/03/2021																								
Publicación de tema, fecha y hora de capacitación en el cuadro de actividades semanales del área procedimientos	09/03/2021	15/03/2021																								
Envío de recordatorio de capacitación a través del correo electrónico procedimientos	16/03/2021	22/03/2021																								
Capacitación a operarios procedimientos	23/03/2021	23/03/2021																								
Realizar una charla educativa en el uso de procedimientos	23/03/2021	23/03/2021																								
Presentar PPT en procedimientos	23/03/2021	23/03/2021																								
Proporcionar material impreso de apoyo procedimientos	23/03/2021	23/03/2021																								
Aplicar 5'S	27/03/2021	20/04/2021																								
Evaluación de capacitación SMED	10/05/2021	10/05/2021																								
Evaluación de capacitación 5S	06/06/2021	06/06/2021																								
Evaluación de capacitación procedimientos	26/06/2021	26/06/2021																								

Figura 9 Cronograma de la propuesta SMED

3.2.5. Recursos empleados.

Para el desarrollo de la propuesta de solución SMED para incrementar la disponibilidad de la línea de inyección 12, a través de la reducción del tiempo de cambio de molde, se emplearon algunos recursos humanos, materiales y económicos que serán necesarios para la implementación de la propuesta en la empresa.

I. Recursos humanos.-

a. 01 Jefe de área

- Presentar la propuesta de implementación de la Metodología SMED, para incrementar la disponibilidad en los procesos de fabricación en el área de inyección de PVC en el segundo semestre del año 2021, a la gerencia de la empresa Mexichem Perú S.A.
- Dirigir y organizar la implementación de la propuesta.
- Dirigir la charla educativa de capacitación en el uso de SMED al supervisor y operarios del área.
- Controlar y medir el cumplimiento de los indicadores de la propuesta.

b. 01 Supervisor

- Organizar al personal de operarios y supervisar que se cumplan los procedimientos para la aplicación de SMED en el área.
- Organizar al personal de operarios y supervisar que se cumplan los procedimientos para la aplicación de 5'S en el área.

c. 3 Operarios de trabajo.

- Participar activamente en el proceso de SMED y proponer soluciones a los problemas que se presenten.

II. Recursos materiales.-

Para el control de las operaciones, se proponen los siguientes formatos, los cuales deberán entregarse impresos a los operarios, para su correcto llenado, de acuerdo a las indicaciones que recibieron durante la capacitación de SMED. Una vez llenados los formatos, estos deberán ser entregados al asistente de área para que ingrese los formatos impresos al sistema informático, con la finalidad de tener disponible la información para el análisis de los supervisores y jefes de área. Cabe resaltar que los formatos se adjuntan sin llenar en los anexos, ya que son formatos guía para la observación de los procedimientos de cambio de molde. Para el desarrollo de la metodología SMED, se propone que los operarios del área de inyección de PVC llenen los siguientes formatos impresos:

- Formato para toma de tiempo de cambio de molde FIPVCMP20210001 (Ver Anexo 13).
- Formato de flujograma de actividades del proceso de cambio de molde (Ver Anexo 14).
- Formato para la separación de actividades, conversión de actividades internas a externas, reducción de tiempo de las operaciones internas y eliminación de actividades innecesarias (Ver Anexo 15).

III. Recursos económicos.-

Se presentan los gastos generales necesarios por rubros, bienes y servicios que se realizarán durante la planificación, ejecución y finalización de la propuesta de investigación. El costo total estimado de la propuesta es de 36,005.00 soles

Tabla 14 Presupuesto de la propuesta

Actividades Propuestas	Unidades	Costo Total	2021						Costo total 2021-I
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Capacitación al personal en SMED, 5S y procedimientos									
Invitar al personal	25	3.60	90.00						90.00
Charla educativa en el uso de SMED, 5S y procedimientos	25	58.00	1,450.00						1,450.00
Material educativo impreso de apoyo, 5S y procedimientos	25	35.00	875.00						875.00
Implementar la Metodología SMED									
Impresión de formatos de toma de tiempos de actividades	23	180.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	24,840.00
Análisis de tiempos de cambio de molde	25	290.00							0.00
Aplicación de 5'S									
Materiales para la aplicación de 5'S	25	350.00		8,750.00					8,750.00
Total costo propuesto			6,555.00	12,890.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	4,140.00	36,005.00

3.2.6. Aplicación de la metodología SMED del proceso de cambio de molde de inyección de PVC.

Para realizar el análisis SMED se consideró evaluar las actividades de cambio de molde a través de tres etapas, como a) identificar y separar las operaciones internas y externas; b) convertir las operaciones internas en externas; c) reducir el tiempo de las operaciones internas y eliminar las actividades innecesarias.

a. Identificar y separar las operaciones internas y externas.

Considerando el tiempo estándar observado, se identificaron y separaron las operaciones internas y externas del proceso de cambio de molde de la línea 12.

Análisis SMED						
Estudio N°: 1			Departamento: Inyección			
Elaborado por: Elvis Manyari			Línea: 12			
Aprobado por: Flider Agüero			Operación:			
Operario: José Sandoval			Turno: 1			
Fecha Inicio: 02/10/2020			Máquina: HAITIAN 5300 MA			
Fecha Final: 02/10/2020			Método: Actual			
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)			Número de página: 1			
				Operaciones		Observaciones
N°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa	
1	Detener máquina inyectora	39.83	0	39.83		
2	Realizar limpieza del área	807.55	4		767.72	Falta de procedimiento
3	Comunicación al técnico de moldes	1046.05	100		238.50	
4	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas	1063.76	100		17.71	Herramientas desordenadas
5	Traslado de técnico al taller para buscar una herramienta	1274.43	100		210.67	Herramientas desordenadas
6	Traslado de técnico del taller con la herramienta a la línea	1292.83	100		18.40	Herramientas desordenadas
7	Retira mangueras de agua	1683.81	15	390.98		Falta de conectores rápidos
8	Retira mangueras hidráulicas	2029.11	15	345.31		Falta de procedimiento
9	Retira clamp del botador	2210.02	3	180.91		Diseño inadecuado
10	Retrocede botador a posición cero	2235.54	0	25.52		
11	Cerrar el molde	2264.52	0	28.98		
12	Coloca cáncamos	2499.49	2		234.97	
13	Traslado de técnico a la posición del puente grúa	2542.02	100		42.53	
14	Traslado de puente grúa	2588.40	100		46.38	Procedimiento inadecuado

15	Colocar cadena de puente grúa en molde	2706.51	3	118.11		
16	Levantar cadena con uso de puente grúa	2743.88	0	37.36		
17	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil	2818.95	6	75.07		
18	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	2936.67	3	117.73		
19	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil	3049.85	3	113.17		
20	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija	3126.11	6	76.26		
21	Realiza apertura de máquina	3190.63	0	64.52		
22	Molde queda suspendido	3251.65	0	61.01		
23	Retirar barra botadora	3289.01	3	37.37		Diseño inadecuado
24	Llevar molde hasta el área de moldes	3460.88	90		171.87	Procedimiento inadecuado
25	Colocar sobre una parihuela	3511.87			50.99	
26	Coger el molde a montar	3553.92	5		42.05	
27	Traslado del técnico con el molde a máquina	3685.30	95		131.38	Procedimiento inadecuado
28	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador	3762.60	0	77.30		
29	Cerrar el molde	3884.60	0	121.99		
30	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija	3973.05	3	88.46		
31	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	4089.80	6	116.75		
32	Abrir el molde	4106.04	0	16.24		Procedimiento inadecuado
33	Colocar la barra expulsora	4343.08	3	237.03		Diseño inadecuado
34	Cerrar el molde	4419.80	0	76.72		Procedimiento inadecuado
35	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil	4589.63	3	169.83		
36	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil	4783.70	6	194.07		
37	Retirar puente grúa	4918.16		134.46		
38	Abrir el molde	4983.88	0	65.72		
39	Realizar instalación de mangueras de agua	5582.57	6	598.69		Falta de conectores rapido
40	Realizar prueba de circulación de agua	5880.33	0	297.75		Procedimiento inadecuado
41	Verificar fugas de agua por mangueras	5958.14	6		77.81	Procedimiento inadecuado
42	Traslado de técnico al taller a buscar mangueras hidráulicas	6099.77	100		141.63	Procedimiento inadecuado
43	Traslado de técnico a la línea con mangueras hidráulicas	6148.63	100		48.85	
44	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	6588.30	6	439.68		Procedimiento inadecuado
45	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	6967.87	6	379.56		Procedimiento inadecuado
46	Traslado de técnico al taller a buscar terminales	7121.85	100		153.98	Procedimiento inadecuado
47	Traslado de técnico con terminales a la línea 12	7185.02	100		63.17	
48	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	7267.90	10		82.88	
49	Programar función de noyos en pantalla de máquina	7736.65	0		468.75	
50	Realizar prueba de movimientos de core	8023.30	0		286.66	
51	Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas	8107.11	10		83.80	
52	Regular carrera del botador	8204.14	0		97.04	
53	Colocar clamp de botador	8302.76	3	98.61		

54	Realizar ajustes de altura de molde	8539.97	0	237.22		
55	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	8884.89	0	344.92		
56	Realizar prueba de movimientos en general	9249.59	0	364.69		
57	Se entrega al operario de producción (volante)	9392.04	6		142.45	
	Total	9392.04	1327	5771.84	3620.19	

Figura 10 Separación de operaciones internas y externas

Nota: To=Tiempo estándar acumulado, D=Distancia, seg=segundos, m=metros

Se observaron 34 operaciones internas con un tiempo de 5,771.84 segundos (01:36:11.84 horas) y 23 operaciones externas con un tiempo de las operaciones externas de 3,620.19 segundos (01:00:20.19 horas), lo cual representa un tiempo de cambio de molde con máquina detenida de 9,392.04 segundos (02:36:32.04 horas). En la actualidad se considera la suma de las operaciones internas y externas como tiempo de cambio de molde total, que es el tiempo que se aprecia en los registros históricos del sistema de la empresa.

- b. Convertir las operaciones internas en externas. En esta fase ninguna de las operaciones internas fue convertida a externa.
- c. Reducir el tiempo de las operaciones internas y eliminar las actividades innecesarias. En esta etapa se redujo el tiempo de desperdicio de las operaciones internas, y se eliminaron las actividades innecesarias.

Análisis SMED								
Estudio N°: 2				Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Manyari				Línea: 12				
Aprobado por: Flider Agüero				Operación:				
Operario: José Sandoval				Turno: 1				
Fecha Inicio: 05/10/2020				Máquina: HAITIAN 5300 MA				
Fecha Final: 05/10/2020				Método: Actual				
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)				Número de página: 1				
				Operaciones		Cambio		
N	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa	Eliminar	Mover a externa	Reducir interna
1	Detener máquina inyectora	39.83	0	39.83				
2	Realizar limpieza del área	807.55	4		767.72	767.72		

3	Comunicación al técnico de moldes	1046.05	100		238.50	238.50		
4	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas	1063.76	100		17.71			
5	Traslado de técnico al taller para buscar una herramienta	1274.43	100		210.67	210.67		
6	Traslado de técnico del taller con la herramienta a la línea	1292.83	100		18.40	18.40		
7	Retira mangueras de agua	1683.81	15	390.98				305.98
8	Retira mangueras hidráulicas	2029.11	15	345.31				305.31
9	Retira clamp del botador	2210.02	3	180.91				
10	Retrocede botador a posición cero	2235.54	0	25.52				
11	Cerrar el molde	2264.52	0	28.98				
12	Coloca cáncamos	2499.49	2		234.97			
13	Traslado de técnico a la posición del puente grúa	2542.02	100		42.53	42.53		
14	Traslado de puente grúa	2588.40	100		46.38	46.38		
15	Colocar cadena de puente grúa en molde	2706.51	3	118.11				88.11
16	Levantar cadena con uso de puente grúa	2743.88	0	37.36				30.00
17	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil	2818.95	6	75.07				
18	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	2936.67	3	117.73				97.73
19	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil	3049.85	3	113.17				93.17
20	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija	3126.11	6	76.26				
21	Realiza apertura de máquina	3190.63	0	64.52				
22	Molde queda suspendido	3251.65	0	61.01				
23	Retirar barra botadora	3289.01	3	37.37				
24	Llevar molde hasta el área de moldes	3460.88	90		171.87	171.87		
25	Colocar sobre una parihuela	3511.87			50.99	50.99		
26	Coger el molde a montar	3553.92	5		42.05			
27	Traslado del técnico con el molde a máquina	3685.30	95		131.38	131.38		
28	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador	3762.60	0	77.30				
29	Cerrar el molde	3884.60	0	121.99				
30	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija	3973.05	3	88.46				
31	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	4089.80	6	116.75				96.75
32	Abrir el molde	4106.04	0	16.24		16.24		
33	Colocar la barra expulsora	4343.08	3	237.03				157.03
34	Cerrar el molde	4419.80	0	76.72				
35	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil	4589.63	3	169.83				104.83
36	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil	4783.70	6	194.07				104.07
37	Retirar puente grúa	4918.16		134.46				114.46
38	Abrir el molde	4983.88	0	65.72				
39	Realizar instalación de mangueras de agua	5582.57	6	598.69				503.69
40	Realizar prueba de circulación de agua	5880.33	0	297.75				
41	Verificar fugas de agua por mangueras	5958.14	6		77.81	77.81		

42	Traslado de técnico al taller a buscar mangueras hidráulicas	6099.77	100		141.63	141.63		
43	Traslado de técnico a la línea con mangueras hidráulicas	6148.63	100		48.85	48.85		
44	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	6588.30	6	439.68				
45	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	6967.87	6	379.56				
46	Traslado de técnico al taller a buscar terminales	7121.85	100		153.98	153.98		
47	Traslado de técnico con terminales a la línea 12	7185.02	100		63.17	63.17		
48	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	7267.90	10		82.88			
49	Programar función de noyos en pantalla de máquina	7736.65	0		468.75			
50	Realizar prueba de movimientos de core	8023.30	0		286.66			
51	Verificar que no haya fuga de aceite por mangueras hidráulicas	8107.11	10		83.80	83.80		
52	Regular carrera del botador	8204.14	0		97.04			
53	Colocar clamp de botador	8302.76	3	98.61				
54	Realizar ajustes de altura de molde	8539.97	0	237.22				
55	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	8884.89	0	344.92				
56	Realizar prueba de movimientos en general	9249.59	0	364.69				
57	Se entrega al operario de producción (volante)	9392.04	6		142.45			
	Total	9392.04	1327	5771.84	3620.19	2263.93	0.00	2001.14

Figura 11 Cambio de operaciones internas a externas

Nota: To=Tiempo estándar, D=Distancia, seg=segundos, m=metros

Se eliminaron 16 actividades (10 actividad interna y 6 actividades externas) que representan un tiempo de 2,263.93 segundos (00:37:43.93 horas), y se redujo el tiempo de 12 actividades internas de 2,001.14 segundos (00:33:21.14 horas).

Análisis SMED							
Estudio N°: 3			Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Manyari			Línea: 12				
Aprobado por: Flider Agüero			Operación:				
Operario: José Sandoval			Turno: 1				
Fecha Inicio: 07/10/2020			Máquina: HAITIAN 5300 MA				
Fecha Final: 07/10/2020			Método: Actual				
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)			Número de página: 1				
					Operaciones		Mejora propuesta
N°	Descripción detallada de la actividad		To (seg)	D (m)	Interna	Externa	
1	Detener máquina inyectora		39.83	0	39.83		
2	Traslado de técnico de moldes a la línea con su coche de herramientas		57.53	4		17.71	Implementar coches de herramientas completas para cada técnico

3	Retira mangueras de agua	363.51	100	305.98		Implementar conector
4	Retira mangueras hidráulicas	668.82	100	305.31		Mejorar procedimiento
5	Retira clamp del botador	849.73	100	180.91		
6	Retrocede botador a posición cero	875.25	100	25.52		
7	Cerrar el molde	904.23	15	28.98		
8	Coloca cáncamos	1139.19	15		234.97	
9	Colocar cadena de puente grúa en molde	1227.31	3	88.11		
10	Levantar cadena con uso de puente grúa	1257.31	0	30.00		
11	Retirar 1 chuleta lado posterior al operario parte móvil	1332.38	0	75.07		
12	Retirar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	1430.11	2	97.73		
13	Retirar 1 chuleta lado operario parte móvil	1523.28	100	93.17		
14	Retirar 2 chuletas lado operario parte fija	1599.55	100	76.26		
15	Realiza apertura de máquina	1664.07	3	64.52		
16	Molde queda suspendido	1725.08	0	61.01		
17	Retirar barra botadora	1762.45	6	37.37		
18	Coger el molde a montar	1804.50	3		42.05	
19	Posicionar el molde en máquina con ayuda del disco centrador	1881.79	3	77.30		
20	Cerrar el molde	2003.79	6	121.99		
21	Colocar 2 chuletas lado operario parte fija	2092.24	0	88.46		
22	Colocar 2 chuletas lado posterior al operario parte fija	2189.00	0	96.75		
23	Colocar la barra expulsora	2346.03	3	157.03		Mejorar procedimiento
24	Cerrar el molde	2422.75	90	76.72		Implementar
25	Colocar 1 chuleta lado operario placa parte móvil	2527.58		104.83		
26	Colocar 1 chuleta lado posterior al operario placa parte móvil	2631.65	5	104.07		
27	Retirar puente grúa	2746.11	95	114.46		
28	Abrir el molde	2811.84	0	65.72		
29	Realizar instalación de mangueras de agua	3315.53	0	503.69		Implementar conector
30	Realizar prueba de circulación de agua	3613.28	3	297.75		Mejorar procedimiento
31	Realizar instalación de mangueras hidráulicas	4052.96	6	439.68		Mejorar procedimiento
32	Realizar instalación de micro interruptor (microswitch)	4432.52	0	379.56		Mejorar procedimiento
33	Se realiza inspección de las instalaciones realizadas	4515.41	3		82.88	
34	Programar función de noyos en pantalla de máquina	4984.16	0		468.75	
35	Realizar prueba de movimientos de core	5270.81	3		286.66	
36	Regular carrera del botador	5367.85	6		97.04	
37	Colocar clamp de botador	5466.46		98.61		
38	Realizar ajustes de altura de molde	5703.68	0	237.22		
39	Regular fuerza de cierre necesaria para el tipo de molde	6048.60	6	344.92		
40	Realizar prueba de movimientos en general	6413.29	0	364.69		
41	Se entrega al operario de producción (volante)	6555.74	6		142.45	
	Total	6555.74	222	5183.25	1372.50	

Figura 12 Reducción de operaciones internas

Nota: To=Tiempo estándar, D=Distancia, seg=segundos, m=metros

Como resultado de la eliminación de actividades, el nuevo proceso de cambio de molde estaría integrado por 41 actividades con un tiempo estándar de 7,128.10 segundos (01:58:48.10 horas), de las cuales las actividades internas tienen un tiempo de 5,183.25 segundos (01:26:23.25 horas) y las operaciones externas tienen un tiempo de 1,372.50 segundos (00:22:52.50 horas).

Tabla 15 Resultado del tiempo de cambio de molde actual y propuesto

Tiempo de cambio de molde	Actual	Propuesto
Tiempo de máquina detenida	9,392.04 segundos	5,183.25 segundos
Tiempo de máquina detenida	02:36:32.04 horas	01:26:23.25 horas

Por lo tanto, el tiempo de cambio de molde inicial con máquina detenida de 9,392.04 segundos (02:36:32.04 horas) se reduce a 5,183.25 segundos (01:26:23.25 horas) de máquina detenida. Es decir se aprecia una reducción de 44.81% del tiempo de cambio de molde del proceso de inyección de accesorios de PVC.

3.2.7. Aplicación de 5'S

Se aplicaron los principios de la herramienta 5'S para resolver las causas del problema de desorden en el área de la línea de inyección y en el almacén de herramientas y moldes.

- a. Clasificación.- Se clasificaron las herramientas del carro portador de herramientas, con la finalidad de retirar las herramientas que no participan en el proceso de cambio de molde de inyección.
- b. Orden.- Se determinó el lugar indicado para posicionar el carro de herramientas en el área de trabajo, así como los moldes en el taller de moldes.
- c. Limpieza.- Se procedió a la eliminación de la suciedad y desperdicios en el área de trabajo.
- d. Higiene y visualización.- Se capacitó a los operarios para prevenir que se repitan la desorganización, el desorden, y la falta de limpieza.

- e. Mantener la disciplina.- Se generó una cultura de disciplina que garantiza y conserva el orden y limpieza en el área de trabajo.

3.2.8. Aplicación del plan de capacitación

Se propone la aplicación de un plan de capacitación a los operarios en la metodología SMED, 5S y procedimientos de trabajo de actividades de cambio de molde, para estandarizar los procedimientos y evitar el tiempo perdido.

- a. Introducción: el plan de capacitación es importante porque proporciona herramientas de conocimiento a los operarios, que les permiten adquirir mayor destreza y eficacia en su desempeño laboral en el área de trabajo.
- b. Alcance: Incluye la participación de los operarios, supervisor y jefe de área de trabajo.
- c. Perfil del capacitador: El jefe de área es la persona indicada para desempeñar la función de capacitador, ya que cuenta con el perfil profesional, conocimientos sobre técnicas y herramientas de mejora continua de procedimientos, experiencia, habilidades de comunicación, compromiso y motivación, para la enseñanza a los trabajadores. Por lo tanto, el jefe del área de inyección es la persona responsable de dirigir y brindar los recursos necesarios para la capacitación, como la enseñanza, separatas, presentaciones, evaluaciones, etc.
- d. Participantes de la capacitación: Participan en la capacitación los operarios y el supervisor.
- e. Duración: La capacitación sobre SMED, 5S y procedimientos de trabajo para realizar las operaciones de cambio de molde se realizarán en el periodo de enero a junio de 2021. El detalle de las fechas de inicio se aprecia en el cronograma de actividades de la propuesta del apartado 3.2.4.
- f. Objetivo del plan de capacitación: Proporcionar mayores destrezas a los operarios para mejorar su desempeño.

- g. Temas a desarrollar: En cuanto a los temas a desarrollar en cada una de las capacitaciones se proporcionarán un número de conceptos de aprendizaje diferentes. A continuación se presentan los temas a desarrollar en cada una de las capacitaciones.

Tabla 16 *Temas del plan de capacitación*

Capacitación	Temas a desarrollar
Metodología SMED	Concepto, importancia y metodología de aplicación de la técnica SMED.
Herramienta 5S	Concepto, importancia y metodología de aplicación de la técnica 5S.
Procedimientos de trabajo	Concepto, importancia y metodología de aplicación de los procedimientos de trabajo para garantizar la calidad y mejora continua.

- h. Evaluación: Se evaluó la utilidad de la capacitación en los operarios, con la finalidad de conocer si la información proporcionada es útil para mejorar sus destrezas durante el trabajo.

Figura 13 Ficha de evaluación de utilidad de capacitación

Evaluación a los Colaboradores

Colaborador	
Área	
Fecha	
Actividad	

Descripción de la Actividad	Tiempo Promedio	Tiempo realizado
Capacitación SMED		
Capacitación 5S		
Capacitación procedimientos de trabajo		

Documentos considerados	SI	NO
¿Considera útil la información proporcionada?		
¿Considera que podrá utilizar el conocimiento adquirido en el futuro?		
¿Considera que el capacitador proporcionó los conocimientos para su aprendizaje?		
¿Considera que el material proporcionado es útil para su aprendizaje?		
¿Considera que puede aplicar los conocimientos adquiridos al método de trabajo?		
¿Considera que puede aplicar los conocimientos adquiridos a otros procesos de trabajo?		

Observaciones:

3.2.9. Situación de la variable dependiente con la propuesta.

Debido a que la investigación es una propuesta no se implementan las soluciones; por tal motivo, no se puede verificar el resultado final con la propuesta.

Tabla 17 Disponibilidad de la línea 12 de inyección de PVC – periodo 2019-2021

Descripción	2019	2021	Variación 21/19
Tiempo programado	8760	8760	0.00%
Paradas programadas	2,293.5	2,293.5	0.00%
Tiempo total disponible	6,466.5	6,466.5	0.00%
Paradas no programadas	345.5	345.5	0.00%
Paradas por cambio de molde	79.5	43.9	-44.81%
Tiempo utilizado	6,041.5	6,077.1	0.59%
Disponibilidad	93.43%	93.98%	0.55%

Nota: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la empresa Mexichem Perú S.A, 2019

En tal sentido, para observar la variación en la variable dependiente disponibilidad, se ha considerado para el año 2021 el supuesto de que todas las variables son constantes, excepto la variable parada por cambio de molde, a la cual, se le aplica la reducción del tiempo de 44.81%, con lo que se obtiene un tiempo de cambio de molde de 43.9 horas. En consecuencia, se aprecia un incremento de la disponibilidad de 0.55%.

3.2.10. Análisis beneficio/costo de la propuesta.

Costo de la propuesta

El costo total de la propuesta SMED es de S/ 36,005.00 soles.

Beneficio de la propuesta

Para estimar el beneficio de la propuesta, se consideró el tiempo de máquina detenida actual y propuesto, así como la variación del tiempo propuesto con respecto al tiempo actual, para estimar el costo del tiempo disponible de máquina en funcionamiento. El valor del tiempo perdido por hora de la producción de PVC es de S/ 3,190.35 soles. A partir de lo cual, se observa un beneficio de S/ 113,658.73 soles.

Tabla 18 Beneficio de la propuesta SMED

Descripción	Actual	Propuesto	Variación
Tiempo de máquina detenida por cambio de molde (horas)	79.50	43.87	35.63
Pérdida de máquina detenida x hora (soles)	3,190.35	3,190.35	
Pérdida total por máquina detenida (soles)	253,632.83	139,974.10	
Beneficio total			113,658.73

A partir del beneficio estimado, se calcula el beneficio costo de la propuesta de aplicación de la metodología SMED al proceso de cambio de molde de inyección de la línea 12. El beneficio costo de la propuesta SMED es de S/ 3.16 soles, es decir que por cada sol invertido en la propuesta, el beneficio es de 3.16 soles.

Tabla 19 Beneficio costo de la propuesta

Concepto	Valor
Total Beneficios (soles)	113,658.73
Total Costos (soles)	36,005.00
Beneficio costo	3.16

3.2.11. Discusión de resultados.

A partir de los análisis realizados, se encontró que es posible reducir el tiempo de cambio de molde en 44.81%, al pasar de un tiempo de cambio de molde inicial con máquina detenida de 9,392.04 segundos (02:36:32.04 horas) a un tiempo propuesto de 5,183.25 segundos (01:26:23.25 horas) de máquina detenida. A partir de lo cual, se aprecia que se puede lograr un incremento de 0.55%, al pasar de una disponibilidad de 93.43% en el año 2019, a una disponibilidad con un valor propuesto de 93.98%.

En la investigación se logró una reducción del tiempo de cambio de molde de 44.81%; de manera similar, Pertuz (2018) demostró que aplicando la herramienta SMED se logra que los tiempos de alistamiento disminuyan en 38% al pasar de 240 minutos (4 horas) a 150 minutos (2.5 horas). Por lo tanto, se concluye que la metodología SMED es una herramienta de gran utilidad que permite a las empresas gestionar la reducción del tiempo muerto para lograr un mayor tiempo de funcionamiento de la producción. Asimismo, Lascano (2015) demostró que

aplicando la metodología SMED, se logra reducir el tiempo de cambio de formato en 59%, al pasar de 2 horas 9 minutos a 1 hora 20 minutos.

De forma similar, Carvajal y Villalobos (2017) demostraron que se redujo el tiempo de cambio de molde de la inyectora en 66% al pasar de 1 de 6.91 a 2.32 horas; el tiempo de cambio de molde de la inyectora 2 se redujo en 81% al pasar de 8.85 a 1.67 horas; y el tiempo de cambio de molde de la inyectora 3 se redujo en 75% al pasar de 6.70 a 1.67 horas; con lo cual, la disponibilidad de las máquinas de inyección se incrementa en 6.36% al pasar de 80.50% (727.65 horas) a 86.86% (865.92 horas). De igual manera Castillo (2017) redujo el tiempo de cambio de molde en 25.49%

También, Arboleda y Rubiano (2017) lograron la disminución del tiempo de cambio de molde en un 66.77% es decir 1,297 minutos 42 segundos de ahorro de tiempo, que representan 38,931 minutos al año. A su vez, Alarcón (2014) demostró que se redujo el tiempo de paro por cambio de molde de 125 minutos (67,6%) a 56 minutos (52%). De manera similar, Ipanaque (2019) logró una reducción de tiempo de cambio de molde de 62.85%, al pasar de 110.98 a 30.17 minutos.

Igualmente, Valderrama (2018) consiguió que se redujera el tiempo de cambio de referencia en 59%, pasar de 176.9 minutos a 111 minutos. Por su parte, Díaz (2018) obtuvo una reducción del tiempo de cambio de molde en 42.22%, al pasar de 1.5 horas a 0.87 horas. Además, Fernández (2016) obtuvo la reducción del tiempo de cambio de molde aproximadamente en 63% (2 horas), al pasar de 3 horas y 19 minutos a 1 hora y 18 minutos. Por su lado, Gamarra (2016) como resultado de su estudio logró obtener la reducción del tiempo de cambio de molde en 82%, al pasar de 210.44 minutos a 38.47 minutos. También Castro (2016) obtuvo una reducción del tiempo de cambio de molde en 25%, al pasar de 80 a 60 minutos.

Por otra parte, del resultado obtenido en la disponibilidad, se observa un incremento de 0.55%. A su vez, Lascano (2015) logró un incremento de la disponibilidad de 0.12% en el cambio de formato de la línea de envasado de cerveza. Asimismo, Alarcón (2014) logró el incremento de la disponibilidad de la máquina en funcionamiento en 10.67%, al pasar de 344 minutos (57.33%) a 498.58 minutos (69%). A su vez, Gamarra (2016) logró conseguir un aumento de la disponibilidad de la máquina en 2%, al pasar de 77% a 79%.

En tal sentido, sostiene que la metodología SMED es una herramienta de muy útil que permite a las empresas la reducción del tiempo del tiempo de cambio de formato para lograr un mayor tiempo de funcionamiento de la producción, con lo cual se obtiene una mayor disponibilidad (Lascano, 2015; Pertuz, 2018).

CAPITULO IV

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se concluye que se cumplió con el primer objetivo específico, ya que como resultado del diagnóstico inicial del análisis documental se observó que el tiempo de cambio de molde de la línea 12 del proceso de inyección de PVC en el año 2019 registró un valor de 79.5 horas y una disponibilidad de la máquina de 93.43%. Además, se concluye como resultado del análisis de tiempos, que el tiempo estándar de las operaciones de cambio de molde de la muestra es de 9,392.04 segundos, es decir 02:36:32.04 horas. Asimismo, se concluye como resultado del análisis del diagrama de Ishikawa que las principales causas del problema fueron el desorden, el tiempo de máquina detenida por cambio de molde, entre otros. De forma similar, se concluye como resultado del análisis de Pareto que el 82.7% de las causas del problema, son el desorden ocurre en el 16% de los casos, el equipo y herramientas faltantes en el 16% de los casos, la máquina detenida por cambio de molde en el 16% de los casos, las actividades innecesarias en el 16% de los casos, la búsqueda de herramientas en el 14.8% de los casos, la acumulación en el 14.8% de los casos.
2. Se concluye que se cumplió con el segundo objetivo específico, ya que como resultado de la propuesta de investigación, se concluye que el tiempo propuesto de cambio de molde es de 5,183.25 segundos (01:26:23.25 horas) de máquina detenida. Por lo tanto, el tiempo de cambio de molde inicial con máquina detenida de 9,392.04 segundos (02:36:32.04 horas) se reduce en 44.81%. Asimismo, como resultado de la situación de la variable dependiente con la propuesta se aprecia que la disponibilidad se incrementa en 0.55%.
3. Se concluye que se cumplió con el tercer objetivo específico, ya que como resultado del análisis de beneficio costo se obtuvo un costo de S/ 36,005.00 soles y un beneficio de S/ 113,658.73 soles, Por lo tanto, el beneficio costo de la propuesta SMED es de S/ 3.16 soles, es decir

que por cada sol invertido en la propuesta, el beneficio es de 3.16 soles.

4. Se concluye que se cumplió con el objetivo general, ya que como resultado de la investigación se logra reducir el tiempo de cambio de molde en 44.81%, al pasar de un tiempo inicial de 9,392.04 segundos (02:36:32.04 horas) a un tiempo propuesto de 5,183.25 segundos (01:26:23.25 horas) de máquina detenida. Lo cual, incrementa la disponibilidad de máquina en 0.55%, al pasar de un valor inicial de 93.43% a un valor propuesto de 93.98%

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda, analizar los procesos de cambio de molde de PVC en la fábrica, con la finalidad de reducir los tiempos, e incorporar actividades como el orden y limpieza para reducir los tiempos de máquina en paro.
2. Para conseguir los objetivos, es necesario utilizar técnicas que permitan afrontar los retos. Por ello se recomienda la metodología SMED, para reducir los tiempos de las operaciones internas, aumentando el tiempo de funcionamiento, que permita a las empresas tener un mayor tiempo disponible de producción, para alcanzar los tiempos planificados y obtener una mayor eficiencia..
3. Para aumentar la flexibilidad de producción, es necesario disminuir los tiempos de las operaciones internas. Por lo tanto, se recomienda utilizar la metodología SMED para reducir las horas de paro, que representan costos de recursos humanos, de instalación y materiales como la energía, el desgaste de las herramientas, entre otros, ya que el mejor aprovechamiento de los recursos favorecerá la eficacia de la producción promoviendo una mayor producción de unidades.
4. Dada la importancia que representa para las empresas industriales mejorar todos los procesos de cambios en los formatos de fabricación, se recomienda revisar cada uno de los procesos de las líneas de producción, para determinar las actividades indispensables que deben formar parte del proceso de cambio de formato y eliminar aquellas actividades que representan un desperdicio de tiempo y de recursos, lo que permitirá responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda.

REFERENCIAS

- Aguilar, N. (2016). Aplicación de SMED en el cambio de formato para incrementar la productividad de una blistera en el área de empaque de un laboratorio farmacéutico – Lima. Tesis para la optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Alarcón, A. (2014). Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico. (Tesis de maestría en Sistemas de Producción y Productividad, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8043/1/TESIS.pdf>
- Arboleda, J. & Rubiano, F. (2017). Aplicación de técnica de Lean Manufacturing en el proceso de cambio de moldes en una pequeña empresa de alimentos. *Revista Colección Académica de Ciencias Estatégicas – Universidad Pontificia Bolivariana*, 4(2), 53-71. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/297180537.pdf>
- Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación: Serie integral por competencias*. (1a ed.). México D.F.: Grupo editorial Patria.
- Beltrán, M. & Marcilla, A. (2012). *Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades*. (1a ed.). Alicante: Editorial Universidad de Alicante.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación: Ciencias Sociales*. (4a ed.). México: Pearson.
- Carrasco, S. (2009). Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima: Ed. San Marcos.
- Carrasco, S. (2006). Metodología de investigación científica. Lima: Ed. San Marcos.
- Carvajal, J. & Villalobos, M. (2017). Rediseño de la gestión de las operaciones (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica). Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4960/41302%20Vol.%20I.pdf>

- Castillo, R. (2017). Reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección de preformas de la Compañía Plásticos Team S.A.S. (Tesis de maestría en Gestión de Plantas Industriales. Universidad de San Buenaventura, Santiago de Cali, Ecuador). Recuperado de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4313/1/Reduccion_tiempos_cambio_castillo_2017.pdf
- Castro, J. (2016). Propuesta de implementación de la metodología lean manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado pet de la empresa Ajeper S.A. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú). Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11577/Gamarra%20Marino%20H%C3%A9ctor%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2008). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros. (12va ed.). México: McGraw-HILL.
- Cuatrecasas, L. (2011). Organización de la producción y dirección de operaciones. Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Madrid: Editorial Díaz Santos.
- Del Vigo, I. & Villanueva, J. (2009). Reducción de tiempos de fabricación con el sistema SMED *Técnica Industrial*, (279), 34-41. Recuperado de <https://docplayer.es/47174105-Reduccion-de-tiempos-de-fabricacion-con-el-sistema-smed.html>
- Díaz, C. (2018). Aplicación de metodología SMED para reducir tiempos de cambio en formato de la línea de embotellado Grupo Bebidas Refrigerantes S.A. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú). Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15256>
- Díaz, D. (2017). Aplicación de la técnica SMED para mejorar la Productividad en el Área de Torno de la empresa Sergo Industrial S.A, Lima 2016. Tesis para la optar del título de Ingeniero Industrial. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Fernández, B. (2016). Reducir tiempo de entrega mejorando el tiempo de cambio de molde en empresa de plásticos de Lima, Perú. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial y Comercial, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú). Recuperado de

http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/2580/1/2016_Fernandez_Reducir-tiempo-de-entrega.pdf

- Gamarra, H. (2016). Propuesta de implementación de un sistema de aspiración basado en la metodología Lean Manufacturing en el proceso de extrusión, para incrementar la capacidad de producción en una empresa productora de alimento balanceado acuícola. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú). Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11577?show=full>
- Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. México: McGraw-Hill.
- Hernández, J. & Vizán, A. (2013). Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. (1a ed.). Madrid: Editorial Escuela de Organización Industrial.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6a ed.). México: McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. (2a ed.). Ciudad de México: Editorial Mc Graw Hill Education.
- Ipanaque, K. (2019). Aplicación de la metodología SMED para incrementar la productividad en la línea 2 de transformación en una empresa manufacturera Lima-2019. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, Lima, Perú). Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47855/Ipanaque_MKA-SD.pdf
- Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones. Procesos y cadena de valor. (8a ed.). México: Pearson Educación.
- Lascano, J. (2015). Aumento de productividad en el proceso de cambio de formato utilizando SMED para el caso de envasado de cerveza. (Tesis de licenciatura en Ingeniería de Producción Industrial, Universidad de las Américas, Quito, Ecuador). Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4578/1/UDLA-EC-TIPI-2015-16.pdf>
- Minor, O. (2015). Aplicación de la metodología SMED en una línea de empaque de fármacos. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad

- Nacional Autónoma de México, México D. F., México). Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5453>
- Lema, H. (2014). Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- López, B. (2007). Aplicación del SMED para la solución de problemas en el proceso de fabricación por termocompresión. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial, Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, Pachuca, México.
- López, C. (2001). 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Base de la mejora continua. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-y-shitsuke-base-de-la-mejora-continua/>
- Mexichem Perú (2019). Mexichem in Perú. Recuperado de: <https://www.mexichem.com/countries/Perú/>
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>
- Orozco, E. (2016). Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas Todo Sport. Chiclayo – 2015. Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Señor de Sipán, Perú.
- Peñaherrera, P. (2013). Aplicación de la herramienta Single Minute Exchange Of Die (SMED) en el proceso de extrusión de la planta de preparación de la Empresa Continental Tire Andina S.A. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial, Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Pertuz, A. (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. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Barranquilla, Colombia). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18111/72245661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Prokopenko, J. (1989). La gestión de la productividad: manual práctico. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo
- Quezada, L. (2010). Metodología de la investigación: Estadística aplicada en la investigación. Lima: Editora Macro.
- Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. (1a ed.). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Ramos, E. y Vento, G. (2013). Propuesta de mejora en el área de producción de sólidos para un laboratorio farmacéutico. Tesis para la optar el título de Magister en Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rau, J., Nakama, K., & Cisneros, V. (2019). *Guía de investigación en Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Industrial*. (1a ed.). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sundar, A., Balaji, A., & SatheeshKumar, R. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, p. 1875-1885.
- Tecser Chile. (2014) ¿Qué es una máquina inyectora? Recuperado de: <http://www.tecserchile.com/que-es-una-máquina-inyectora/>
- Valderrama, J. (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. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, Lima, Perú). Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34921/VALDERRAMA_RJ.pdf
- Valderrama, S. (2007). Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Ed. San Marcos.
- Valderrama, S. (2014). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima: Ed. San Marcos.
- Vargas, P. (2017). Qué es el moldeo por Inyección de Plástico. Recuperado de: <https://www.privarsa.com.mx/moldeo-por-inyección-de-plastico/>
- Vásquez, D. (2011). Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el área: Construcción de llantas de camión radial de la empresa

Continental Tire Andina S.A. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1691/15/UPS-CT002299.pdf>

- Vera, C. (2014). Implementación de las técnicas smed en el montaje de matrices en el área de Metalistería de la Planta Mabe Ecuador. Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Villa, J. (2014). Diseño de un modelo de flexibilización de manufactura para el mejoramiento de los procesos de fabricación de galletas crackers utilizando herramientas de lean manufacturing. Tesis para obtener el título de Magister en Ingeniería, Universidad Nacional De Colombia, Medellín, Colombia.
- Villaseñor, A. (2009). Manual de Lean Manufacturing. México D. F.: Editorial Limusa.

ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento de la empresa

Solicitud de permiso de investigación en la empresa

Lima, 10 de agosto de 2020

Sr. JUAN CARLOS MAZZARRI DUQUE - GERENTE DE PRODUCCION

Presente

Estimado Sr. JUAN CARLOS MAZZARRI DUQUE

Como parte de la formación de pregrado de los futuros Licenciados en Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán, se considera imprescindible la ejecución de actividades de investigación.

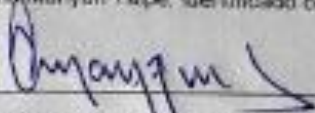
El estudiante a cargo de la elaboración de la investigación Elvis Manyari Taipei, identificado con DNI N° 40549141, se encuentra investigando la temática *Propuesta de implementación de la Metodología SMED en el área de inyección de accesorios de PVC, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021*, cuyo tutor asignado es el Mg Luis Roberto Larrea Colchado.

Por lo tanto, estoy interesado en realizar esta investigación con la participación de los operarios del área de inyección de accesorios que laboran en la empresa *Mexichem Perú*. El propósito de esta solicitud es conseguir la aprobación pertinente de la empresa, para analizar el proceso de las operaciones de cambio de molde de inyección, con la finalidad de elaborar una propuesta para reducir el tiempo de cambio de molde e incrementar la disponibilidad de la máquina. Una vez terminada la propuesta, se presentará un informe con los alcances y beneficios que aportará la propuesta de mejora a la empresa.

Además, se informa a la empresa, que la investigación no representa ninguna clase de gastos de recursos económicos o de activos de la empresa, así como no interfiere de ninguna manera en los procedimientos operativos del área de inyección de la empresa. También, se informa que la información proporcionada por la empresa es de carácter confidencial, por lo cual, se guardará reserva de la misma.

Sin más que agregar, se despide atentamente.

Elvis Manyari Taipei, identificado con DNI N° 40549141



Aprobado por: Juan Carlos Mazzari Duque
Gerente de Producción Wavin Perú - C.E. 001521842

Anexo 2. Validez de instrumento de la variable dependiente: Ficha de análisis documental de la disponibilidad – Juez 1

Solicitud

Estimado (a) señor (a): DAVID CARLOS LIPE

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis documental de la Disponibilidad, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,


DNI. 40887839


Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD

N°	DIMENSIONES/ÍTEMES	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Tiempo planificado de producción $TTD = \sum TP - HPP$ TTD: Tiempo total disponible TP: Tiempo programado HPP: Horas de paradas programadas	X		X		X		
1	DIMENSION 2: Tiempo real de producción $TD = \sum TTD - HPP$ TU: Tiempo utilizado TTD: Tiempo total disponible HPP: Horas de paradas No programadas	X		X		X		
2	DIMENSION 3: Tiempo disponible $TD = \frac{\sum TU}{\sum TTD} \times 100$ TD: Tiempo disponible porcentaje	X		X		X		
3								

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable (X)**

Aplicable después de corregir ()

No Aplicable ()

Apellidos y nombres del Juez Evaluador: D. Davin Parataller Lopez DNI: 40887737
 Especialidad del Evaluador: Juec. IN DORTI 2001

Nota: _____
 Referencia: El Item corresponde al concepto bécico formulado.
 Relevancia: El Item es apropiado para representar la dimensión específica.
 Cuidad: El Item es esencial, exacto y directo.
 Diferencia: Los Items planteados son suficientes para medir la dimensión.

Fecha: 14 de Septiembre del 2020
 Firma del Experto Validador: _____

Anexo 1. Instrumento Ficha de análisis documental de la Disponibilidad

Descripción	2019	2021	Variación 21/19
Tiempo programado (horas)			
Paradas programadas (horas)			
Tiempo total disponible (horas)			
Paradas no programadas (horas)			
Paradas por cambio de molde (horas)			
Tiempo utilizado (horas)			
Disponibilidad (porcentaje)			

Anexo 3. Validez de instrumento de la variable dependiente: Ficha de análisis documental de la disponibilidad – Juez 2

Solicitud

Estimado (a) señor (a): Juan Luis Galindo Solano

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis documental de la Disponibilidad, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,


71212124



Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD

N°	DIMENSION/ESTIERS	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Tiempo planificado de producción $TTD = \sum TP - HPP$ TTD: Tiempo total disponible TP: Tiempo programado HPP: horas de paradas programadas	X		X		X		
1	DIMENSION 2: Tiempo real de producción $TU = \sum TTD - HPPNP$ TU: Tiempo utilizado TTD: Tiempo total disponible HPP: horas de paradas No programadas	X		X		X		
2	DIMENSION 3: Tiempo disponible $TD = \frac{\sum TU}{\sum TTD} \times 100$ TD: Tiempo disponible porcentaje	X		X		X		
3								


Opinión de aplicabilidad: Aplicable No Aplicable

Aplicable después de cumplir No Aplicable

No Aplicable Aplicable

Apellidos y nombres del Juez Evaluador: Grando Sabas Juan Luis DNI: 31212134
 Especialidad del Evaluador: Ingeniería Industrial

Nota:
 Puntaje: El bien corresponde al concepto bñno sumado.
 Rubrica: El bien es apto para representar la denominación específica.
 Cambio: El bien es estándar, estado y grado.
 Suficiencia: Los bienes planteados son suficientes para medir la operación.

Fecha: 14 de Diciembre del 2020
 Firma del Experto Validador: 

Anexo 1. Instrumento Ficha de análisis documental de la Disponibilidad

Descripción	2019	2021	Variación 21/19
Tiempo programado (horas)			
Paradas programadas (horas)			
Tiempo total disponible (horas)			
Paradas no programadas (horas)			
Paradas por cambio de molde (horas)			
Tiempo utilizado (horas)			
Disponibilidad (porcentaje)			

Anexo 4. Validez de instrumento de la variable dependiente: Ficha de análisis documental de la disponibilidad – Juez 3

Solicitud

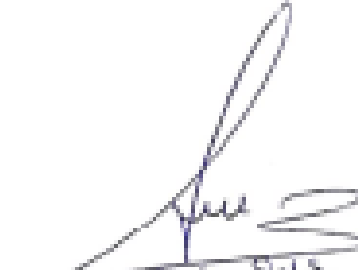
Estimado (a) señor (a): Ing. Carlos Enrique Solis Ochoa

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis documental de la Disponibilidad, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

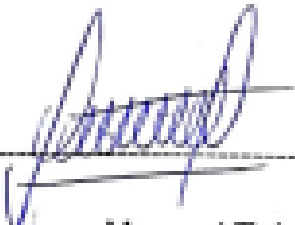
Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,



Ing. Carlos Solis
DNI 48313240



Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD

N°	DIMENSIONES/ÍTEMS	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSION 1: Tiempo planificado de producción $TTD = \sum TP - HPP$ TTD: Tiempo total disponible TP: Tiempo programado HPP: Horas de paradas programadas	X		X		X		
1	DIMENSION 2: Tiempo real de producción $TU = \sum TTD - HPP$ TU: Tiempo utilizado TTD: Tiempo total disponible HPP: Horas de paradas No programadas	X		X		X		
	DIMENSION 3: Tiempo disponible $TD = \frac{\sum TU}{\sum TTD} \times 100$ TD: Tiempo disponible porcentaje	X		X		X		
3								

Opinion de aplicabilidad: Aplicable (X)

Aplicable después de corregir ()

No Aplicable ()

Apellidos y nombres del Juez Evaluador: Solis Otileno Gales Enrique DNI: 42315240
 Especialidad del Evaluador: Industria Industrial

Nota:
 Referencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.
 Referencia: El ítem es apropiado para representar la dimensión específica.
 Cantidad: El ítem es entendible, exacto y directo.
 Suficiencia: Los ítems parciales son suficientes para medir la dimensión.

Fecha: 14 de Diciembre del 2020
 Firma del Experto Valador: 
José Carlos Solís
 DNI 42315240

Anexo 1. Instrumento Ficha de análisis documental de la Disponibilidad

Descripción	2019	2021	Variación 21/19
Tiempo programado (horas)			
Paradas programadas (horas)			
Tiempo total disponible (horas)			
Paradas no programadas (horas)			
Paradas por cambio de molde (horas)			
Tiempo utilizado (horas)			
Disponibilidad (porcentaje)			

Anexo 5. Validez de instrumento de la variable independiente: Ficha de análisis de observación del tipo de cambio de molde – Juez 1

Solicitud

Estimado (a) señor (a): DAVID ROARITZALES LIPE

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,


DNI 40387539.



Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGIA SIED

N	DIMENSIONES/ÍTEM	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	<p>DIMENSION 1: Separación de las operaciones internas y externas</p> <p>$TPC_1 = \sum OI + OE$</p> <p>TPCo: Tiempo de parada por cambio de molde inicial</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OE: Tiempo de operaciones externas</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	<p>DIMENSION 2: Conversión de las operaciones internas a externas</p> <p>$OI = \sum OIIC$</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OIC: Tiempo de operaciones internas después de conversión a externas</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<p>DIMENSION 3: Reducción del tiempo de las operaciones internas</p> <p>$TPC_{SIED} = \sum OIR$</p> <p>TPCaic: Tiempo de parada por cambio de molde con SIED</p> <p>OIR: Tiempo de operaciones internas después de reducción y eliminación de actividades innecesarias</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3								

Observaciones (Precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable ()

Aplicable después de corregir ()

Apellidos y nombres del Juez Evaluador:

DAVID CASAPACE

Lic.º

Especialidad del Evaluador:

ING. INDUSTRIAL

Nota:

Preferencia: El Item corresponde al concepto técnico formulado.

Referencia: El Item es apropiado para representar la emisión específica.

Claridad: El Item es entendible, exacto y directo.

Suficiencia: Los Items planteados son suficientes para medir la emisión.

No Aplicable ()

DNI: 410612857

Fecha: 14 de Diciembre del 2020

Firma del Experto Validador

Anexo 2. Instrumento Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde

Análisis SMED 1						
Estudio N°: 1			Departamento: Inyección			
Elaborado por: Elvis Manyari			Línea: 12			
Aprobado por:			Operación:			
Operario:			Turno: 1			
Fecha Inicio:			Máquina:			
Fecha Final:			Método: Actual			
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)			Número de página: 1			
N°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Operaciones		Observaciones
				Interna	Externa	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Total						

Análisis SMED 2								
Estudio N°: 2				Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Mariani				Línea: 12				
Aprobado por:				Operación:				
Operario:				Turno: 1				
Fecha Inicio:				Máquina:				
Fecha Final:				Método: Actual				
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)				Número de página: 1				
				Operaciones		Cambio		
N	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa	Eliminar	Mover a externo	Reducir interna
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
	Total							

Análisis SMED 3							
Estudio N°: 2				Departamento: Inyección			
Elaborado por: Elvis Mariani				Línea: 12			
Aprobado por:				Operación:			
Operario:				Turno: 1			
Fecha Inicio:				Máquina:			
Fecha Final:				Método: Propuesto			
Tipo de cronometraje: Vueltas a cero (x)				Número de página: 1			
					Operaciones		Mejora propuesta
n°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
Total							

Anexo 6. Validez de instrumento de la variable independiente: Ficha de análisis de observación del tipo de cambio de molde – Juez 2

Solicitud

Estimado (a) señor (a): Juan Luis Gerardo Salas

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,



71212174



Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGIA SMED

N°	DIMENSIONES/SISTEMAS	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	<p>DIMENSION 1: Separación de las operaciones internas y externas</p> <p>$TPC_s = \sum OI + OE$</p> <p>TPCo: Tiempo de parada por cambio de molde inicial</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OE: Tiempo de operaciones externas</p>	X		X		X		
1	<p>DIMENSION 2: Conversión de las operaciones internas a externas</p> <p>$OI = \sum OI/DC$</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OII: Tiempo de operaciones internas después de conversión a externas</p>	X		X		X		
2	<p>DIMENSION 3: Reducción del tiempo de las operaciones internas</p> <p>$TPC_{ajuto} = \sum OIR$</p> <p>TPC_{ajuto}: Tiempo de parada por cambio de molde con SMED</p> <p>OIR: Tiempo de operaciones internas después de reducción y eliminación de actividades innecesarias</p>	X		X		X		
3								

Observaciones (Precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad:

Apellidos y nombres del Juez Evaluador: Galindo

Aplicable

Aplicable después de corregir

Especialidad del Evaluador: Ingeniería

Industriales

Nota:

Pertinencia: El item corresponde al concepto técnico planteado.

Referencia: El item es apropiado para representar la dimensión específica.

Cuidado: El item es errático, vago y obscuro.

Exclusión: Los items planteados son suficientes para medir la dimensión.

No Aplicable
DNI: 31212134

Fecha: 14 de Diciembre del 2008


Firma del Depsito Validador

Anexo 2. Instrumento Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde

Análisis SMED 1						
Estudio N°: 1			Departamento: Inyección			
Elaborado por: Elvis Manyari			Línea: 12			
Aprobado por:			Operación:			
Operario:			Turno: 1			
Fecha Inicio:			Máquina:			
Fecha Final:			Método: Actual			
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)			Número de página: 1			
N°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Operaciones		Observaciones
				Interna	Externa	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Total						

Análisis SMED 2								
Estudio N°: 2				Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Mariani				Línea: 12				
Aprobado por:				Operación:				
Operario:				Turno: 1				
Fecha Inicio:				Máquina:				
Fecha Final:				Método: Actual				
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)				Número de página: 1				
				Operaciones		Cambio		
N	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa	Eliminar	Mover a externo	Reducir interna
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
	Total							

Análisis SMED 3						
Estudio N°: 2		Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Mariani		Línea: 12				
Aprobado por:		Operación:				
Operario:		Turno: 1				
Fecha Inicio:		Máquina:				
Fecha Final:		Método: Propuesto				
Tipo de cronometraje: Vueltas a cero (x)		Número de página: 1				
				Operaciones		Mejora propuesta
n°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Interna	Externa	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Total						

Anexo 7 Validez de instrumento de la variable independiente: Ficha de análisis de observación del tipo de cambio de molde – Juez 3

Solicitud

Estimado (a) señor (a): Ing. Carlos Enrique Solís Ochoa

Motiva la presente el solicitar su valiosa colaboración en la revisión del instrumento anexo, el cual tiene como objetivo de obtener la validación del instrumento de investigación: Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde, que se aplicará para el desarrollo de la tesis con fines de titulación, denominada "Propuesta de implementación de la metodología SMED en el área de inyección de accesorios de pvc, para incrementar la disponibilidad de los equipos de la empresa Mexichem Perú 2021."

Acudo a usted debido a sus conocimientos y experiencias en la materia, los cuales aportarían una útil y completa información para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Gracias por su valioso aporte y participación.

Atentamente,



Ing. Carlos Enrique Solís Ochoa
DNI: 48315440



Manyari Taipe, Elvis

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA SMED

N°	DIMENSIONES/ITEMS	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	<p>DIMENSIÓN 1: Separación de las operaciones internas y externas</p> <p>$TPC_e = \sum OI + OE$</p> <p>TPCo: Tiempo de parada por cambio de molde inicial</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OE: Tiempo de operaciones externas</p>	X		X		X		
2	<p>DIMENSIÓN 2: Conversión de las operaciones internas a externas</p> <p>$OI = \sum OI D^C$</p> <p>OI: Tiempo de operaciones internas</p> <p>OII: Tiempo de operaciones internas después de conversión a externas</p>	X		X		X		
3	<p>DIMENSIÓN 3: Reducción del tiempo de las operaciones internas</p> <p>$TPC_{GABA} = \sum OIR$</p> <p>TPC_{WCO}: Tiempo de parada por cambio de moldeen SMED</p> <p>OIR: Tiempo de operaciones internas después de reducción y eliminación de actividades innecesarias</p>	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia):			
Opinión de aplicabilidad:		Aplicable (M)	No Aplicable ()
Apellidos y nombres del Juez Evaluador:	Solis Octavo Cobos	Aplicable después de corregir ()	
Especialidad del Evaluador:	Ingeniería Industrial		DNI: 49315240
Nota:			Fecha: 14 de Diciembre del 2020
Relevancia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.			
Referencia: El ítem es apropiado para representar la dimensión específica.			
Claridad: El ítem es entendible, exacto y directo.			
Suficiencia: Los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.			
			Firma del Experto Validador Ing. Cobos Oct. DNI: 49315240

Anexo 2. Instrumento Ficha de análisis de observación del tiempo de cambio de molde

Análisis SMED I						
Estudio N°: 1			Departamento: Inyección			
Elaborado por: Elvis Manyari			Línea: 12			
Aprobado por:			Operación:			
Operario:			Turno: 1			
Fecha Inicio:			Máquina:			
Fecha Final:			Método: Actual			
Tipo de cronometraje: Volta a cero (x)			Número de página: 1			
N°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Operaciones		Observaciones
				Interna	Externa	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Total						

Análisis SMEED 1								
Estudio N°: 2				Departamento: Inyección				
Elaborado por: Elvis Mamyari				Línea: 12				
Aprobado por:				Operación:				
Operario:				Turno: 1				
Fecha Inicio:				Máquina:				
Fecha Final:				Método: Actual				
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)				Número de página: 1				
N	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (no)	Operaciones		Eliminar	Cambio	
				Interna	Externa		Mover a externa	Reducir interna
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
	Total							

Análisis SMED 3						
Estudio N°: 2			Departamento: Inspección			
Elaborado por: Ulvis Maryari			Línea: 12			
Aprobado por:			Operación:			
Operario:			Turno: 1			
Fecha Inicio:			Máquina:			
Fecha Final:			Método: Propuesto			
Tipo de cronometraje: Vuelta a cero (x)			Número de página: 1			
N°	Descripción detallada de la actividad	To (seg)	D (m)	Operaciones		Mejora propuesta
				Interna	Externa	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Total						

Anexo 8 Muestra inicial toma de tiempo operaciones de cambio de molde (horas)

N° Act.	Cronometraje (Vuelta a cero)									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1	00:00:28.03	00:00:29.45	00:00:29.32	00:00:30.23	00:00:31.03	00:00:30.65	00:00:27.45	00:00:29.76	00:00:30.56	00:00:31.56
2	00:09:32.28	00:09:35.54	00:09:22.43	00:09:25.63	00:09:35.32	00:09:30.12	00:09:27.65	00:09:35.87	00:09:37.65	00:09:35.98
3	00:02:56.32	00:02:59.76	00:02:54.12	00:02:58.19	00:02:55.65	00:02:57.61	00:02:56.54	00:02:58.90	00:02:56.32	00:02:59.87
4	00:00:13.50	00:00:13.67	00:00:12.54	00:00:13.23	00:00:12.29	00:00:13.12	00:00:13.34	00:00:13.90	00:00:13.76	00:00:13.98
5	00:02:36.23	00:02:39.53	00:02:33.76	00:02:35.74	00:02:25.32	00:02:45.23	00:02:39.59	00:02:37.34	00:02:39.32	00:02:39.56
6	00:00:13.25	00:00:14.13	00:00:12.65	00:00:13.99	00:00:14.18	00:00:13.15	00:00:13.79	00:00:13.87	00:00:13.87	00:00:14.78
7	00:04:55.22	00:04:58.53	00:04:35.67	00:04:51.65	00:04:40.49	00:04:50.42	00:04:50.43	00:04:57.78	00:04:58.89	00:04:59.78
8	00:04:13.21	00:04:23.34	00:04:02.13	00:04:20.73	00:04:25.76	00:04:15.67	00:04:16.89	00:04:15.89	00:04:15.97	00:04:11.54
9	00:02:12.45	00:02:19.65	00:02:15.18	00:02:23.74	00:02:08.27	00:02:15.65	00:02:09.67	00:02:13.65	00:02:15.78	00:02:15.76
10	00:00:19.32	00:00:19.34	00:00:19.45	00:00:20.12	00:00:17.69	00:00:18.78	00:00:18.54	00:00:20.65	00:00:19.76	00:00:18.65
11	00:00:19.57	00:00:21.54	00:00:21.99	00:00:22.78	00:00:21.87	00:00:21.56	00:00:21.76	00:00:20.87	00:00:21.97	00:00:22.78
12	00:02:54.52	00:02:58.78	00:02:45.87	00:02:50.12	00:02:55.13	00:02:57.45	00:02:55.87	00:02:54.52	00:02:55.76	00:02:57.64
13	00:00:30.31	00:00:30.65	00:00:32.21	00:00:32.65	00:00:33.76	00:00:31.56	00:00:32.79	00:00:32.34	00:00:30.31	00:00:30.31
14	00:00:33.86	00:00:35.56	00:00:32.67	00:00:34.53	00:00:32.80	00:00:35.67	00:00:35.65	00:00:34.78	00:00:36.89	00:00:33.76
15	00:01:35.90	00:01:25.56	00:01:28.67	00:01:24.39	00:01:30.89	00:01:23.12	00:01:26.89	00:01:30.76	00:01:26.56	00:01:32.76
16	00:00:26.58	00:00:27.89	00:00:29.69	00:00:27.93	00:00:28.98	00:00:27.28	00:00:27.23	00:00:28.56	00:00:25.78	00:00:28.78
17	00:00:54.86	00:00:56.67	00:00:56.78	00:00:55.49	00:00:57.34	00:00:55.37	00:00:54.67	00:00:58.98	00:00:51.76	00:00:56.79
18	00:01:26.42	00:01:29.65	00:01:30.45	00:01:30.39	00:01:25.87	00:01:25.65	00:01:23.98	00:01:25.89	00:01:28.90	00:01:32.98
19	00:01:22.42	00:01:28.78	00:01:19.67	00:01:25.47	00:01:27.32	00:01:24.13	00:01:20.32	00:01:22.65	00:01:20.67	00:01:25.56
20	00:00:52.86	00:00:56.13	00:00:59.67	00:00:55.18	00:00:58.13	00:00:58.24	00:00:54.49	00:00:57.54	00:00:55.87	00:00:59.07
21	00:00:48.24	00:00:47.65	00:00:49.59	00:00:45.75	00:00:50.09	00:00:47.49	00:00:46.19	00:00:50.87	00:00:49.56	00:00:45.24
22	00:00:42.78	00:00:45.32	00:00:45.78	00:00:44.89	00:00:43.12	00:00:46.38	00:00:45.13	00:00:48.98	00:00:46.76	00:00:47.98
23	00:00:26.12	00:00:28.47	00:00:30.39	00:00:28.65	00:00:26.71	00:00:28.65	00:00:27.05	00:00:27.89	00:00:26.98	00:00:28.12
24	00:02:02.76	00:02:13.34	00:02:09.89	00:01:59.98	00:02:10.37	00:02:05.17	00:02:05.21	00:02:08.65	00:02:11.76	00:02:09.76
25	00:00:35.87	00:00:37.54	00:00:37.62	00:00:38.65	00:00:39.54	00:00:39.54	00:00:34.54	00:00:36.76	00:00:38.93	00:00:39.25
26	00:00:29.15	00:00:33.23	00:00:32.63	00:00:31.38	00:00:31.21	00:00:31.38	00:00:29.87	00:00:32.15	00:00:29.24	00:00:32.17
27	00:01:37.52	00:01:41.65	00:01:35.98	00:01:26.39	00:01:41.15	00:01:36.78	00:01:39.79	00:01:38.76	00:01:38.54	00:01:37.49
28	00:00:55.60	00:00:59.78	00:00:58.73	00:00:55.28	00:00:56.23	00:00:57.87	00:00:57.39	00:00:59.18	00:00:56.99	00:00:58.76
29	00:01:32.39	00:01:36.21	00:01:25.76	00:01:27.46	00:01:26.38	00:01:31.34	00:01:34.65	00:01:33.54	00:01:25.91	00:01:35.09
30	00:01:03.63	00:01:05.29	00:01:05.29	00:01:08.86	00:01:10.56	00:01:01.37	00:01:06.18	00:01:04.24	00:01:08.71	00:01:06.42
31	00:01:22.53	00:01:26.64	00:01:35.79	00:01:24.67	00:01:30.04	00:01:25.47	00:01:26.75	00:01:26.65	00:01:25.43	00:01:25.78
32	00:00:11.09	00:00:12.54	00:00:12.32	00:00:12.23	00:00:12.54	00:00:12.27	00:00:11.54	00:00:12.65	00:00:11.89	00:00:11.79
33	00:02:56.18	00:03:09.61	00:02:55.65	00:02:58.43	00:02:51.31	00:02:46.95	00:02:57.54	00:02:57.89	00:02:59.45	00:02:56.18
34	00:00:55.45	00:00:59.16	00:00:55.98	00:00:59.28	00:00:58.78	00:00:55.67	00:00:54.67	00:00:59.43	00:00:58.67	00:00:53.40
35	00:02:03.42	00:02:12.28	00:01:59.89	00:02:03.67	00:02:00.12	00:02:13.65	00:02:09.23	00:02:08.76	00:02:01.54	00:02:07.43
36	00:02:25.58	00:02:30.43	00:02:25.65	00:02:21.87	00:02:15.34	00:02:21.34	00:02:29.19	00:02:29.76	00:02:25.87	00:02:28.72
37	00:01:44.54	00:01:42.27	00:01:40.39	00:01:44.98	00:01:45.19	00:01:31.09	00:01:40.25	00:01:39.05	00:01:38.07	00:01:39.06
38	00:00:51.55	00:00:49.51	00:00:47.79	00:00:48.65	00:00:47.09	00:00:49.03	00:00:49.78	00:00:53.89	00:00:48.08	00:00:46.56
39	00:07:30.40	00:07:08.12	00:07:05.88	00:07:03.78	00:07:45.54	00:07:29.31	00:07:31.54	00:07:33.76	00:07:32.89	00:07:36.23
40	00:03:39.59	00:03:58.43	00:03:45.82	00:03:35.45	00:03:30.17	00:03:38.63	00:03:35.31	00:03:42.87	00:03:45.54	00:03:46.21

41	00:00:56.32	00:00:59.69	00:00:59.99	00:00:55.78	00:00:59.99	00:00:57.54	00:00:59.85	00:00:57.67	00:00:57.54	00:00:53.08
42	00:01:43.86	00:01:47.82	00:01:35.61	00:01:48.98	00:01:44.36	00:01:46.13	00:01:41.67	00:01:47.86	00:01:48.65	00:01:49.65
43	00:00:35.23	00:00:38.34	00:00:35.24	00:00:37.86	00:00:35.81	00:00:36.78	00:00:35.89	00:00:36.87	00:00:37.89	00:00:33.32
44	00:05:23.78	00:05:35.81	00:05:32.28	00:05:04.64	00:05:30.43	00:05:27.43	00:05:34.76	00:05:25.76	00:05:21.65	00:05:29.87
45	00:04:42.90	00:04:55.67	00:04:35.45	00:04:30.53	00:04:33.02	00:04:41.65	00:04:41.56	00:04:44.87	00:04:47.87	00:04:53.89
46	00:01:54.87	00:02:01.76	00:01:50.82	00:01:58.32	00:01:45.69	00:01:56.17	00:01:59.67	00:01:55.08	00:01:51.65	00:01:54.87
47	00:00:43.97	00:00:48.13	00:00:49.65	00:00:49.43	00:00:47.65	00:00:46.59	00:00:45.09	00:00:46.97	00:00:43.97	00:00:48.97
48	00:01:00.89	00:01:05.19	00:01:06.23	00:01:03.48	00:01:01.32	00:01:01.23	00:01:00.89	00:00:56.76	00:01:00.28	00:00:59.79
49	00:05:54.65	00:06:02.69	00:05:30.32	00:05:35.07	00:05:45.64	00:05:45.78	00:05:50.70	00:05:59.08	00:05:45.76	00:05:57.89
50	00:03:34.45	00:03:39.12	00:03:21.56	00:03:39.94	00:03:30.65	00:03:32.54	00:03:31.78	00:03:35.87	00:03:37.98	00:03:31.54
51	00:01:02.76	00:01:04.28	00:01:01.93	00:01:00.43	00:01:00.39	00:01:00.32	00:01:03.87	00:01:00.76	00:01:03.87	00:01:09.09
52	00:01:12.88	00:01:15.62	00:01:14.97	00:01:10.54	00:01:05.46	00:01:15.05	00:01:11.78	00:01:10.54	00:01:15.05	00:01:12.89
53	00:01:13.62	00:01:15.79	00:01:07.29	00:01:10.56	00:01:15.65	00:01:13.39	00:01:16.89	00:01:14.13	00:01:11.38	00:01:12.65
54	00:02:54.76	00:03:01.25	00:03:05.74	00:02:55.76	00:02:58.54	00:02:51.50	00:02:55.98	00:02:58.78	00:02:51.45	00:02:53.76
55	00:04:15.78	00:04:40.38	00:04:01.05	00:04:04.12	00:04:10.56	00:04:19.79	00:04:11.00	00:04:16.09	00:04:17.89	00:04:14.78
56	00:04:32.99	00:04:45.67	00:04:29.27	00:04:25.03	00:04:29.56	00:04:30.27	00:04:36.73	00:04:33.87	00:04:23.12	00:04:31.67
57	00:01:43.77	00:01:48.73	00:01:45.76	00:01:42.85	00:01:44.98	00:01:46.09	00:01:45.76	00:01:46.78	00:01:48.34	00:01:47.98

Nota: Cronometraje (Vuelta a cero)=es el tiempo en horas de cada actividad de cambio de molde,
Ti=Toma de tiempo (T1...T10)

Anexo 9 Muestra inicial toma de tiempo operaciones de cambio de molde (segundos)

N° Act.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1	28.03	29.45	29.32	30.23	31.03	30.65	27.45	29.76	30.56	31.56
2	572.28	575.54	562.43	565.63	575.32	570.12	567.65	575.87	577.65	575.98
3	176.32	179.76	174.12	178.19	175.65	177.61	176.54	178.9	176.32	179.87
4	13.5	13.67	12.54	13.23	12.29	13.12	13.34	13.9	13.76	13.98
5	156.23	159.53	153.76	155.74	145.32	165.23	159.59	157.34	159.32	159.56
6	13.25	14.13	12.65	13.99	14.18	13.15	13.79	13.87	13.87	14.78
7	295.22	298.53	275.67	291.65	280.49	290.42	290.43	297.78	298.89	299.78
8	253.21	263.34	242.13	260.73	265.76	255.67	256.89	255.89	255.97	251.54
9	132.45	139.65	135.18	143.74	128.27	135.65	129.67	133.65	135.78	135.76
10	19.32	19.34	19.45	20.12	17.69	18.78	18.54	20.65	19.76	18.65
11	19.57	21.54	21.99	22.78	21.87	21.56	21.76	20.87	21.97	22.78
12	174.52	178.78	165.87	170.12	175.13	177.45	175.87	174.52	175.76	177.64
13	30.31	30.65	32.21	32.65	33.76	31.56	32.79	32.34	30.31	30.31
14	33.86	35.56	32.67	34.53	32.8	35.67	35.65	34.78	36.89	33.76
15	95.9	85.56	88.67	84.39	90.89	83.12	86.89	90.76	86.56	92.76
16	26.58	27.89	29.69	27.93	28.98	27.28	27.23	28.56	25.78	28.78
17	54.86	56.67	56.78	55.49	57.34	55.37	54.67	58.98	51.76	56.79
18	86.42	89.65	90.45	90.39	85.87	85.65	83.98	85.89	88.9	92.98
19	82.42	88.78	79.67	85.47	87.32	84.13	80.32	82.65	80.67	85.56
20	52.86	56.13	59.67	55.18	58.13	58.24	54.49	57.54	55.87	59.07
21	48.24	47.65	49.59	45.75	50.09	47.49	46.19	50.87	49.56	45.24
22	42.78	45.32	45.78	44.89	43.12	46.38	45.13	48.98	46.76	47.98
23	26.12	28.47	30.39	28.65	26.71	28.65	27.05	27.89	26.98	28.12
24	122.76	133.34	129.89	119.98	130.37	125.17	125.21	128.65	131.76	129.76
25	35.87	37.54	37.62	38.65	39.54	39.54	34.54	36.76	38.93	39.25
26	29.15	33.23	32.63	31.38	31.21	31.38	29.87	32.15	29.24	32.17
27	97.52	101.65	95.98	86.39	101.15	96.78	99.79	98.76	98.54	97.49
28	55.6	59.78	58.73	55.28	56.23	57.87	57.39	59.18	56.99	58.76
29	92.39	96.21	85.76	87.46	86.38	91.34	94.65	93.54	85.91	95.09
30	63.63	65.29	65.29	68.86	70.56	61.37	66.18	64.24	68.71	66.42
31	82.53	86.64	95.79	84.67	90.04	85.47	86.75	86.65	85.43	85.78
32	11.09	12.54	12.32	12.23	12.54	12.27	11.54	12.65	11.89	11.79
33	176.18	189.61	175.65	178.43	171.31	166.95	177.54	177.89	179.45	176.18
34	55.45	59.16	55.98	59.28	58.78	55.67	54.67	59.43	58.67	53.4
35	123.42	132.28	119.89	123.67	120.12	133.65	129.23	128.76	121.54	127.43
36	145.58	150.43	145.65	141.87	135.34	141.34	149.19	149.76	145.87	148.72
37	104.54	102.27	100.39	104.98	105.19	91.09	100.25	99.05	98.07	99.06
38	51.55	49.51	47.79	48.65	47.09	49.03	49.78	53.89	48.08	46.56
39	450.4	428.12	425.88	423.78	465.54	449.31	451.54	453.76	452.89	456.23
40	219.59	238.43	225.82	215.45	210.17	218.63	215.31	222.87	225.54	226.21

41	56.32	59.69	59.99	55.78	59.99	57.54	59.85	57.67	57.54	53.08
42	103.86	107.82	95.61	108.98	104.36	106.13	101.67	107.86	108.65	109.65
43	35.23	38.34	35.24	37.86	35.81	36.78	35.89	36.87	37.89	33.32
44	323.78	335.81	332.28	304.64	330.43	327.43	334.76	325.76	321.65	329.87
45	282.9	295.67	275.45	270.53	273.02	281.65	281.56	284.87	287.87	293.89
46	114.87	121.76	110.82	118.32	105.69	116.17	119.67	115.08	111.65	114.87
47	43.97	48.13	49.65	49.43	47.65	46.59	45.09	46.97	43.97	48.97
48	60.89	65.19	66.23	63.48	61.32	61.23	60.89	56.76	60.28	59.79
49	354.65	362.69	330.32	335.07	345.64	345.78	350.7	359.08	345.76	357.89
50	214.45	219.12	201.56	219.94	210.65	212.54	211.78	215.87	217.98	211.54
51	62.76	64.28	61.93	60.43	60.39	60.32	63.87	60.76	63.87	69.09
52	72.88	75.62	74.97	70.54	65.46	75.05	71.78	70.54	75.05	72.89
53	73.62	75.79	67.29	70.56	75.65	73.39	76.89	74.13	71.38	72.65
54	174.76	181.25	185.74	175.76	178.54	171.5	175.98	178.78	171.45	173.76
55	255.78	280.38	241.05	244.12	250.56	259.79	251	256.09	257.89	254.78
56	272.99	285.67	269.27	265.03	269.56	270.27	276.73	273.87	263.12	271.67
57	103.77	108.73	105.76	102.85	104.98	106.09	105.76	106.78	108.34	107.98

Nota: N° Act=número de actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC,
Ti=Toma de tiempo (T1...T10)

Anexo 10 Estimación del número de muestras adicionales

N° Act	$\sum X$	$\sum X^2$	n'	n
1	298.04	8897.89	10	3
2	5718.47	3270330.67	10	0
3	1773.28	314483.63	10	0
4	133.33	1780.53	10	3
5	1571.62	247240.67	10	2
6	137.66	1898.32	10	3
7	2918.86	852572.89	10	1
8	2561.13	656331.03	10	1
9	1349.80	182377.68	10	2
10	192.30	3704.47	10	3
11	216.69	4703.24	10	3
12	1745.66	304867.24	10	1
13	316.89	10055.85	10	2
14	346.17	12000.03	10	2
15	885.50	78555.59	10	3
16	278.70	7780.01	10	3
17	558.71	31249.58	10	2
18	880.18	77544.90	10	2
19	836.99	70140.50	10	2
20	567.18	32211.83	10	2
21	480.67	23138.28	10	2
22	457.12	20929.73	10	3
23	279.03	7799.63	10	3
24	1276.89	163206.77	10	2
25	378.24	14332.24	10	3
26	312.41	9777.87	10	3
27	974.05	95041.97	10	3
28	575.81	33177.33	10	1
29	908.73	82731.80	10	3
30	660.55	43700.29	10	2
31	869.75	75765.02	10	3
32	120.86	1462.97	10	2
33	1769.19	313307.95	10	2
34	570.49	32591.19	10	2
35	1259.99	158979.42	10	2
36	1453.75	211539.06	10	2
37	1004.89	101140.61	10	3
38	491.93	24242.46	10	3
39	4457.45	1988758.80	10	2
40	2218.02	492521.20	10	2
41	577.45	33390.89	10	2

42	1054.59	111383.06	10	2
43	363.23	13214.83	10	3
44	3266.41	1067668.54	10	1
45	2827.41	800046.40	10	1
46	1148.90	132192.31	10	2
47	470.42	22170.17	10	3
48	616.06	38020.52	10	3
49	3487.58	1217298.85	10	1
50	2135.43	456264.17	10	1
51	627.70	39467.26	10	3
52	724.78	52617.50	10	3
53	731.35	53560.16	10	2
54	1767.52	312591.22	10	1
55	2551.44	652010.38	10	3
56	2718.18	739207.58	10	1
57	1061.04	112614.00	10	0

Nota: N° Act=número de actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC, $\sum X = T1 + T2 + \dots + T10$, $\sum X^2 = T1^2 + T2^2 + \dots + T10^2$, n' = número de muestras iniciales, n = número de muestras adicionales

Anexo 11 Muestra real de toma tiempos de cambio de molde

N° Act.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
1	28.03	29.45	29.32	30.23	31.03	30.65	27.45	29.76	30.56	31.56	28.95	29.13	29.71
2	572.28	575.54	562.43	565.63	575.32	570.12	567.65	575.87	577.65	575.98	573.8	572.84	571.82
3	176.32	179.76	174.12	178.19	175.65	177.61	176.54	178.9	176.32	179.87	178.31	179.46	179.35
4	13.5	13.67	12.54	13.23	12.29	13.12	13.34	13.9	13.76	13.98	12.82	13.37	11.99
5	156.23	159.53	153.76	155.74	145.32	165.23	159.59	157.34	159.32	159.56	164.93	159.23	145.02
6	13.25	14.13	12.65	13.99	14.18	13.15	13.79	13.87	13.87	14.78	12.85	13.83	13.88
7	295.22	298.53	275.67	291.65	280.49	290.42	290.43	297.78	298.89	299.78	290.12	298.23	280.19
8	253.21	263.34	242.13	260.73	265.76	255.67	256.89	255.89	255.97	251.54	255.37	263.04	265.46
9	132.45	139.65	135.18	143.74	128.27	135.65	129.67	133.65	135.78	135.76	135.35	139.35	127.97
10	19.32	19.34	19.45	20.12	17.69	18.78	18.54	20.65	19.76	18.65	18.48	19.04	17.39
11	19.57	21.54	21.99	22.78	21.87	21.56	21.76	20.87	21.97	22.78	21.26	21.24	21.57
12	174.52	178.78	165.87	170.12	175.13	177.45	175.87	174.52	175.76	177.64	177.15	178.48	174.83
13	30.31	30.65	32.21	32.65	33.76	31.56	32.79	32.34	30.31	30.31	31.26	30.35	33.46
14	33.86	35.56	32.67	34.53	32.8	35.67	35.65	34.78	36.89	33.76	35.37	35.26	32.5
15	95.9	85.56	88.67	84.39	90.89	83.12	86.89	90.76	86.56	92.76	82.82	85.26	90.59
16	26.58	27.89	29.69	27.93	28.98	27.28	27.23	28.56	25.78	28.78	26.98	27.59	28.68
17	54.86	56.67	56.78	55.49	57.34	55.37	54.67	58.98	51.76	56.79	55.07	56.37	57.04
18	86.42	89.65	90.45	90.39	85.87	85.65	83.98	85.89	88.9	92.98	85.35	89.35	85.57
19	82.42	88.78	79.67	85.47	87.32	84.13	80.32	82.65	80.67	85.56	83.83	88.48	87.02
20	52.86	56.13	59.67	55.18	58.13	58.24	54.49	57.54	55.87	59.07	57.94	55.83	57.83
21	48.24	47.65	49.59	45.75	50.09	47.49	46.19	50.87	49.56	45.24	47.19	47.35	49.79
22	42.78	45.32	45.78	44.89	43.12	46.38	45.13	48.98	46.76	47.98	46.08	45.02	42.82
23	26.12	28.47	30.39	28.65	26.71	28.65	27.05	27.89	26.98	28.12	28.35	28.17	26.41
24	122.76	133.34	129.89	119.98	130.37	125.17	125.21	128.65	131.76	129.76	124.87	133.04	130.07
25	35.87	37.54	37.62	38.65	39.54	39.54	34.54	36.76	38.93	39.25	39.24	37.24	39.24
26	29.15	33.23	32.63	31.38	31.21	31.38	29.87	32.15	29.24	32.17	31.08	32.93	30.91
27	97.52	101.65	95.98	86.39	101.15	96.78	99.79	98.76	98.54	97.49	96.48	101.35	100.85
28	55.6	59.78	58.73	55.28	56.23	57.87	57.39	59.18	56.99	58.76	57.57	59.48	55.93
29	92.39	96.21	85.76	87.46	86.38	91.34	94.65	93.54	85.91	95.09	91.04	95.91	86.08
30	63.63	65.29	65.29	68.86	70.56	61.37	66.18	64.24	68.71	66.42	61.07	64.99	70.26
31	82.53	86.64	95.79	84.67	90.04	85.47	86.75	86.65	85.43	85.78	85.17	86.34	89.74
32	11.09	12.54	12.32	12.23	12.54	12.27	11.54	12.65	11.89	11.79	11.97	12.24	12.24
33	176.18	189.61	175.65	178.43	171.31	166.95	177.54	177.89	179.45	176.18	166.65	189.31	171.01
34	55.45	59.16	55.98	59.28	58.78	55.67	54.67	59.43	58.67	53.4	55.37	58.86	58.48
35	123.42	132.28	119.89	123.67	120.12	133.65	129.23	128.76	121.54	127.43	133.35	131.98	119.82
36	145.58	150.43	145.65	141.87	135.34	141.34	149.19	149.76	145.87	148.72	141.04	150.13	135.04
37	104.54	102.27	100.39	104.98	105.19	91.09	100.25	99.05	98.07	99.06	90.79	101.97	104.89
38	51.55	49.51	47.79	48.65	47.09	49.03	49.78	53.89	48.08	46.56	48.73	49.21	46.79
39	450.4	428.12	425.88	423.78	465.54	449.31	451.54	453.76	452.89	456.23	449.01	427.82	465.24
40	219.59	238.43	225.82	215.45	210.17	218.63	215.31	222.87	225.54	226.21	218.33	238.13	209.87
41	56.32	59.69	59.99	55.78	59.99	57.54	59.85	57.67	57.54	53.08	57.24	59.39	59.69

42	103.86	107.82	95.61	108.98	104.36	106.13	101.67	107.86	108.65	109.65	105.83	107.52	104.06
43	35.23	38.34	35.24	37.86	35.81	36.78	35.89	36.87	37.89	33.32	36.48	38.04	35.51
44	323.78	335.81	332.28	304.64	330.43	327.43	334.76	325.76	321.65	329.87	327.13	335.51	330.13
45	282.9	295.67	275.45	270.53	273.02	281.65	281.56	284.87	287.87	293.89	281.35	295.37	272.72
46	114.87	121.76	110.82	118.32	105.69	116.17	119.67	115.08	111.65	114.87	115.87	121.46	105.39
47	43.97	48.13	49.65	49.43	47.65	46.59	45.09	46.97	43.97	48.97	46.29	47.83	47.35
48	60.89	65.19	66.23	63.48	61.32	61.23	60.89	56.76	60.28	59.79	60.93	64.89	61.02
49	354.65	362.69	330.32	335.07	345.64	345.78	350.7	359.08	345.76	357.89	345.48	362.39	345.34
50	214.45	219.12	201.56	219.94	210.65	212.54	211.78	215.87	217.98	211.54	212.24	218.82	210.35
51	62.76	64.28	61.93	60.43	60.39	60.32	63.87	60.76	63.87	69.09	60.02	63.98	60.09
52	72.88	75.62	74.97	70.54	65.46	75.05	71.78	70.54	75.05	72.89	74.75	75.32	65.16
53	73.62	75.79	67.29	70.56	75.65	73.39	76.89	74.13	71.38	72.65	73.09	75.49	75.35
54	174.76	181.25	185.74	175.76	178.54	171.5	175.98	178.78	171.45	173.76	171.2	180.95	178.24
55	255.78	280.38	241.05	244.12	250.56	259.79	251	256.09	257.89	254.78	259.49	280.08	250.26
56	272.99	285.67	269.27	265.03	269.56	270.27	276.73	273.87	263.12	271.67	269.97	275.37	269.26
57	103.77	108.73	105.76	102.85	104.98	106.09	105.76	106.78	108.34	107.98	105.79	108.43	104.68

Nota: N° Act=número de actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC,
Ti=Toma de tiempo (T1...T13)

Anexo 12 Estimación del tiempo estándar de las operaciones de cambio de molde

N° Act.	Tiempo Promedio	Calificación	Ritmo estándar	f	FV	Tiempo básico	Tolerancias constantes	Tolerancias variables	Tiempo estándar (vuelta a cero)	Tiempo estándar (continuo)
1	29.68	110	100	1	1.10	32.65	9%	13%	39.83	39.83
2	572.07	110	100	1	1.10	629.28	9%	13%	767.72	807.55
3	177.72	110	100	1	1.10	195.50	9%	13%	238.50	1046.05
4	13.19	110	100	1	1.10	14.51	9%	13%	17.71	1063.76
5	156.98	110	100	1	1.10	172.68	9%	13%	210.67	1274.43
6	13.71	110	100	1	1.10	15.08	9%	13%	18.40	1292.83
7	291.34	110	100	1	1.10	320.47	9%	13%	390.98	1683.81
8	257.31	110	100	1	1.10	283.04	9%	13%	345.31	2029.11
9	134.81	110	100	1	1.10	148.29	9%	13%	180.91	2210.02
10	19.02	110	100	1	1.10	20.92	9%	13%	25.52	2235.54
11	21.60	110	100	1	1.10	23.76	9%	13%	28.98	2264.52
12	175.09	110	100	1	1.10	192.59	9%	13%	234.97	2499.49
13	31.69	110	100	1	1.10	34.86	9%	13%	42.53	2542.02
14	34.56	110	100	1	1.10	38.02	9%	13%	46.38	2588.40
15	88.01	110	100	1	1.10	96.81	9%	13%	118.11	2706.51
16	27.84	110	100	1	1.10	30.63	9%	13%	37.36	2743.88
17	55.94	110	100	1	1.10	61.53	9%	13%	75.07	2818.95
18	87.73	110	100	1	1.10	96.50	9%	13%	117.73	2936.67
19	84.33	110	100	1	1.10	92.77	9%	13%	113.17	3049.85
20	56.83	110	100	1	1.10	62.51	9%	13%	76.26	3126.11
21	48.08	110	100	1	1.10	52.88	9%	13%	64.52	3190.63
22	45.46	110	100	1	1.10	50.01	9%	13%	61.01	3251.65
23	27.84	110	100	1	1.10	30.63	9%	13%	37.37	3289.01
24	128.07	110	100	1	1.10	140.87	9%	13%	171.87	3460.88
25	38.00	110	100	1	1.10	41.80	9%	13%	50.99	3511.87
26	31.33	110	100	1	1.10	34.47	9%	13%	42.05	3553.92
27	97.90	110	100	1	1.10	107.69	9%	13%	131.38	3685.30
28	57.60	110	100	1	1.10	63.36	9%	13%	77.30	3762.60
29	90.90	110	100	1	1.10	100.00	9%	13%	121.99	3884.60
30	65.91	110	100	1	1.10	72.50	9%	13%	88.46	3973.05
31	87.00	110	100	1	1.10	95.70	9%	13%	116.75	4089.80
32	12.10	110	100	1	1.10	13.31	9%	13%	16.24	4106.04
33	176.63	110	100	1	1.10	194.29	9%	13%	237.03	4343.08
34	57.17	110	100	1	1.10	62.89	9%	13%	76.72	4419.80
35	126.55	110	100	1	1.10	139.20	9%	13%	169.83	4589.63
36	144.61	110	100	1	1.10	159.07	9%	13%	194.07	4783.70
37	100.20	110	100	1	1.10	110.21	9%	13%	134.46	4918.16
38	48.97	110	100	1	1.10	53.87	9%	13%	65.72	4983.88
39	446.12	110	100	1	1.10	490.73	9%	13%	598.69	5582.57
40	221.87	110	100	1	1.10	244.06	9%	13%	297.75	5880.33
41	57.98	110	100	1	1.10	63.78	9%	13%	77.81	5958.14

42	105.54	110	100	1	1.10	116.09	9%	13%	141.63	6099.77
43	36.40	110	100	1	1.10	40.05	9%	13%	48.85	6148.63
44	327.63	110	100	1	1.10	360.39	9%	13%	439.68	6588.30
45	282.83	110	100	1	1.10	311.12	9%	13%	379.56	6967.87
46	114.74	110	100	1	1.10	126.21	9%	13%	153.98	7121.85
47	47.07	110	100	1	1.10	51.78	9%	13%	63.17	7185.02
48	61.76	110	100	1	1.10	67.94	9%	13%	82.88	7267.90
49	349.29	110	100	1	1.10	384.22	9%	13%	468.75	7736.65
50	213.60	110	100	1	1.10	234.96	9%	13%	286.66	8023.30
51	62.45	110	100	1	1.10	68.69	9%	13%	83.80	8107.11
52	72.31	110	100	1	1.10	79.54	9%	13%	97.04	8204.14
53	73.48	110	100	1	1.10	80.83	9%	13%	98.61	8302.76
54	176.76	110	100	1	1.10	194.44	9%	13%	237.22	8539.97
55	257.02	110	100	1	1.10	282.72	9%	13%	344.92	8884.89
56	271.75	110	100	1	1.10	298.93	9%	13%	364.69	9249.59
57	106.15	110	100	1	1.10	116.76	9%	13%	142.45	9392.04

Nº Act=número de actividades de cambio de molde de inyección de accesorios de PVC, Tiempo promedio=promedio (T1...T13), f=turno, FV=Calificación/Ritmo estándar, Tiempo básico=Tiempo promedio*FV, Tiempo estándar (vuelta a cero)=Tiempo básico*(1+Tolerancias constantes y variables)

Para la estimación del tiempo promedio y básico, se consideraron las siguientes fórmulas:

$$\text{Tiempo promedio observado } (i) = x = \frac{\sum \text{Tiempo de cambio de molde } (T_i)}{\text{número de observaciones } (T_i)}$$

$$\text{Tiempo básico } (i) = \text{Tiempo promedio observado}(i) * \frac{\text{Calificación } (i)}{\text{Ritmo de trabajo } (i)}$$

Donde $i=1, \dots, 13$

Los criterios de calificación de desempeño del operario se asignaron según los criterios de evaluación propuestos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Calificación	Desempeño del operario
0	Actividad nula
50	Movimientos lentos e inseguros, operador sin interés por el trabajo
75	Movimiento resuelto sin prisa
100 (Ritmo estándar)	Operario activo, capaz, preciso, acción promedio, eficaz.
125	Operario diestro, seguro y coordinado, acción superior al ritmo promedio.
150	Operario excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso

Adaptado de "Introducción a la Ingeniería Industrial", por G. Baca, et al., 2014, p. 188.

Las tolerancias constantes y variables se estimaron en base a las recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)






Tolerancias	Valores
Tolerancias contantes	
Tolerancia por necesidad personal	5%
Tolerancia básica por fatiga	4%
Total Tolerancias constantes	9%
Tolerancias variables	
Tolerancia por ejecutar el trabajo de pie	2%
Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar)	4%
Nivel de ruido (intermitente-fuerte)	2%
Esfuerzo mental (proceso moderadamente complicado)	1%
Monotonía (excesiva)	4%
Total Tolerancias variables	13%

Adaptado de "Introducción a la Ingeniería Industrial", por G. Baca, et al., 2014, pp. 18-190.

Anexo 13 Formato para toma de tiempo de cambio de molde FIPVCMP20210001

Formato para el estudio de tiempos																										
Estudio N°: 1		Departamento: Inyección																								
Elaborado por:		Línea:																								
Aprobado por:		Operación: Cambio de molde																								
Operario:		Turno:																								
Fecha Inicio:		Máquina Modelo:																								
Fecha Final:		Método: Actual																								
Tipo de cronometraje: Acumulativo (x) Vuelta a cero (x)		Número de página: 1																								
N° Act.	Descripción detallada de la actividad	Cronometraje (Tiempo continuo)												Cronometraje (Vuelta a cero)												
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										

Anexo 14 Formato para el Flujograma del proceso de cambio de molde FIPVCMP20210002

Flujograma del proceso de cambio de molde				Resumen				
Estudio N°: 1				Actividad:	Símbolo	Actual	Propuesto	Ahorro
Elaborado por:				Operación				
Aprobado por:				Transporte				
Operario:				Demora				
Fecha Inicio:				Inspección				
Fecha Final:				Almacenaje				
Tipo de cronometraje: Acumulativo (x) Vuelta a cero (x)				Tiempo min.				
				Tipo de actividad				
N° Act.	Descripción detallada de la actividad	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenaje
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

**Anexo 15 Formato para la metodología SMED del proceso de cambio de molde
FIPVCMP20210003**

Estudio N°: 1								
Elaborado por:								
Aprobado por:								
Operario:								
Fecha Inicio:								
Fecha Final:								
Tipo de cronometraje: Acumulativo (x) Vuelta a cero (x)								
						Cambio		
N° Act.	Descripción detallada de la actividad	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Interna	Externa	Eliminar	Mover a externa	Reducir interna
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

RESOLUCIÓN N°2299-2020/FIAU-USS

Pimental, 4 de Noviembre de 2020

VISTOS:

El Acta de reunión N° 6 - 2020 II del Comité de investigación de la Escuela profesional de ARQUITECTURA remitida el 30 de octubre de 2020 mediante oficio N°0213-2020/FIAU-EA-USS de la Dirección de Escuela de ARQUITECTURA, el Acta de reunión N° 015 - 2020 II del Comité de investigación y responsabilidad social de la Escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL remitida el 30 de octubre de 2020 mediante oficio N°0185-2020/FIAU-II-USS de la Dirección de Escuela de INGENIERÍA INDUSTRIAL y Acta de reunión N°2910 - 2020 del Comité de investigación y responsabilidad social de la Escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS remitida el 4 de noviembre de 2020 mediante oficio N°0229-2020/FIAU-IS-USS de la Dirección de Escuela de INGENIERÍA DE SISTEMAS, y,

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con la Ley Universitaria N° 30220 en su artículo 48° que a letra dice: "La investigación constituye una función esencial y obligatoria de la universidad, que la fomenta y realiza, respondiendo a través de la producción de conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la sociedad, con especial énfasis en la realidad nacional. Los docentes, estudiantes y graduados participan en la actividad investigadora en su propia institución o en redes de investigación nacional o internacional, creadas por las instituciones universitarias públicas o privadas.";

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 21° señala: "Los temas de trabajo de investigación, trabajo académico y tesis son aprobados por el Comité de Investigación y derivados a la facultad o Escuela de Posgrado, según corresponda, para la emisión de la resolución respectiva. El periodo de vigencia de los mismos será de dos años, a partir de su aprobación. En caso un tema perdiera vigencia, el Comité de Investigación evaluará la ampliación de la misma.

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 24° señala: La tesis es un estudio que debe denotar rigurosidad metodológica, originalidad, relevancia social, utilidad teórica y/o práctica en el ámbito de la escuela profesional. Para el grado de doctor se requiere una tesis de máxima rigurosidad académica y de carácter original. Es individual para la obtención de un grado; es individual o en pares para obtener un título profesional. Asimismo, en su artículo 25° señala: "El tema debe responder a alguna de las líneas de investigación institucionales de la USS S.A.C."

Que, según documentos de Vistos el Comité de investigación de la Escuela profesional de ARQUITECTURA, INGENIERÍA INDUSTRIAL e INGENIERÍA DE SISTEMAS acuerda aprobar los temas de las Tesis a cargo de los egresados que se detallan en el anexo de la presente Resolución.

Estando a lo expuesto, y en uso de las atribuciones conferidas y de conformidad con las normas y reglamentos vigentes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: APROBAR, el tema de la Tesis perteneciente a la línea de investigación de INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE, a cargo de los egresados del Programa de estudios de ARQUITECTURA, INGENIERÍA INDUSTRIAL e INGENIERÍA DE SISTEMAS según se detalla en el anexo de la presente Resolución.

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

RESOLUCIÓN N°2299-2020/FIAU-USS

Pimental, 4 de Noviembre de 2020

ARTÍCULO 2º: ESTABLECER, que la inscripción del Tema de la Tesis se realice a partir de emitida la presente resolución y tendrá una vigencia de dos (02) años.

ARTÍCULO 3º: DEJAR SIN EFECTO, toda Resolución emitida por la Facultad que se oponga a la presente Resolución.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Dr. Raúl Paredón Escamé
Rector - Facultad de Ingeniería,
Arquitectura y Urbanismo
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.S.



MSc. María Esther Saldaña
Directora de Investigación,
Tecnología y Medio Ambiente
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.S.

Cc: Interesado, Archivo

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

RESOLUCIÓN N°2299-2020/FIAU-USS

Pimental, 4 de Noviembre de 2020

ANEXO

ESCUELA PROFESIONAL	APELLIDOS Y NOMBRES	TEMA DE TESIS	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ARQUITECTURA	CASTRO COLCHADO ARIADNA ERLINDA ISABO	PROPUESTA ARQUITECTÓNICA DE IMPLEMENTACIÓN DEL CORREDOR DE ESTADIA PARA PROMOVER EL TURISMO CULTURAL EN EL DISTRITO DE ZAÑA	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	BAUTISTA ROQUE MARIA ELIZABETH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL BASADO EN LA NORMA ISO 45001-2018, PARA REDUCIR RIESGOS LABORALES EN LA EMPRESA COSACH S.R.L. CHACHAPOYAS 2019.	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	FRANCO BUSTAMANTE CESAR AUGUSTO	PROCESO DE MEJORA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA CELDA ELECTROLÍTICA DE MERCURIO EN LA PLANTA ALCALIS PARAMONGA - PERÚ	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	LOZADA ZAPATA PERCY ARMANDO	DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DE LA EMPRESA ROCAGU S.R.L. PACASMAYO	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	MANYARI TAIFE ELVIS OVIDIO	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN EL ÁREA DE INYECCIÓN DE ACCESORIOS DE PVC, PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA MEXICHEM PERÚ, EL AGUSTINO-2019	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	MARTINEZ OBLITAS HIROITO	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN USANDO EL MRP, PARA MEJORAR LOS INVENTARIOS, APLICADA A LA LÍNEA DE ALFAJOR EN LA EMPRESA SAN ROQUE SA. LAMBAYEQUE.	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL	PANDURO CACHEQUE ROMULO	SISTEMA CONTRA INCENDIO BAJO LA NORMA NFPA PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD DEL PERSONAL EN LA MINERA LAS RAMBRAS. APURÍMAC - 2020	INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE