



Universidad
Señor de Sipán

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**Metodología DMAIC para la eficiencia operacional en la
empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo
2023**

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

Autoras

Bach. Odar Rivera, Astrick Patricia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6154-2186>

Bach. Valdivia Castillo, Adriana Pamela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6367-4470>

Asesor

Mg. Rodríguez Kong, José Arturo.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9526-8231>

Línea de Investigación

**Tecnología e innovación en desarrollo de la construcción y la industria en
un contexto de sostenibilidad.**

Sublínea de Investigación

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y
organizaciones.**

Pimentel – Perú

2023

**METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA
EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023**

Aprobación del jurado

▪

Dra. RAFFO RAMÍREZ FLOR DE MARÍA

Presidente del Jurado de Tesis

▪

Dr. VÁSQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO

Secretario del Jurado de Tesis

▪

Mg. ALVITES ADAN TOÑO ELDRIN

Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos estudiante (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

Metodología DMAIC para la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Odar Rivera Astrick Patricia	DNI: 72183975	
Valdivia Castillo Adriana Pamela	DNI: 75505311	

Pimentel, 19 de diciembre de 2023.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, quienes me han apoyado incondicionalmente en cada paso de mi camino académico. A nuestro asesor y docentes cuyo conocimiento y guía han sido fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

Odar Rivera Astrick Patricia

Dedico este trabajo a Dios, reconocido por otorgarme dirección, sabiduría y creatividad. Agradezco sinceramente a mi madre y mi hermana por su incondicional amor y apoyo, pilares fundamentales en mi camino académico. Su aliento y orientación han sido invaluable. A todos aquellos que han formado parte de este viaje, les expreso mi profunda gratitud por su constante apoyo y presencia significativa.

Valdivia Castillo Adriana Pamela

METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023. A través de un enfoque cuantitativo y diseño no experimental transversal, se recolectaron datos exhaustivos que revelaron el rendimiento en el proceso de inyección de empujadores $S - 800$, el cual fue de 74.4%, con la posibilidad de reducir el 25.6% de los tiempos muertos de la máquina principal. Se determinó como causas potenciales la variación de la temperatura de moldes y estado de molde, que representó el 75% de las observaciones con un total de 18 incidencias. Se propuso un plan de control estadístico como herramienta sólida para monitorear y mejorar el proceso de moldeo por inyección. Este estudio reveló que la metodología DMAIC mejora la eficiencia operacional de la empresa en mención. Las conclusiones sugieren explorar el impacto a largo plazo de la implementación de DMAIC, así como comparar su efectividad con otras metodologías de mejora continua en entornos similares. Además, se estudie cómo la adaptación de DMAIC a las necesidades específicas de la industria del sector plástico podría maximizar sus beneficios.

Palabras clave: Metodología DMAIC, eficiencia operacional, moldeo por inyección, control estadístico.

Abstract

The present research aimed to propose the DMAIC methodology to improve operational efficiency in the company Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023. Through a quantitative approach and non-experimental cross-sectional design, comprehensive data were collected that revealed the performance in the S-800 pusher injection process, which was 74.4%, with the possibility of reducing 25.6% of downtime of the main machine. Mould temperature variation and mould condition were identified as potential causes, which accounted for 75% of the observations with a total of 18 occurrences. A statistical control plan was proposed as a solid tool to monitor and improve the injection moulding process. This study revealed that the DMAIC methodology improves the operational efficiency of the company in question. The findings suggest exploring the long-term impact of DMAIC implementation, as well as comparing its effectiveness with other continuous improvement methodologies in similar environments. Furthermore, it is explored how the adaptation of DMAIC to the specific needs of the plastics industry could maximise its benefits.

Keywords: DMAIC methodology, operational efficiency, injection moulding, statistical control.

ÍNDICE

Aprobación del jurado	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	5
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1. Resultados	7
3.2. Discusión	26
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
4.1. Conclusiones	29
4.2. Recomendaciones	30
REFERENCIAS	31
ANEXOS	34

I. INTRODUCCIÓN

El moldeo por inyección de plástico es un proceso de manufactura ampliamente utilizado en la industria, pero también presenta desafíos de calidad. Los defectos en este proceso pueden ser costosos y provocar pérdidas de productividad.

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) es una herramienta eficaz para mejorar la calidad en el moldeo por inyección de plástico. En la práctica, se ha demostrado que la aplicación de DMAIC puede reducir significativamente la tasa de defectos, mejorar el nivel sigma y reducir los costos de mala calidad. Un estudio realizado por [1] evidenció que las empresas líderes en la industria de fabricación de plástico presentan problemas de defectos, puntos negros, principalmente en la operación de moldeo por inyección, representando el 41% de todos los rechazos. En [2], se encontró que los defectos en este proceso afectan la calidad del producto final y aumentan los costos de mala calidad (*COPQ*), mediante la metodología DMAIC se redujo significativamente la tasa de rechazo, mejorando la calidad del producto final en términos de nivel sigma de 4.06 a 4.5 y reduciendo el *COPQ* en 45%. En el caso de [3], para solucionar los defectos en el proceso de moldeo por inyección, utilizaron DMAIC demostrando que la capacidad del proceso y rendimiento del producto podrían mejorarse significativamente si la tasa de defectos encontradas se mantiene por debajo de 3%, es decir la tasa de defectos diaria máxima para el caso superior con 2,02 % y para el caso inferior con 2,29 %.

De igual manera, en el mismo proceso [4] detectaron un alto nivel de defectos de veta plateada en 169 *piezas* de guarnición de licencia de puerta trasera asociadas a la máquina A02, a través de DMAIC identificaron un alto tiempo de cambio de matriz en la Máquina A02 alcanzando los 57.15 *minutos*, y el tipo de defecto el 43%. Después de las mejoras, el nivel sigma aumentó de 1,4 σ a 2,3 σ y el *DPMO* disminuyó de 516.500 a 190.000 defectos por cada millón de productos elaborados.

En el contexto nacional, [5] encontró que, en una empresa de este sector, la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing como Mantenimiento Productivo Total (

TPM) y Single Minute Exchange of Die (*SMED*) logró una reducción del 70% en el tiempo de inactividad de las máquinas y un aumento del 42% en la productividad, mejorando la eficiencia operativa de la empresa. Para mejorar la baja disponibilidad en una empresa de productos plásticos mediante moldeo por inyección [6], propusieron un modelo de gestión de mantenimiento fundamentado en Lean Manufacturing, obteniendo mejoras en la eficiencia operativa del 57% al 68%. Por otro lado [7], redujo el esfuerzo de los operadores en un 62%, disminuyó el tiempo de preparación en un 57% y aumentó la Eficacia General del Equipo (*OEE*) en un 7% haciendo uso de la metodología Lean; mientras que, [8] logró reducir el nivel de producción defectuosa en un 2,41%.

En cuanto al nivel local, en una empresa textil [9], se enfocaron en mejorar la sección de corte, que tenía problemas de desperdicio de tela y fallos en los cortes de piezas. Las herramientas de la metodología DMAIC utilizadas para aumentar la eficiencia, permitieron aumentar la productividad en un 12%, y disminuir los costos de materia prima en un 25%. Actualmente, la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. enfrenta un desafío importante en su proceso de producción de bandas modulares. La presencia constante de piezas defectuosas y la generación de residuos han afectado su eficiencia operativa. Estos problemas tienen su origen en desajustes que se manifiestan en las líneas de producción, las máquinas y los moldes, siendo la variabilidad en los procesos una causa subyacente de estos desajustes.

Entre los trabajos existentes a nivel internacional, encontramos a [10] quien en una empresa productora de plásticos en Guayaquil, tras analizar la situación actual aplicó la metodología Six Sigma, mejorando el Sigma a 2,88 de 6, con un rendimiento (Porcentaje de calidad) del 91,54%. En Ecuador [11], utilizó Lean Manufacturing para reducir las pérdidas en una fábrica de plásticos de 40 *kg* a 27.11 *kg*, mejorando la calidad de la materia prima y la satisfacción del personal. En Colombia [12], una fábrica de bolsas plásticas mejoró su capacidad del 12% al 15% utilizando herramientas Lean como 5S, SMED, Kanban y OEE, solucionando problemas de falta de organización y estandarización. En Papaloapan [13],

una empresa de plásticos redujo los defectos del 13.8% al 3.4% aplicando Six Sigma y herramientas estadísticas, mejorando la fase de inyección del proceso. A nivel nacional, la investigación de [14] realizada en una empresa trujillana del sector plástico, estuvo centrada en implementar Lean Six Sigma con el propósito de mejorar la productividad en el área productiva de tuberías PVC. Los resultados fueron *OEE* del 79.40% al 86.20%, tiempo de setup de 3 horas a 2.39 horas y descarte del 4.67% al 3.89%. Concluyó que, aplicar la metodología *LSS* resulta viable desde una perspectiva económica, logrando mejoras significativas en la productividad del proceso de elaboración de tuberías PVC. [15] Aplicó la metodología DMAIC para identificar y solucionar problemas de defectos en la entrega de productos. El índice de capacidad del proceso mejoró de 0.37 a 1.07, aumentando el control y la eficacia de los procesos. En una fábrica de Arequipa [16], se utilizó DMAIC para reducir desperdicios en el reciclado de botellas. Las mermas disminuyeron de 756 kg a 135 kg, mejorando la eficiencia operativa y ahorrando S/1,639.44 mensuales. En cuanto al nivel local, tenemos el estudio de la investigación de [17] en una empresa plástica en Chiclayo usó herramientas Lean (*5S*, *KANBAN*, *TPM*) y capacitación para aumentar la productividad un 8% y reducir pérdidas económicas, dado que, las causas principales del bajo rendimiento fueron el desperdicio y las paradas no programadas por falta de mantenimiento y capacitación. Por otro lado, [18] tuvo como finalidad desarrollar un plan de mejora para aumentar la eficiencia operativa de MAXIPERÚ S.A.C. Estimó que al implementar el plan empleando herramientas lean podría aumentar la eficiencia física en un 5.2%, mejorar el *OEE* de la mezcladora 1 en un 12.5%, aumentar el *OEE* de la mezcladora 2 en un 12.2%, y mejorar en 8.43% la eficiencia económica.

Es por ello que, ante lo explicado se plantea como problema ¿La metodología DMAIC influye en la eficiencia operacional de la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.? Como se sabe, la metodología DMAIC ofrece un marco sólido y probado para abordar problemas, optimizar procesos y mejorar la eficiencia operacional; si se realiza su aplicación correctamente, es razonable que se obtenga un impacto positivo en la eficiencia

de la producción de bandas modulares, por lo que se plantea como hipótesis que la metodología DMAIC influye en la eficiencia operacional de la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.

El desarrollo de la presente investigación es de gran importancia y se fundamenta en la necesidad de mejorar los procesos operativos de la empresa con el propósito de incrementar su eficacia. Además, se justifica por el hecho de abordar vacíos en el conocimiento, ya que los resultados proporcionan una guía práctica y aplicable para mejorar los procesos operativos, beneficiando tanto a la empresa en sí como a otras organizaciones que puedan aprender de este estudio y aplicar sus resultados.

Ante lo descrito, se formuló como objetivo general proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. y como objetivos específicos a) Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., b) Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. y c) Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Metodología

La presente investigación fue aplicada, debido a que se abordó un problema real en la producción de bandas modulares, primordialmente en el proceso de moldeo por inyección. En cuanto a su diseño fue no experimental y transversal, puesto que se observó y analizó la eficiencia operativa de la empresa en estudio tal como es, en un momento específico, sin intervenir ni cambiar deliberadamente las condiciones existentes. Con respecto a sus variables, estas fueron metodología DMAIC como variable independiente. DMAIC es un enfoque estructurado utilizado para mejorar procesos y sistemas. El objetivo final de DMAIC es lograr mejoras sostenibles en la calidad y eficiencia de procesos [19]. Abarcó cada una de sus fases Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar como dimensiones, siendo los indicadores el número de ocurrencias, índices de capacidad, identificación de causas raíces, mejora continua y control de cumplimiento, respectivamente. Como variable dependiente, eficiencia operacional, representa el óptimo uso de los recursos disponibles de la organización, ya sean materiales o humanos, para que la dirección de la organización pueda lograr una gestión óptima de sus operaciones [20]. Se consideró como dimensiones la eficiencia con su indicador rendimiento y la eficacia con indicador cumplimiento de programación de producción.

II.2. Muestra

La investigación tuvo como muestra a las operaciones que conforman el proceso de moldeo por inyección: montaje de molde, purga, regulación, producción y desmontaje, siendo el muestreo no probabilístico por conveniencia la técnica empleada. Para ello, se realizó una entrevista y se aplicaron fichas de observación, de eficiencia y eficacia para recopilar información detallada del proceso estudiado.

II.3. Procedimiento.

Para el estudio y análisis el proceso actual de la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. se utilizó una entrevista sobre el uso de la metodología DMAIC, la se

basó en doce preguntas abiertas realizadas al jefe de producción. La metodología, comprendió cinco fases: En la fase 1 (Definir), se definió el problema que se desea resolver y se establecieron los objetivos del proyecto. En la fase 2. (Medir) se recopiló información sobre el proceso actual para comprender su funcionamiento. Luego fase 3 (Analizar) se analizó la información recopilada para identificar las causas raíz del problema, en la fase 4 (Mejorar) se propusieron soluciones para mejorar el proceso. Finalmente, en la fase 5 (Controlar) se propusieron medidas que garanticen las mejoras en el tiempo.

II.4. Análisis de datos.

En esta investigación se tuvo como objetivo proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional, para ello se recolectaron datos sobre los indicadores correspondientes al proceso productivo de las bandas modulares y de los indicadores eficiencia y eficacia. La recolección de datos se realizó durante tres meses de setiembre a noviembre del 2023, utilizando fichas de observación, cuestionario para entrevista y ficha de medición de eficiencia y eficacia, los cuales fueron validados por juicio de expertos para garantizar su validez y confiabilidad. Luego, los datos obtenidos se organizaron en Microsoft Excel, Power BI y Minitab para generar tablas, diagramas y gráficos. Después de ello, se evaluó la significancia estadística de los resultados.

II.5. Criterios éticos

La investigación consideró algunos aspectos éticos establecidos en la Resolución N° 053-2023 de la Universidad Señor de Sipán. Con ello, se garantizó el consentimiento de manera voluntaria de la empresa después de recibir información completa sobre los objetivos de la investigación, así como también la confidencialidad y privacidad del manejo de sus datos. De igual manera, originalidad, ya que se redactó siguiendo los estándares de las normas IEEE.

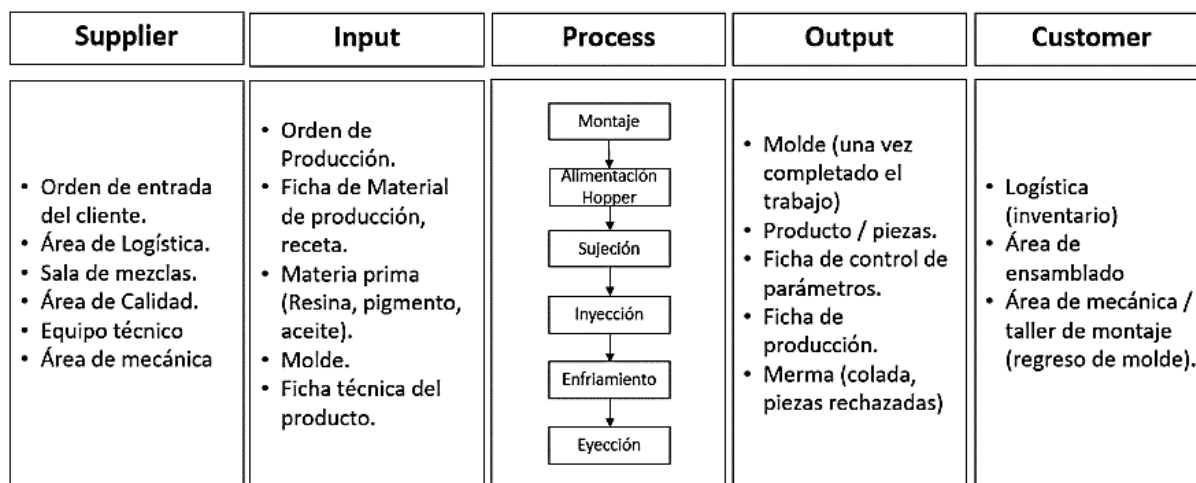
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. Resultados

III.1.1. Fase Definir

El primer paso fue entender cuáles son los problemas que se presentan en la producción del área de inyección que influyen en la eficiencia de tiempo de las máquinas. Se desarrolló un diagrama SIPOC con el propósito de identificar aspectos significativos del proyecto, el cual representa a los proveedores, insumos, procesos, resultados y clientes.

Figura 1. Diagrama SIPOC del área de inyección.



Fuente: Elaboración propia.

Además, se empleó una revisión del esquema de flujo con el propósito de comprender el enfoque y la extensión de la mejora. Tras verificar el esquema de flujo (ANEXO 07– Figura 21), se determinó que tanto el diseño del molde como el proceso de moldeo por inyección eran los factores cruciales que generaban la deformación.

En el diagrama del proceso de moldeo por inyección, se definió el problema actual de piezas rechazadas observado durante las pruebas y antes del inicio de la producción, en el que se invirtió tiempo ajustando la máquina para cumplir con los parámetros de calidad del producto, representando tiempo muerto y afectando el

costo de producción. De igual manera, se realizó un Diagrama de Pareto, con la finalidad de conocer el % de ocurrencias en el proceso.

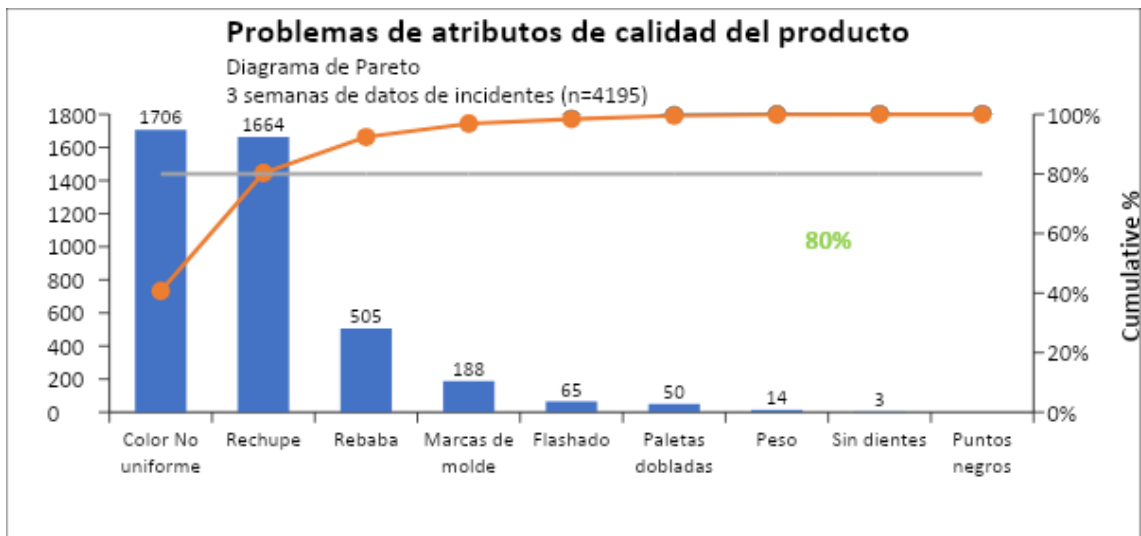


Figura 2. Representación de incidencias registradas.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 3, el color no uniforme fue el problema con mayor número de incidencias registradas con un total de 1706, el cual representa el 41% de los problemas encontrados.

III.1.2. Fase Medir

La precisión y eficiencia del sistema de medición se evaluaron a través de la repetibilidad y la reproducibilidad. Se realizó un informe en el software Power Bi a partir de la data conseguida con una ficha de control, donde se registra la temperatura de la zona calefactora, temperaturas de los moldes, la cara macho y hembra, la temperatura del producto y el peso. El análisis corresponde a la producción de la pieza Empujador S-800 color azul de la banda modular realizado en la máquina HAITIAN con un ciclo de 270 *segundos*.

A) Cálculo de índices de capacidad C_p y C_{pk} .

Para ello se calculó previamente la desviación estándar, la cual fue de 3.804.

$$C_p = \left(\frac{36.15 - 27.91}{6(3.804)} \right) = 0.36; C_{pk} = \min \left[\frac{32.03 - 27.91}{3(3.804)}, \frac{36.15 - 32.03}{3(3.804)} \right] = 0.36$$

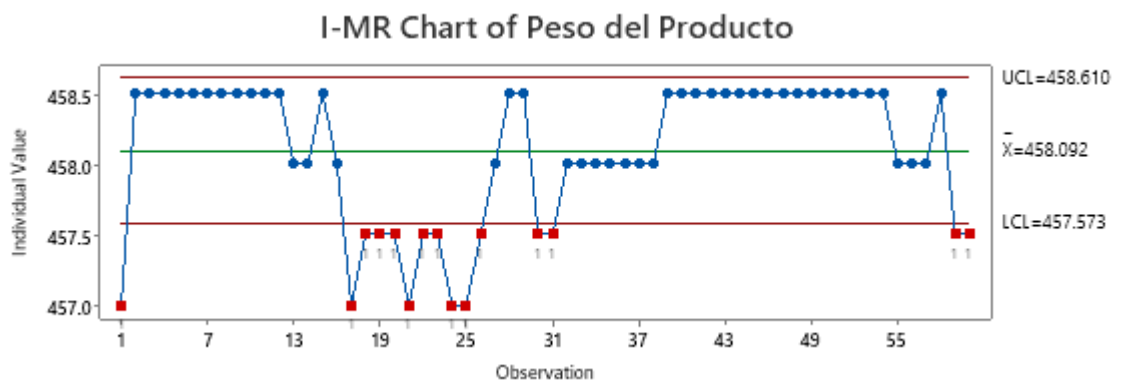
Tanto el C_p como C_{pk} obtenido fue de 0.36, es decir, el proceso de empujadores azules S-800 en el área de inyección enfrenta dificultades significativas para cumplir con las especificaciones requeridas.

B) Estimación de nivel sigma y rendimiento del proceso.

Se encontró un nivel sigma de 2.09, esto significa que la variación del proceso no es la adecuada debido a que está produciendo 308 537 oportunidades de defecto por cada millón de empujadores azules S-800 con un rendimiento del proceso de 72.1%.

C) Determinación de límites en el proceso de empujadores azules S-800.

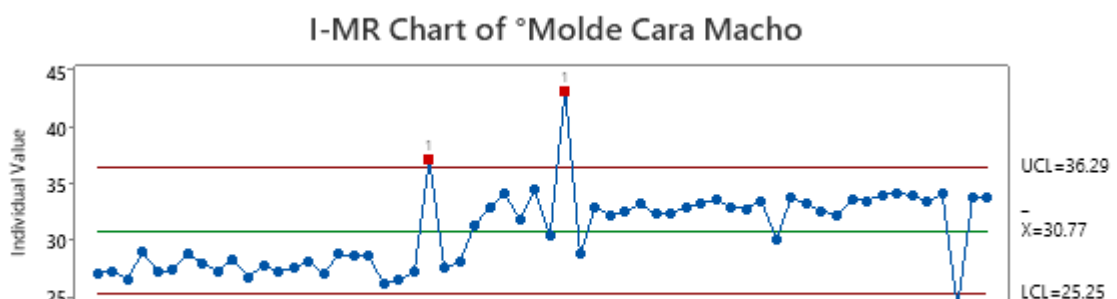
Figura 3. Tabla de control de peso.



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

En la Figura 4 se aprecia el Límite Superior de Control del Peso del producto fue 458.610 gr y el Límite Inferior de Control 457.573 gr. El peso durante la producción se mantuvo dentro de las medidas toleradas. Además, el C_{pk} de 1 demuestra que el proceso no tiene la capacidad de mantenerse dentro de las especificaciones de peso.

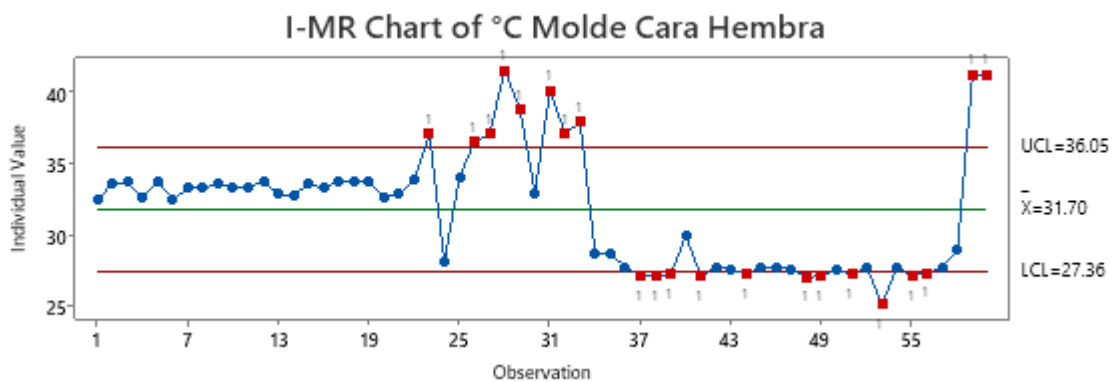
Figura 4. Tabla de control de temperatura de molde cara macho (°C).



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El *UCL* de la temperatura del molde, cara macho fue 36.29°C , y el *LCL*, 25.25°C . A diferencia de la producción que se realizó el 18 de setiembre, la temperatura aumentó, manteniéndose dentro de los rangos establecidos; sin embargo, el *Cpk* obtenido de 1, significa que el proceso no tiene la capacidad de mantenerse dentro de las especificaciones de temperatura del molde cara macho.

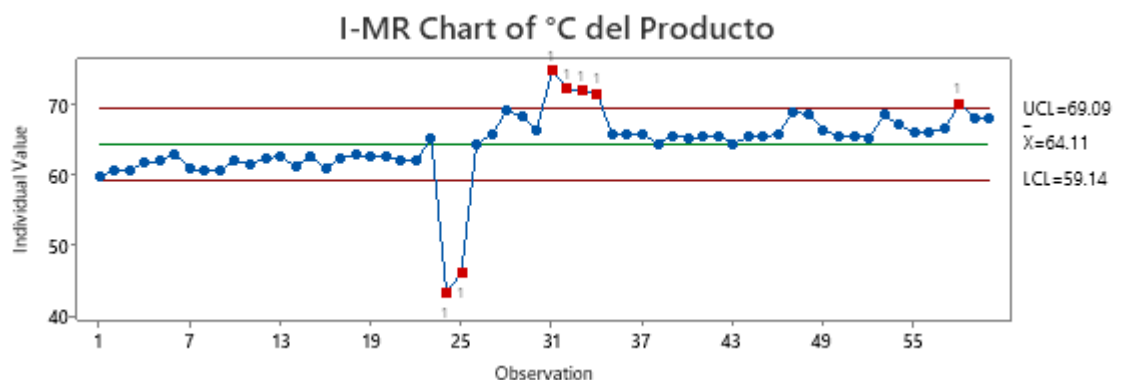
Figura 5. *Tabla de control de temperatura de molde cara hembra ($^{\circ}\text{C}$).*



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El Límite Superior de Control de la temperatura del molde cara hembra fue 38.25°C , y el Límite Inferior de Control, 26.27°C . La temperatura aumentó a diferencia de la que estaba cuando se inició la producción, pero no se observó ningún problema.

Figura 6. *Tabla de control de temperatura del producto ($^{\circ}\text{C}$).*



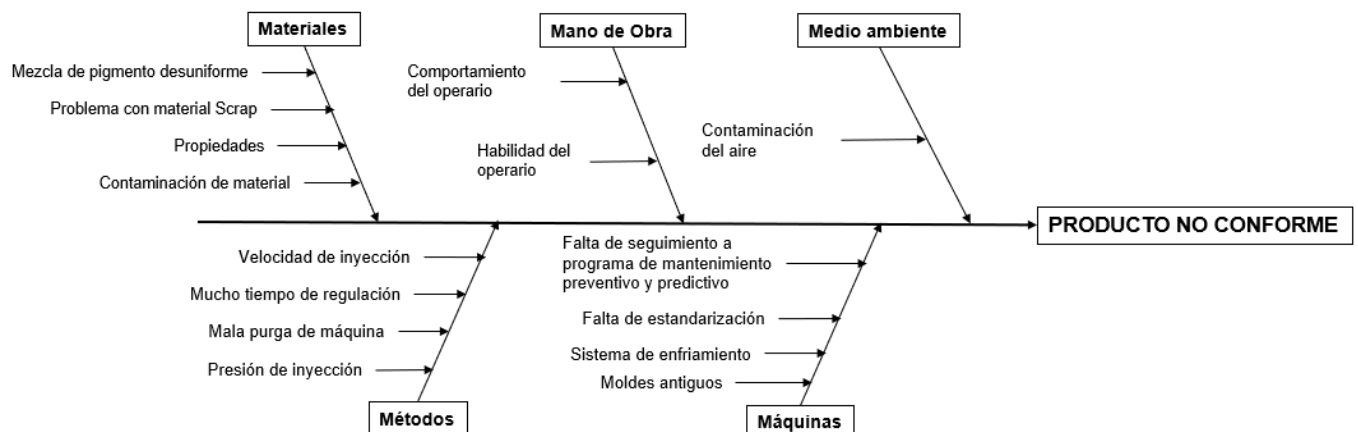
Fuente: Minitab - Elaboración propia.

Respecto a la temperatura del producto final el UCL fue $69.09^{\circ}C$ y el LCL $59.14^{\circ}C$. Las temperaturas de la zona calefactora se mantuvieron igual de principio a fin de la producción 215 – 215 – 215 – 215 – 210. Se observaron variaciones en la temperatura de molde porque se presentaron problemas (piezas flasheadas) con el producto final. Las temperaturas por debajo de los parámetros significaron problemas con el producto, porque la pieza se quedó atrapada en el molde, y se tuvo que hacer una parada, para bajar el molde. Al igual que en los parámetros anteriores del Cpk fue 1, siendo el proceso incapaz de mantenerse dentro de las especificaciones requeridas para la temperatura del producto.

III.1.3. Fase Analizar

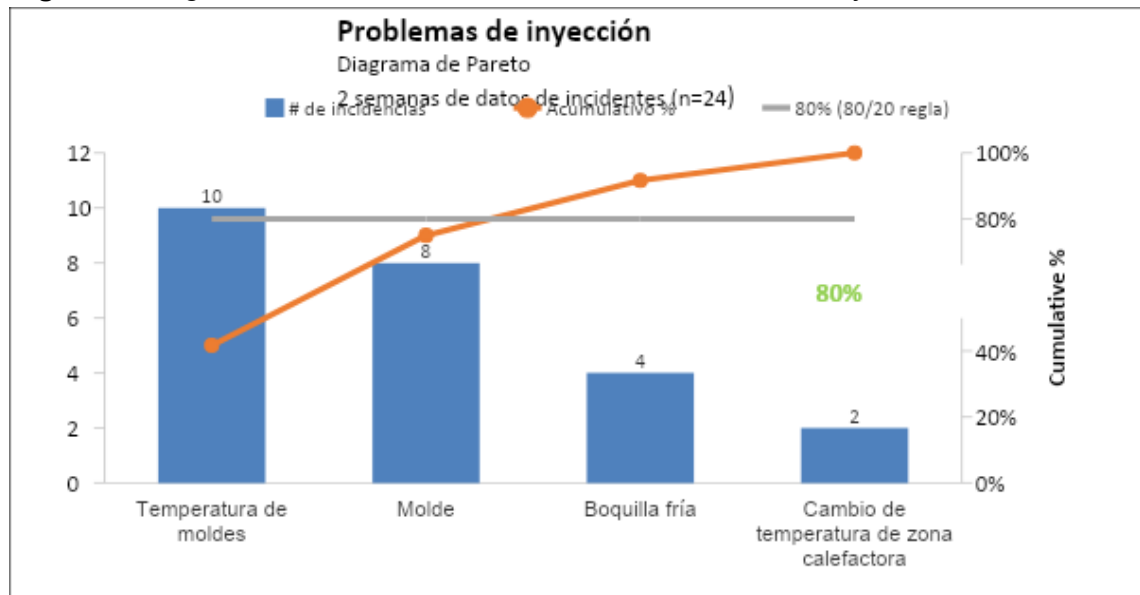
Se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas conjunta con operadores de campo, jefatura de investigación y desarrollo, y el supervisor de control de calidad. Se amplió el diagrama de causa y efecto mediante la incorporación de personal, máquinas, materiales, métodos y ambiente. Los factores clave seleccionados fueron el sistema de enfriamiento en los moldes, la velocidad de inyección y la presión de inyección, como se detalla en la Figura 8. Así también se desarrolló un diagrama de Pareto (Figura 8) para conocer los problemas que se presentan en el área de inyección.

Figura 7. Diagrama Causa-Efecto de los empujadores azules S-800 no conformes del área de inyección.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Diagrama de Pareto de las incidencias en el área de inyección.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 9, la temperatura de moldes y estados del molde fueron los principales problemas identificados con un total de 18 incidencias, representando el 75% de las causas raíces encontradas.

Se registraron los tiempos de producción con el instrumento de seguimiento de tiempos de máquina, en esta producción se trabajó con la máquina HAITIAN 250. De igual manera, se registraron los tiempos muertos y el nivel de eficiencia de la máquina, considerando el tiempo de funcionamiento de la máquina que fue de 82 horas

Tabla 1. Tiempos de operaciones de la máquina HAITIAN 250 para producción de empujadores azules S-800.

Tiempos de la máquina HAITIAN 250	
Operaciones	Tiempo
Montaje	1 hora
Purga	0 horas
Regulación	11 horas 40 minutos

Paradas	2 horas 45 minutos
Subtotal	15 horas 25 minutos
Producción	59 horas 30 minutos
Tiempo total de funcionamiento	82 horas
Tiempo muerto	11 horas 25 minutos
Tiempo muerto otros	7 horas 05 minutos

Fuente: Elaboración propia

Nota: La razón de la parada fue porque se quedaba la colada pegada en el molde, teniéndose que retirar la boquilla y el bebedero para su respectiva rectificación. El tiempo muerto entre operaciones paradas y otras sumaron 18 *horas 30 minutos*, considerando también que el tiempo estándar de las operaciones de montaje, purga y regulación, previa a la inyección en la máquina *HT – 250* es de 4 horas.

III.1.4. Fase Mejorar

A) Propuesta de Plan de Control Estadístico para el proceso.

Con el propósito de disminuir la variabilidad en la producción de bandas modulares y, por ende, mejorar la eficiencia operativa en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., se propuso desarrollar un plan de control estadístico, el cual abarcó los siguientes elementos:

1. Identificación de Variables Críticas

Se seleccionarán las variables claves del proceso que impacten directamente en la calidad de las bandas modulares, por medio de la especificación de límites para las temperaturas del molde, del producto y su peso, que representan los valores aceptables.

2. Recopilación de Datos

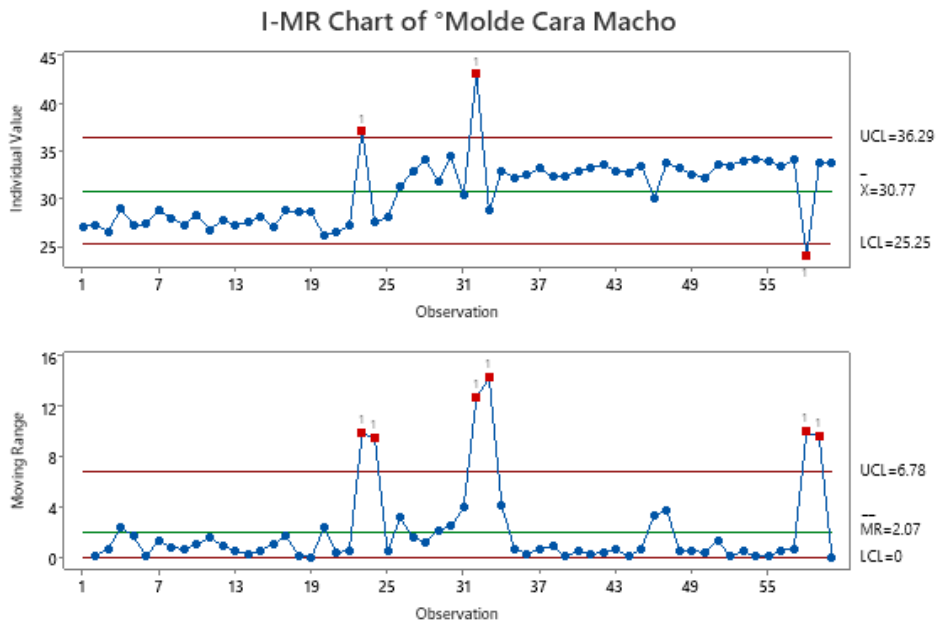
Se requiere establecer un sistema para recopilar datos de manera regular y consistente a lo largo del proceso, por medio de fichas de control rutinario que reunirán información para ser ingresada a una base de datos, la cual se utilizará

para filtrar información por cada atributo de producto (producto, tipo, medida, color y material) mediante el uso de técnicas estadísticas que permita muestrear datos de manera representativa.

3. Construcción de Gráficos de Control

En el área de inyección existía una temperatura promedio, que era guía para la producción, pero no se cuenta con un rango establecido que limiten cada parámetro de producción, es por eso que a partir de un muestreo de los parámetros en la producción de las paletas se hallaron cuáles son los límites por cada parámetro que se controla que son los siguientes: temperatura del molde cara macho, cara hembra, temperatura y peso del producto. Asimismo, también se realizaría control de la zona calefactora, manteniéndose ese factor en todas las producciones. En la siguiente figura se observa la tabla de control que se ha realizado con 60 muestras, y se ha hallado la media, el Límite Superior de Control y el Límite Mínimo de Control, así como el rango de variación.

Figura 9. *Gráfico de Control de Temperatura de Molde Cara Macho y*

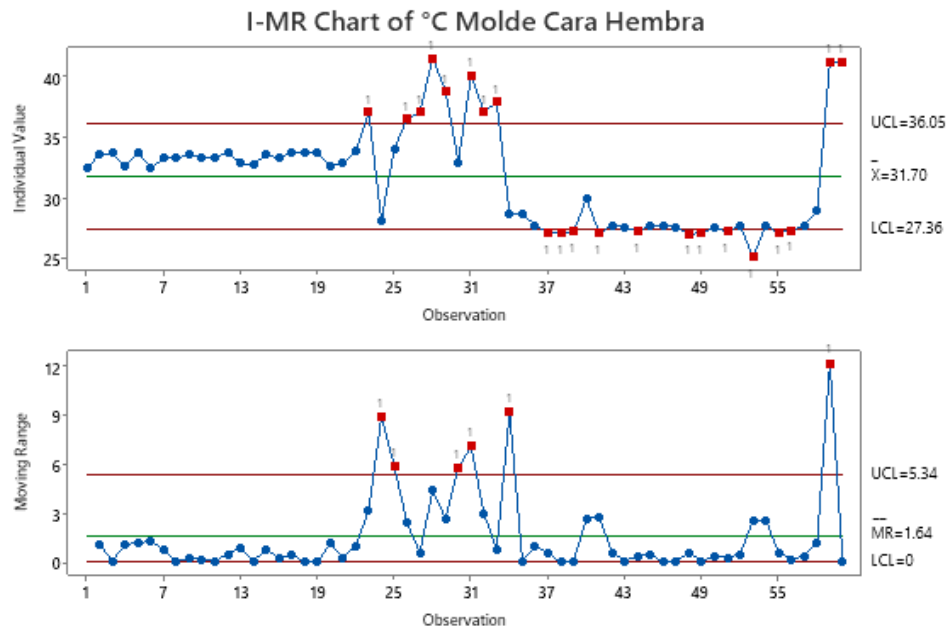


Variabilidad.

Fuente: Minitab - Elaboración propia.

A partir de las tablas de control generada respecto a la temperatura del molde cara macho, se obtuvo que la media fue 30.77°C , el $UCL 36.29^{\circ}\text{C}$, y el $LCL 25.25^{\circ}\text{C}$.

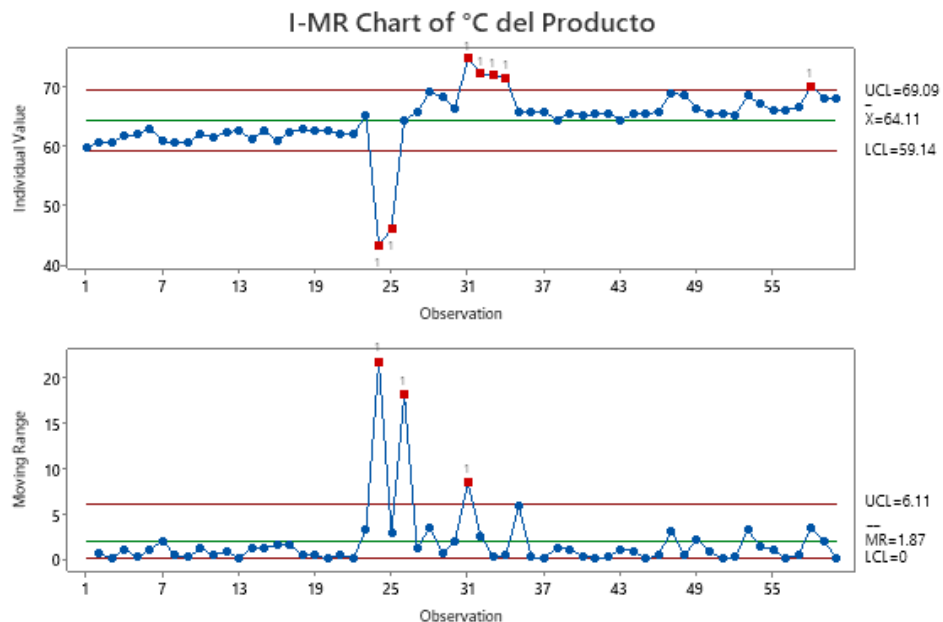
Figura 10. Gráfico de Control de la Temperatura de Molde Cara Hembra y Variabilidad.



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

Con los datos del muestreo se obtuvieron los límites del parámetro de temperatura de molde cara hembra, con una muestra de 31.7°C , $UCL 36.05^{\circ}\text{C}$, $LCL 27.36^{\circ}\text{C}$.

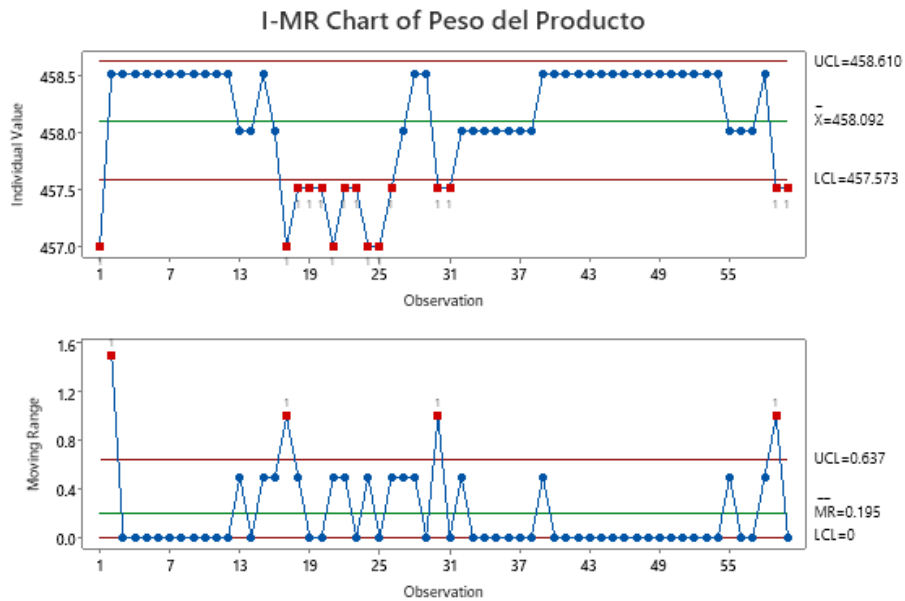
Figura 11. Gráfico de Control de la Temperatura del Producto y Variabilidad.



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

En el gráfico de control de la temperatura del producto, la media resultó ser 64.21°C, el UCL 69.09°C, y el LCL 59.14°C.

Figura 12. Gráfico de Control del Peso y Variabilidad.



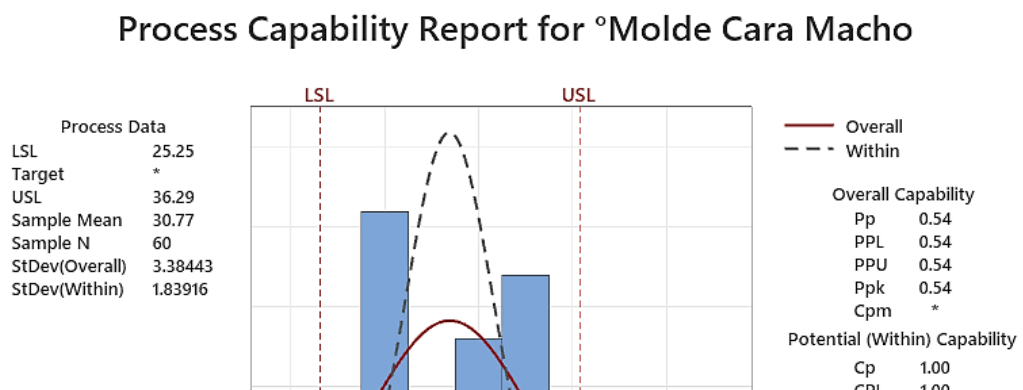
Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El nivel de varianza promedio del peso debe ser 0.195 gr, y máximo puede variar 0.637 gr, el promedio que se obtuvo en la tabla de control fue de 458.092 gr, debiendo ser el Límite Superior de Control 458.610 gr, y el Límite Inferior de Control 457.573 gr.

4. Análisis de Datos

Se desarrolló una simulación del análisis de datos a través de reportes de la capacidad del proceso respecto a los parámetros de control rutinario de producción.

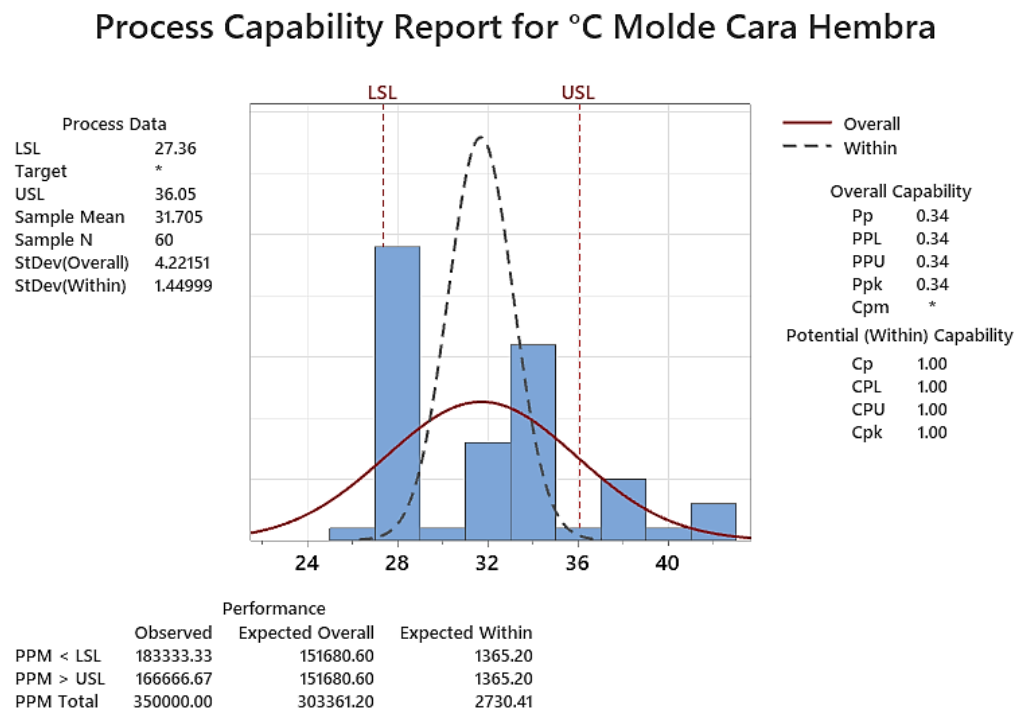
Figura 13. Capacidad del Proceso dentro de Temperatura de Molde Cara Macho



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El valor del C_p obtenido fue 1.00 indicando que el ancho de la distribución del proceso es igual al ancho de las especificaciones. Es decir, el proceso tiene la capacidad aceptable de cumplir con las tolerancias, pero no hay margen adicional. Este valor sugiere que el proceso podría beneficiarse de mejoras para aumentar su capacidad. El C_{pk} de 1.00, indicó que el proceso está centrado dentro de las especificaciones, pero no hay margen adicional para la variación. Similar al C_p , que sugiere que hay capacidad para cumplir con las tolerancias, pero no hay holgura. Por eso se plantea que al mejorar la centración o reducción de la variabilidad podrían aumentar la capacidad del proceso. El valor del P_p de 0.54 quiere decir que el ancho de la variación del proceso es más amplio que el ancho de las especificaciones. Esto sugiere que, en el corto plazo, el proceso podría tener dificultades para cumplir con las tolerancias especificadas.

Figura 14. Capacidad del Proceso dentro de Temperatura de Molde Cara

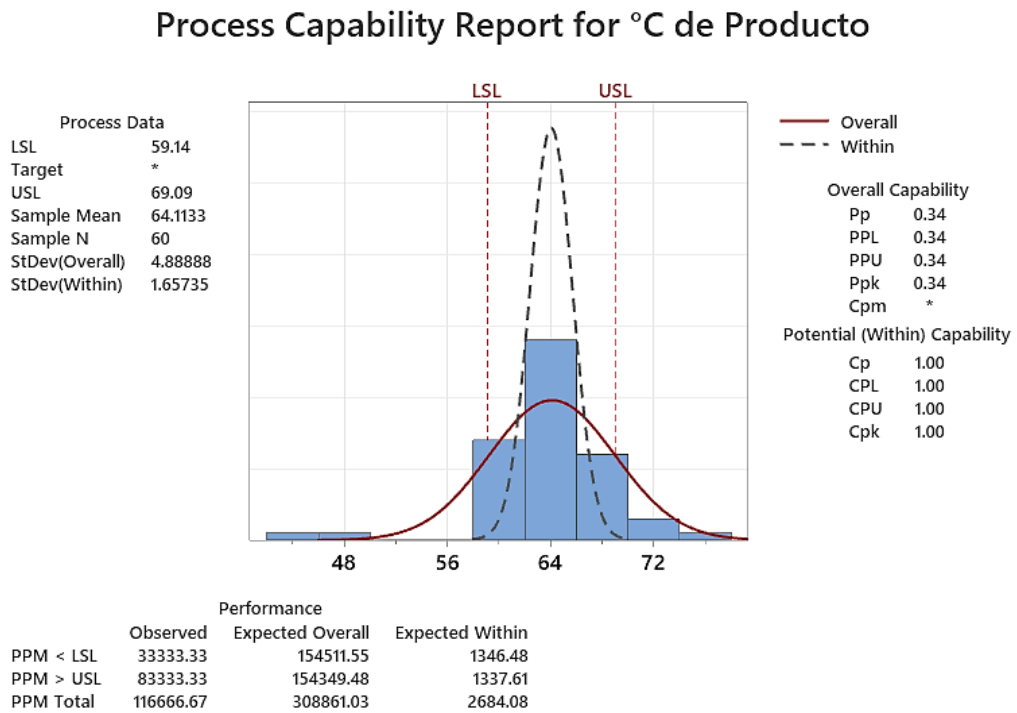


Hembra.

Fuente: Minitab - Elaboración propia.

En la figura, aunque los valores de C_p y C_{pk} indican una capacidad aceptable y real para cumplir con las especificaciones, el P_p sugiere que hay una variabilidad significativa a corto plazo. A partir de ese dato, sería importante analizar y abordar la fuente de esta variabilidad para mejorar la capacidad del proceso, especialmente en términos de consistencia a corto plazo.

Figura 15. Capacidad del Proceso dentro de Temperatura del Producto.

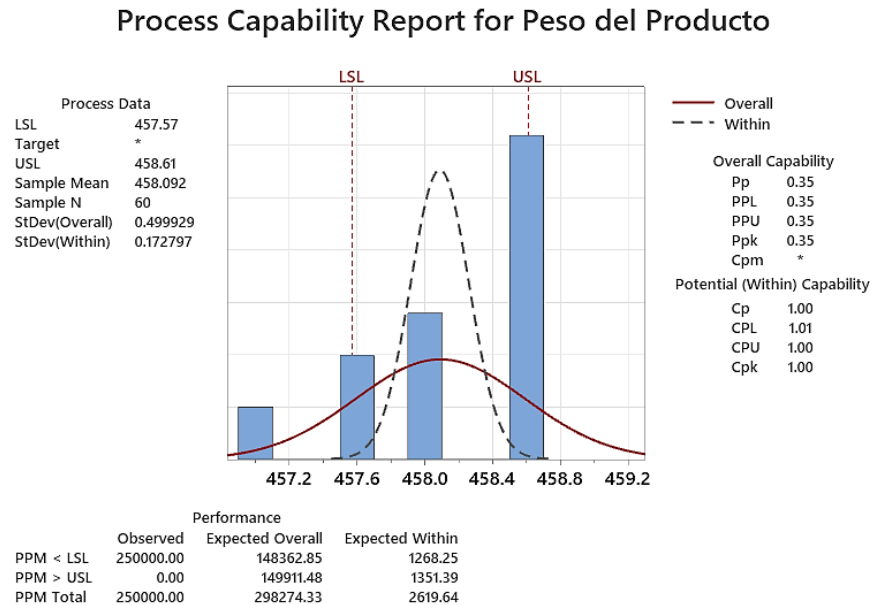


Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El valor del C_p de 1.00, nos indica que el proceso coincide con el rango de las especificaciones. En este contexto, el proceso posee la capacidad potencial para cumplir con las tolerancias, aunque sin márgenes adicionales. El C_{pk} con valor 1.00 señaló que el proceso está centrado dentro de los límites especificados, pero sin margen adicional para la variación. Es por eso que una serie de propuestas de mejoras en la centración o reducción de la variabilidad podrían

potenciar la capacidad del proceso. El Pp de 0.34 sugiere que la variación en el proceso es más extensa que el rango de las especificaciones. Esto indicó que, a corto plazo, el proceso podría enfrentar dificultades para cumplir con las tolerancias establecidas.

Figura 16. Capacidad del Proceso dentro de Peso del Producto.



Fuente: Minitab - Elaboración propia.

El Cp y Cpk tuvieron un valor de 1.00, indicando que el proceso puede cumplir con las tolerancias de peso, pero sin margen adicional. El Pp fue 0.35, sugiriendo que a corto plazo el proceso podría tener dificultades para cumplir con las tolerancias debido a una variabilidad considerable en el peso del producto, por lo que mejoras en el proceso podrían ser beneficiosas para aumentar su capacidad y reducir la variabilidad.

5. Acciones Correctivas

Las acciones pueden incluir ajustes en el proceso, correcciones de maquinaria o cambios en los materiales utilizados. a pesar de que los valores de Cp y Cpk indiquen una capacidad potencial y real para cumplir con las especificaciones, el valor más bajo de Pp señala que hay una variabilidad significativa a corto plazo. Sería fundamental analizar y abordar la fuente de esta variabilidad para mejorar

la capacidad del proceso, especialmente en términos de consistencia a corto plazo. En el caso del proceso de moldeo por inyección, el Análisis Modal de Fallos y Efectos (*AMFE*) puede ser aplicado para mejorar la calidad y eficiencia del proceso. Desarrollar el *AMFE* como acción correctiva implicaría primero identificar todos los componentes y procesos relacionados. Luego, se asignarían puntajes para evaluar la severidad, ocurrencia y detección de posibles fallas. Calculando el riesgo, se priorizarían las áreas críticas. Las acciones correctivas se enfocan en abordar las fallas prioritarias mediante mejoras en el diseño del molde, ajustes en parámetros del proceso, entre otras soluciones. A partir de ello, se implementarían medidas preventivas para reducir la probabilidad de ocurrencia de fallas. Finalmente, un sistema de monitoreo evaluaría la efectividad de las acciones y el *AMFE* se actualizaría según sea necesario.

Figura 17. Ficha de Análisis Modal de Fallos y Efectos

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS																			
AMFE DE PROCESO:				PARTE DEL PROCESO:			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE:				N° HOJA:								
NOMBRE DEL PARTICIPANTE				COORDINADOR			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA:								
OPERACIÓN	N° FALLO	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA								
		MODO DE FALLO	EFECTO	CAUSA	MEDIDA Y CONTROL PREVISTO	F	G	D			IPR	ACCIÓN IMPLANTADA	F	G	D	IPR			

Fuente: Elaboración propia.

6. Mejora Continua

Utilizar la información recopilada para realizar mejoras en el proceso con el tiempo a partir del proceso de control estadístico de calidad, por medio del ajuste de límites de control, la modificación de procedimientos e implementación de cambios para reducir la variabilidad y mejorar la calidad. En este contexto, la metodología Kaizen busca un proceso de mejora continua, donde cada pequeño

cambio contribuye a un progreso constante, siendo esencial fomentar una cultura en la que todos los miembros del equipo estén comprometidos con la mejora y la eficiencia del proceso de moldeo por inyección.

La aplicación de la metodología Kaizen, de mejora continua, junto con el ciclo *PHVA* en el proceso de moldeo por inyección sigue un enfoque sistemático para la mejora continua. En la etapa de Planificación, se establecen metas específicas y se forma un equipo multidisciplinario. Luego, en la fase de Ejecución (Hacer), se introducen cambios graduales en el proceso y se brinda capacitación continua al personal. La etapa de Verificación implica la recopilación y análisis de datos, así como auditorías regulares para evaluar la efectividad de las mejoras. Finalmente, en la fase de Actuación, se realizan ajustes adicionales basados en los resultados y se documentan las mejoras implementadas. Este ciclo *PHVA* se repite continuamente, fomentando una cultura Kaizen donde la mejora constante es una parte integral de la operación diaria. La retroalimentación constante y la participación activa de todo el personal son esenciales para el éxito de este enfoque en el proceso de moldeo por inyección.

7. Capacitación y Comunicación

Se requiere asegurar que el personal esté capacitado en la implementación del plan de control estadístico y de tal manera fomentar la comunicación efectiva entre los equipos de producción, calidad y gestión.

La implementación de un plan de control estadístico de calidad y orden en operaciones de inyección por moldeo implica la formación de los equipos involucrados. Las capacitaciones proporcionarán a los equipos las habilidades necesarias para implementar y mantener un plan de control estadístico de calidad en operaciones de inyección por moldeo, contribuyendo a la mejora constante de la calidad y eficiencia.

Se reconoce que un colaborador no puede alcanzar su máximo rendimiento si no posee un conocimiento sólido sobre las tareas que realiza de manera constante.

Por lo tanto, resulta esencial proporcionar capacitaciones al personal en el área de inyección y en otras áreas. Es importante destacar que estas instrucciones también se extenderán al supervisor y a los cargos directivos, como gerentes y jefes. Asimismo, es imperativo que el jefe designado posea un nivel de conocimiento elevado, lo que le facilitará supervisar y, sobre todo, guiar y respaldar al personal, estableciendo un ejemplo y liderazgo. Cabe resaltar que las capacitaciones durarán *1h 30 minutos* y se llevarán a cabo durante el horario laboral.

Figura 18. *Plan de Capacitaciones para el Área de Producción y Calidad de Inyección.*

Plan de Capacitaciones											
N°	Tema de Capacitación	Dirigido a		Semanas							
		Supervisores	Operarios	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Control Estadístico de Procesos / Uso de Herramientas estadísticas										
2	Capacidad del Proceso de Moldeo por Inyección										
3	Parámetros críticos en el Proceso de moldeo por Inyección										
4	Muestreo Efectivo y Técnicas de Inspección										
5	Identificación y Tratamiento de Causas Especiales y Comunes										
6	Acciones correctivas y preventivas para mejorar la calidad.										
7	Seguridad en Operaciones de Inyección										
8	Sistema de Documentación y Registro de Inyección										

Fuente: Elaboración propia.

B) Situación de la variable dependiente con la propuesta.

La estimación de la mejora respecto a las especificaciones y mejoras de calidad que se propongan a través del análisis estadístico de calidad del proceso de inyección, afecta beneficiosamente los tiempos de producción, puesto que la eficiencia del trabajo de máquina para la producción de empujadores de la S-800 aumentaría.

El tiempo total de la regulación y la parada fue de *14 horas 25 minutos*, teniendo en cuenta que *4h* fue el tiempo estándar para la regulación en la *HT – 250*.

Tabla 2. *Tiempos de operaciones de la máquina HAITIAN 250 para producción de empujadores azules S-800.*

Tiempos de la máquina HAITIAN 250	
Operaciones	Tiempo
Montaje	1 hora
Purga	0 horas
Regulación	11 horas 40 minutos
Paradas	2 horas 45 minutos
Subtotal	15 horas 25 minutos
Producción	59 horas 30 minutos
Tiempo total de funcionamiento	82 horas
Tiempo muerto en operaciones	11 horas 25 minutos
Tiempo muerto otros	7 horas 05 minutos

Fuente: Elaboración propia

Considerando los tiempos de las operaciones se calculó la eficiencia operativa:

$$Eficiencia\ Operativa = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$Eficiencia\ Operativa = 86.48\% * 82.15\% * 99.5\%$$

$$Eficiencia\ Operativa = 70.69\%$$

✓ Disponibilidad:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ productivo}{Tiempo\ disponible} = \frac{4255\ min}{4920\ min} = 86.48\%$$

✓ Rendimiento:

$$Rendimiento = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ productiva} = \frac{1514\ piezas}{1843\ piezas} = 82.15\%$$

✓ Calidad:

$$Calidad = \frac{Producción\ aceptada}{Producción\ real} = \frac{1507\ piezas}{1514\ piezas} = 99.5\%$$

Al obtener una eficiencia operativa de 70.69% indica que la máquina inyectora está operando a un 70.69 de efectividad total posible, este valor refleja la eficiencia combinada de la máquina en términos de tiempo de operación, velocidad de

producción y calidad de los productos fabricados.

III.1.5. Fase Controlar

Con la finalidad de supervisar la propuesta de mejora, se desarrolló un formato de lista de verificación de actividades, posibilitando la verificación y confirmación de la correcta ejecución del proceso productivo del área de inyección. La responsabilidad de llevar a cabo este control recae en el asistente de calidad.

Figura 19. Ficha de control rutinario para el área de inyección.

Parámetros de Control Rutinario										
Serie:		Parámetros del producto								
OF										
Producto		Dimensiones								
Tipo		Peso								
Color		(°C) Producto								
Material		(°C) Cara hembra								
Máquina		(°C) Cara macho								
Fecha	Hora	Producto			Molde		Máquina		Observaciones	
		Largo	Ancho	Peso	Ciclo	°C	Cara hembra	Cara macho		Zona Calefactora

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Ficha de verificación para control de actividades.

ABRAHAM SERVICIOS TÉCNICOS Y OPERACIONALES ASOCIADOS						LISTA DE VERIFICACIÓN			
Encargado:					Fecha:				
Producto:			Serie:			Lote:			
Operación	N°	Actividad	Si	No	Observación				
Inspección de molde	1	El molde y la máquina están en buen estado y limpios.							
Inspección de materia prima	2	La materia prima utilizada cumple con las especificaciones del proceso.							
Montaje	3	Se verificó que el molde está montado correctamente en la máquina							
Alimentación de Hopper	4	Se revisó que el Hopper está lleno de pellets de plástico.							
Sujeción	5	Se verificó que el molde esta sujetado correctamente y no hay fugas							
Inyección	6	El plástico se inyecta en la cavidad del molde a la presión y temperatura adecuada.							
Enfriamiento	7	Se aseguró que el plástico se enfría uniformemente y no se produzcan defectos.							
Eyección	8	Se verificó que la pieza se expulse del molde sin sufrir daños.							
		La pieza (banda modular) cumple las especificaciones del producto							

Fuente: Elaboración propia.

III.2. Discusión

En el presente estudio al proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023, se encontró que el nivel sigma actual es de 2.09, lo cual significa que la variación del proceso no es la adecuada debido a que está produciendo 308 537 oportunidades de defecto por cada millón de empujadores azules S-800; esto quiere decir que, la eficiencia operativa del proceso realizado en el área de inyección es muy baja, es por ello que se estima mejorar la eficiencia en la producción de empujadores azules S-800. Ante ello, se demuestra que DMAIC influye positivamente en la eficiencia operacional de la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., ya que permitió identificar los problemas presentes en el proceso y a partir de ello plasmar una propuesta de mejora. Esto lo podemos contrastar con los resultados de [11] quien concluyó que, el nivel actual de su proceso analizado era de 2.88. En respuesta a estos desafíos, la metodología Six Sigma facilitó la medición y evaluación precisa del tiempo actual del ciclo de producción de envases, contribuyendo así a la identificación precisa de áreas de mejora en el proceso. En tal sentido, la conexión entre ambos estudios radica en el papel positivo que juegan las metodologías estructuradas como DMAIC y Six Sigma en la mejora de los procesos empresariales, pues ambos casos evidencian cómo estas metodologías no solo identifican los problemas presentes en los procesos, sino que también ofrecen un marco sólido para proponer y aplicar mejoras específicas.

Con respecto al primer objetivo específico, realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., se encontraron aspectos críticos que influyen directamente en la eficiencia operacional de la empresa. Los resultados obtenidos,

indican un rendimiento del 74.4%, señalando que existe un espacio significativo para mejorar la productividad y reducir los tiempos muertos de la maquinaria principal, que representan un considerable 25.6% debido a las paradas por la colada pegada en el molde. Este hallazgo se contrasta con la investigación de [18], quien también enfrentó desafíos en la eficiencia de la línea de producción debido a problemas similares, como fallas y atascamientos no reportados, pero que al desarrollar un plan de mejora utilizando herramientas lean, la eficiencia mejoró en un 5.2%, lo que sugiere que la implementación de dichas prácticas puede ser una estrategia efectiva para optimizar la eficiencia operacional en entornos de producción similares. Por tal motivo, el análisis del rendimiento de la línea de producción destaca áreas clave que, al ser abordadas estratégicamente, pueden tener un impacto directo en la eficiencia operacional, pues al identificar y eliminar las causas fundamentales de las pérdidas y tiempos muertos se contribuirá a un funcionamiento más eficiente y rentable de la empresa.

En el segundo objetivo específico, al determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., se pudo identificar que existe una gran variabilidad en el proceso estudiado, principalmente en los parámetros de peso del producto (empujador azul S-800) y temperatura tanto del producto como de los moldes. Esto se demostró al calcular los índices de capacidad (C_p y C_{pk}) cuyo resultado fue de 0.36, evidenciando que el proceso no tiene suficiente capacidad, lo que significa que la variabilidad y la posición media del proceso no están en niveles óptimos para cumplir con los límites establecidos. Comparando estos resultados con el estudio de [14], quien empleó la metodología DMAIC, se observa una discrepancia significativa. El autor encontró una capacidad de proceso de 0.0190, identificando que el parámetro de espesor del producto estaba por debajo de los límites de Six Sigma; aunque las cifras son sustancialmente diferentes, ambos

estudios convergen en la conclusión de que se requiere un análisis profundo del proceso productivo para asegurar la conformidad con las especificaciones del producto. Ante el contexto analizado, la variabilidad identificada en el proceso de producción de bandas modulares ofrece oportunidades clave para la mejora continua, pues al implementar estrategias como control estadístico de procesos u optimización de parámetros críticos para reducir dichas causas se puede tener beneficios directos en la eficiencia operacional de las empresas del sector.

Por último, en lo concerniente al objetivo, proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., se elaboró un plan de control estadístico. Se propuso desarrollar un plan de control estadístico, como herramienta utilizada que proporciona una estructura sólida para monitorear y mejorar constantemente el proceso de moldeo por inyección. Se calculó la eficiencia operacional, la cual fue de 70.69%. Esto demuestra que se puede mejorar la calidad del producto por medio de un análisis estadístico con el propósito de disminuir la variabilidad en la producción de bandas modulares y por ende, mejorar la eficiencia operativa. Al igual que [13], utilizaron estrategias y herramientas de calidad para minimizar en 3.33% los defectos y encontrar parámetros correctos para la operación de peso en el proceso de inyección. En el mismo contexto, [15] resaltan la necesidad de abordar desafíos de variación de parámetros en un proceso mediante métodos estadísticos, estableciendo límites y márgenes de error permisibles, y aplicando herramientas de calidad para procesar los resultados de manera. En tal sentido, podemos inferir que, si bien la aplicación de la metodología DMAIC lleva a mejoras operativas y financieras, es necesario realizar seguimiento constante y mantener un compromiso profundo tanto de la empresa como del personal para alcanzar la excelencia operativa y la mejora continua.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1. Conclusiones

- a) Se realizó un diagnóstico de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., detectándose un rendimiento del 74.4% en el proceso de inyección de los empujadores azules S-800. Esta evaluación reveló un margen significativo para mejoras, con la posibilidad de reducir el 25.6% de los tiempos muertos de la máquina principal ocasionados por las paradas debidas a la colada pegada en el molde.

- b) Tras completar el diagnóstico, se determinaron como causas potenciales de las ineficiencias en las operaciones del proceso de inyección aquellas relacionadas con la temperatura de moldes, y estado de molde. Se registraron un total de 18 incidencias en estos aspectos, representando el 75% de las observaciones, lo cual resalta la importancia crítica de abordar y estabilizar las condiciones térmicas del proceso de inyección para mejorar significativamente la eficiencia operativa.

- c) Se propuso mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., mediante el diseño de un plan de control estadístico conformado por 7 criterios, en el que uno de estos abarcó una simulación y otro la mejora continua del proceso de moldeo por inyección a través de la metodología Kaizen junto al ciclo *PHVA*. Así mismo, se realizaron los cálculos para evaluar la eficiencia operacional, evidenciando una eficiencia del 70.69%.

IV.2. Recomendaciones

- a) Se sugiere evaluar la implementación de medidas preventivas destinadas a reducir los tiempos muertos originados por la colada pegada en el molde. Esto podría incluir la aplicación de recubrimientos antiadherentes o la consideración de ajustes en la formulación del material. Además, se recomienda la posibilidad de establecer un programa de mantenimiento predictivo enfocado en la máquina principal, con el objetivo de prevenir paradas no programadas y optimizar su rendimiento.

- b) Así mismo, llevar a cabo un monitoreo continuo de las condiciones térmicas durante la producción, esta acción permitirá identificar patrones y tendencias que podrían estar contribuyendo a las ineficiencias. Por lo que, se recomienda la evaluación de realizar mejoras en el control de la temperatura del molde, posiblemente mediante la incorporación de sistemas de enfriamiento o ajustes en los parámetros de inyección.

- c) Por último, se recomienda explorar la posibilidad de incorporar auditorías, las cuales podrían permitir una evaluación más detallada de los límites y objetivos establecidos, ajustándolos según sea necesario para impulsar la mejora continua. En este sentido, se sugiere no solo centrarse en los aspectos técnicos, sino también en fortalecer la colaboración entre el equipo de producción y el equipo de calidad.

REFERENCIAS

- [1] I. Alhatem Satta, A. As'arry, S. Sapuan, and J. Tarique, "Improvement of Plastic Manufacturing Processes by Six Sigma and DMAIC Methods," *Applied Science and Engineering Progress*, vol. 16, no. 3, 2023, doi: 10.14416/j.asep.2023.04.003.
- [2] A. Maged, H. Salah, K. Saleh, and N. Bhuiyan, "Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: Case study," *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, vol. 32, no. 2, pp. 243–266, 2019, doi: 10.1504/IJISE.2019.100165.
- [3] H. Chung Tse, L. Chih-Ping, and F. Ping-Hsin, "The application of Six Sigma to improve the yield of plastic injection molding," *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 34, no. 2, pp. 152–170, 2023, doi: 10.7166/34-2-2887.
- [4] E. Rimawan, M. Kholil, and S. Fachira, "Analysis quality control of garnish back door license in injection molding process using DMAIC method and VSM method at PT. Suzuki Indomobil Motor," *Universal Journal of Mechanical Engineering*, vol. 7, no. 6, pp. 19–31, 2019, doi: 10.13189/ujme.2019.071504.
- [5] D. Mujica-Suarez, J. Salvador-Ayala, and P. Castro-Rangel, "Successful implementation of the SMED and TPM tools under the PDCA methodology to increase order fulfillment in a company in the Plastic Sector," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2023.
- [6] M. Vega-Alvites and J. Quiroz-Flores, "Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Perú," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.185.
- [7] D. Cordova-Pillco, M. Mendoza-Coaricona, and J. Quiroz-Flores, "Lean-SLP production model to reduce lead time in SMEs in the plastics industry: A Empirical Research in Perú," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.151.
- [8] B. Loyola, D. Bellido, and A. Hurtado-Eraza, "Model for reducing defective production of PET

Bottles through Lean Manufacturing,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2023.

- [9] F. Guimarey, L. Hernández, and M. Vasquez, “Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC.,” *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 8, no. 2, pp. 77–91, 2021, doi: <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1907>.
- [10] W. Barzola Pincay, “Propuesta de Metodología de Trabajo Six Sigma en el Área de producción de envases de la Empresa Industria Plásticas Josa Cia. Ltda.,” Tesis de Doctorado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/>
- [11] I. R. Alarcón León and C. D. Cevallos Usca, “Plan de mejoramiento basado en Lean Manufacturing-Kaizen en una fábrica de plásticos para la reducción de scrap en las áreas de producción,” Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24079>
- [12] D. M. Ramírez Caballero and J. M. Martínez Cucunuba, “Propuesta para la mejora del Proceso de producción en la empresa JPLAST S.A.S mediante la filosofía Lean Manufacturing,” Tesis de Licenciatura, Universitaria Agustiniiana, Bogotá, Colombia, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/975>
- [13] L. Martínez Lara, G. Jiménez Gómez, and J. Muñoz Delgado, “Reducción de defectos en el proceso de inyección en una empresa de plásticos para el hogar,” *Ingeniantes*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, 2020, [Online]. Available: <https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/pdfversion/ingeniantes7no1vol1.pdf>
- [14] C. A. Alayo Avalos, “Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de tuberías PVC en una empresa industrial de la ciudad de Trujillo,” Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/16330>
- [15] M. A. Calla Huayapa, R. A. Maldonado Mamani, C. M. Rodríguez San Román, J. W. Farfán Casapino, and N. H. Quispe Bellido, “Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento,” *Ciencia Latina Revista Científica*

Multidisciplinar, vol. 7, no. 3, pp. 6907–6932, Jul. 2023, doi: 10.37811/CL_RCM.V7I3.6678.

- [16] D. A. Gutierrez Gutierrez, “Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de las mermas de producción en la empresa Export Plast Perú, Arequipa, 2021,” Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94161>
- [17] C. A. Agurto Medina and O. J. Bernal Nuñez, “Plan de mejora utilizando herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el área de producción en la empresa Atlántica S.R.L. – Chiclayo 2019,” Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7591>
- [18] J. L. Santisteban Esparraga, “Plan de mejora basado en la manufactura esbelta, para incrementar la eficiencia del área de producción en la empresa Maxiperu S.A.C., Chiclayo – 2020,” Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8453>
- [19] T. Pongboonchai-Empl, A. Jiju, J. A. Garza-Reyes, T. Komkowski, and G. L. Tortorella, “Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: a systematic review,” *Production Planning and Control*, 2023, doi: 10.1080/09537287.2023.2188496.
- [20] G. Díaz-Ruiz and M. Trujillo-Gallego, “A Six Sigma and System Dynamic Integration for process variability reduction in industrial processes.,” *International Journal for Quality Research*, vol. 16, no. 4, pp. 1149–1178, 2022, doi: 10.24874/IJQR16.04-13.

ANEXOS




ANEXO 01: ACTA DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo **José Arturo Rodríguez Kong** docente del curso de **Investigación II** del Programa de Estudios de **Ingeniería Industrial** y revisor de la investigación de las estudiantes, **Odar Rivera Astrick Patricia, Valdivia Castillo Adriana Pamela**, titulada:

Metodología DMAIC para la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **9%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN. Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación en la Universidad Señor de Sipán S.A.C., aprobada mediante Resolución de Directorio N° 145-2022/PD-USS.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Rodríguez Kong José Arturo	DNI: 46413560	
----------------------------	---------------	---

Pimentel, 22 de diciembre del 2023.



Universidad
Señor de Sipán

ANEXO 02: ACTA DE APROBACIÓN DE ASESOR

Yo **José Arturo Rodríguez Kong** quien suscribe como asesor designado mediante Resolución de Facultad N° **0764**, del proyecto de investigación titulado **METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023**, desarrollado por las estudiantes: **Odar Rivera Astrick Patricia, Valdivia Castillo Adriana Pamela.**, del programa de estudios de **Ingeniería Industrial**, acredito haber revisado, realizado



**ANEXO 03: FORMATOS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN NO EXPERIMENTAL POR JUICIO DE EXPERTOS:
CUESTIONARIO DE ENTREVISTA**

1. NOMBRE DEL JUEZ		
2.	PROFESIÓN	
	ESPECIALIDAD	
	GRADO ACADÉMICO	
	EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
	CARGO	
METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023		
3. DATOS DE TESISISTAS		
3.1	NOMBRES Y APELLIDOS	- Odar Rivera Astrick Patricia - Valdivia Castillo Adriana Pamela
4. INSTRUMENTO EVALUADO		Entrevista () Ficha de observación () Fichas de eficiencia y eficacia ()
5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO		GENERAL: Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023 ESPECÍFICOS - Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.
A continuación, se le presentan los indicadores en forma de preguntas o propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un aspa (x) en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.		
No	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	
Dimensión 1: Definir		
01	¿La empresa tiene claramente definidos los objetivos de manera medible y cuantificable de eficiencia operacional en la producción de bandas modulares?	A () D () SUGERENCIA:
02	¿Se han identificado de manera clara y precisa los principales procesos de producción de bandas modulares que afectan la eficiencia operacional?	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 2: Medir		

03	¿Qué herramientas o métodos utilizan para recopilar datos relevantes sobre la producción de bandas modulares?	A () D () SUGERENCIA:
04	¿Se ha realizado un seguimiento sobre el tiempo de las operaciones de la producción para identificar oportunidades de mejora en términos de eficiencia?	A () D () SUGERENCIA:
05	En cuanto a calidad, ¿cuáles son los defectos que encuentran en la producción? ¿Llevan un registro de frecuencia de estos?	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 3: Análisis		
06	¿Se analiza la eficiencia de los procesos de producción para identificar oportunidades de optimización?	A () D () SUGERENCIA:
07	¿Se han analizado las causas raíz de los defectos o problemas identificados en la producción para implementar soluciones efectivas y sostenibles?	A () D () SUGERENCIA:
08	¿Cuenta con una programación para cumplir con los pedidos?	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 4: Mejora		
09	¿La empresa ha implementado acciones de mejora basadas en los análisis realizados para solucionar los problemas identificados en la producción de bandas modulares?	A () D () SUGERENCIA:
10	¿Existe un plan de acción y control de los problemas y fallas en las actividades?	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 5: Control		
11	¿La empresa cuenta con procedimientos estandarizados y documentados para los procesos de producción de bandas modulares?	A () D () SUGERENCIA:
12	¿Existen mecanismos de control establecidos para monitorear de manera regular la calidad de las bandas modulares producidos?	A () D () SUGERENCIA:
PROMEDIO OBTENIDO:		A () D ():
6. COMENTARIOS GENERALES		
7. OBSERVACIONES		

**Juez
Experto**



INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE FÓRMULAS

1. NOMBRE DEL JUEZ		
2.	PROFESIÓN	
	ESPECIALIDAD	
	GRADO ACADÉMICO	
	EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
	CARGO	
METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023		
3. DATOS DE TESISISTAS		
3.1	NOMBRES Y APELLIDOS	- Odar Rivera Astrick Patricia - Valdivia Castillo Adriana Pamela
4. INSTRUMENTO EVALUADO		Fórmulas para indicadores ()
5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO		<p>GENERAL: Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.
A continuación, se le presentan los indicadores en forma de fórmulas propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un aspa (x) en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.		
No	DETALLE DE LOS ITEMS DEL INSTRUMENTO	
Variable independiente: Metodología DMAIC		
Dimensión 1: Definir		
01	Número de ocurrencias $\%Frecuencias = \frac{Frecuencia\ de\ fallas}{\Sigma Total\ de\ frecuencias}$	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 2: Medir		
02	Índices de capacidad $Cp = \left(\frac{LSE-LIE}{6\sigma} \right); \quad Cpk = \min \left[\frac{\bar{X}-LEI}{3\sigma}; \frac{LSE-\bar{X}}{3\sigma} \right]$	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 3: Análisis		
03	Identificación de causas raíces	A () D () SUGERENCIA:

	$\% \text{ Identificación de causas raíces} = \frac{ND}{\Sigma d}$	
Dimensión 4: Mejora		
04	Mejora $\% \text{ de mejora} = \frac{\text{Mejoras ejecutadas}}{\text{Mejoras propuestas}} * 100$	A () D () SUGERENCIA:
Dimensión 5: Control		
05	Control $\% \text{ Control} = \frac{\text{Entregables elaborados}}{\text{Entregables a elaborar}} * 100$	A () D () SUGERENCIA:
Variable dependiente: Eficiencia Operacional		
Dimensión 1: Eficiencia		
06	Eficiencia Operativa = Disponibilidad × Rendimiento × Calidad Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$ Rendimiento = $\frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$ Calidad = $\frac{\text{Producción aceptada}}{\text{Producción real}}$	A () D () SUGERENCIA:
PROMEDIO OBTENIDO:		A () AD ():
6. COMENTARIOS GENERALES		
7. OBSERVACIONES		

**Juez
Experto**



FICHA DE OBSERVACIÓN

Proceso:							Recuento
Nombre del observador:							###
Localización:							IIII
Fecha:							III
Hoja N°							II
OF	Ítem del defecto	Frecuencia					I
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total	Observación

Total						
--------------	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE MEDICIÓN DE EFICIENCIA

OF	FECHA	Tiempo de Producción						TOTAL, DE TIEMPO REAL	TOTAL, DE TIEMPO ESTÁNDAR	RENDIMIENTO $\frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo estándar}}$
		Tiempo Real Productivo			Tiempo Estándar Programado					
		MQ1	MQ2	MQ3	MQ1	MQ2	MQ3			

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE MEDICIÓN DE EFICACIA

OF	FECHA	Cantidad de Producción						TOTAL DE PIEZAS PROGRAMADAS	TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS	CUMPLIMIENTO <small><i>Producción fabricada / Producción programada</i></small>
		Número de Piezas Producidas			Número de Piezas Programadas					
		MQ1	MQ2	MQ3	MQ1	MQ2	MQ3			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.



Universidad
Señor de Sipán

ANEXO 04: CONSENTIMIENTO DE LA EMPRESA

Representante Comercial
INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C.
R.U.C.: 20607792187



Chiclayo, 15 de octubre del 2023

Quien suscribe:

James Cabrera Samamé

Empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: Metodología DMAIC para la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. Por el presente, el que suscribe, James Cabrera Samamé, Administrador, AUTORIZO a las estudiantes: Astrick Patricia Odar Rivera con DNI N° 72183975 y Adriana Pamela Valdivia Castillo con DNI N° 75505311; estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán, y autor(es) del trabajo de investigación denominado: Metodología DMAIC para la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración del Proyecto de Investigación, anunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

James Cabrera Samamé

Administrador

+51 + 074 + 759700 www.abraham.pe administracion@abraham.pe

Mz. 27 - Lte.: 4- Urb. Chosica de Norte / La Victoria / Chiclayo / Lambayeque



ANEXO 05: VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

EXPERTO 1



Universidad
Señor de Sipán

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Instrumento de Validación No Experimental por Juicio de expertos

1. NOMBRE DEL JUEZ	FRANCIS WILIS IVAN IOIE
PROFESIÓN	INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD	SIPIA
2. GRADO ACADÉMICO	Mgtr
EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
CARGO	DOCENTE - UIS
METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023	
3. DATOS DE TESTISTAS	
3.1. NOMBRES Y APELLIDOS	Osar Rivera Astrica Patricia Valdivia Castillo Adriana Pamela
4. INSTRUMENTO EVALUADO	Entrevista (A) Ficha de observación (F) Fichas de eficiencia y eficacia (X)
5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO	
<p>GENERAL: Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023.</p> <p>ESPECÍFICOS: - Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.</p>	
<p>A continuación, se le presentan los indicadores en forma de preguntas o propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un "x" en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFICAR SUS SUGERENCIAS.</p>	
No DETALLE DE LOS ÍTEMES DEL INSTRUMENTO	
Dimensión 1: Definir	
D1	¿La empresa tiene claramente definidos los objetivos de manera medible y cuantificable de eficiencia operacional en la producción de bandas modulares? SUGERENCIA: A (x) D ()
D2	¿Se han identificado de manera clara y precisa los principales procesos de producción de bandas modulares que afectan la eficiencia operacional? SUGERENCIA: A (x) D ()
Dimensión 2: Medir	
D3	¿Qué herramientas o métodos utilizan para recopilar datos relevantes sobre la producción de bandas modulares? SUGERENCIA: A (x) D ()
D4	¿Se ha realizado un seguimiento sobre el tiempo de las operaciones de la producción para identificar oportunidades de mejora en la producción? SUGERENCIA: A (x) D ()



Universidad
Señor de Sipán

¿Márgenos de eficiencia?		
05	En cuanto a calidad, ¿cuáles son los defectos que encuentran en la producción? ¿Llevan un registro de frecuencia de estos?	A (x) D () SUGERENCIA:
Dimensión 3: Análisis		
06	¿Se analiza la eficiencia de los procesos de producción para identificar oportunidades de optimización?	A (x) D () SUGERENCIA:
07	¿Se han analizado las causas raíz de los defectos o problemas identificados en la producción para implementar soluciones efectivas y sostenibles?	A (x) D () SUGERENCIA:
08	¿Cuenta con una programación para cumplir con los pedidos?	A (x) D () SUGERENCIA:
Dimensión 4: Mejora		
09	¿La empresa ha implementado acciones de mejora basadas en los análisis realizados para solucionar los problemas identificados en la producción de bandas modulares?	A (x) D () SUGERENCIA:
10	¿Existe un plan de acción y control de los problemas y fallos en las actividades?	A (x) D () SUGERENCIA:
Dimensión 5: Control		
11	¿La empresa cuenta con procedimientos estandarizados y documentados para los procesos de producción de bandas modulares?	A (x) D () SUGERENCIA:
12	¿Existen mecanismos de control establecidos para monitorear de manera regular la calidad de las bandas modulares producidas?	A (x) D () SUGERENCIA:
PROMEDIO OBTENIDO:		A (x) D ()
7. OBSERVACIONES		

JUAN J. FRANCIS WILIS
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 30893
Juez
Experto



Universidad
Señor de Sipán

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Instrumento de Validación No Experimental por Juicio de expertos

1. NOMBRE DEL JUEZ	FRANCIS WILIS IVAN IOIE
PROFESIÓN	INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD	INGENIERÍA INDUSTRIAL
2. GRADO ACADÉMICO	Mgtr
EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
CARGO	DOCENTE - UIS
METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023	
3. DATOS DE TESTISTAS	
3.1. NOMBRES Y APELLIDOS	Osar Rivera Astrica Patricia Valdivia Castillo Adriana Pamela
4. INSTRUMENTO EVALUADO	Fórmulas para indicadores (F)
5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO	
<p>GENERAL: Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023.</p> <p>ESPECÍFICOS: - Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C. - Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.</p>	
<p>A continuación, se le presentan los indicadores en forma de fórmulas propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un "x" en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFICAR SUS SUGERENCIAS.</p>	
No DETALLE DE LOS ÍTEMES DEL INSTRUMENTO	
Variable independiente: Metodología DMAIC	
Dimensión 1: Definir	
D1	Número de ocurrencias $\frac{\text{Presencia de fallos}}{\text{Total de Inspecciones}}$ SUGERENCIA: A (x) D ()
Dimensión 2: Medir	
D2	Índice de capacidad $C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$; $C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}\right\}$ SUGERENCIA: A (x) D ()
Dimensión 3: Análisis	
D3	Identificación de causas raíces $\frac{RTB}{CCTP} \times 100$ SUGERENCIA: A (x) D ()
Dimensión 4: Mejora	



Universidad
Señor de Sipán

Dimensión 4: Mejora	
04	Mejora $\% \text{ de mejora} = \frac{\text{Mejoras ejecutadas}}{\text{Mejoras propuestas}} \times 100$ SUGERENCIA: A (x) D ()
Dimensión 5: Control	
05	Control $\% \text{ Control} = \frac{\text{Entregables elaborados}}{\text{Entregables a elaborar}} \times 100$ SUGERENCIA: A (x) D ()
Variable dependiente: Eficiencia Operacional	
Dimensión 1: Eficiencia	
Eficiencia Operativa $= \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$	
$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$	
$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$	
$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción aceptada}}{\text{Producción real}}$	
PROMEDIO OBTENIDO: A (x) D ()	
6. COMENTARIOS GENERALES	
7. OBSERVACIONES	

JUAN J. FRANCIS WILIS
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 30893
Juez
Experto

EXPERTO 2

USS Universidad Señor de Sipán
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
Instrumento de Validación No Experimental por Juicio de expertos

1. NOMBRE DEL JUEZ	Armas Zúñiga José Manuel
PROFESIÓN	Ingeniería Industrial
ESPECIALIDAD	Supply Chain Management
GRADO ACADÉMICO	Mgtr Supply Chain Management
EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
CARGO	jefe de Escuela Int. Industrial USS

METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIAL DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023

3.1 NOMBRES Y APELLIDOS	Odar Rivera Astrick Patricia Valdivia Castillo Adriana Pamela
Entrevista (x)	
Ficha de observación (x)	

USS Universidad Señor de Sipán
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
Instrumento de Validación No Experimental por Juicio de expertos

1. NOMBRE DEL JUEZ	Arístide Becerra Manuel Alberto
PROFESIÓN	Ingeniería Industrial
ESPECIALIDAD	
GRADO ACADÉMICO	MGA
EXPERIENCIA PROFESIONAL (AÑOS)	
CARGO	Docente - USS

METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIAL DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023

3.1 NOMBRES Y APELLIDOS	Odar Rivera Astrick Patricia Valdivia Castillo Adriana Pamela
Entrevista (x)	
Ficha de observación (x)	
Fichas de eficiencia y eficacia (x)	

4. INSTRUMENTO EVALUADO

GENERAL:
Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023

ESPECÍFICOS:
- Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.;
- Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.;
- Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.

5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO

A continuación, se le presentan los indicadores en forma de programas o propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un aspa (x) en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.

No | DETALLE DE LOS ÍTEMS DEL INSTRUMENTO

Dimensión 1: Definir

01 ¿La empresa tiene claramente definidos los objetivos de manera medible y cuantificable de eficiencia operacional en la producción de bandas modulares?
SUGERENCIA: A (x) D ()

02 ¿Se han identificado de manera clara y precisa los principales procesos de producción de bandas modulares que afectan la eficiencia operacional?
SUGERENCIA: A (x) D ()

Dimensión 2: Medir

03 ¿Qué herramientas o métodos utilizan para recopilar datos relevantes sobre la producción de bandas modulares?
SUGERENCIA: A (x) D ()

04 ¿Se ha realizado un seguimiento sobre el tiempo de las operaciones de la producción para identificar oportunidades de mejora?
SUGERENCIA: A (x) D ()

BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023

3. DATOS DE TESISTAS	
3.1 NOMBRES Y APELLIDOS	Odar Rivera Astrick Patricia Valdivia Castillo Adriana Pamela
4. INSTRUMENTO EVALUADO	Fórmulas para indicadores (x)
5. OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO	GENERAL: Proponer la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia operacional en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C., Chiclayo 2023 ESPECÍFICOS: - Realizar un diagnóstico del rendimiento de la línea de producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.; - Determinar las causas fundamentales de las ineficiencias en las operaciones de la producción de bandas modulares en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.; - Proponer mejorar las operaciones de producción de bandas modulares utilizando la metodología DMAIC en la empresa Industria de Bandas Modulares S.A.C.

A continuación, se le presentan los indicadores en forma de fórmulas propuestas para que Ud. los evalúe marcando con un aspa (x) en "A" si está de ACUERDO o en "D" si está en DESACUERDO, SI ESTÁ EN DESACUERDO POR FAVOR ESPECIFIQUE SUS SUGERENCIAS.

No | DETALLE DE LOS ÍTEMS DEL INSTRUMENTO

Variable Independiente: Metodología DMAIC

Dimensión 1: Definir

01	Número de ocurrencias	A (x) D ()
	%Frecuencia = $\frac{\text{Frecuencia de fallas}}{\text{Total de Entregables}}$	SUGERENCIA:

Dimensión 2: Medir

02	Índice de capacidad $C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$; $C_{pk} = \min\left\{\frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}\right\}$	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	

Dimensión 3: Analizar

03	Identificación de causas raíces % Identificación de causas raíces = $\frac{RCR}{CAP} \cdot 100$	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	

Dimensión 4: Mejora

USS Universidad Señor de Sipán

05	¿En cuanto a calidad, cuáles son los defectos que encuentran en la producción? ¿Llevar un registro de frecuencia de estos? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
06	¿Se analiza la eficiencia de los procesos de producción para identificar oportunidades de optimización? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
07	¿Se han analizado las causas raíz de los defectos o problemas identificados en la producción para implementar soluciones efectivas y sostenibles? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
08	¿Cuenta con una programación para cumplir con los pedidos? Dimensión 4: Mejora	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
	¿La empresa ha implementado acciones de	A (x) D ()

USS Universidad Señor de Sipán

05	¿En cuanto a calidad, cuáles son los defectos que encuentran en la producción? ¿Llevar un registro de frecuencia de estos? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
06	¿Se analiza la eficiencia de los procesos de producción para identificar oportunidades de optimización? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
07	¿Se han analizado las causas raíz de los defectos o problemas identificados en la producción para implementar soluciones efectivas y sostenibles? Dimensión 3: Análisis	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
08	¿Cuenta con una programación para cumplir con los pedidos? Dimensión 4: Mejora	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
09	¿La empresa ha implementado acciones de mejora basadas en los análisis realizados para solucionar los problemas identificados en la producción de bandas modulares? Dimensión 4: Mejora	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
10	¿Existe un plan de acción y control de los problemas y fallas en las actividades? Dimensión 5: Control	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
11	¿La empresa cuenta con procedimientos estandarizados y documentados para los procesos de producción de bandas modulares? Dimensión 5: Control	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
12	¿Existen mecanismos de control establecidos para monitorear de manera regular la calidad de las bandas modulares producidas? Dimensión 5: Control	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
PROMEDIO OBTENIDO:		A (x) D ()
6. COMENTARIOS GENERALES		
7. OBSERVACIONES		

USS Universidad Señor de Sipán

Dimensión 4: Mejora		
04	Mejora $\% \text{ de mejora} = \frac{\text{Mejoras ejecutadas}}{\text{Mejoras propuestas}} \cdot 100$	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
Dimensión 5: Control		
05	Control $\% \text{ Control} = \frac{\text{Entregables elaborados}}{\text{Entregables a elaborar}} \cdot 100$	A (x) D ()
	SUGERENCIA:	
Variable dependiente: Eficiencia Operacional		
Dimensión 1: Eficiencia		
Eficiencia Operativa = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad		
Disponibilidad = $\frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$		
Rendimiento = $\frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$		
Calidad = $\frac{\text{Producción aceptada}}{\text{Evaluación real}}$		
PROMEDIO OBTENIDO:		A (x) D ()
6. COMENTARIOS GENERALES		
7. OBSERVACIONES		

EXPERTO 3



ANEXO 06: CUADROS DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Metodología DMAIC	DMAIC es un enfoque estructurado utilizado para mejorar procesos y sistemas. El objetivo final de DMAIC es lograr mejoras sostenibles en la calidad y eficiencia de procesos [19].	La metodología DMAIC abarca cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar; en cada una de ellas se aplican diversos instrumentos que permiten desarrollar correctamente la metodología.		Número de ocurrencias.				
			Definir	$\%Frecuencias = \frac{Fr_c}{\sum T_c}$		Porcentaje		
			Medir	Índice de capacidad. $Cp = \left(\frac{LSE - LIE}{6\sigma} \right)$ $Cpk = \min \left[\frac{\bar{X} - LEI}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right]$	Ficha de Observación	Decimales		
			Analizar	Identificación de causas raíces. $\% causas raíces = \frac{Nc}{\sum c}$	Cuestionario	Porcentaje	Cuantitativa Numérica	Razón y Ordinal
		Mejorar	Mejora Continua. $\% de mejora = \frac{Mejora}{Mejora}$		Porcentaje			

Controlar Control de cumplimiento.
 $\% \text{ de cumplimiento} =$ Porcentaje

Fuente: Elaboración propia.

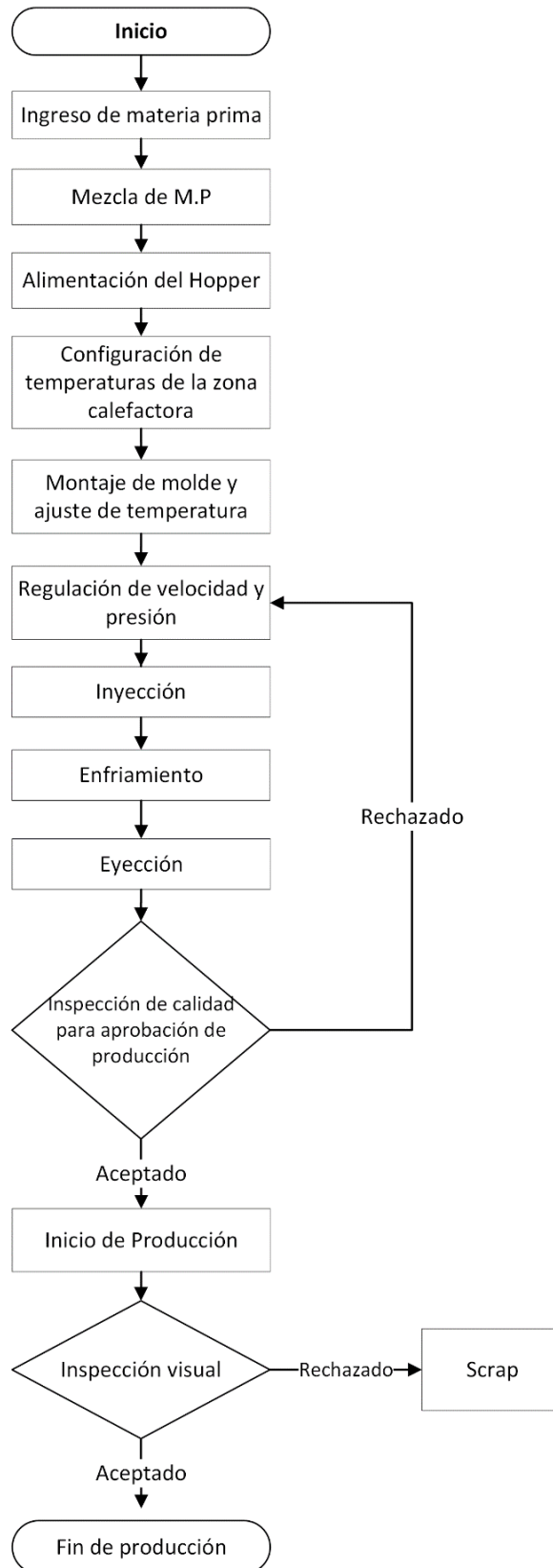
Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Eficiencia operacional	Representa el óptimo uso de los recursos disponibles de la organización, ya sean materiales o humanos, para que la dirección de la organización pueda lograr una gestión óptima de sus operaciones [20]	Indicador que mide la eficiencia productiva de las operaciones	Eficiencia	<p><i>Eficiencia Operativa</i></p> <p>$= \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento}$</p> <p>$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$</p> <p>$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$</p> <p>$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción aceptada}}{\text{Producción real}}$</p>	Ficha de control de eficiencia.	Porcentaje	Cuantitativa Numérica	Razón

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 07 - Figura 2

Figura 21. Diagrama de flujo del área de inyección.



Fuente:
propia.

Elaboración

ANEXO 08: EVIDENCIAS DE EJECUCIÓN

Figura 22. Operarios laborando en la máquina HAITIAN



Figura 23. Máquina VAN DORN.



Figura 24. Máquina Kawaguchi.



Figura 25. Ejecución de instrumentos.

The figure consists of four panels showing handwritten data tables. The top-left and top-right panels show tables with columns for 'Fecha', 'Hora', 'Muestra', 'Observaciones', 'Cálculos de humedad', and 'Observaciones'. The bottom-left and bottom-right panels show long vertical lists of data points with the same column structure. The handwriting is in blue ink on white paper.

ANEXO 09: REPORTE DE TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Turnitin tesis final-Odar Rivera _Valdivia
Castillo.docx**

RECuento DE PALABRAS

6406 Words

RECuento DE CARACTERES

34543 Characters

RECuento DE PÁGINAS

30 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.1MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 16, 2024 8:49 AM GMT-5


FECHA DEL INFORME

Sep 16, 2024 8:49 AM GMT-5

● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

	ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomas Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: METODOLOGÍA DMAIC PARA LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN LA EMPRESA INDUSTRIA DE BANDAS MODULARES S.A.C., CHICLAYO 2023, elaborado por las bachilleres ODAR RIVERA ASTRICK PATRICIA y VALDIVIA CASTILLO ADRIANA PAMELA.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del 9 %, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 23 de setiembre de 2024.

Derechos Reservados - Copyright
Dirección de Tecnologías de la Información
Desarrollo de Sistemas
eSeuss@uss.edu.pe



Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez
Coordinador de Investigación
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial
DNI N° 42851553