



Propuesta de mejora basada en la herramienta Lean Six Sigma para la reducción de tiempos improductivos en la planta de producción de insumos plásticos de Jordao S.A.S.

Henry Jiovany Granada Florez

Sebastian Sanchez Delgado

Director:

M.Sc. Juan Sebastián Martínez Grisales

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Ingeniería Industrial

Bogotá D.C., Colombia

Diciembre 02 de 2025

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1.	Pregunta de Investigación	13
3.	OBJETIVOS	14
3.1.	Objetivo General	14
3.2.	Objetivos Específicos	14
4.	JUSTIFICACIÓN	15
5.	ESTADO DEL ARTE.....	17
6.	MARCO TEÓRICO.....	22
7.	METODOLOGÍA	29
7.1.	Fases DMAIC, alineadas con los objetivos específicos de nuestra investigación	29
7.2.	Alcance de Investigación	30
7.3.	Técnica de recolección de la información.....	30
7.4.	Análisis de la información.....	31
8.	RESULTADOS.....	32
8.1.	FASE “DEFINIR”	32
8.1.1.	Diagrama de flujo para el proceso de inyección	32
8.1.2.	Aplicación de la herramienta 5 W	33
8.1.3.	Project Charter	37
8.2.	FASE “MEDIR”	40
8.2.1.	Recolección de los datos	41
8.2.2.	Cálculo del Nivel Sigma	43

8.2.3.	Análisis estadístico en la confirmación de la hipótesis planteada	46
8.3.	FASE “ANALIZAR”	54
8.3.1.	Análisis del Diagrama de Ishikawa en el proceso de inyección	54
8.3.2.	Análisis Pareto de las causas de tiempos improductivos en el proceso de inyección 56	
8.3.3.	Prueba de hipótesis de un factor Anova.....	57
8.4.	FASE “MEJORAR”	59
8.4.1.	Plan de control enfocado en la mejora continua a partir de indicadores de desempeño.....	60
8.5.	FASE “CONTROLAR”	62
8.5.1.	Resultados previstos del plan de acción.....	63
DISCUSIÓN		65
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES.....		68
BIBLIOGRAFÍA		69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos programados y efectivos en la planta de producción	11
Tabla 2. Tiempos acumulados improductivos en la planta de producción	11
Tabla 3. Fases DMAIC alineadas con los objetivos específicos de la investigación.....	29
Tabla 4. Aplicación de la herramienta (5W), aplicada dentro de la metodología DMAIC	34
Tabla 5. Qué medir, cómo medirlo y cuándo.....	41
Tabla 6. Tiempos improductivos del proceso de producción de inyección registrados	42
Tabla 7. Niveles Sigma (Z) estandarizados por porcentaje de rendimiento en las DPMO.....	45
Tabla 8. Niveles de desempeño Sigma por porcentaje de rendimiento en las DPMO	46
Tabla 9. Resultados de las pruebas de hipótesis de distribución de los datos.....	53
Tabla 10. registran los tiempos improductivos por mes con los resultados de la prue ANOVA	57
Tabla 11. Análisis de varianza de un factor	58
Tabla 12. Resultado probabilístico de los grupos (meses) Anova	58
Tabla 13. Matriz de Plan de Acción.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de proceso de inyección para la empresa de insumos plásticos Jordao S.A.S.	32
Figura 2. Realización del Project Charter para el proyecto en Jordao SAS	37
Figura 3. Histograma de los tiempos de improductivos de enero	47
Figura 4. Histograma de los tiempos de improductivos de febrero	48
Figura 5. Histograma de los tiempos de improductivos de marzo.....	49
Figura 6. Histograma de los tiempos de improductivos de abril	50
Figura 7. Histograma de los tiempos de improductivos de mayo.....	51
Figura 8. Histograma de los tiempos de improductivos de junio	52
Figura 9. Diagrama de Ishikawa en el proceso de inyección.....	54
Figura 10. Diagrama Pareto para las causas de tiempos improductivos en el proceso de inyección	56
Figura 11. Formato de Plan de control	63

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula defectos de oportunidad (DPO)	43
Ecuación 2. Formula Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO)	43
Ecuación 3. Formula del percentil correspondiente a la probabilidad de no defecto	44
Ecuación 4. Valor (Z) normal estándar en ese percentil	44
Ecuación 5. Formula del nivel sigma del proceso	44

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito desarrollar una propuesta de mejora basada en la herramienta Lean Six Sigma, con el fin de reducir los tiempos improductivos en la planta de producción de insumos plásticos de Jordao S.A.S. La problemática se origina en la alta variabilidad detectada en los tiempos improductivos entre los meses de enero a junio, lo cual, viene consumiendo recursos operativos y económicos, además de afectar la eficiencia productiva. Para ello, se utiliza las fases del ciclo metodológico DMAIC, para el desarrollo de los objetivos, iniciando con la fase Definir, en la que se recolecta la información y se establece el Project charter, para las fases Medir y Analizar, se realiza pruebas de hipótesis para identificar diferencias significativas entre los tiempos de cada mes. Desde el marco teórico, la investigación sienta su base teórica en las distribuciones de probabilidad, la distribución de los datos y validación por medio de la prueba ANOVA. Finalmente, en las fases de “Mejorar y Controlar”, se diseña un plan de acción como propuesta de mejora, orientada a incrementar la efectividad de los tiempos improductivos, alineado a un plan de control de indicadores, como propuesta sostenible en la reducción de tiempos improductivos. Los resultados obtenidos arrojaron que, el análisis estadístico mostró un Nivel Sigma de 2.71, lo que evidencia la necesidad de implementar mejoras significativas para optimizar la eficiencia del flujo de trabajo. Se identificó que el uso del diagrama de Ishikawa y de Pareto facilitó la cuantificación y priorización de las causas raíz. Se espera que el diseño del Plan de Control y la incorporación de indicadores de seguimiento y mecanismos de monitoreo contribuiría a reducir los tiempos improductivos, el fortalecimiento del control de calidad y a la toma de decisiones basadas en evidencia estadística.

Palabras clave: Lean Six Sigma, tiempos improductivos, control estadístico de procesos, pruebas de hipótesis, ANOVA.

ABSTRACT

The purpose of this project is to develop an improvement proposal based on the Lean Six Sigma methodology, aimed at reducing unproductive times in the plastic supply production plant of Jordao S.A.S. The problem originates from the high variability detected in unproductive times between the months of January and June, which has been consuming operational and economic resources, while also affecting production efficiency. To address this issue, the DMAIC methodological cycle is applied to develop the project objectives. The Define phase includes information gathering and the establishment of the Project Charter. In the Measure and Analyze phases, hypothesis tests are performed to identify significant differences between the times recorded each month. From the theoretical perspective, the study is grounded in probability distributions, data distribution analysis, and validation through the ANOVA test. Finally, in the Improve and Control phases, an action plan is designed as an improvement proposal aimed at increasing the effectiveness of unproductive time management, aligned with a control plan supported by performance indicators to ensure sustainability in reducing inefficiencies. The results revealed that the statistical analysis showed a Sigma Level of 2.71, highlighting the need to implement significant improvements to optimize workflow efficiency. The use of Ishikawa and Pareto diagrams facilitated the quantification and prioritization of root causes. It is expected that the design of the Control Plan, along with the incorporation of monitoring indicators and follow-up mechanisms, will contribute to reducing unproductive times, strengthening quality control, and supporting decision-making based on statistical evidence.

Keywords: Lean Six Sigma, unproductive times, statistical process control, hypothesis testing, ANOVA.

1. INTRODUCCIÓN

Mantener una mejora continua en un proceso industrial constituye un pilar vital para incrementar la eficiencia operativa en una empresa de manufactura reconocidas (López y Torres, 2017). Es el caso de la empresa Jordao S.A.S que actualmente se dedica a la producción de insumos plásticos y ha venido evidenciados tiempos improductivos en el proceso de inyección, durante el periodo comprendido entre los meses de enero a junio del 2025. Esta situación viene impactando negativamente, tanto en su capacidad productiva, como en la utilización de recursos, asociados a costos operativos, destacando la necesidad urgente en la toma de acciones que permitan mitigar o reducir este comportamiento.

A partir de este contexto, el presente proyecto investigativo, se propone diseñar un plan de mejora basado en la herramienta Lean Six Sigma, orientado en reducir los tiempos improductivos, a partir de las fases del ciclo metodológico DMAIC en el proceso de inyección en la planta de insumos plásticos de Jordao S.A.S.

Para ello, se adoptó una estructura de desarrollo que inicia con la definición del problema, la formalización de un “Project Charter” o carta de proyecto y el análisis estadístico del comportamiento del proceso productivo, a partir de la toma de tiempos generado por la empresa y del cual se realizarán pruebas de hipótesis y análisis ANOVA, con el fin de identificar diferencias significativas en los tiempos improductivos, así como establecer su relación de variabilidad operacional. Finalmente, se establecerá un plan de acción enfocado en intervenir las causas priorizadas a través del uso de herramientas como el diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa, buscando incrementar la eficiencia del proceso, manteniendo un control de indicadores que permita dar sostenibilidad a las mejoras propuestas, en el fortalecimiento y mejor toma de decisiones basada en el análisis estadístico de la información.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector manufacturero textil en Colombia constituye una de las bases fundamentales de la fuerza laboral del país y un pilar fundamental para el crecimiento económico del sector. Su impacto se refleja tanto en los aportes directos como indirectos que genera para múltiples actores de la cadena productiva, convirtiéndose en el sustento de numerosas familias y empresas. En este entorno, participan diversos agentes que contribuyen con insumos, como; El proceso de inyección de accesorios a partir de esta materia prima. Todo ello, conforma un ecosistema industrial dinámico y estratégico para el desarrollo del país (Rodríguez Gordillo, Chaves Gómez & Martínez Sánchez, 2014).

Jordao S.A.S. es una empresa colombiana con más de treinta años de experiencia en el diseño, fabricación y comercialización de insumos para la industria de la confección, como; *broches, botones, hebillas, ojaletes, pasadores y herrajes, tanto plásticos como metálicos*. Además, emplea materias primas nacionales e importadas y utiliza tecnología avanzada en moldes e inyección, en ocho etapas de proceso, con maquinaria de inyección plástico, y una planta de terminados galvanizados para ofrecer diversos acabados.

En cuanto al proceso de inyección en la planta de producción plástico, se han evidenciado diversas dificultades que afectan continuamente la productividad. El proceso de inyección de plásticos en planta, se representa en *ocho etapas*, desde la preparación de materia prima hasta el producto terminado. Según el reporte de tiempos improductivos, correspondientes al primer semestre del año 2025, dentro de las causas más incidentes de dicha improductividad, se encuentran causas que han venido generando; *paros de máquina, fallas recurrentes, reprocesos y otras interrupciones operativas*. De acuerdo con el reporte, se registraron aproximadamente 2.304 horas de improductividad, lo cual representa una pérdida aproximada de 96 días de

operación continua de una inyectora (considerando jornadas de 24 horas), evidencia un impacto significativo en la disponibilidad de la maquinaria, puesto que equivale a más de tres meses de producción anual, sin tener una aprovechamiento efectivo, afectando directamente los tiempos de entrega, la capacidad productiva y el costo unitario de los productos fabricados (Informe de Registro Control Operativo Jordao, 2025).

Para evidenciar de forma clara y concisa el impacto de los tiempos improductivos en la planta de producción plástico de Jordao S.A.S, se presenta a continuación, una tabla donde se relacionan todos los datos acumulados durante el primer semestre del año 2025, con relación a los tiempos improductivos generados por diversas causas.

Tabla 1. *Tiempos programados y efectivos en la planta de producción*

Motivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total acumulado
Tiempo programado	1773,57	3091,50	3074,57	3020,63	3724,93	2644,05	2948,52	20278,25
Tiempo efectivo de inyección	1475,78	2700,42	2614,28	2626,55	3269,48	2338,12	2529,43	17554,08

Fuente: Informe de Registro Control Operativo Jordao, (2025).

Así mismo, se tiene registro de los tiempos acumulados improductivos en la planta de producción, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. *Tiempos acumulados improductivos en la planta de producción*

Etapa de proceso	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Total acumulado
Recepción de materia prima	17,33	28,08	37,73	27,62	31,15	18,50	21,93	160,41
Preparación de máquina	47,68	26,42	28,87	28,12	34,33	32,22	39,73	197,64

Estabilización de parámetros de temperatura y presión	79,17	55,55	115,05	107,72	83,87	66,33	86,38	507,69
Proceso de inyección	42,78	81,57	76,47	42,43	72,43	31,58	63,67	347,26
Inspección de calidad	28,28	45,65	51,30	42,43	50,37	62,10	46,85	280,13
Embalaje del producto terminado	59,25	73,93	79,58	84,15	119,13	64,63	81,92	480,67
Transporte del producto terminado a bodega de almacenamiento	18,50	69,45	54,60	45,45	51,52	13,75	68,45	252,97
Producto terminado	4,78	10,43	16,68	16,17	12,65	16,82	10,15	77,43

Fuente: Informe de Registro Control Operativo Jordao, (2025).

Las causas de improductividad más frecuentes son; la estabilización de parámetros de temperatura (507,69 min), el embalaje del producto terminado (480,67 min) y los tiempos improductivos durante la purga de máquina en el proceso de inyección (347,26 min), las cuales en conjunto representan más del 57% del total de los tiempos improductivos registrados en la planta. Estas etapas reflejan la mayor concentración de ineficiencias dentro del flujo operativo, evidenciando oportunidades de mejora en la configuración de equipos, la estandarización del proceso de empaque y la reducción de tiempos muertos en la operación de las máquinas inyectoras.

En general, los tiempos improductivos equivalen a 2.304 horas de inyección perdidos, donde existen causas que repercute directamente en la utilización de los productos fabricados, afectando la eficiencia general del proceso de inyección, así como los niveles de tiempos productivos en el área, haciendo de vital importancia determinara la causa raíz del problema y al mismo tiempo proponiendo estrategias que, permitan contribuir a la disminución de los tiempos improductivos en la planta. Esto lo corroboran iinvestigaciones recientes, las cuales han

demostrado que la gran cantidad de tiempos perdidos en la producción por etapas, afecta de manera significativa la eficiencia de la producción y la capacidad utilizada de recursos en las empresas (Martins y Marto, 2023).

1.1. Pregunta de Investigación

¿De qué manera la aplicación de la herramienta Lean Six Sigma puede contribuir a disminuir los tiempos improductivos en la planta de producción plástica de Jordao S.A.S.?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Proponer un plan de mejora basada en la herramienta Lean Six Sigma, para reducir los tiempos improductivos, a partir de las fases del ciclo metodológico DMAIC del proceso de inyección en la planta de insumos plásticos de Jordao S.A.S.

3.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de producción, a partir del reconocimiento de las medidas de desempeño del proceso de inyección en la planta.
2. Analizar la causa raíz de los tiempos improductivos mediante el uso del diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, cuantificando el desempeño actual del proceso y su incidencia en la productividad.
3. Diseñar un plan de acción como propuesta de mejora, orientada a incrementar la efectividad de los tiempos improductivos, a partir de los indicadores con mayor oportunidad de impacto en la productividad del proceso de inyección en la planta.
4. Elaborar un plan de control de indicadores, como propuesta sostenible en la reducción de tiempos improductivos, apoyando la toma de decisiones futuras en el proceso de inyección en la planta.

4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de implementar un plan de mejora basada en la herramienta Six Sigma, que permita mitigar los tiempos improductivos en el área de inyección de plásticos de la empresa Jordao S.A.S., los cuales han impactado de manera significativa la eficiencia operativa del proceso. Garantizar un adecuado aprovechamiento de los recursos y de la mano de obra, es fundamental, de esta manera, los procesos productivos fluyen de manera continua y eficiente, evitando reprocesos, demoras e interrupciones que reducen la productividad general.

Desde el punto de vista logístico, el proyecto busca generar un impacto positivo, a partir de las fases del ciclo metodológico DMAIC de la herramienta Six Sigma, con el propósito de optimizar los tiempos de producción y reducir dichas pérdidas asociadas a la improductividad. Además, esta metodología se proyecta a futuro como un mecanismo de mejora replicable en otros procesos productivos de la empresa, como la planta de producción metálica, el área de empaque o la planta de fabricación de moldes, fortaleciendo así una cultura de mejora continua en los procesos y equipos de la empresa.

En el ámbito operativo, se espera que la propuesta contribuya de forma directa a la reducción de los tiempos improductivos, logrando una recuperación estimada de horas de producción de operación de una máquina inyectora. Así mismo, representaría un ahorro significativo en costos directos de fabricación y una mayor eficiencia en la utilización de la capacidad y recursos instalados.

Desde la perspectiva organizacional e industrial, la iniciativa permitirá consolidar a Jordao S.A.S. como una empresa referente en su sector, comprometida con la eficiencia, la

calidad y la mejora continua, fortaleciendo su competitividad en el mercado a través de un uso más racional y sostenible de los recursos.

Finalmente, en el aspecto académico, el proyecto representa la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial, orientados a la generación de soluciones reales y efectivas frente a problemáticas propias de los entornos productivos, contribuyendo al desarrollo profesional y a la mejora de la gestión industrial en el país.

5. ESTADO DEL ARTE

Este estudio de antecedentes, se centra principalmente en la revisión de documentos profesionales relacionados con los tiempos improductivos en la aplicación a diferentes industrias manufactureras, así como, el uso de la herramienta Six Sigma y la metodología DMAIC, para ello se realizó una búsqueda de investigaciones, artículos, libros y revistas de los últimos 10 años en la base de datos como; Scopus, Google Scholar, Redalyc, Scielo.

Un estudio realizado por Ahmed et al (2018), analiza el proceso de inyección de plástico en una empresa manufacturera en Indonesia, identificando causas principales en tiempos improductivos, mediante la metodología DMAIC. Usaron las herramientas como SIPOC, diagrama de Ishikawa, FMEA y los métodos de los 5 porqués, para analizar los cuellos de botella. Como resultado, se obtuvieron mejoras en mantenimiento preventivo, la estandarización de setups, y mejoras operativas que permitieron aumentar la eficiencia. De esta manera, se evidencia cómo la metodología DMAIC contribuye en la identificación y reducción de los tiempos improductivos en una empresa de inyección plástica, lo cual es aplicable al proyecto de estudio para Jordao S.A.S.

Otros autores, como Rodríguez, Chávez y Martínez (2014), sirve como punto de referencia para el presente proyecto, puesto que se centra en analizar los tiempos improductivos de dicha empresa y como aplicar acciones de mejora para su reducción, dicho documento da a conocer que gran parte de las pérdidas de tiempo en esta empresa se originan debido a la falta de estandarización en los procesos productivos, una mala programación de la producción y gestión del personal deficiente, con este estudio se demuestra que la identificación y el control de las causas de improductividad, permite aumentar la eficiencia operativa y disminuir los costos de producción.

De igual forma, la investigación realizada por los autores Aldás, Molina y Casignia (2018), analizan la forma en que los tiempos de preparación de lotes y preparación de máquinas afectan la eficiencia en los procesos productivos. Con el análisis de este estudio se concluye que, desarrollar mecanismos estratégicos de mitigación en los tiempos improductivos, puede llegar a incrementar en un gran porcentaje la eficiencia operativa.

En cuanto a la metodología Six Sigma, un estudio reciente, realizado por Guimarey López, Hernández Monsalve y Vásquez Coronado (2021), implementó la metodología, con el fin de mejorar la productividad de una empresa manufacturera, este trabajo da a conocer cómo a través de la identificación de los principales motivos de ineficiencia, la medición de indicadores y el análisis de datos, es posible la reducción de tiempos improductivos y el aprovechamiento de los recursos disponibles para aumentar la eficiencia operativa. Este estudio, es de gran utilidad para el presente proyecto, ya que demuestra la aplicabilidad de herramientas cuantitativas Six Sigma en un ambiente productivo similar al de la empresa Jordao, ya que es en un entorno del sector manufacturero y aporta un marco teórico que puede ser aplicado en el área de producción plástico.

El artículo desarrollado por Chaurasia y Singh (2019), se abordan los defectos en empresas de manufactura plástica, enfatizando defectos en operaciones de moldeo por inyección, se identificó que estos defectos representaban el 41 % del total de rechazos, con tiempos de cambio de herramienta elevados, lo que generaba esperas improductivas. Se aplicaron herramientas de Six Sigma (*Diagrama de Pareto, Pareto, gráficos de control, diagramas causa-efecto*), para analizar y reducir estos defectos, optimizando los tiempos de cambio de moldes. Evidenciando, cómo defectos, son fuentes significativas de improductividad en planta plástica, y cómo esta herramienta los puede abordar.

El estudio realizado por los autores Reddy y Kumar (2022), analizan la aplicación de Six Sigma, en una empresa manufacturera con altos niveles de rechazo en su línea de ensamblaje. Se implementó un análisis de defectos basado en métricas como el nivel sigma, identificando los puntos críticos que generaban improductividad. La fase de “Measure” permitió recolectar datos detallados de procesos, mientras que en “Analyze” se aplicaron herramientas como Ishikawa y 5 Whys. Con la fase “Improve” se desarrollaron acciones correctivas como ajustes en procedimientos de inspección y calibración de equipos. Los resultados mostraron una reducción significativa de rechazos y ahorro en costos de trabajo. Aunque este artículo no se centra en plásticos, demuestra la capacidad de Six Sigma para cuantificar improductividad ligada a defectos, optimizar procesos y generar impactos financieros positivos, lo que se traduce en eficiencia operativa y reducción de tiempos muertos.

En este mismo sentido, investigaciones, como la realizada por los autores, Santos, Oliveira y Silva (2019), presentan un enfoque híbrido entre, el Lean Manufacturing y la herramienta Six Sigma, en una planta industrial que enfrentaba pérdidas por tiempos de espera, reprocesos y fallas de máquina. El estudio aplicó la metodología combinada con herramientas Lean como VSM (Value Stream Mapping) y Kaizen. El diagnóstico reveló que más del 15 % del tiempo de producción correspondía a actividades sin valor agregado, lo que generaba improductividad y sobrecostos. Gracias a las acciones propuestas, se logró reducir tiempos improductivos en un 30 % y aumentar la eficiencia global del proceso. Este caso es determinante, ya que muestra cómo integrar con Six Sigma permite atacar improductividad desde dos frentes; la reducción de desperdicios y control estadístico, lo cual es directamente aplicable en procesos de inyección plástica donde los paros y reprocesos son frecuentes.

Los autores Sharma y Kaur (2020), presentan la implementación de DMAIC como una herramienta que busca reducir la tasa de rechazos, mejorando la calidad del producto. Para ello, se midieron indicadores de desempeño, se analizaron causas raíz de defectos y se implementaron mejoras que resultaron en una reducción significativa de defectos y mejoras operativas. Aunque no sea plásticos exactamente “inyectora”, demuestra cómo DMAIC puede utilizarse para cuantificar improductividad (rechazos, defectos), investigar causas raíz, y mejorar procesos productivos, lo que sirve de modelo para Jordao S.A.S.

Otro caso representativo, es el de una empresa que logró la reducción de tiempos improductivos mediante la metodología DMAIC, evidenciando en el estudio la implementación de la metodología a una línea de envasado, se describen cada una de las fases de definición, medición, análisis, mejora y control, demostrando cómo el reconocimiento estadístico y las acciones correctivas permitieron reducir pérdidas y aumentar la eficiencia con relación a los paros y el producto no conforme (Pérez y García, 2014).

En este mismo sentido, y a partir de un estudio realizado recientemente en la industria automotriz por los autores Villafranca et al. (2024), presentan una implementación de DMAIC orientada a la reducción defectos el estudio demuestra que se contribuyó a la reducción de tiempos improductivos de reproceso y paros no planificados, lo que llevó a un resultado positivo en la continuidad de los procesos productivos, este caso da a entender que la metodología DMAIC no solo ayuda a mejorar la calidad en los procesos, sino que también ayuda a la reducción de tiempos improductivos que se asocian a reprocesos y paros.

Aplicar el DMAIC, busca reducir variabilidad de las piezas, mejorar calidad y disminuir defectos fuera de especificación, en las que se utilizó el SPC, las cartas de control, el diagrama de causa-efecto, software de análisis estadístico. Como resultados, se mejoraron los índices de

capacidad del proceso, reducción de la desviación estándar y disminución de la proporción PPM (partes defectuosas por millón). Pese a que no es inyección plástica, los principios son aplicables a la reducción de tiempos improductivos vinculados a defectos, mejora de calidad, uso de estadística, control continuo, todos elementos centrales de DMAIC (Kumar y Jain, 2021).

Finalmente, un estudio de producción de MSG y usa DMAIC aborda defectos como empaques rotos y derrames del producto, en el cual se define e identifican los defectos significativos; en medida y se analiza los diagramas; Pareto y Ishikawa, para luego se proponen mejoras como SOP mejorados y mantenimiento más frecuente. De esta manera se evidencia cómo defectos y fallas operativas generan pérdidas y tiempos improductivos, y cómo mediante DMAIC se pueden reducir esas pérdidas mediante acciones específicas replicables en planta plástica (López y Torres, 2017).

6. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico aborda el estudio de los tiempos improductivos en el proceso de inyección de plásticos, su relación con la productividad industrial y la conceptualización aplicativa de la metodología Six Sigma, como herramienta de mejora continua. Este análisis permite fundamentar teóricamente las alternativas de intervención realizadas por otros autores, para optimización y eficiencia operativa en procesos similares a los de la empresa Jordao S.A.S.

Tiempos improductivos en la producción industrial

La productividad industrial, se entiende como la capacidad de transformar insumos en productos con el menor consumo de recursos posible, garantizando eficiencia y competitividad en los procesos. Según ATS International (2010), en la industria manufacturera discreta un OEE del 85 % es considerado un estándar de clase mundial. Si bien Jordao S.A.S. presenta un nivel de eficiencia relativamente alto en sus inyectoras plásticas, la existencia de tiempos improductivos genera pérdidas que, al acumularse, afectan la capacidad instalada y la competitividad de la industria.

Los tiempos improductivos, se entienden como los periodos en los que los recursos no generan valor. Es así, como los autores Rodríguez Gordillo, Chaves Gómez y Martínez Sánchez (2014), señalan que, las principales causas de improductividad en plantas manufactureras, son los *paros de la maquinaria, los reprocesos y las fallas de materiales*. Esta postura coincide con lo mencionado por Aldás Salazar, Portalanza Molina y Casignia Vásconez (2018), quienes subrayan que la gestión de tiempos de preparación mediante metodologías como SMED son vitales en la minimización de pérdidas operativas, obteniendo una mejora en la continuidad de los procesos.

De acuerdo con Liker (2004), la reducción de tiempos de espera debe abordarse mediante la identificación de la causa raíz y la estandarización de procesos. Herramientas como Pareto, histogramas y diagramas de Ishikawa permiten priorizar y visualizar los factores más incidentes en la improductividad. Pérez Vergara y Rojas López (2019) confirman que este análisis cuantitativo facilita la toma de decisiones basadas en datos, permitiendo establecer acciones de mejora continua en líneas de producción.

Six Sigma y el ciclo DMAIC

La herramienta Six Sigma, se define como una estrategia de mejora orientada a proyectos, basada en datos y diseñada para reducir la variabilidad de procesos. Según Pyzdek y Keller (2014), se asocia a una metodología disciplinada que, busca eliminar defectos y estandarizar la calidad de los resultados. Por otra parte, los autores González y López (2022), señalan que la aplicación del ciclo DMAIC en la industria automotriz permitió disminuir tiempos improductivos y mejorar la calidad en componentes, mostrando su eficacia para atacar problemas complejos. De esta manera, tanto La herramienta Six Sigma, como la aplicación del ciclo DMAIC, se convierten en una estrategia de beneficio y disminución de los tiempos improductivos y mejorar la calidad.

Diversos estudios confirman estos resultados. Patel y Shah (2020), los cuales, demostraron que el uso de Six Sigma, lograron reducir en un 40 % los tiempos de inactividad en una planta de autopartes. De manera similar, Martínez y López (2021) evidenciaron que en la industria de empaques alimentarios la metodología contribuyó a reducir reprocesos en un 35 %. Otro aporte, lo encontramos en la industria plástica, donde Khan y Ibrahim (2020), evidenciaron una disminución en un 42 % en los defectos de inyección, mientras que Singh y Verma (2021), resaltaron el impacto positivo en la productividad global. Estos ejemplos sustentan que Six

Sigma, sirve como un enfoque aplicable a Jordao S.A.S., al enfrentar problemas de improductividad por fallas y reprocesos.

En esta línea, Gupta, Mehta y Rao (2018), definen la aplicación de Six Sigma en distintas industrias, como la mejorar la eficiencia operativa y reducción de tiempos, generando ahorro en los costos derivados de improductividad, entre un 10 % y 20 %. En concordancia, Singh y Verma (2021), destacan que, el ciclo DMAIC permite incrementar en un 12 % la productividad, gracias a la reducción de defectos y paros de máquina. Estos aportes reflejan que incluso pequeñas mejoras en la reducción de tiempos improductivos tienen impactos significativos en la competitividad.

Metodología DMAIC

La metodología DMAIC constituye el pilar operativo de Six Sigma, estructurándose en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Los autores, Pérez-López y García-Cerdas (2014), la describen como un proceso secuencial que permite identificar problemas de calidad, recolectar datos confiables, analizar las causas raíz, diseñar soluciones y asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

Por su parte, Guimarey López, Hernández Monsalve y Vásquez Coronado (2021), señalan que la aplicación de DMAIC la muestran como una ruta confiable para reducir los defectos y aumentar la calidad, mientras se mejoran los procesos.

La metodología DMAIC constituye un enfoque estructurado de cinco fases orientado a resolver problemas complejos y optimizar procesos dentro de las organizaciones. Según López y Andrade (2022), este método se compone de las siguientes 5 etapas:

Etapas - Definir

Tiene como propósito establecer el problema o la oportunidad de mejora, con precisión, en esta fase se elabora el Project Chárter o carta del proyecto, el cual es un documento que delimita el problema, alcance, objetivos y beneficios esperados. También, se realiza un análisis de las partes interesadas, con el fin de identificar a los grupos o actores interesados en el proyecto.

Etapas - Medir

Tiene como propósito determinar la línea base del desempeño del proceso mediante datos confiables, a partir de la recolección de datos, en el que se especifica qué se medirá, cómo se medirá y en qué momento. Así mismo, se procede a la toma y validación de los datos, que pueden ser hallados o suministrados por el investigador. En cuanto a su construcción, se desarrolla sobre el uso de técnicas estadísticas para evaluar el comportamiento real de los datos en el proceso.

Etapas - Analizar

Tiene como propósito identificar las causas raíz de los problemas y las áreas críticas de mejora, para ello, se aplica la herramienta o los mecanismos de análisis, como; Pareto, el diagrama de Ishikawa, los 5 porqués, con el propósito de detectar factores que originan las fallas o pérdidas de algún tipo del proceso. Se finaliza con el análisis estadístico para confirmar hipótesis y determinar las variables que generan mayor impacto.

Etapas - Mejorar

Tiene como propósito el diseño e implementación de la solución, allí se especifica la manera en que se mitiga o eliminan las causas detectadas, para ello se desarrollan propuestas mediante lluvia de ideas, o realizan pruebas de la propuesta, una vez validadas, se procede a su implementación a nivel organizacional. Algunos proyectos, son de limitación a solo proponer la

la gerencia la solución y será decisión de la empresa llevarla a cabo. Finalmente se realiza un proceso incluye un seguimiento continuo para garantizar que las propuestas operen adecuadamente.

Etapas - Controlar

En la última etapa, se busca garantizar la sostenibilidad de las mejoras incorporadas, pueden usarse mecanismos de control o medición, como los indicadores e implica la elaboración de un plan de control, con la documentación de los procesos mejorados, la capacitación del personal y la realización de auditorías periódicas para verificar el cumplimiento.

Herramientas en el ciclo DMAIC para cada fase de la herramienta Six Sigma

El enfoque Six Sigma constituye una metodología robusta para la mejora continua de procesos, su estructura metodológica permite un abordaje sistemático para reconocer, intervenir y estabilizar procesos productivos. De acuerdo con los autores Santos, Oliveira y Silva (2019), la aplicación rigurosa del ciclo DMAIC cuantifica las ineficiencias de un sistema productivo o servicio, diseñada como una herramienta que brinda soluciones sostenibles en la mejora continua de los tiempos, mediante indicadores de desempeño.

En la primera fase de *Definir*, se busca establecer con claridad las causas del problema central, determinando los objetivos del proyecto. Para ello, se utilizan herramientas como las 5w, el SIPOC entre otras, las cuales, permitiendo delimitar el alcance del proceso y priorizando las oportunidades de mejora. En dicha etapa, las métricas se centran en el nivel y frecuencia de defectos del problema identificado (Sharma y Kaur, 2020). El propósito fundamental, de la primera fase de *Definir*, es transformar las percepciones de la problemática y definir los requerimientos del objetivo, de manera medibles y alcanzable.

En la fase de *Medir*, se analiza la información y datos, basados en el desempeño actual del proceso, con el propósito de establecer una línea base cuantitativa, para ello, se utilizan métricas que incluyen; la tasa de defectos (DPMO), el nivel Sigma y en algunos casos, la capacidad del proceso (Cp y Cpk), esto nos da como resultado un porcentaje de desperdicio. Para obtener una fase de medición optima, se utiliza la recolección de datos, como; histogramas, las gráficas de control y en algunos casos, estudios de reproducibilidad (R&R). Estas mediciones proporcionan una comprensión objetiva del comportamiento del proceso antes de aplicar planes o mejoras como propuestas de solución a la problemática central identificada (Singh y Verma, 2021).

La fase de *Analizar*, tiene como principio, identificar las causas de las problemáticas detectadas, determinando cuáles factores generan la mayor variabilidad, para ello, se aplican técnicas estadísticas como el análisis del diagrama de Pareto y los diagramas de causa-efecto (Ishikawa), esto a partir del muestreo y la definición de la población. En esta etapa se miden la contribución de las causas principales al problema y la variabilidad total expresada en términos de desviación estándar (σ). Según Santos et al. (2019), el análisis profundo de los datos permite priorizar las causas críticas que afectan el rendimiento del proceso y orientar las acciones de mejora hacia estrategias y planes de acción o control.

En la fase de *Mejorar*, se desarrollan las posibles soluciones, con el objetivo de mitigar o si es posible, eliminar la causa raíz del problema, de allí poder optimizar el desempeño. Del sistema productivo. En esta fase, se mide la eficacia de las propuestas, mediante indicadores como; la reducción porcentual de defectos, el incremento de la productividad o del % de rendimiento y la disminución de los tiempos improductivos de proceso. Herramientas como el Diseño de un Plan de acción, contribuyen en la validación y estandarización de las mejoras. De

acuerdo con Sharma y Kaur (2020), esta fase traduce el análisis estadístico en resultados operativos tangibles que incrementan la eficiencia global del sistema.

Finalmente, la fase de *Controlar*, tiene como propósito garantizar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas, para ello, se establecen planes de control y procedimientos de monitoreo continuo, mediante herramientas como el Plan de Control Estadístico de Procesos (SPC), el cual, evalúa indicadores en el cumplimiento de estándares y la variación residual posterior a la mejora.

7. METODOLOGÍA

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, con un diseño descriptivo, puesto que sigue paso a paso la estructura de la metodología DMAIC de Six sigma, la cual tiene una estructura sistemática y se basará en datos para la mitigación de una problemática, en la mejora del proceso de inyección, buscando reducir los tiempos improductivos, a partir de las fases del ciclo metodológico DMAIC.

7.1. Fases DMAIC, alineadas con los objetivos específicos de nuestra investigación

A continuación, se detallan las fases DMAIC, alineadas con los objetivos específicos de nuestra investigación.

Tabla 3. Fases DMAIC alineadas con los objetivos específicos de la investigación

Fase	Objetivos Específicos alineados a DMAIC	Descripción de las actividades	Herramienta
1. Definir	Identificar las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de producción y creación del Proyecto Charter.	- Realización del diagrama del proceso de inyección. - Aplicación de la herramienta 5 W - Creación del Proyecto Charter	- 5W (What, Why, Where, When, Who) - Project Charter
2. Medir	Cuantificar el Nivel Sigma y análisis estadístico, a partir de la Recolección de los datos de los tiempos improductivos en el proceso de inyección	- Definición de que, como y cuando se miden en la recolección de los datos. - Recolección de los datos - Cálculo del Nivel Sigma. - Análisis estadístico en la confirmación de la hipótesis planteada	- Cálculo del tamaño de muestra y Análisis Pareto

3. Analizar	Analizar la causa raíz de los tiempos improductivos en la planta de producción.	- Aplicación del diagrama de Ishikawa para identificar causas raíz. - Clasificación y priorización de causas con base en el impacto sobre la productividad.	- Diagrama de Ishikawa
4. Mejorar	Proponer un plan de acción orientado a la reducción de los tiempos improductivos y la mejora del proceso.	- Desarrollo de un plan de acción detallado; responsables, recursos y tiempos de ejecución. - Análisis de los resultados obtenidos.	- Matriz de Plan de Acción
5. Controlar	Establecer un Formato de Plan de control que asegure la sostenibilidad de las mejoras implementadas.	- Establecer un Formato de Plan de control, a partir de indicadores influyentes del proceso, para el monitoreo periódico de resultados. - Resultados previstos del plan de acción	- Formato Plan de Control

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Alcance de Investigación

El alcance de la investigación no contempla la aplicación de la herramienta en las fases de “Mejorar” y “Controlar”, dado que busca proponer la metodología, a partir del análisis de las causas principales que generan los tiempos improductivos en el proceso de producción. De esta manera, la investigación contribuye a la optimización y fortalecimiento de la gestión de la productividad y la toma de decisiones basada en la metodología Lean Six Sigma.

7.3. Técnica de recolección de la información

La técnica empleada para la recolección de información se basó en la revisión sistemática de la información y cálculos del tamaño de muestra y análisis Pareto, desarrolladas bajo un

proceso de fundamentación acerca del control de procesos y gestión de calidad. Se utilizaron como base los registros históricos de la empresa, incluyendo datos de producción, tiempos improductivos, complementados con información estadística interna. Así mismo, se consultaron artículos científicos, tesis de grado y reportes institucionales provenientes de bases de datos académicas, que garantizan la confiabilidad, actualidad y pertinencia de la información recopilada como sustento del marco teórico y estado del arte.

7.4. Análisis de la información

El análisis de la información, se desarrolló mediante un proceso secuencial y estructurado, definiendo criterios de inclusión y exclusión, para seleccionar fuentes relevantes al contexto productivo del estudio. Posteriormente, se aplicaron técnicas cuantitativas de análisis con contenido estadístico y gráfico, identificando las causas de improductividad, los indicadores de desempeño y las estrategias para el desarrollo del Plan de acción y mejora continua. Finalmente, la información procesada se estructuró en un formato de monitoreo y seguimiento, orientado a la optimización del proceso de inyección y a la sostenibilidad de las propuestas proyectadas.

8. RESULTADOS

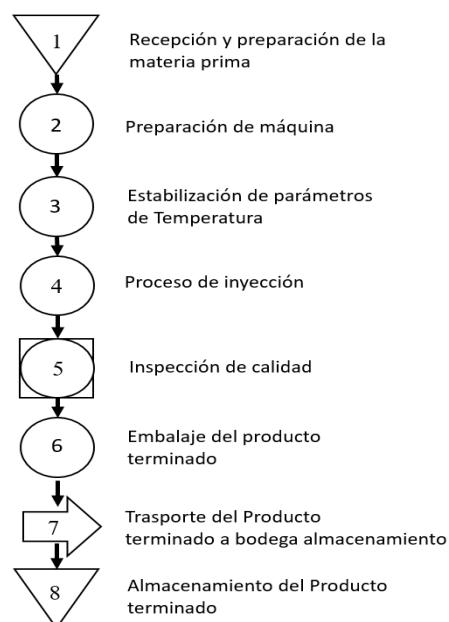
8.1. FASE “DEFINIR”

En esta primera fase se identifican las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de producción, partiendo del reconocimiento detallado del flujo actual del proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S. Asimismo, se aplica la herramienta 5W para profundizar en la determinación de las causas que generan dichas ineficiencias. La fase concluye con la elaboración y descripción del Project Charter o carta del proyecto, donde se consolidan los elementos clave del diagnóstico inicial.

8.1.1. Diagrama de flujo para el proceso de inyección

Antes de aplicar la metodología DMAIC, es importante conocer y representar el flujo actual del proceso, a partir de un diagrama, con el fin de visualizar la fluidez de la producción, como se presenta en la figura 1.

Figura 1. *Flujograma de proceso de inyección para la empresa de insumos plásticos Jordao S.A.S.*



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la empresa de insumos plásticos Jordao S.A.S.

El proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S. inicia con la recepción y preparación de la materia prima, donde se verifica la calidad y las condiciones del material a utilizar, asegurando que cumpla con los estándares requeridos para el proceso. Posteriormente, se procede con la preparación de la máquina, ajustando los parámetros de operación y verificando que los moldes estén correctamente instalados. En la etapa de estabilización de parámetros de temperatura, se controla la uniformidad térmica del sistema de inyección para garantizar la homogeneidad del material fundido.

Una vez estabilizadas las condiciones, inicia el proceso de inyección, en el cual el material plástico fundido es introducido en los moldes para dar forma al producto. Luego, las piezas obtenidas pasan a la inspección de calidad, donde se revisan aspectos como dimensiones, acabados y presencia de defectos. Cumplido este control, los productos aprobados se dirigen a la fase de embalaje del producto terminado, asegurando su adecuada protección. A continuación, se realiza el transporte del producto terminado a la bodega de almacenamiento, donde se organiza el inventario según los pedidos o requerimientos del cliente.

Finalmente, en la etapa de almacenamiento del producto terminado, se resguardan las piezas listas para su distribución, cerrando así el ciclo productivo del proceso de inyección plástica.

8.1.2. Aplicación de la herramienta 5 W

La herramienta de las (5W), aplicada dentro de la metodología DMAIC, busca definir con claridad las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de inyección, determinando los elementos esenciales de la situación mediante preguntas, como: *qué, quién, por*

qué, dónde y cuándo. Dicho enfoque, facilita comprensión del contexto central del problema, delimitando su alcance y orientando los esfuerzos de mejora hacia las causas que generan mayores deficiencias productivas, como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. *Aplicación de la herramienta (5W), aplicada dentro de la metodología DMAIC*

Preguntas 5W	Formulación de la pregunta
What (¿Qué?)	¿Qué factores están generando los mayores tiempos improductivos dentro del proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S.?
Who (¿Quién?)	¿Quiénes intervienen directamente en las operaciones afectadas por los tiempos improductivos, como operarios de máquina, personal de mantenimiento y supervisores de producción?
Why (¿Por qué?)	¿Por qué se ha identificado un aumento en los tiempos muertos asociados a estabilización de parámetros, embalaje y proceso de inyección, afectando la productividad global de la planta?
Where (¿Dónde?)	¿En qué etapas del proceso productivo ocurren con mayor frecuencia los tiempos improductivos dentro de la línea de inyección plástica?
When (¿Cuándo?)	¿En qué turno se presentan con mayor frecuencia los tiempos improductivos?

Fuente: Elaboración propia.

Como análisis de las respuestas halladas, tenemos que:

A la pregunta ***¿Qué factores están generando los mayores tiempos improductivos dentro del proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S.?*** Se identificó que, los principales factores que generan tiempos improductivos en la planta de Jordao S.A.S. están relacionados con la ineficiencia en la estabilización de los parámetros de temperatura, los reprocesos durante el

embalaje del producto terminado y los tiempos de purga en el proceso de inyección. Estos factores evidencian la existencia de falta de estandarización en las operaciones, demoras por ajustes de máquina no planificados, y deficiencias en la coordinación entre los equipos de producción y calidad. Además, se observan pausas recurrentes durante el montaje y preparación de las máquinas, lo que indica la necesidad de fortalecer la capacitación técnica y la planificación de los cambios de molde.

A la pregunta ***¿Quiénes intervienen directamente en las operaciones afectadas por los tiempos improductivos, como operarios de máquina, personal de mantenimiento y supervisores de producción?*** Se identificó que, en el desarrollo de las actividades productivas intervienen distintos actores cuya interacción influye directamente en la generación de los tiempos improductivos. Los operarios de máquina son responsables de la operación continua del proceso de inyección y, por ende, se ven más afectados por paradas no programadas. El personal de mantenimiento participa cuando se presentan fallas mecánicas o eléctricas que requieren intervención, lo que puede prolongar los tiempos muertos si no existe una adecuada programación preventiva. Finalmente, los supervisores de producción y control de calidad tienen un papel esencial en la toma de decisiones y verificación del producto, pero las demoras en la aprobación de lotes o la falta de retroalimentación inmediata puede llegar a extender los tiempos improductivos y retrasar el flujo productivo.

A la pregunta ***¿Por qué se ha identificado un aumento en los tiempos muertos asociados a estabilización de parámetros, embalaje y proceso de inyección, afectando la productividad global de la planta?*** Se identificó que, el incremento de los tiempos improductivos se debe principalmente a la ausencia de indicadores de desempeño y a la falta de control, permitiendo una respuesta oportuna. Otro factor influyente es, la estabilización de

parámetros de temperatura, donde los operarios deben realizar múltiples ajustes hasta alcanzar las condiciones óptimas de presión y temperatura, lo cual retrasa el inicio del ciclo de inyección. En cuanto al embalaje, la falta de sincronización con las áreas de inspección y logística genera cuellos de botella y acumulación de producto. Así mismo, la purga de máquina implica pérdidas considerables de tiempo debido a la limpieza ineficiente o a la ausencia de protocolos estandarizados.

A la pregunta ***¿En qué etapas del proceso productivo ocurren con mayor frecuencia los tiempos improductivos dentro de la línea de inyección plástica?*** Se identificó que, los registros operativos evidencian tiempos improductivos que se concentran en tres etapas críticas: *estabilización de parámetros, embalaje del producto terminado y proceso de inyección continua*. La etapa de estabilización presenta demoras debido a ajustes manuales de temperatura y presión antes de iniciar la producción estable. En el proceso de inyección, los tiempos muertos se originan durante la purga y limpieza de los moldes, especialmente al cambiar de referencia o material. Finalmente, en el embalaje, los retrasos están asociados a esperas por inspección de calidad y falta de personal en momentos de alta carga productiva.

A la pregunta ***¿En qué turno se presentan con mayor frecuencia los tiempos improductivos?*** Se identificó que, los tiempos improductivos se presentan con mayor frecuencia durante el turno nocturno, debido a una menor supervisión directa, limitaciones en el soporte técnico y disponibilidad reducida del personal de mantenimiento. Evidenciado en los reportes de los supervisores, tendencias a enfrentar más dificultades para resolver incidentes operativos sin apoyo inmediato, lo que prolonga las paradas de máquina. Adicionalmente, se observan retrasos en el inicio de turno y falta de comunicación efectiva entre los relevos, lo cual genera pérdidas adicionales por repetición de ajustes de parámetros configurados.

8.1.3. Project Charter

Para la realización del *Project Charter*, se inició con la identificación y delimitación del alcance del proyecto, estableciendo los elementos estratégicos que permiten orientar su desarrollo y ejecución. Este apartado tiene como objetivo definir de manera precisa el propósito del proyecto, sus entregables, los recursos necesarios, los riesgos asociados y los criterios de éxito que guiarán su implementación. Así como, dar a conocer a los interesados, los aspectos del proyecto, facilitando el alineamiento de las tareas, responsabilidades y actividades hacia el cumplimiento eficiente de los resultados previstos y una toma de decisiones asertiva.

Figura 2. Realización del Project Charter para el proyecto en Jordao SAS

PROJET CHARTER		
INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO		
NOMBRE DEL PROYECTO	ADMINISTRADOR DEL PROYECTO	PATROCINADOR DEL PROYECTO
Propuesta de mejora basada en Six Sigma para la reducción de tiempos improductivos en la planta de producción de insumos plásticos de Jordao S.A.S.	Gerencia Jordao S.A.S.	Jordao S.A.S.
CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	UNIDAD DE NEGOCIO
Gerencia Jordao@.com	2235690	Planta de producción de insumos plásticos – Jordao S.A.S.
MIEMBROS DEL EQUIPO	FECHA DE INICIO PREVISTA	FECHA DE COMPLECIÓN PREVISTA
Gerente de Proyecto, Operarios de inyección, Área de calidad.	01/09/2025	09/12/2025
RECURSOS	AHORRO PREVISTO	COSTOS ESTIMADOS
Instalaciones de planta, Equipos de medición, Software de análisis	\$0	\$0
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO		
PROBLEMA O INCIDENCIA	Proyecto orientado a mejorar el desempeño operativo del proceso de inyección en la planta de producción, mediante la metodología Six Sigma, con el fin de reducir los tiempos improductivos y aumentar la productividad.	
PROPÓSITO DEL PROYECTO	El proyecto se emprende para identificar, analizar y reducir los tiempos improductivos presentes en el proceso de inyección, respondiendo a la necesidad de la empresa de incrementar la eficiencia, optimizar recursos y mejorar la productividad general de la planta.	
OBJETIVOS / MÉTRICAS	Proponer un Plan de mejora basada en Six Sigma para la reducción de tiempos improductivos en la planta de producción de insumos plásticos de Jordao S.A.S.	
RESULTADOS PREVISTOS	Reducción significativa de los tiempos improductivos en el proceso de inyección, mediante la identificación precisa de sus causas y la implementación de acciones correctivas fundamentadas en Six Sigma. Mejoras en la productividad operativa de la planta, reflejadas en un incremento del tiempo efectivo de máquina, disminución de paros no programados y optimización del ciclo de producción. Mayor control y seguimiento del desempeño del proceso, gracias a la implementación de un plan de control con indicadores actualizados, medibles y sostenibles en el tiempo. Estandarización de procedimientos relacionados con la operación y supervisión del área de inyección, reduciendo la variabilidad entre turnos y operarios. Disponibilidad de un diagnóstico técnico y estadístico confiable, útil para la toma de decisiones futuras y el diseño de estrategias de mejora continua en la planta. Fortalecimiento de la cultura de mejora continua en la empresa, mediante la aplicación práctica de herramientas de análisis como Ishikawa, Pareto y Six Sigma.	

ALCANCE DEL PROYECTO

DENTRO DEL ALCANCE	Identificación de causas de tiempos improductivos en el área de inyección. Análisis del desempeño del proceso utilizando herramientas Six Sigma (Ishikawa, Pareto). Diseño de un plan de acción para aumentar la efectividad del proceso. Elaboración de un plan de control de indicadores para sostener las mejoras.
FUERA DEL ALCANCE	Intervenciones en áreas diferentes al proceso de inyección. Implementaciones tecnológicas o inversiones mayores no contempladas en el diagnóstico. Cambios estructurales en el diseño de maquinaria.

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	Duración estimada	INICIO	FINALIZACIÓN
Revisión preliminar del proyecto y Alcance	9 días	lunes, 1 de septiembre de 2025	martes, 9 de septiembre de 2025
Plan del proyecto e Inicio formal	6 días	jueves, 9 de octubre de 2025	lunes, 15 de septiembre de 2025
Fase Definir (Define)	15 días	martes, 16 de septiembre de 2025	martes, 30 de septiembre de 2025
Fase Medir (Measure)	20 días	miércoles, 1 de octubre de 2025	lunes, 20 de octubre de 2025
Fase Analizar (Analyze)	16 días	martes, 21 de octubre de 2025	miércoles, 5 de noviembre de 2025
Fase Mejorar (Improve)	20 días	jueves, 6 de noviembre de 2025	martes, 25 de noviembre de 2025
Fase Controlar (Control)	10 días	miércoles, 26 de noviembre de 2025	viernes, 5 de diciembre de 2025
Informe y presentación del proyecto y cierre	4 días	sábado, 6 de diciembre de 2025	viernes, 12 de septiembre de 2025

RECURSOS

EQUIPO DEL PROYECTO	Gerente de Proyecto (GP): Responsabilidad principa de dirigir el proyecto, gestionar cronograma, recursos y comunicación. Ingeniero de Procesos: Su responsabilidad principa, será analizar el proceso de inyección, recolectar datos y apoyar fases DMAIC. Analista de Calidad: Responsabilidad principa será la medición, análisis estadístico, nivel Sigma, validación de datos. Operarios de Inyección: Su responsabilidad principa, será el apoyo en toma de tiempos, registro de improductividades y validación práctica. Apoyo Administrativo: Su responsabilidad principa, será el manejo documental, comunicaciones y coordinación logística.
RECURSOS DE SOPORTE	Coordinación de disponibilidad de producción para toma de datos. Instalaciones de planta para capacitaciones. Software estadístico, Análisis Pareto, cálculo de Nivel Sigma, procesamiento estadístico de los datos.
NECESIDADES ESPECIALES	Acceso total al proceso de inyección, disponibilidad de datos históricos, permiso para la medición y aprobación de horas de trabajo del personal involucrado.

COSTOS PROYECTADOS

TIPO DE COSTO	NOMBRES / Unidad	TARIFA	CANTIDAD	MONTO
Mano de obra	Gerente de Proyecto (cantidad de horas)	\$ 80.000	40	\$ 3.200.000
	Ingeniero de Procesos (cantidad de horas)	\$ 60.000	60	\$ 3.600.000
	Analista de Calidad (cantidad de horas)	\$ 45.000	40	\$ 1.800.000
	Capacitación interna / inducción Six Sigma	\$ 800.000	1	\$ 800.000
	Apoyo administrativo (esporadico)	\$ 1.200.000	2	\$ 2.400.000
Suministros	Papelera, formatos, impresiones	\$ 350.000	1	\$ 350.000
Software estadístico Arena	Software estadístico (básico)	\$ 0	1	\$ 0
Varios	Transporte interno y refrigeríos capacitación	\$ 300.000	1	\$ 300.000
	Contingencias (5%)	\$ 0	1	\$ 0
COSTO TOTAL				\$ 12.450.000

BENEFICIOS Y CLIENTES

PROPIETARIO DEL PROCESO	Jefe o Coordinador de Producción del área de inyección Responsable de la operación diaria, seguimiento de desempeño, implementación de mejoras y sostenimiento de los cambios derivados del proyecto.
PRINCIPALES GRUPOS DE INTERÉS	Gerencia general de Jordao S.A.S. Área de Producción (ingenieros de procesos, supervisores, operarios). Área de Calidad. Área de Mantenimiento. Área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), si existe implicación en tiempos improductivos por pausas o incidentes. Clientes internos relacionados con la planeación y cumplimiento de entregas.
CLIENTE FINAL	Empresa Jordao S.A.S., específicamente sus clientes comerciales que dependen del cumplimiento de los tiempos de producción y entrega de insumos plásticos con calidad, estabilidad y fiabilidad en los plazos.
BENEFICIOS PREVISTOS	Reducción del porcentaje de tiempos improductivos en el proceso de inyección. Aumento del tiempo efectivo de operación y mayor disponibilidad de máquinas. Incremento de la productividad total de la planta. Optimización del flujo de trabajo y disminución de cuellos de botella. Mejora del cumplimiento de los planes de producción y tiempos de entrega. Mayor visibilidad y control mediante indicadores claros y un plan de gestión sostenible. Generación de una cultura de mejora continua basada en evidencia y análisis estadístico.

RIESGOS, RESTRICCIONES Y SUPOSICIONES

RIESGOS	La carga laboral del personal puede dificultar la toma de datos o la validación de información. Paros imprevistos en máquinas por fallas técnicas pueden distorsionar la medición real de improductividades. Datos incompletos o inconsistentes en registros históricos no confiables pueden afectar cálculos del Nivel Sigma y análisis Pareto. Resistencia al cambio, puede que algunos operarios o supervisores podrían mostrar rechazo a nuevas medidas o ajustes de proceso. Restricciones de tiempo en la producción, debido a la alta demanda operativa puede limitar el acceso a las líneas para estudiar el proceso. Limitaciones tecnológicas, por la falta de software especializado o equipos adecuados para medición precisa.
RESTRICCIONES	El proyecto tendrá el acompañamiento por parte de los analistas académicos hasta el 09/12/2025, reduciendo margen de ajustes. Las actividades deben ajustarse al presupuesto estimado y autorizado. La recolección de datos sujeta a los horarios del personal.
SUPOSICIONES	Se presume que los registros de improductividades son accesibles y se basan en información histórica del proceso confiable. Se asume participación activa y tiempo asignado a actividades DMAIC del equipo según el cronograma propuesto.

Con la realización del Project Charter se cierra la fase Definir, en la cual se identificaron las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de producción. Este avance fue posible a partir del reconocimiento detallado del flujo del proceso, el análisis estructurado mediante las preguntas 5W y el establecimiento de los elementos clave del proyecto consignados en el Project Charter. Dicho documento consolida la comprensión del problema, delimita el alcance de la intervención y orienta las acciones posteriores para mejorar la eficiencia operativa.

8.2. FASE “MEDIR”

Para el desarrollo de la fase medir, se cuantificar el cálculo del Nivel Sigma y análisis Pareto de las causas de tiempos improductivos en el proceso de inyección, para ello, se utiliza los datos recolectados, con ello especifica; el qué medir, cómo medirlo y cuándo, asociadas a las causas de tiempos improductivos en el área de inyección utilizando herramientas estadísticas como gráficos descriptivos e histogramas de las distribución en los tiempos improductivos en el

proceso de inyección y la formulación de las hipótesis estadística que permitan validar las mejoras, utilizando la prueba Anova.

Tabla 5. *Qué medir, cómo medirlo y cuándo*

Variable	Qué se mide	Cómo se mide	Cuándo se mide
Tiempo improductivo por máquina	Minutos en los que la máquina está detenida sin producir	Cronometría y toma de tiempos directo.	Durante cada turno de producción
Causa de improductividad	Tipo de causa que genera la detención (mecánica, operativa, materia prima, etc.)	Registro de causas	Cada vez que ocurre un paro de máquina.
Frecuencia de paros	Número de eventos improductivos por máquina	Conteo manual o digital en el registro de producción	Diario, por turno
Tiempo de ciclo real	Tiempo que tarda una pieza en procesada	Registro del equipo o máquina.	Cada lote
Producción realizada	Cantidad de unidades fabricadas	Conteo del proceso hasta que finalice.	Al cierre de turno
Disponibilidad de la máquina	Tiempo disponible vs tiempo total programado	Registro del plan de producción vs paros	Por turno y por día
Nivel Sigma requerido	Número de defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Cálculo estadístico con base en las registros tomadas	Al finalizar la toma de datos

Fuente: Elaboración propia.

8.2.1. Recolección de los datos

Para la recolección de los datos, se llevó a cabo una toma de tiempos en el proceso de producción, con el fin de identificar y cuantificar los tiempos improductivos presentes en la

operación. Esta medición permitió obtener una visión precisa del comportamiento del proceso y de las causas que afectan su eficiencia. Los resultados obtenidos se consolidan en la Tabla 3.

Tabla 6. *Tiempos improductivos del proceso de producción de inyección registrados*

Etapas del proceso	Causa principal	Tiempos improductivos
Recepción de materia prima	Montaje de materia prima	160,41
Preparación de máquina	Preparación de máquina	197,64
Estabilización de parámetros	Estabilización temperatura	507,69
Proceso de inyección	Purgado de máquina	347,26
Inspección de calidad	Espera de respuesta	280,13
Embalaje producto terminado	Embalaje final	480,67
Transporte a bodega	Transporte a almacenamiento	252,97
Producto terminado	Transporte a zona de despacho	77,43
Tiempo total improductivo		2.305

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la recolección de datos y del registro de los tiempos improductivos en cada etapa del proceso de inyección, se identifica que las estaciones con mayor tiempo improductivo corresponden a la estación de “*estabilización de parámetros*”, especialmente por el ajuste y estabilización de temperatura, y la etapa “*embalaje del producto terminado*”, que pueden ocasionarse por el tiempo requerido en las actividades finales del proceso. Estas dos etapas representan los mayores ciclos improductivos y, por lo tanto, constituyen los principales focos de intervención para mejorar la eficiencia del proceso.

8.2.2. Cálculo del Nivel Sigma

El cálculo del Nivel Sigma, se realiza con el propósito de determinar en qué estado de desempeño se encuentra el proceso, tomando como referencia una tabla estandarización en los niveles Sigma y sus rangos de calidad asociados, permitiendo evidenciar si el proceso opera dentro de un nivel aceptable, promedio o crítico en términos de variabilidad y presencia de “Defectos por Oportunidad” (DPO).

El análisis inicia con la cuantificación de los Defectos por Oportunidad, valor que se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

Ecuación 1. *Formula defectos de oportunidad (DPO)*

$$DPO = \frac{\text{Suma de los tiempos improductivos registrados (enero – junio)}}{\text{Tiempo programado total (Horas)}}$$

$$DPO = \frac{2.305,}{20.278}$$

$$DPO = 0,113632$$

$$DPO = DPO * 1000000$$

Luego, se procede a calcular los Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), a partir de la fórmula:

Ecuación 2. *Formula Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO)*

$$DPMO = DPO * \text{Millón de oportunidades}$$

$$DPMO = DPO * 1.000.000$$

$$DPMO = 113.631,82$$

Como resultado, podemos observar que, se presentan 113.631 defectos por cada millón de oportunidades.

Una vez obtenido el valor de DPO, se calcula el percentil correspondiente a la probabilidad de no defecto:

Ecuación 3. *Formula del percentil correspondiente a la probabilidad de no defecto*

$$P = 1 - \text{DPO}$$

$$P = 1 - 0,11362913$$

$$P = 0.886370$$

Luego se halla el valor (Z sin ajuste) es la inversa de la normal estándar en ese percentil:

Ecuación 4. *Valor (Z) normal estándar en ese percentil*

$$Z (\text{sin ajuste}) = \text{INV.NORM.ESTAND}(P) 0.886370$$

$$Z (\text{sin ajuste}) = \text{INV.NORM.ESTAND}(0.886370)$$

$$Z (\text{sin ajuste}) = 1,20745$$

Finalmente, aplicamos el ajuste de 1.5σ de la convención Six Sigma, para estimar el nivel sigma del proceso:

Ecuación 5. *Formula del nivel sigma del proceso*

$$\text{Nivel Sigma } Z = Z (\text{sin ajuste}) + 1,5$$

$$\text{Nivel Sigma } Z = 1,20745 + 1,5$$

$$\text{Nivel Sigma } Z = 2.71$$

Basado en el resultado de los 113.631 defectos por cada millón de oportunidades, el cual nos indica un proceso con desempeño *bajo-moderado*, y un Nivel sigma de 2,71 el cual, se encuentra lejano a los niveles deseables (4to o 6to). En otras palabras, se confirma que existe una alta tasa de tiempos improductivos del tiempo programado y que se requieren acciones en las causas principales.

Tabla 7. Niveles Sigma (Z) estandarizados por porcentaje de rendimiento en las DPMO

Nivel Sigma (Z)	Z ajustado (+1.5 σ)	DPMO aproximado	Interpretación
0.0	1.5	500.000	Muy deficiente
1.0	2.5	158.655	Bajo
1.5	3.0	66.807	Moderado
2.0	3.5	22.750	Aceptable
2.5	4.0	6.210	Bueno
3.0	4.5	1.350	Muy bueno
3.5	5.0	233	Excelente
4.0	5.5	32	Casi perfecto

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el proceso de inyectado de plástico se encuentra en un Nivel Sigma de 2.71 ajustado, lo cual, según el valor de DPMO (*Defectos por Millón de Oportunidades*), se clasifica dentro de un desempeño “moderado”. Este nivel indica que el proceso aún presenta un número significativo de defectos y variabilidad, lo que limita su estabilidad y afecta directamente la productividad global de la planta.

En términos operativos, un Nivel Sigma de 2.71 refleja que el proceso está lejos de un comportamiento robusto y requiere la implementación de mejoras sustanciales para reducir los tiempos improductivos y optimizar la eficacia del flujo de trabajo. Este resultado respalda la importancia de avanzar hacia las siguientes fases del DMAIC, con el propósito de identificar soluciones de mejora y establecer controles que permitan elevar el rendimiento del proceso hacia niveles más competitivos y cercanos a los estándares de calidad industrial.

Lo anterior se evidencia en la siguiente tabla 5, la cual presenta el nivel de desempeño del proceso según el porcentaje de rendimiento asociado a los valores de DPMO. En ella se observa claramente cómo el comportamiento actual del proceso se ubica entre los niveles Sigma 2 y 3, lo que refleja una frecuencia considerable de defectos y tiempos improductivos.

Tabla 8. Niveles de desempeño Sigma por porcentaje de rendimiento en las DPMO

Nivel Sigma (Z)	DPMO (Defectos por millón de oportunidades)	Porcentaje de rendimiento (%)
1 σ	691.462	30,90%
2 σ	308.538	69,10%
3 σ	66.807	93,30%
4 σ	6.210	99,38%
5 σ	233	99,98%
6 σ	3,4	100,00%

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, el comportamiento del proceso de inyección evidencia la necesidad de implementar acciones de mejora que permitan reducir los defectos, disminuir los tiempos improductivos y avanzar hacia un proceso más robusto y controlado. Al encontrarse entre los niveles 2 y 3 Sigma, el proceso presenta una alta incidencia de variaciones y oportunidades de error, lo que demuestra que existe un amplio margen de mejora para aproximarse a los estándares de desempeño de 4 σ o incluso 5 σ , niveles asociados con procesos estables, altamente eficientes y con una menor variabilidad operacional.

8.2.3. Análisis estadístico en la confirmación de la hipótesis planteada

Se llevó a cabo un análisis estadístico de los tiempos registrados con el propósito de confirmar la hipótesis formulada, la cual establece la presencia de una alta frecuencia de defectos o tiempos improductivos en el proceso de inyección. Esta hipótesis se encuentra alineada con los resultados obtenidos en el cálculo del Nivel Sigma, que reflejan un desempeño *bajo a moderado*, característico de procesos con *elevada variabilidad y oportunidades de falla*.

Para validar esta hipótesis, se inició con la identificación del tipo de distribución estadística que presentan los datos analizados, lo cual resulta fundamental para seleccionar las pruebas estadísticas apropiadas y garantizar la correcta interpretación del comportamiento del proceso.

A partir del agrupamiento de los datos por mes, se procede a realizar la tendencia de los tiempos improductivos, por medio del tipo redistribución, permitiendo así determinar si la variabilidad observada es significativa y si respalda la hipótesis inicialmente planteada.

Para validar esta hipótesis, se inicia con un análisis descriptivos e histogramas de las distribuciones en los tiempos improductivos en el proceso de inyección, utilizando en Software Arena.

Figura 3. Histograma de los tiempos de improductivos de enero

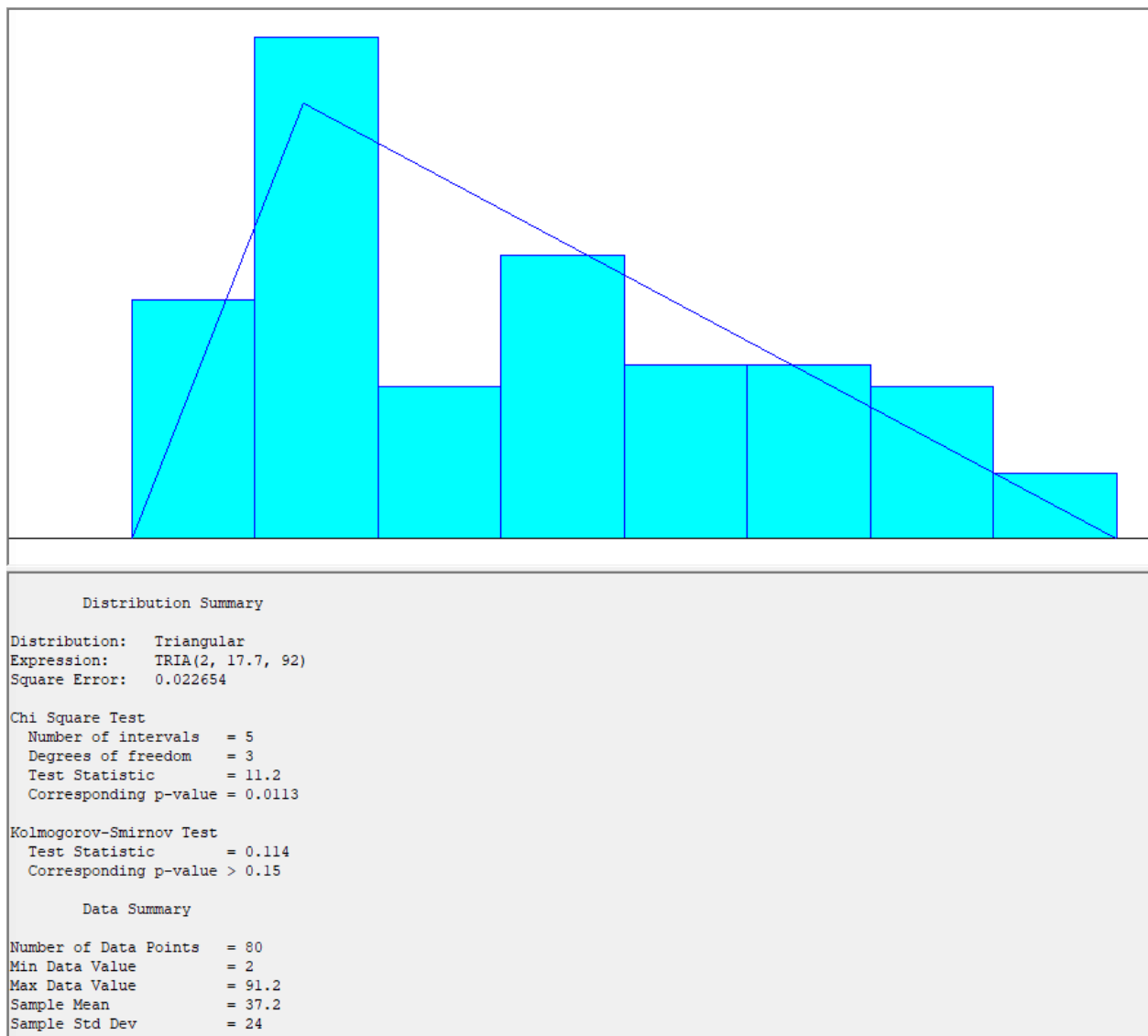


Figura 4. Histograma de los tiempos de improductivos de febrero

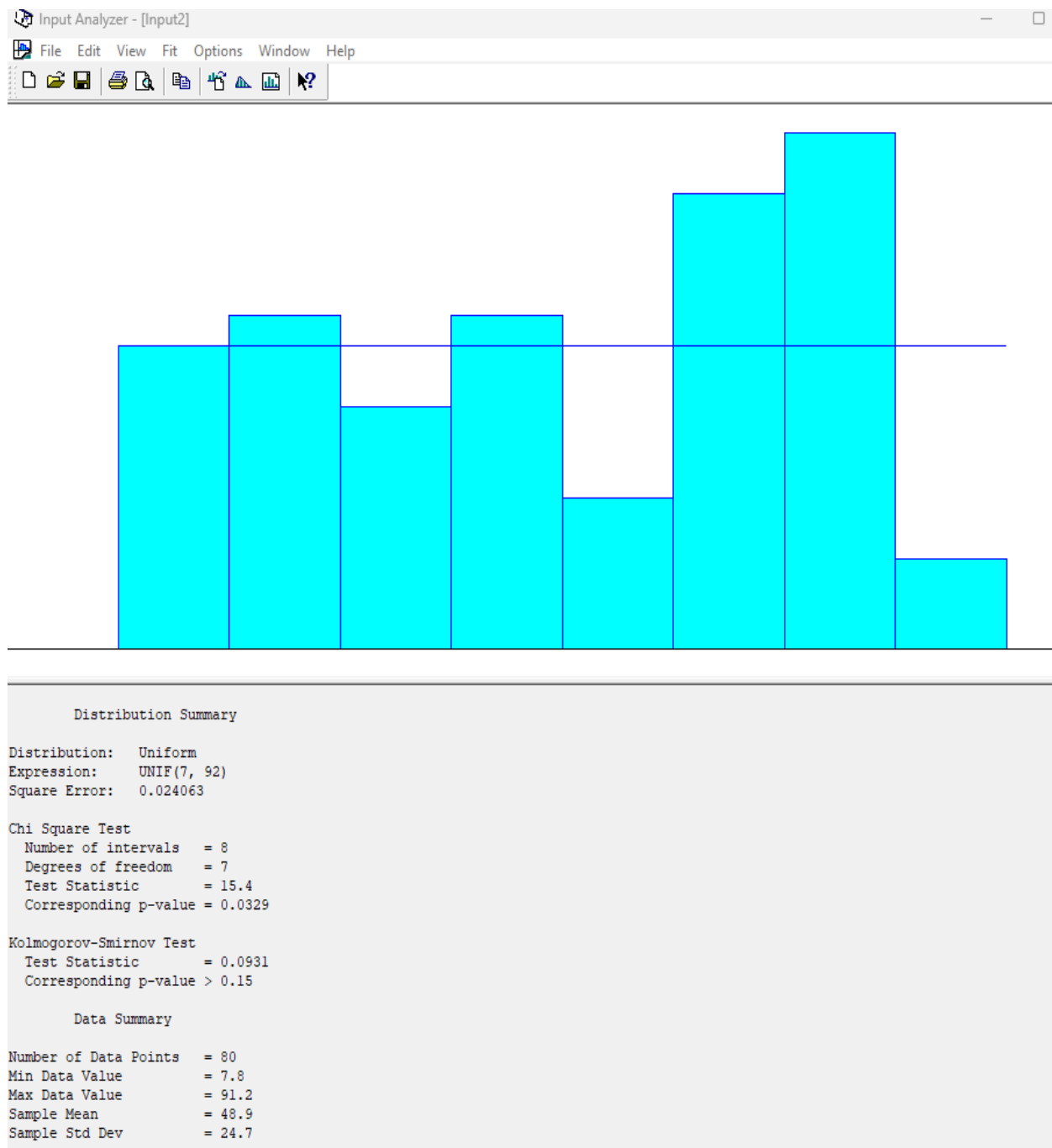


Figura 5. Histograma de los tiempos de improductivos de marzo

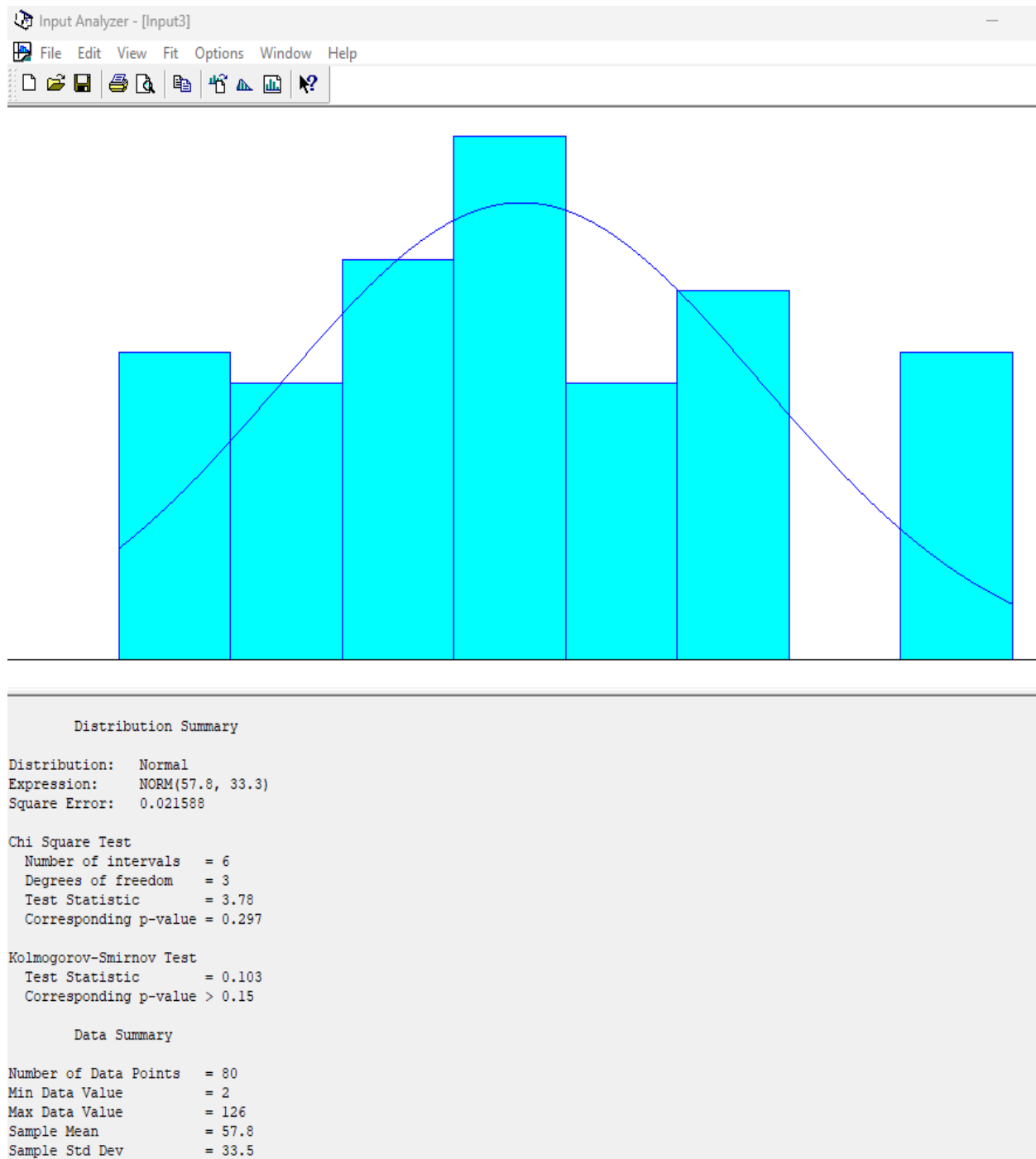


Figura 6. Histograma de los tiempos de improductivos de abril

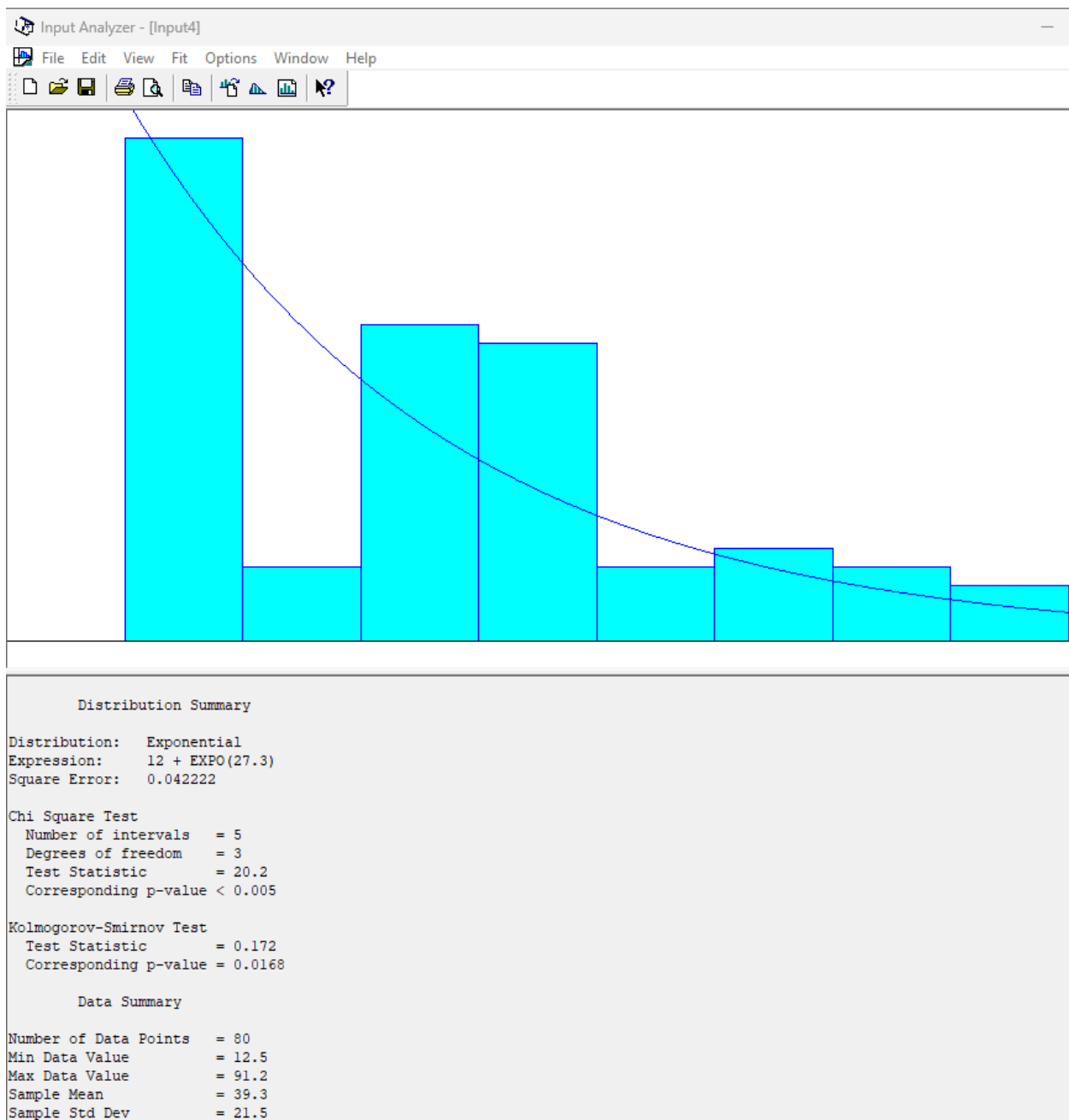


Figura 7. Histograma de los tiempos de improductivos de mayo

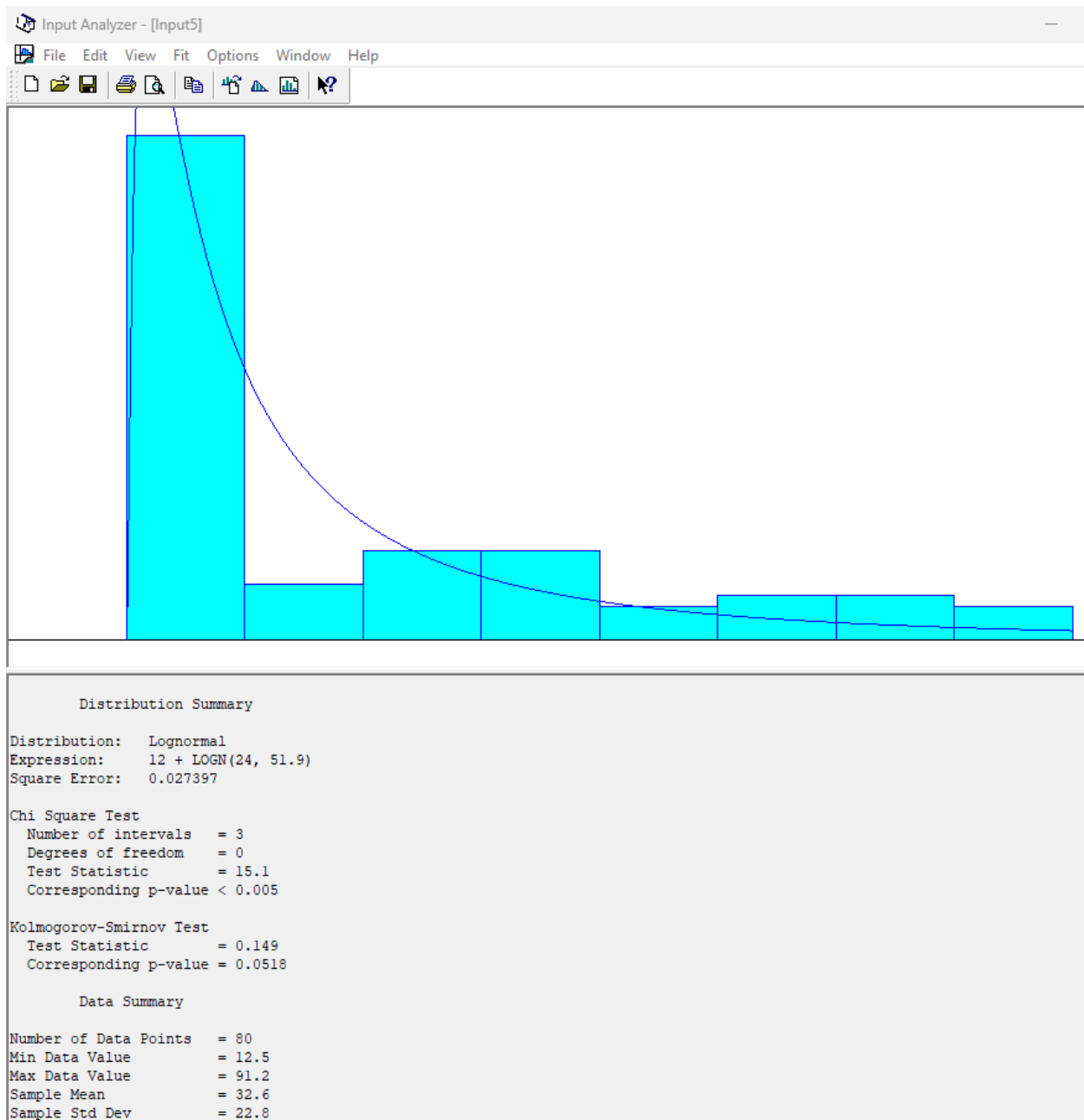
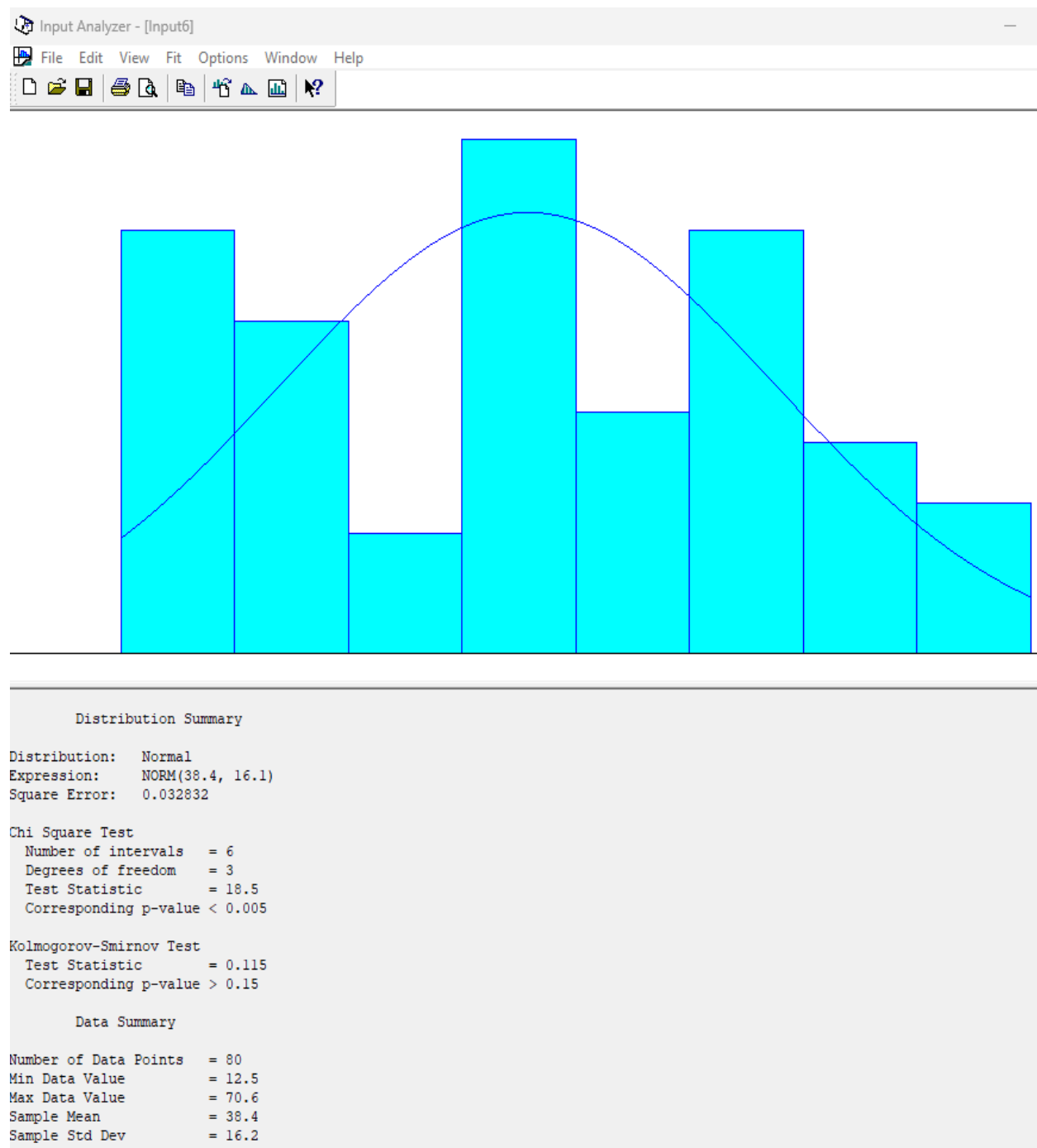


Figura 8. Histograma de los tiempos de improductivos de junio



Como resultados del análisis tendencial de los tiempos, se aplicaron pruebas de hipótesis para determinar la distribución de los datos. Este procedimiento permitió identificar si las variables analizadas se ajustaban a una distribución estadística específica. A continuación, se

presentan los resultados de las pruebas de hipótesis de distribución de los datos, facilitando la interpretación del comportamiento estadístico del proceso y la coherencia entre los tiempos observados y la distribución teórica correspondiente.

Tabla 9. Resultados de las pruebas de hipótesis de distribución de los datos

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Tipo de distribución	Triangular	Uniforme	Normal	Exponential	Lognormal	Normal
Parámetros	TRIA(2, 17.7, 92)	UNIF (7, 92)	NORM(57.8, 33.3)	12 + EXPO(27.3)	12 + LOGN(24, 51.9)	NORM(38.4, 16.1)
Prueba Estadística	p-value > 0.15	p-value > 0.15	p-value > 0.15	p-value = 0.0168	p-value > 0.0518	p-value > 0.15
H0	No se rechaza Ho	No se rechaza Ho	No se rechaza Ho	Se rechaza Ho	No se rechaza Ho	No se rechaza Ho

Los resultados obtenidos en la Tabla 6 permiten identificar el comportamiento y la tendencia de los tiempos improductivos a lo largo del periodo evaluado, evidenciando variaciones significativas en la distribución estadística de los datos por mes.

- Durante enero y febrero, los tiempos se ajustan adecuadamente a distribuciones Triangular y Uniforme, respectivamente, indicando una dispersión moderada y ausencia de concentraciones extremas de variabilidad.
- Para marzo y junio, los datos presentan un ajuste óptimo a una distribución Normal, lo cual sugiere estabilidad en el comportamiento promedio de los tiempos improductivos.
- En abril, la prueba de hipótesis evidencia un p-value de 0.0168, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula, revelando que los datos no siguen una distribución Exponencial y, por ende, presentan mayor irregularidad y presencia de valores atípicos.
- En mayo, los tiempos muestran un comportamiento tipo “Lognormal”, propio de procesos donde predominan valores bajos con algunos picos elevados.

En conjunto, se pudo observar en la fase medir, que existen variaciones mes a mes, lo cual, refleja cambios en la dinámica operativa del proceso, lo que permite identificar meses con

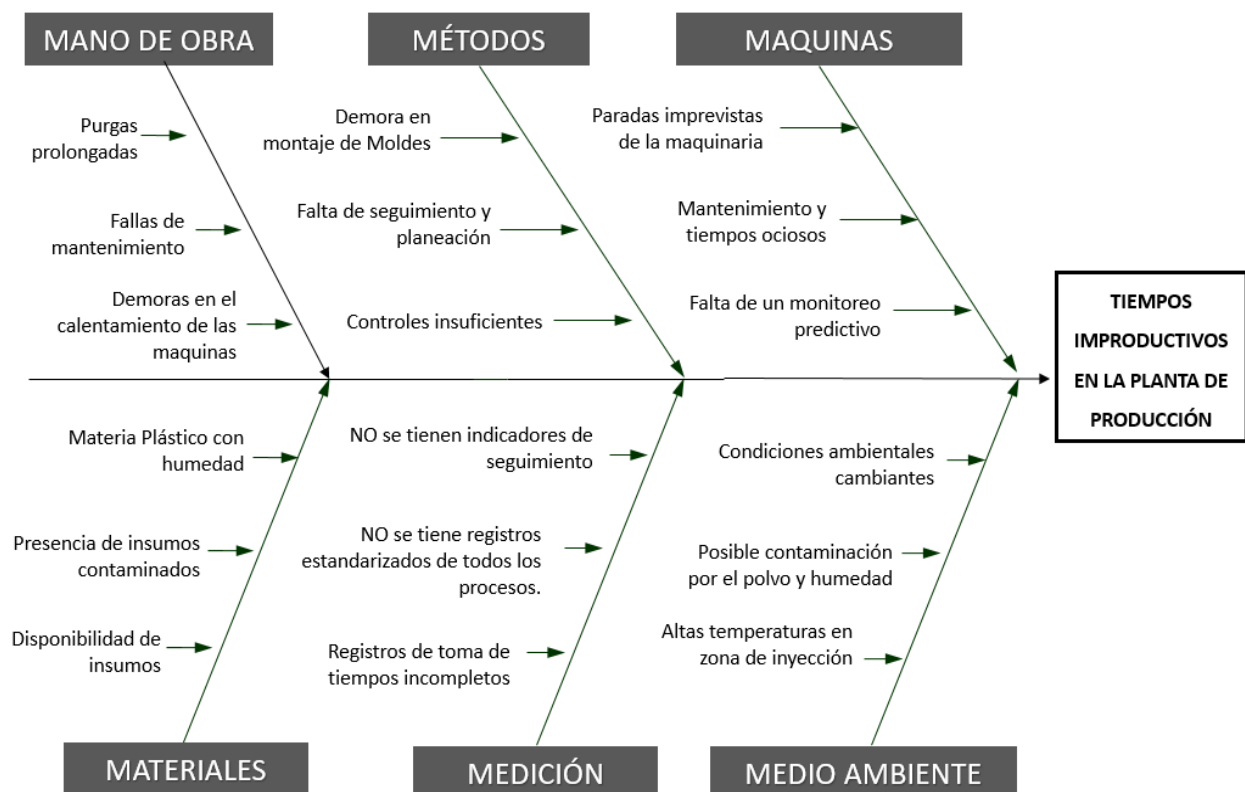
mayor estabilidad y otros con comportamientos más dispersos, fundamentales para orientar intervenciones de mejora y que deberán ser comparados con una prueba Anova para validar el comportamiento general del proceso de inyectado de plástico.

8.3. FASE “ANALIZAR”

En la fase de analizar, se examina la causa raíz de los tiempos improductivos en la planta de producción, así como las áreas críticas a mejorar. Para ello, se realizó un diagrama causa y efecto (Ishikawa), con el cual se busca profundizar en la causa central que origina los principales factores asociados a la pérdida de tiempos improductivos en la producción.

8.3.1. Análisis del Diagrama de Ishikawa en el proceso de inyección

Figura 9. Diagrama de Ishikawa en el proceso de inyección



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la empresa de insumos plásticos Jordao S.A.S.

A partir del análisis realizado, se identificaron factores asociados a la pérdida de tiempos improductivos en la producción correspondientes al proceso de inyección, agrupados de acuerdo con las categorías del Diagrama de Ishikawa, como se describe a continuación:

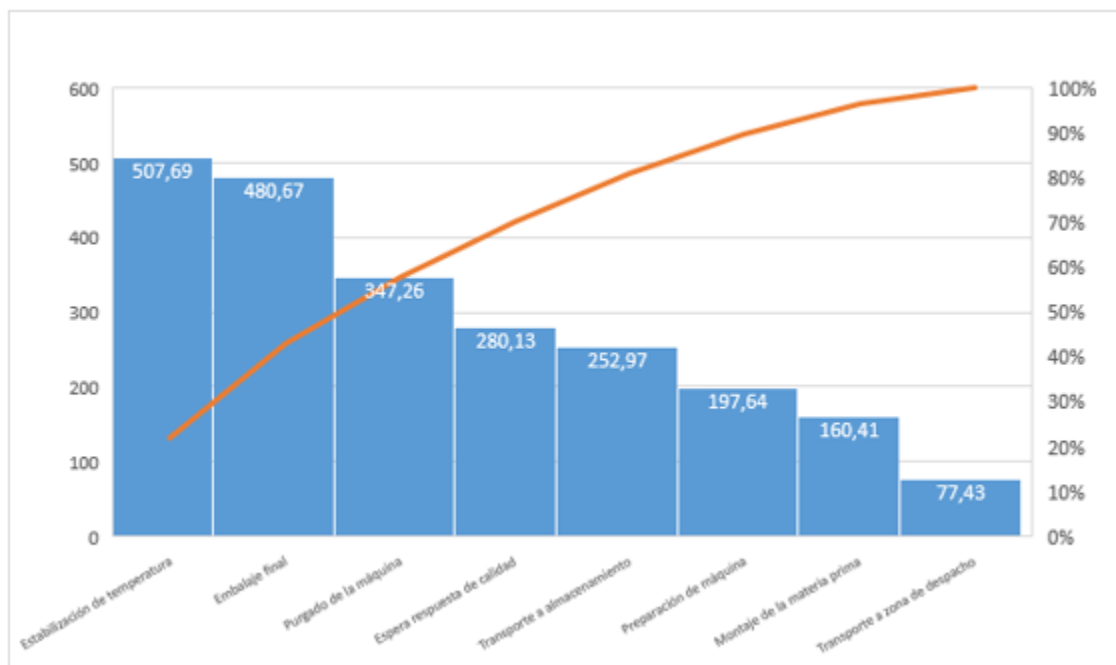
- **Máquina:** En esta categoría se identificaron pérdidas de tiempo productivo asociadas a fallas mecánicas, paradas por mantenimiento correctivo y procesos de purga prolongados. Estas situaciones se derivan de la falta de mantenimiento preventivo oportuno y de variaciones en los parámetros operativos de las inyectoras, afectando la disponibilidad del equipo y la continuidad del proceso.
- **Método:** Se observaron pérdidas de tiempo productivo, relacionadas con la ausencia de estandarización en los procedimientos de montaje y desmontaje de moldes, así como demoras durante los cambios de referencia. La falta de protocolos definidos genera variabilidad en los tiempos de preparación y reduce la eficiencia operativa.
- **Mano de obra:** En esta categoría se identificaron demoras por falta de personal disponible en el área de montajes y por deficiencias en la capacitación técnica de los operarios. La dependencia de un número limitado de técnicos especializados ocasiona cuellos de botella en la programación de moldes y ajustes de máquina.
- **Material:** Las principales causas se relacionan con el uso de materias primas con humedad o contaminación, que generan defectos en el producto final y obligan a realizar purgas o reprocesos. Además, se registraron retrasos en el suministro de material debido a una planificación inadecuada del inventario de resinas.
- **Medición:** Se evidenciaron limitaciones en los mecanismos de control y seguimiento de los tiempos improductivos, debido a la ausencia de indicadores en tiempo real y registros

manuales inconsistentes. Esta falta de precisión dificulta la identificación oportuna de desviaciones y la toma de decisiones correctivas.

8.3.2. Análisis Pareto de las causas de tiempos improductivos en el proceso de inyección

Se realizó un análisis relacional de las principales causas de tiempos improductivos de la producción, a partir de un Diagrama de Pareto, como se presenta en la figura 3.

Figura 10. Diagrama Pareto para las causas de tiempos improductivos en el proceso de inyección



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la empresa de insumos plásticos Jordao S.A.S.

A partir de los resultados obtenidos del Gráfico de Pareto, se identificó que, existen tres causas principales,

- **Causa 1:** Estabilización de parámetros (22,03%),
- **Causa 2:** Embalaje del producto terminado (20,86%)
- **Causa 3:** Proceso de inyección (15,07%)

Las cuales, representan en conjunto el 57,96% del tiempo improductivo total, equivalente a 1.335,62 horas del total de 2.305 horas registrados. Esto indica que las acciones de mejora deberían enfocarse en dichas etapas, puesto que, es allí donde se concentran la mayor proporción de las ineficiencias del proceso.

8.3.3. Prueba de hipótesis de un factor Anova

Así mismo, se realiza un análisis de los resultados utilizando la *prueba ANOVA*, con el objetivo de determinar si las diferencias observadas entre los distintos periodos (meses), del proceso son estadísticamente significativas o si efectivamente presentan un comportamiento similar, validando la hipótesis nula donde *“los tiempos improductivos se deben al incremento del desempeño general del proceso en meses y etapas específicas”*

Para ello, se registran los tiempos improductivos por mes, con el fin de utilizarlos como base para el desarrollo de la prueba Anova:

Tabla 10. registran los tiempos improductivos por mes con los resultados de la prueba ANOVA

Etapas de proceso	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Recepción de materia prima	17,33	28,08	37,73	27,62	31,15	18,50
Preparación de máquina	47,68	26,42	28,87	28,12	34,33	32,22
Estabilización de parámetros	79,17	55,55	115,05	107,72	83,87	66,33
Proceso de inyección (Producción continua)	42,78	81,57	76,47	42,43	72,43	31,58
Inspección de calidad	28,28	45,65	51,30	42,43	50,37	62,10
Embalaje del producto terminado	59,25	73,93	79,58	84,15	119,13	64,63
Trasporte del Producto	18,50	69,45	54,60	45,45	51,52	13,75

terminado a bodega almacenamiento						
Producto	4,78	10,43	16,68	16,17	12,65	16,82
terminado						

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza la prueba Anova, por medio del Análisis de varianza de un factor, obteniendo los siguientes resultados de validación de las hipótesis generales de los meses de enero a junio

Tabla 11. Análisis de varianza de un factor

<i>Grupos</i>	<i>Subgrupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Enero	8	297,77	37,22	609,11
Febrero	8	391,08	48,89	655,67
Marzo	8	460,28	57,54	1011,86
Abril	8	394,09	49,26	964,69
Mayo	8	455,45	56,93	1149,03
Junio	8	305,93	38,24	511,95

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó el análisis de varianza para determinar el resultado probabilístico de los grupos (meses), como se observa a continuación:

Tabla 12. Resultado probabilístico de los grupos (meses) Anova

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	5	615,15	0,75	0,59	2,44
Dentro de los grupos	42	817,05			
Total	47				

Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión de la fase de análisis, se parte de la hipótesis nula, que establece que “los tiempos improductivos se deben al incremento del desempeño general del proceso en meses

y etapas específicas”. Considerando un nivel de significancia de 0.05 y un p-value obtenido de 0.59 a partir de la prueba estadística, se cumple que $p\text{-value} > 0.05$; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que existen diferencias significativas entre las distribuciones de los tiempos improductivos en los distintos grupos o meses analizados.

Así mismo, se identificó que las estaciones o etapas con mayor tiempo improductivo corresponden a la estabilización de parámetros, principalmente por el ajuste y regulación de temperatura, y a la etapa de embalaje del producto terminado, debido al tiempo requerido en las actividades finales del proceso.

Finalmente, en términos operativos, el proceso se encuentra en un Nivel Sigma de 1.5, lo que refleja que el proceso está lejos de un comportamiento robusto y requiere la implementación de mejoras sustanciales para reducir los tiempos improductivos y optimizar la eficiencia del flujo de trabajo.

8.4. FASE “MEJORAR”

En esta fase, se busca diseñar un plan de acción que dé respuesta a la causa raíz identificada, la cual generó que los tiempos improductivos en el proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S. vieran afectados los recursos de la empresa. Para ello, se orienta un plan de mejora que promueva la eficiencia y la estabilidad del proceso, asegurando que las intervenciones no solo mitiguen las causas de improductividad, sino que también incrementen la capacidad operativa, fortaleciendo así el desempeño general del proceso.

El enfoque propuesto tiene como objetivo reducir los tiempos improductivos y elevar el Nivel Sigma del proceso, mediante la generación de un entorno operativo más controlado, con decisiones basadas en datos y resultados medibles.

8.4.1. Plan de control enfocado en la mejora continua a partir de indicadores de desempeño

El plan de seguimiento comprende acciones de monitoreo continuo, estructuradas a partir del análisis de los resultados obtenidos en las fases Definir, Medir y Analizar, garantizando un enfoque de mejora que permita atender las debilidades detectadas tanto operativamente como en la gestión de los recursos.

A continuación, se presenta la Matriz de Plan de Acción, en la cual se detallan las actividades propuestas, los responsables, los recursos requeridos y los indicadores de seguimiento que permitirán evaluar el impacto de las mejoras implementadas:

Tabla 13. Matriz de Plan de Acción

Indicador a mejorar	Causas identificadas	Acción de mejora propuesta	Responsable	Recursos requeridos	Indicador de seguimiento	Meta / Plazo
Falta de identificación precisa de las causas de improductividad	Ausencia de herramientas sistemáticas de análisis (5W)	Implementar un sistema de análisis estructurado con la herramienta 5W	Jefe de Producción.	Registro a formatos 5W	<i>% de causas analizadas con 5W</i>	100% causas documentadas (2 meses)
Nivel Sigma bajo (2.71σ) y alto porcentaje de improductividad (13.36%)	Variabilidad de los de los tiempos improductivos en el proceso bajo el Nivel Sigma.	Implementar un tablero digital (Power BI) para monitoreo de los tiempos improductivos.	Analista BI / Supervisor de Producción	Software Power BI, sensores de tiempo	<i>Nivel Sigma estándar / Nivel Sigma proyectado</i>	Sigma ≥ 3.5 proyectado a 6 meses
Identificación de fallas repetitivas de causas raíz	Factores críticos en 5 M, a partir de Ishikawa	Desarrollar reuniones mensuales de análisis causa-raíz con herramientas 5M y 5 Porqués	Jefe de Producción./ Jefe de Mantenimiento	Formatos 5M, equipo de análisis	<i>Nº causas raíz corregidas</i>	Reducir 30% de fallas repetitivas (4 meses)
Alta frecuencia de paradas por mantenimiento correctivo	Falta de mantenimiento preventivo	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo mensual digitalizado	Jefe de Mantenimiento	Repuestos y herramientas.	<i>% cumplimiento plan preventivo</i>	100% cumplimiento mensual
Falta de estandarización de procedimientos	Alta variabilidad en la estandarización de procedimientos	Elaborar SOPs (Procedimientos Operativos Estandarizados)	Jefe de Producción	Manuales SOP's y capacitación.	<i>% de cumplimiento en estandarización de procedimientos</i>	Incrementar 20% en 3 meses
Falta de capacitación técnica	Dependencia de técnicos especializados	Instaurar un programa de capacitación de operarios en la operación	Jefe de Producción y Gerencia general	Instructores, materiales de formación.	<i>% personal capacitado</i>	100% en 4 meses

Fuente: Elaboración propia.

Con el desarrollo de la Matriz de Plan de Acción y seguimos, se establece un punto de “Mejora”, el cual permite llevar un monitoreo del proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S. con indicadores propuestos, asociados a los resultados hallados, lo que facilita una gestión focalizada de los problemas detectados.

- En primer lugar, se busca corregir la falta de identificación precisa de las causas mediante la implementación de la herramienta 5W, que permitirá documentar el 100% de las causas de improductividad en un periodo de dos meses.
- La fase de medición, se orienta a optimizar el rendimiento del proceso a través de la incorporación de un tablero digital en Power BI, con el fin de reducir la variabilidad y elevar el nivel Sigma a 3.5 en un plazo de seis meses, mejorando la capacidad operativa de la planta.
- La fase de análisis, se centra en la gestión técnica y operativa del proceso. A través de la aplicación del diagrama de Ishikawa y reuniones de análisis de causa raíz, se espera reducir en un 30% las fallas repetitivas.
- El diseño de un plan de mantenimiento preventivo digitalizado, garantizaría la continuidad del proceso productivo con un cumplimiento del 100% mensual.
- La elaboración de Procedimientos Operativos Estandarizados (SOPs) permitirá incrementar en un 20% la estandarización en tres meses.
- Los programas de capacitación técnica, buscan que el 100% del personal operativo esté debidamente formado en cuatro meses.

8.5. FASE “CONTROLAR”

En esta fase se establece un “Formato de Plan de Control”, basado en los resultados identificados en las fases previas, con el objetivo de asegurar la sostenibilidad del proceso y de

las mejoras propuestas. A través de este plan, se busca mantener monitoreados los niveles de desempeño, a partir de monitoreo a los indicadores que se evaluaron como críticos del proceso de inyección, garantizando un seguimiento continuo, el control de la variabilidad y una respuesta oportuna ante desviaciones. De esta manera, las mejoras no solo se consolidan, sino que se integran dentro de la cultura operativa de la organización.

Figura 11. *Formato de Plan de control*

FORMATO DE PLAN DE CONTROL				
Fecha:				
Objetivo:				
Proceso:				
No	Indicador a controlar	Parametro actual	Parametro anterior	Observación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
FASE DE MEDICIÓN				
Metodo de medición	Registro de especificación actual	Registro de especificación requerido	Lugar de medición	
FASE ACCIÓN			TOMA DE DECISIONES	
Etapas	Frecuencia y objetivo de la mejora	Responsable de hacer la	Daescriba la acción correctiva	
Aprobado por:				
Revisión:				

El plan de control propuesto, establece una estructura sistemática, buscando garantizar que las acciones de mejora sean sostenibles en el tiempo, permitiendo mantener la estabilidad del proceso y asegurando la calidad del proceso productivo.

8.5.1. Resultados previstos del plan de acción

El Plan de Acción tiene como propósito generar mejoras significativas en el proceso de inyección plástica de Jordao S.A.S., con los siguientes resultados esperados:

- Reducción del porcentaje de tiempos improductivos en el proceso.
- Aumento del tiempo efectivo de operación y mayor disponibilidad de las máquinas.
- Incremento de la productividad total de la planta.
- Mejora del flujo de trabajo y disminución de los cuellos de botella.
- Mejora en el cumplimiento de los planes de producción y los tiempos de entrega.
- Mayor visibilidad y control, mediante indicadores claros y un plan de gestión sostenible.
- Fomento de una cultura de mejora continua, basada en evidencia y análisis estadístico.

Se espera que, a partir de la implementación del Plan de Acción, el proceso alcance un Nivel Sigma superior al actual (1.5), reduciendo la frecuencia de defectos y aumentando la eficiencia general del proceso. Este avance permitirá que el proceso se acerque a estándares más robustos de desempeño, mejorando la calidad y la consistencia de la producción.

Se prevé que la implementación del plan, bajo la autorización de la Gerencia de la empresa, como un mecanismo de control de los tiempos improductivos, especialmente en las estaciones críticas identificadas, asociadas a paradas no planificadas, esperas y fallas de equipo.

El Plan de Control propone nuevas tomas de registros para identificar las causas de manera anticipada, evitando que se conviertan en pérdidas para la empresa. Adicionalmente, el seguimiento continuo de los indicadores propuestos y la realización de jornadas de capacitación sobre la solución implementada, garantizan medidas del Nivel Sigma con un mejor nivel, fortaleciendo la toma de decisiones de la empresa, así como a su gerencia operativa.

DISCUSIÓN

La realización del proyecto, comprendido por fases, en la primera fase “Definir”, se identificaron las principales causas de los tiempos improductivos en el proceso de producción. Este avance fue posible gracias al reconocimiento detallado del flujo del proceso de inyección plástica en Jordao S.A.S., al análisis estructurado mediante las preguntas 5W y al establecimiento de los factores críticos del proyecto, consignados en un Project Charter. Con el cual se contempla el problema, el alcance de la intervención y las acciones propuestas para mejorar la eficiencia operativa.

En la segunda fase “Medir”, se evidenciaron variaciones significativas mes a mes, reflejando cambios en la dinámica operativa del proceso. Esta información permitió identificar períodos con mayor estabilidad y otros con comportamientos más dispersos, fundamentales para orientar las intervenciones de mejora. Los resultados, complementados con pruebas ANOVA, permiten validar el comportamiento general del proceso de inyectado de plástico, siguiendo un enfoque basado en datos y evidencia, tal como lo sugieren Guimarey López, Hernández Monsalve y Vásquez Coronado (2021) en sus estudios sobre mejora de productividad mediante DMAIC.

Durante la fase “Analizar”, se trabajó bajo la hipótesis nula, que establecía que *“los tiempos improductivos se deben al incremento del desempeño general del proceso en meses y etapas específicas”*. Con un nivel de significancia de 0.05 y un p-value de 0.59, se acepta la hipótesis nula, indicando, que sí existen diferencias significativas entre los tiempos improductivos de los distintos meses analizados.

Además, se identificaron como críticas las estaciones de *estabilización de parámetros y embalaje del producto terminado*,

Por otra parte, el análisis del proceso de inyección, se evaluó según el Nivel Sigma, obteniendo como resultado un nivel de 1.5, evidenciando la necesidad de implementar mejoras sustanciales para optimizar la eficiencia del flujo de trabajo.

En relación con los objetivos específicos del proyecto, los resultados obtenidos validan la identificación de las causas de los tiempos improductivos mediante el reconocimiento de las medidas de desempeño y el análisis del flujo del proceso. De igual manera, el uso del diagrama de Ishikawa y del diagrama de Pareto permitió cuantificar y priorizar las causas raíz, coincidiendo con hallazgos de Aldás Salazar, Portalanza Molina y Casignia Vásconez (2018), la utilidad de estas herramientas, para identificar oportunidades de mejora en procesos productivos.

Por último, el diseño del Plan de Control, responde a los objetivos de aumentar la efectividad del proceso y mantener la sostenibilidad de las mejoras implementadas, que acompañados de la implementación de indicadores de seguimiento y mecanismos de monitoreo, contribuirían en la reducir los tiempos improductivos, se avanzaría hacia niveles superiores de desempeño Sigma, coincidiendo con los hallazgos de Guimarey López et al. (2021), sobre la importancia de cerrar un proyecto con plan de control sistemáticos para consolidar la mejora continua y garantizar la eficiencia en procesos industriales.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología Lean Six Sigma contribuyó en la disminución de los tiempos improductivos en la planta, al proporcionar un análisis de los datos en los que se identificaron, analizaron y midieron las causas de ineficiencias. Gracias a las herramientas estadísticas, diagramas de causa-efecto y planes de control permite optimizar el flujo de trabajo, se lograron identificar las variaciones del proceso y los factores tendenciales que requieren un tipo de mejora.
- Por medio de la utilización de las preguntas 5W, se logró identificar las etapas críticas con mayor tiempo improductivo, destacando la estabilización de parámetros y el embalaje del producto terminado. Este hallazgo permitió enfocar los esfuerzos de mejora en los puntos del proceso donde se concentran las mayores pérdidas, cumpliendo con el primer objetivo y estableciendo la base para las fases posteriores de medición y análisis.
- Mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa y del diagrama de Pareto, se logró cuantificar la incidencia de las diferentes causas sobre la productividad del proceso de inyección. Este análisis permitió identificar los factores que más afectan la eficiencia, como ajustes de temperatura y paradas no planificadas, evidenciando áreas con mayor oportunidad de mejora y cumpliendo el objetivo de analizar la causa raíz de los tiempos improductivos.
- Finalmente, se desarrolló un Plan de Acción orientado a reducir los tiempos improductivos y aumentar la eficiencia operativa, alineado a un Plan de Control, que garantiza la sostenibilidad de las mejoras implementadas, mediante la supervisión continua de indicadores críticos como tiempos improductivos, eficiencia de equipos y cumplimiento del mantenimiento preventivo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un control riguroso del cumplimiento del mantenimiento preventivo y correctivo, mediante la implementación de un calendario mensual con seguimiento de las actividades y trazabilidad en un sistema de control interno. Esto permitirá anticipar fallas, reducir tiempos improductivos y garantizar la disponibilidad óptima de las máquinas.
- Se sugiere implementar un programa de capacitación continua para el personal operativo, liderado por el área de producción y la gerencia general. Las sesiones deben combinar teoría y práctica, abarcando el manejo de maquinaria, seguridad industrial y mantenimiento básico, con el objetivo de fortalecer las competencias del equipo y reducir errores operativos que generen improductividad.
- Se recomienda establecer un sistema de seguimiento periódico de los indicadores de desempeño del proceso de inyección, ampliándolo a un tablero de control. Esto permitirá identificar desviaciones a tiempo, evaluar la eficacia de las acciones implementadas y consolidar una cultura de mejora continua, optimizando la eficiencia y la calidad del proceso a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldás Salazar, D. S., Portalanza Molina, N. de J., & Casignia Vásquez, B. A. (2018). Gestión de los tiempos de preparación en apartado con la metodología de cambio rápido de herramientas (DIMAC) en industrias de manufactura de calzado de cuero. *Ojeando la Agenda*, (53). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6501349>
- Ahmed, S., Khan, A., & Qureshi, M. (2018). Application of Six Sigma methodology in a manufacturing process. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(6), 1250–1267. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2017-0114>
- Chaurasia, R., & Singh, A. (2019). DMAIC approach for reducing downtime in industrial processes. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 456–472. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0075>
- Guimarey López, F. A., Hernández Monsalve, L. L., & Vásquez Coronado, M. H. (2021). Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC. *Revista Ingenio*, 18(1), 59-69. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8587568>
- Gupta, A., Mehta, S., & Rao, P. (2018). Operational efficiency improvement through Six Sigma: Evidence from industrial case studies. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 11(1), 23–37. <https://doi.org/10.12660/joscmv11n1p23-37>
- Hernández, J., & Silva, C. (2019). Minimizing downtime in manufacturing through Six Sigma: A practical framework. *Revista Espacios*, 40(23), 12–25. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n23/19402312.html>
- Informe de Registro Control Operativo Jordao, (2025). <https://jordao.com.co/nuestra-compania/>
- Jordao S.A.S. (s. f.). *Nuestra compañía*. Jordao. Recuperado el 30 de septiembre de 2025, de <https://jordao.com.co/nuestra-compania/>

- Khan, M., & Ibrahim, Z. (2020). Improving injection molding processes through Six Sigma methodology: A practical approach. *Polymer Engineering and Science*, 60(11), 2475–2485. <https://doi.org/10.1002/pen.25549>
- Kumar, R., & Jain, P. (2021). Continuous improvement and operational efficiency with Six Sigma DMAIC. *Operations Research Perspectives*, 8, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2021.100183>
- López, M., & Torres, J. (2017). Reducción de tiempos improductivos en procesos de manufactura mediante la metodología DMAIC. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(46), 45–56. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n46a05>
- Lopez, A., & Andrade, S. (2022). Six Sigma in small and medium-sized enterprises: Improving process performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(7–8), 823–842. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1829962>
- Martínez, L., & López, R. (2021). Applying Six Sigma to minimize defects and improve productivity in the food packaging industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 203–220. <https://doi.org/10.3926/jiem.3432>
- Patel, R., & Shah, N. (2020). Reducing downtime and improving equipment efficiency using Six Sigma tools: A case study in automotive components. *Procedia Manufacturing*, 51, 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.046>
- Pérez-López, E., & García-Cerdas, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 27(3), 88–106. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4896365>

- Reddy, V., & Kumar, H. (2022). Six Sigma application in the manufacturing industry: A case study in reducing rejection rate. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 35(2), 167–183. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2022.121045>
- Rodríguez, D., & Pérez, F. (2020). Applying Six Sigma to reduce manufacturing waste: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120718>
- Rodríguez Gordillo, N., Chaves Gómez, N., & Martínez Sánchez, P. (2014). Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(1), 63-72. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5002952>
- Santos, F., Oliveira, J., & Silva, P. (2019). Continuous improvement in industrial manufacturing through Six Sigma and DMAIC. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.05.002>
- Sharma, P., & Kaur, G. (2020). Enhancing productivity through Six Sigma: A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(4), 765–782. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2018-0339>
- Singh, R., & Verma, P. (2021). Enhancing productivity in plastic manufacturing using Six Sigma DMAIC. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112, 1903–1916. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06487-7>