



Universidad Politécnica de Aguascalientes

Maestría en Ciencias en Ingeniería

F-718/A Rev. C

**Reducción del tiempo de industrialización y
mejora de la estabilidad del proceso en
lanzamientos de nuevos componentes plásticos.**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO(A) EN CIENCIAS EN INGENIERÍA**

P R E S E N T A:

ING. LESLIE SARAHI SEGURA ARELLANO

DIRECTOR (A) DE TESIS:

DR. ROSA MARÍA RAMÍREZ PRADO UNIVERSIDAD POLITECNICA DE AGUASCALIENTES

CODIRECTOR (A) DE TESIS:

MTRA. SOFÍA GARCÍA PÉREZ UNIVERSIDAD POLITECNICA DE AGUASCALIENTES

AGUASCALIENTES, AGS. Septiembre/2026



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE AGUASCALIENTES



Aceptación del Documento de Tesis
Formato F-718/D Rev. B

Aguascalientes, Ags. a [09] de [09] de [2026]

Dra Evelin Merit Ventura Mena
Director de Posgrado e Investigación
P r e s e n t e

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial de la Tesis del alumno **LESLIE SARAHÍ SEGURA ARELLANO**, manifiestan que después de haber revisado su trabajo de tesis titulado "Reducción del tiempo de industrialización y mejora de la estabilidad del proceso en lanzamientos de nuevos componentes plásticos.", realizado bajo la dirección de Dra Rosa María Ramírez Prado y de Mtra Sofía García Pérez, el trabajo se ACEPTA para proceder a su impresión final y empastado.

ATENTAMENTE

Dra Rosa María Ramírez Prado

Director de Tesis

Mtra Sofía García Pérez

Codirector de Tesis

Mtra Blanca Irasema Mata Jiménez

Revisor de Tesis

Mtro Carlos Alberto Ramírez Trujillo

Revisor de Tesis

Dr Víctor Arturo Maldonado Ruelas
Coordinador de la Maestría en Ciencias en
Ingeniería

c.c.p. Alumno
c.c.p. Archivo

DEDICATORIA

A mi mamá

Por amarme, cuidarme y apoyarme incondicionalmente; por tu paciencia, tu ternura y por nunca soltar mi mano. Gracias por ponerme tantas veces antes que a ti misma y por demostrarme, cada día y de tantas maneras, lo inmenso que es tu amor.

Este logro también es tuyo. Espero que al verme llegar hasta aquí te sientas profundamente orgullosa de mí, así como yo me siento orgullosa y agradecida de tenerte como mamá.

Le doy gracias a Dios por haberme regalado una madre tan amorosa como tú.

A mi papá

Gracias por todo lo que me has dado a lo largo de mi vida, por tu esfuerzo, tu amor incondicional y por siempre dar lo mejor de ti por mí. Gracias por guiarme, quererme y nunca juzgarme; por tus risas, tu compañía y por estar presente en cada etapa de mi vida.

Gracias por seguir esforzándote cada día, por enseñarme con tu ejemplo y por hacerme sentir que siempre puedo contar contigo. Gran parte de quien soy y de lo que hoy he logrado también es gracias a ti. Gracias por ser, para mí, el mejor papá del mundo.

A mi hermana

Gracias por ser mi defensora número uno durante toda la vida, por estar siempre de mi lado y por nunca soltarme. Gracias por escucharme, aconsejarme y confiar en mí, especialmente en aquellos momentos en los que yo misma he dudado de lo que soy capaz de hacer.

Gracias por apoyar cada uno de mis sueños, por celebrar mis logros como si fueran tuyos y por recordarme quién soy cuando a mí se me olvida. Tenerte como hermana significa saber que siempre tendré una aliada, una cómplice y una persona que genuinamente desea verme cumplir todo aquello que sueño.

Eres la mejor hermana que la vida me pudo dar. Espero que siempre estés orgullosa de mí, porque una parte de la persona que soy y de la fuerza con la que he aprendido a enfrentar la vida también viene de haber crecido a tu lado.

A Kiba y Max

Por acompañarme en cada desvelo, por recibirme siempre moviendo la colita y por esperarme con la misma emoción cada vez que regresaba de la escuela. Gracias por ser mi consuelo en los días difíciles, mi compañía incondicional y por recordarme, con su amor tan puro y sincero, lo que significa la lealtad.

Gracias por estar a mi lado sin pedir nada a cambio y por hacer mis días un poquito más felices. Los amo más de lo que estas palabras pueden expresar.

A mi abue Rubén

De manera muy especial, este logro es para ti. Gracias por quererme y amarme tanto, por acompañarme durante tantos años, por verme crecer y, sobre todo, por hacerme creer que podía llegar tan lejos como me lo propusiera. Haber tenido la oportunidad de crecer a tu lado, aprender de ti y compartir contigo una parte tan importante de mi vida fue uno de los regalos más bonitos que la vida pudo darme.

Te dedico cada hora de esfuerzo, cada desvelo, cada momento de estrés y también cada sonrisa que acompañó este camino. Me habría encantado poder compartir este momento contigo, contarte que lo logré y celebrar a tu lado todo lo que hubo detrás de estas páginas. Aunque ya no estés aquí para hacerlo, sigues presente en mi vida, en mi corazón y en la persona que intento ser cada día.

Te amo y te extraño todos los días. Espero que, dondequiera que estés, puedas verme y sentirte orgullosa de mí. Por ti, por todo el amor que me diste y por la fortuna que tuve de crecer a tu lado, seguiré esforzándome cada día por ser mejor, cumplir mis sueños y llegar tan lejos como alguna vez tú me hiciste creer que podía llegar.

Con todo mi amor, este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme hasta este momento de mi vida, por cuidarme, perdonarme y amarme siempre. Gracias por no soltarme, por darme fortaleza cuando la he necesitado y por demostrarme, en cada paso, tu amor y tu misericordia. Gracias por las oportunidades, las personas y los aprendizajes que has puesto en mi camino, y por permitirme llegar hasta aquí y cumplir una meta más.

A mi familia, por ser siempre uno de mis mayores apoyos, por acompañarme en cada etapa y por hacerme sentir que nunca estaba sola. Gracias por celebrar mis logros, por confiar en mí y, sobre todo, por la felicidad que siempre me ha dado saber que se sienten orgullosos de la persona en la que me he convertido. Su cariño y compañía han sido una parte invaluable de cada meta que he alcanzado.

A mis amigos y a todas aquellas personas que encontré en el camino, gracias por las risas, las conversaciones, los consejos y todos aquellos momentos que hicieron mucho más ligero este proceso. Gracias por acompañarme entre entregas, preocupaciones, cansancio y también logros; por recordarme que, aun en medio de las responsabilidades, siempre había espacio para disfrutar el camino.

A la Universidad Politécnica de Aguascalientes, a mis doctores y maestros, por el conocimiento, la orientación y el apoyo brindados durante mi formación. Gracias por guiarme con paciencia, respeto y vocación, y por enseñarme mucho más de lo que puede encontrarse en un libro. Me llevo no solo sus enseñanzas, sino también su pasión por aprender, investigar y seguir creciendo profesionalmente.

A quien caminé a mi lado, gracias por ser compañía, refugio y alegría durante este camino. Por cada risa, cada momento compartido y por estar presente en una etapa que guardaré siempre con cariño. Gracias por coincidir conmigo y por haber hecho este capítulo de mi vida aún más especial.

A Naruto Uzumaki, por acompañarme desde pequeña y enseñarme que los sueños se alcanzan con perseverancia, valentía y corazón. Por inspirarme a creer en mí, incluso en los momentos más difíciles, y a entender que cada obstáculo también es una oportunidad para crecer. Sobre todo, por recordarme que debo ser fiel a quien soy y, pase lo que pase, ***seguir siempre mi propio camino ninja***.

Finalmente, gracias a cada persona que formó parte de este camino. Esta tesis representa aprendizaje, esfuerzo, y crecimiento, pero entre sus páginas también lleva un poco de todas las personas que estuvieron presentes mientras perseguía esta meta. Cada palabra de ánimo, enseñanza, consejo, risa y muestra de cariño hizo más significativo el camino.

Gracias por acompañarme hasta aquí y por formar parte, de alguna manera, de este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
NOTACIÓN	X
RESUMEN DEL TRABAJO DE TESIS	XII
CAPÍTULO I CONTEXTO GENERAL	1
I.1 INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.1 Definición de términos clave	2
I.2 ESTADO DEL ARTE	6
I.2.1 Análisis del estado del arte.....	15
I.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
I.4 HIPÓTESIS.....	19
I.5 OBJETIVOS	19
I.5.1 Objetivo General	19
I.5.2 Objetivos Particulares	19
I.6 VARIABLES E INDICADORES DEL ESTUDIO	20
I.6.1 Variables de resultado (dependientes).....	20
I.6.2 Tiempo de industrialización (T0→SOP)	20
I.6.3 Indicadores asociados:	20
I.6.4 Estabilidad del proceso.....	21
I.6.5 Indicadores asociados	21
I.6.6 Variables de intervención (independientes).....	21
I.6.7 Seguimiento operativo mediante indicadores de tiempo y estabilidad	22
I.7 JUSTIFICACIÓN.....	22
I.8 ALCANCES Y LIMITACIONES	23
I.8.1 Alcances.....	23
I.8.2 Limitaciones.....	24
I.9 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN DE CASOS.....	25
I.9.1 Criterios de inclusión	25
I.9.2 Criterios de exclusión	25
Consideración metodológica	26
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	27
II.1 LANZAMIENTO DE NUEVOS PRODUCTOS E INDUSTRIALIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ .	27
II.2 COMPONENTES PLÁSTICOS AUTOMOTRICES Y PROCESOS DE MOLDEO Y ACABADO	27
II.3 ESTABILIDAD DEL PROCESO E INDICADORES DE DESEMPEÑO OPERATIVO DURANTE LA INDUSTRIALIZACIÓN	28
II.4 LEAN Y DMAIC EN LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN	30
II.5 DFMA Y GESTIÓN OPERATIVA DEL ARRANQUE EN LA INDUSTRIALIZACIÓN.....	32
II.6 MODELO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	33

II.6.1	Variables de resultado (dependientes)	33
II.6.2	Factores de intervención (independientes)	33
II.6.3	Marco metodológico de soporte	33
II.7	SÍNTESIS INTEGRADORA Y JUSTIFICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	34
II.8	RELACIÓN TEÓRICA ENTRE VARIABLES Y DIMENSIONES DEL ESTUDIO.....	35
II.9	CIERRE DEL CAPÍTULO	36
CAPÍTULO III	METODOLOGÍA.....	38
III.1	ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
III.1.1	Enfoque metodológico de la investigación	38
III.1.2	Tipo de estudio.....	39
III.1.3	Diseño de investigación	39
III.2	MODELO CONCEPTUAL Y LÓGICA DE INTERVENCIÓN.....	40
III.2.1	Variables de resultado (dependientes)	40
III.2.2	Factores de intervención (independientes)	40
III.2.3	Lógica de intervención metodológica.....	40
III.2.4	Operacionalización de variables e indicadores	42
III.3	ALCANCE, CONTEXTO Y UNIDAD DE ANÁLISIS	43
III.3.1	Unidad de análisis.....	43
III.3.2	Criterios de selección de casos	43
III.4	DISEÑO METODOLÓGICO Y ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN	44
III.5	MATRIZ DE ALINEACIÓN METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN	45
III.6	DESARROLLO DEL CICLO DMAIC APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LANZAMIENTOS	46
III.6.1	Fase Definir (D)	47
III.6.2	Fase Medir (M)	48
III.6.3	Fase Analizar (A).....	49
III.6.4	Fase Mejorar (I).....	50
III.6.5	Fase Controlar (C)	52
III.7	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....	53
III.8	MODELO INTEGRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN PROPUESTO.....	54
III.9	CONSIDERACIONES DE CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN	55
III.10	MATRIZ DE RIESGOS DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	56
III.11	FUENTES DE INFORMACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	57
III.11.1	Fuentes de información.....	57
III.11.2	Instrumentos de recolección de datos	57
III.11.3	Criterios de uso de la información	58
III.11.4	Definiciones operacionales de variables e indicadores.....	58
III.12	CONSIDERACIONES DE RIGOR METODOLÓGICO	59
III.13	LIMITACIONES Y SUPUESTOS DEL ESTUDIO (FORMULACIÓN METODOLÓGICA).....	60
III.13.1	Supuestos metodológicos del estudio	61
III.13.2	Limitaciones metodológicas del estudio	61
III.13.3	Criterios de interpretación de mejora	62
III.13.4	Consideraciones éticas y de confidencialidad	62
III.14	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	63
III.14.1	Análisis descriptivo del desempeño de industrialización	63
III.14.2	Comparación antes–después de la intervención	64
III.14.3	Criterios de interpretación de mejora	64
III.15	CIERRE DEL CAPÍTULO	64
CAPÍTULO IV	RESULTADOS	66
IV.1	PRESENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESULTADOS	66
IV.1.1	Criterios para la interpretación de resultados	66

IV.1.2	Caracterización de los casos analizados	67
IV.1.3	Tiempo de industrialización T0→SOP en los casos base	67
IV.1.4	Reprogramaciones, ajustes e iteraciones en la condición base	68
IV.1.5	Resultados individuales de los cinco casos analizados	69
IV.2	INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	70
IV.3	RESULTADOS GLOBALES DE DESEMPEÑO ANTES VS. DESPUÉS.....	71
IV.4	ANÁLISIS DE LA DURACIÓN PROMEDIO POR ETAPA.....	72
IV.5	GRADO DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	74
CAPÍTULO V	CONCLUSIONES	76
V.1	APORTE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	77
V.2	RECOMENDACIONES PARA FUTURAS APLICACIONES DEL MODELO	77
V.3	TRABAJO FUTURO	78
APÉNDICE.....	.....	85
V.4	APÉNDICE A.1	85
V.5	APÉNDICE A.2 HOJA DE CONTINUACIÓN DE PRUEBA DE PRODUCCIÓN	87
PUBLICACIONES REALIZADAS .....	.....	88
RESUMEN .....	.....	88
ABSTRACT .....	.....	89
1. INTRODUCCIÓN.....	.....	89
2. METODOLOGÍA .....	.....	91
DISEÑO DEL ESTUDIO Y UNIDAD DE ANÁLISIS.....	.....	91
MODELO DE INTERVENCIÓN .....	.....	91
VARIABLES E INDICADORES.....	.....	92
FUENTES, TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	.....	92
3. RESULTADOS.....	.....	93
DESEMPEÑO INDIVIDUAL DE LOS PROYECTOS .....	.....	93
COMPARACIÓN GLOBAL ANTES-DESPUÉS .....	.....	94
DURACIÓN POR ETAPA .....	.....	95
GRADO DE IMPLEMENTACIÓN .....	.....	96
4. DISCUSIÓN .....	.....	97
5. CONCLUSIONES.....	.....	99
REFERENCIAS .....	.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. SECUENCIA DEL PROBLEMA Y NECESIDAD DE UN MODELO INTEGRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN EN LANZAMIENTOS DE COMPONENTES PLÁSTICOS.....	2
ILUSTRACIÓN 2. PRINCIPALES DEFICIENCIAS IDENTIFICADAS EN EL PROCESO DE LANZAMIENTO DE COMPONENTES PLÁSTICOS.....	18
ILUSTRACIÓN 3. COMPONENTES DEL MODELO INTEGRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN Y RESULTADOS ESPERADOS EN EL PROCESO DE LANZAMIENTO.....	19
ILUSTRACIÓN 4. INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EVALUAR EL TIEMPO Y LA EJECUCIÓN DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.	21
ILUSTRACIÓN 5. SECUENCIA DE ETAPAS DEL PROCESO DE LANZAMIENTO E INDUSTRIALIZACIÓN, DESDE EL KICK-OFF HASTA SOP.....	29
ILUSTRACIÓN 6. APLICACIÓN DEL CICLO DMAIC MEDIANTE EL MAPEO DE FLUJO DE VALOR Y EL ANÁLISIS GEMBA.	31
ILUSTRACIÓN 7. MARCO METODOLÓGICO INTEGRADO LEAN SIX SIGMA BASADO EN DMAIC PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.	32
ILUSTRACIÓN 8. MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN PROPUESTO PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ Y LA MEJORA DE LA ESTABILIDAD DEL PROCESO.....	34
ILUSTRACIÓN 9. RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES DE INTERVENCIÓN, LA MEJORA EN LA EJECUCIÓN DEL ARRANQUE Y LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	36
ILUSTRACIÓN 10. TRAZABILIDAD METODOLÓGICA ENTRE EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, LOS OBJETIVOS, LA HIPÓTESIS Y LA APLICACIÓN DEL CICLO DMAIC.	41
ILUSTRACIÓN 11. ETAPAS DEL CICLO DMAIC DENTRO DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA.....	47
ILUSTRACIÓN 12. APLICACIÓN SECUENCIAL DEL CICLO DMAIC Y RESULTADOS ESPERADOS EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.	53
ILUSTRACIÓN 13. MODELO CONCEPTUAL DE INTERVENCIÓN PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE NUEVOS COMPONENTES PLÁSTICOS.	55
ILUSTRACIÓN 14. OBJETIVOS DE MEJORA DEL MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN PARA EL PROCESO DE LANZAMIENTO.....	64
ILUSTRACIÓN 15. RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS EN EL TIEMPO $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ Y LA ESTABILIDAD DEL PROCESO.....	66
ILUSTRACIÓN 16. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE EJECUCIÓN Y ESTABILIDAD OPERATIVA DE LOS PROYECTOS DEL GRUPO BASE.	68
ILUSTRACIÓN 17. COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO PROMEDIO ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON EL MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN PROPUESTO.....	71
ILUSTRACIÓN 18. COMPARACIÓN DE LA DURACIÓN PROMEDIO POR ETAPA DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON EL MODELO PROPUESTO.....	73

ILUSTRACIÓN 19. COMPARACIÓN DEL NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON MEJORA.....	74
ILUSTRACIÓN 20. SÍNTESIS DEL MODELO INTEGRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN Y PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS.	76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTADO DEL ARTE.....	7
TABLA 2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO Y SUS INDICADORES DE MEDICIÓN.	42
TABLA 3. MATRIZ DE CONGRUENCIA ENTRE EL PROBLEMA, LOS OBJETIVOS, LAS VARIABLES Y LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
TABLA 4. INDICADORES, CRITERIOS DE CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.	54
TABLA 5. MATRIZ DE RIESGOS, IMPACTOS Y ACCIONES DE CONTROL EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN.	56
TABLA 6. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN PARA EVALUAR LOS CAMBIOS EN LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO.....	62
TABLA 7. CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO.....	67
TABLA 8. FECHAS DE T0, SOP Y LEAD TIME DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DEL GRUPO BASE.	67
TABLA 9. INDICADORES DE EJECUCIÓN Y ESTABILIDAD OPERATIVA DE LOS PROYECTOS DEL GRUPO BASE.	68
TABLA 10. RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO POR PROYECTO EN LOS GRUPOS BASE Y MEJORA.	69
TABLA 11. COMPARACIÓN DE LOS PRINCIPALES INDICADORES DE DESEMPEÑO ENTRE LOS PROYECTOS BASE Y LOS PROYECTOS CON EL MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN PROPUESTO.....	70
TABLA 12. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON MEJORA.	71
TABLA 13. COMPARACIÓN DEL TIEMPO PROMEDIO POR ETAPA DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON MEJORA.	72
TABLA 14. COMPARACIÓN DEL NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE INDUSTRIALIZACIÓN ENTRE EL GRUPO BASE Y EL GRUPO CON MEJORA.....	74

NOTACIÓN

En la presente investigación se utilizan diversas siglas, símbolos y abreviaturas relacionadas con el proceso de industrialización, el lanzamiento de nuevos productos, la estabilidad del proceso y el análisis de indicadores operativos. A continuación, se presenta la notación empleada en el desarrollo del trabajo.

APQP: Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (*Advanced Product Quality Planning*).

Cpk: Índice de capacidad del proceso respecto a sus límites de especificación.

CV: Coeficiente de variación.

DFMA: Diseño para Manufactura y Ensamble (*Design for Manufacturing and Assembly*).

DMAIC: Metodología de mejora basada en las fases Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

FPY: Rendimiento a la primera pasada (*First Pass Yield*).

h: Horas.

ILC: Control de Aprendizaje Iterativo (*Iterative Learning Control*).

LSL: Límite inferior de especificación (*Lower Specification Limit*).

NPI: Introducción de Nuevos Productos (*New Product Introduction*).

OEE: Eficiencia Global del Equipo (*Overall Equipment Effectiveness*).

PPAP: Proceso de Aprobación de Partes para Producción (*Production Part Approval Process*).

PPM: Partes por millón.

pre-SOP: Etapa previa al inicio formal de producción en serie.

SOP: Inicio de Producción en Serie (*Start of Production*).

SPC: Control Estadístico del Proceso (*Statistical Process Control*).

T0: Primera corrida significativa de industrialización utilizada como punto inicial para medir el tiempo de industrialización.

T1: Corrida posterior a T0 utilizada para continuar la validación, ajuste y seguimiento del proceso.

T2: Corrida intermedia utilizada para evaluar avances en estabilidad, repetibilidad y cercanía a condiciones de producción.

T3: Corrida avanzada previa a pre-SOP, donde se espera una mayor consolidación de parámetros y comportamiento operativo.

T0→SOP: Tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio formal de producción en serie.

T0–T3: Secuencia de corridas de arranque utilizadas para validar, ajustar y estabilizar el proceso antes de la producción en serie.

USL: Límite superior de especificación (*Upper Specification Limit*).

VSM: Mapeo de Flujo de Valor (*Value Stream Mapping*).

%: Porcentaje.

Δ: Diferencia o variación entre dos condiciones comparadas.

$\bar{x}$: Promedio o media aritmética.

σ : Desviación estándar.

n: Número de casos, corridas o elementos analizados.

RESUMEN DEL TRABAJO DE TESIS

La presente investigación aborda la problemática relacionada con los tiempos prolongados de industrialización y la inestabilidad del proceso durante el lanzamiento de nuevos componentes plásticos automotrices. El estudio se enfoca en la etapa comprendida entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio formal de producción en serie, considerando como variables principales el tiempo de industrialización $T0 \rightarrow SOP$ y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque.

Para atender esta problemática, se propone un modelo de industrialización basado en la estandarización temprana de parámetros operativos críticos, la estructuración de corridas $T0-T3$, la definición de criterios de avance, el registro sistemático de ajustes y el seguimiento mediante indicadores operativos. La metodología se desarrolla bajo el enfoque DMAIC, lo que permite definir el problema, medir la condición inicial, analizar causas, implementar acciones de mejora y establecer mecanismos de control para sostener los resultados.

La evaluación se realiza mediante una comparación antes–después entre proyectos base y proyectos con aplicación del modelo propuesto. Para ello, se consideran indicadores como lead time $T0 \rightarrow SOP$, número de reprogramaciones, ajustes por corrida, tiempo acumulado de ajuste, porcentaje de corridas dentro de ventana operativa y cumplimiento de hitos.

Los resultados mostraron una reducción del tiempo promedio de industrialización $T0 \rightarrow SOP$ de 255 a 188 días, equivalente a 26.3 %, superando la meta mínima de reducción del 20 % establecida en la hipótesis. Asimismo, se observaron reducciones en reprogramaciones, ajustes por corrida, tiempo acumulado de ajuste e iteraciones, acompañadas de un incremento en las corridas dentro de ventana operativa y en el cumplimiento de hitos. La mayor reducción por etapa se presentó en pre-SOP $\rightarrow$ SOP, con 34.0 %. En conjunto, estos resultados respaldan la utilidad del modelo propuesto para ordenar la etapa de lanzamiento, mejorar la trazabilidad de las corridas y fortalecer la estabilidad operativa del proceso. En conclusión, la propuesta representa una herramienta aplicable y replicable para mejorar la gestión de lanzamientos de componentes plásticos en entornos automotrices.

Palabras clave: industrialización, lanzamiento de nuevos productos, componentes plásticos, DMAIC, estabilidad del proceso, $T0 \rightarrow SOP$.

Capítulo I CONTEXTO GENERAL

I.1 Introducción

La creciente presión competitiva en la industria manufacturera, particularmente en el sector automotriz, ha reducido de manera significativa la tolerancia a retrasos en el lanzamiento de nuevos productos. Las empresas se ven obligadas a desarrollar e industrializar componentes cada vez más complejos en plazos más cortos, manteniendo simultáneamente restricciones estrictas de costo, cumplimiento del programa y disponibilidad de recursos. En este contexto, la etapa de lanzamiento se vuelve crítica, ya que de su desempeño depende la rapidez con la que un diseño pasa de la fase de desarrollo a una producción estable y operativamente consistente.

Dentro de este entorno, los componentes plásticos —como cubiertas, molduras, racks y piezas de acabado interior y exterior— ocupan un papel central. Su fabricación, basada principalmente en procesos de moldeo por inyección y, en muchos casos, complementada con operaciones de pintura o recubrimiento y ensamble, enfrenta retos técnicos y organizacionales significativos. El diseño del molde y de la pieza, la selección del material, la definición y ajuste de parámetros de proceso, la interacción con procesos subsecuentes y la coordinación entre áreas (ingeniería, producción, compras, proveedores y metrología) influyen de manera directa en el desempeño del lanzamiento. Cuando estos elementos no se gestionan de forma estructurada, la consecuencia típica son tiempos prolongados de ajuste, múltiples iteraciones de prueba y demoras para lograr una operación estable.

A lo largo del tiempo se ha observado de manera reiterada que los nuevos proyectos se introducen con una organización insuficiente en la etapa previa. Es común que se inicien corridas normales de producción sin haber realizado pruebas previas de inyección ni corridas piloto estructuradas, lo que provoca ajustes de último momento y una utilización reactiva de los recursos. Esta forma de trabajo, basada más en la urgencia y en la atención de problemas inmediatos que en una planeación robusta, prolonga el tiempo de industrialización y dificulta estabilizar el proceso en las primeras corridas.

Para enfrentar esta complejidad, muchas organizaciones han adoptado marcos estructurados de lanzamiento y validación de producto/proceso; sin embargo, aun con dichos marcos, persisten tiempos de industrialización $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ mayores a los previstos y procesos que requieren varias corridas para alcanzar condiciones operativas estables. Esto evidencia que la principal oportunidad de mejora no depende únicamente de contar con referencias metodológicas, sino de cómo se estructura y ejecuta la etapa de industrialización en planta, particularmente en la definición temprana de parámetros operativos, la secuencia de corridas y la gestión de ajustes durante el arranque.

En este escenario, se vuelve necesario diseñar e implementar un enfoque integrado que permita optimizar la etapa de lanzamiento de nuevos productos, específicamente en componentes plásticos, mediante la estandarización temprana de parámetros críticos, la estructuración de corridas de arranque y el seguimiento operativo del proceso. La presente investigación se enmarca precisamente en esta necesidad y se orienta a la **“Optimización en la etapa de lanzamiento de nuevos productos: reducción del tiempo de industrialización y mejora de la estabilidad del proceso en lanzamientos de nuevos componentes plásticos”**, mediante el análisis de la situación actual de una organización automotriz, la identificación de las causas que prolongan los tiempos de lanzamiento y generan inestabilidad, y la propuesta de un modelo de industrialización que sea operativo, medible y replicable para futuros proyectos.



Ilustración 1. Secuencia del problema y necesidad de un modelo integrado de industrialización en lanzamientos de componentes plásticos.

I.1.1 Definición de términos clave

Con el fin de asegurar claridad conceptual y consistencia en el desarrollo de la investigación, se establecen las siguientes definiciones operativas, utilizadas a lo largo del presente trabajo. Estas definiciones corresponden al contexto del estudio y a la nomenclatura de industrialización empleada en el entorno analizado, por lo que su interpretación se realiza en función del proceso de lanzamiento de componentes plásticos automotrices. Asimismo, permiten delimitar los conceptos relacionados con las corridas de arranque, la estandarización de parámetros operativos, la medición del tiempo de industrialización T0→SOP y la evaluación de la estabilidad del proceso, elementos centrales para el desarrollo metodológico y el análisis de resultados de esta investigación.

Ajuste de proceso: modificación realizada a parámetros operativos para corregir desviaciones o estabilizar el proceso durante una corrida.

APQP: planeación avanzada de la calidad del producto, utilizada para estructurar etapas, entregables y actividades previas al lanzamiento.

Arranque: etapa inicial del proceso productivo en la que se realizan corridas, ajustes y validaciones antes de alcanzar una operación estable.

Bitácora de ajustes: registro donde se documentan cambios de parámetros, resultados observados y decisiones técnicas por corrida.

Capacidad del proceso: aptitud del proceso para operar dentro de condiciones requeridas, con variación controlada y resultados repetibles.

Componente plástico automotriz: pieza plástica utilizada en vehículos, fabricada principalmente por inyección y, en algunos casos, pintura o ensamble.

Condición base: casos históricos utilizados como referencia para evaluar el desempeño previo al modelo propuesto.

Condición de mejora: casos evaluados después de aplicar el modelo de industrialización, con el fin de compararlos contra la condición base.

Coordinación entre áreas: interacción entre ingeniería, producción, calidad, metrología, logística, mantenimiento y proveedores durante el arranque.

Corrida de arranque: ejecución planificada del proceso para ajustar, validar y preparar la transición hacia producción regular.

Corridas T0–T3: secuencia de pruebas utilizadas para validar, ajustar y estabilizar el proceso antes de la producción en serie.

Criterios de avance: condiciones técnicas y operativas que permiten decidir si un proyecto puede pasar a la siguiente etapa.

Cuello de botella: actividad, recurso o condición que limita el flujo de industrialización y retrasa la transición hacia SOP.

Diseño cuasi-experimental antes–después: diseño que compara el desempeño previo y posterior a una intervención en un entorno real de operación.

DFMA: enfoque que considera la manufacturabilidad y ensamblabilidad desde el diseño para reducir complejidad y ajustes.

DMAIC: metodología de mejora basada en las fases definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Duración por etapa: tiempo consumido en cada tramo del flujo de industrialización, como T0→T2, T2→T3 o pre-SOP→SOP.

Estandarización temprana: definición previa de parámetros, criterios y condiciones de referencia antes de iniciar las corridas principales.

Estabilidad del proceso: capacidad del proceso para operar de forma consistente, con menor variación y menos ajustes reactivos.

Estrategia de evaluación: procedimiento utilizado para comparar la condición base y la condición de mejora mediante indicadores de tiempo y estabilidad.

Factor de intervención: elemento del modelo propuesto que influye en los resultados, como parámetros, corridas o tablero de seguimiento.

Flujo de industrialización: secuencia de actividades, corridas, ajustes y validaciones que ocurren desde T0 hasta SOP.

Gestión operativa del arranque: acciones utilizadas para ordenar, dar seguimiento y coordinar el arranque mediante criterios, registros e indicadores.

Gestión visual: uso de tableros, formatos o estatus visibles para facilitar el seguimiento, la coordinación y la toma de decisiones.

Hito de industrialización: punto relevante del arranque que marca una transición o logro, como T0, T2, T3, pre-SOP o SOP.

Indicador: medida cuantitativa o cualitativa utilizada para evaluar el comportamiento del proceso o del lanzamiento.

Industrialización: etapa en la que producto y proceso se preparan para pasar de la validación a la producción en serie.

Ingeniería de lanzamientos: función encargada de coordinar y dar seguimiento técnico-operativo a nuevos proyectos hasta su estabilización.

Iteración de corrida: repetición parcial o total de una corrida por ajustes, reprogramaciones o necesidad de reevaluar el proceso.

Equipo de launch: grupo responsable de coordinar actividades de arranque e industrialización de nuevos proyectos.

Lead time T0→SOP: tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio de producción en serie.

Lean: filosofía de mejora orientada a eliminar desperdicios, reducir esperas y mejorar el flujo del proceso.

Manufacturabilidad: grado en que el diseño facilita la fabricación bajo condiciones estables, repetibles y eficientes.

Metodología aplicada: enfoque de investigación orientado a resolver un problema real mediante una intervención estructurada y evaluable.

Modelo conceptual: estructura que relaciona factores de intervención con variables de resultado como tiempo T0→SOP y estabilidad.

Moldeo por inyección: proceso en el que material plástico fundido se inyecta en un molde para formar una pieza.

NPI: proceso de introducción de nuevos productos, integrando planeación, validación, industrialización y arranque.

Parámetros operativos: variables de control del proceso, como temperatura, presión, velocidad, tiempo o secuencia de operación.

Parámetros operativos críticos: variables cuya configuración influye significativamente en el comportamiento del proceso durante el arranque.

PPAP: proceso de aprobación de partes para producción, utilizado para validar producto y proceso antes del arranque formal.

pre-SOP: etapa previa al inicio de producción en serie, donde se consolidan condiciones operativas estables.

Proceso estable: proceso con comportamiento consistente y predecible, con menor variación no planeada y menos ajustes frecuentes.

Producción en serie: operación regular del proceso bajo condiciones liberadas conforme al programa de lanzamiento.

Proyecto de lanzamiento: caso específico de introducción de un nuevo componente, considerado unidad de análisis en la investigación.

Puesta a punto: actividades de ajuste y validación inicial necesarias para alcanzar condiciones operativas adecuadas antes de producción.

Referencia histórica: desempeño previo de la organización utilizado para comparar el efecto del modelo propuesto.

Registro sistemático de ajustes: documentación ordenada de cambios realizados durante corridas, incluyendo parámetros, resultados y decisiones.

Repetibilidad: grado en que el proceso mantiene condiciones y resultados consistentes entre corridas consecutivas.

Reprogramación: cambio en la fecha, secuencia o ejecución prevista de una corrida o actividad de industrialización.

Seguimiento operativo: monitoreo del desempeño del arranque mediante indicadores, registros y revisión del avance por etapa.

Secuencia de corridas: orden planificado de ejecución de T0, T1, T2, T3, pre-SOP y transición hacia SOP.

Six Sigma: enfoque de mejora basado en datos y análisis de variabilidad, utilizado en esta investigación como soporte de DMAIC.

SOP: inicio formal de la producción en serie y punto final del intervalo de industrialización medido.

Tablero de seguimiento: herramienta visual y analítica que integra indicadores de tiempo, ajustes, iteraciones y estabilidad.

Tiempo acumulado de ajuste: suma del tiempo invertido en modificaciones y correcciones del proceso durante las corridas de arranque.

Tiempo de industrialización T0→SOP: periodo entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio formal de producción en serie.

T0: primera corrida significativa de industrialización utilizada como referencia inicial para medir el tiempo T0→SOP.

T1: corrida posterior a T0 utilizada para continuar la validación y ajuste del proceso.

T2: corrida intermedia utilizada para evaluar avances en estabilidad, repetibilidad y cercanía a producción.

T3: corrida avanzada previa a pre-SOP, donde se espera mayor consolidación de parámetros y comportamiento operativo.

Trazabilidad: capacidad de reconstruir corridas, ajustes, decisiones técnicas y resultados durante la industrialización.

Unidad de análisis: cada lanzamiento de nuevo componente plástico considerado como caso de estudio.

Validación operativa: verificación de que el proceso puede ejecutarse bajo condiciones controladas y repetibles antes de producción.

Variable de intervención: elemento del modelo que se implementa o modifica para mejorar el desempeño del lanzamiento.

Variable de resultado: magnitud utilizada para evaluar el efecto de la intervención, como tiempo de industrialización o estabilidad.

Variabilidad de parámetros operativos: cambios observados en los valores de parámetros entre corridas, usados para medir consistencia del proceso.

Ventana operativa: rango de referencia dentro del cual los parámetros pueden operar de manera aceptable durante el arranque.

I.2 Estado del arte

La industrialización de nuevos componentes plásticos requiere coordinar actividades técnicas y organizacionales para alcanzar una producción estable en el menor tiempo posible. Durante las etapas iniciales de lanzamiento, los procesos de moldeo por inyección suelen presentar variaciones relacionadas con la definición de parámetros, el comportamiento del material, el desempeño del molde, la capacidad de la máquina y la coordinación entre las áreas involucradas.

Las investigaciones relacionadas con este tema pueden agruparse en tres líneas principales: gestión del lanzamiento y ramp-up, optimización de parámetros de inyección y aplicación de técnicas de

análisis de datos para el monitoreo y control del proceso. En la Tabla 1 se presentan los principales estudios identificados y su relación con la presente investigación.

Tabla 1. Estado del Arte

Año	Autores	Título corto	Objetivo principal	Metodología	Resultados clave	Relación con la presente tesis
2010	L. Surbier, G. Alpan y E. Blanco	<i>Interface modeling and analysis during production ramp-up</i>	Analizar la cooperación, las interfaces y el intercambio de información entre los participantes durante el lanzamiento y el incremento de producción.	Desarrollo de un modelo de interfaces y dos herramientas de diagnóstico, aplicadas mediante un estudio de caso industrial.	Las herramientas permitieron representar los flujos de información, identificar debilidades en la coordinación y establecer oportunidades de mejora durante el lanzamiento.	Sustenta la necesidad de coordinación interfuncional, seguimiento de pendientes y comunicación estructurada durante las corridas T0–T3.
2014	S. Elstner y D. Krause	<i>Consideration of ramp-up risks</i>	Desarrollar una metodología para identificar riesgos del ramp-up desde las etapas iniciales del desarrollo de productos complejos.	Revisión conceptual, identificación de factores de riesgo, evaluación de su impacto y aplicación en un caso de la industria aeronáutica.	Se estableció un procedimiento para identificar, evaluar y visualizar riesgos de ramp-up antes del inicio de la producción.	Respalda la identificación temprana de riesgos, parámetros y problemas antes de las primeras corridas de inyección.

2020	K.-C. Ke y M.-S. Huang	<i>Quality prediction using an MLP neural network</i>	Predecir las dimensiones de piezas inyectadas utilizando información real del comportamiento del material dentro del molde.	Sensores de presión en cavidad, extracción de índices de las curvas de presión y construcción de una red neuronal tipo perceptrón multicapa.	Los índices de presión en cavidad permitieron predecir las dimensiones de las piezas con niveles de exactitud superiores al 92%.	Demuestra que las señales reales del proceso pueden utilizarse para anticipar variaciones dimensionales y evaluar la estabilidad durante las corridas.
2022	R. D. Párizs, D. Török, T. Ageyeva y J. G. Kovács	<i>Machine learning in injection molding</i>	Comparar algoritmos de aprendizaje automático para clasificar la calidad de piezas producidas en un molde multicavidad.	Obtención de índices de curvas de presión en cavidad y comparación de kNN, naïve Bayes, análisis discriminante lineal y árboles de decisión.	Los clasificadores permitieron predecir la calidad con conjuntos pequeños de entrenamiento. El árbol de decisión presentó un desempeño promedio superior al 90%.	Es relevante para corridas iniciales, donde existen pocos datos y se necesita detectar rápidamente condiciones estables o inestables.
2022	T. Chaciński, P. Jaskólski y M.	<i>Process stability based on product weight</i>	Evaluar la estabilidad y capacidad de procesos de inyección mediante el	Medición del peso de piezas fabricadas durante un turno para tres	Los índices permitieron diferenciar procesos incapaces, procesos capaces y	Aporta una base directa para medir la estabilidad mediante peso, dispersión,

	Paľubicki		peso de las piezas.	productos, análisis estadístico y cálculo de Cp y Cpk.	procesos con poca dispersión, pero incorrectamente centrados.	centrado y capacidad del proceso durante el lanzamiento.
2022	H. Chang, Z. Su, S. Lu y G. Zhang	<i>Quality prediction using tie-bar elongation</i>	Desarrollar un sistema para predecir y controlar la calidad de piezas inyectadas con materiales reciclados mediante la elongación de las barras de cierre.	Sensores de deformación instalados en las barras de la máquina, análisis de fuerza de cierre, parámetros de inyección y modelos de predicción.	Las señales de elongación mostraron relación con el comportamiento del proceso y con el peso de las piezas, permitiendo apoyar la predicción y el ajuste de la calidad.	Refuerza la importancia de monitorear variables físicas reales de la máquina para mantener repetibilidad y estabilidad entre ciclos.
2023	J. Héraud, K. Medini y A.-L. Anders en	<i>Managing agile ramp-up projects</i>	Identificar prácticas y recomendaciones para gestionar de forma estructurada y ágil los proyectos de ramp-up en manufactura.	Revisión de conceptos y encuesta realizada a 147 empresas manufactureras.	Se formularon recomendaciones para la preparación, ejecución y transferencia del ramp-up. Se destacaron la colaboración, integración, agilidad, robustez y mejora continua.	Apoya la organización del lanzamiento por etapas, el seguimiento visual, los criterios de avance y la transferencia controlada hacia producción en serie.

2023	G.-Y. Liou et al.	<i>Adaptive process control based on pressure and clamping force</i>	Establecer un procedimiento para configurar parámetros y controlar automáticamente la estabilidad del proceso de inyección.	Sensores de presión en boquilla y fuerza de cierre; optimización del cambio V/P, velocidad, presión de sostenimiento y fuerza de cierre; validación con materiales de diferente viscosidad.	El sistema detectó desviaciones y ajustó los parámetros del siguiente ciclo para compensar cambios en el material o en el proceso.	Se relaciona con la definición temprana de parámetros críticos, ventanas de operación y ajustes controlados durante las corridas T0–T3.
2023	A. Mollaei Ardestani et al.	<i>Prediction and optimization of blush defect</i>	Identificar los parámetros que influyen en el defecto superficial denominado <i>blush</i> y optimizar su configuración.	Diseño de experimentos, análisis de elementos finitos, ANOVA, redes neuronales y algoritmos de optimización.	La red neuronal presentó un error promedio de 1.3% respecto a la simulación, y la optimización de los factores significativos redujo el área afectada por el defecto.	Sustenta el uso de DOE, ANOVA y modelos predictivos para identificar parámetros críticos antes de realizar ajustes repetitivos en producción.
2023	L. Bogedale, S. Doerfel	<i>Online prediction using high-</i>	Mejorar la predicción en línea de la calidad de	Recolección de series de tiempo de alta	Las series de tiempo de alta resolución proporcionaron	Justifica registrar datos por corrida para

	, A. Schrod t y H.-P. Heim	<i>resolution time series</i>	piezas inyectadas utilizando señales completas generadas durante cada ciclo.	resolución y comparación de modelos que utilizan valores escalares frente a modelos que emplean señales completas.	n mejores predicciones que el uso exclusivo de valores escalares del proceso.	detectar perturbaciones, tendencias y pérdida de estabilidad antes del SOP.
2023	C. T. Hsiao, C. P. Lin y P. H. Fan	<i>Six Sigma to improve injection molding yield</i>	Aplicar Seis Sigma para disminuir defectos de deformación en carcasas plásticas y mejorar el rendimiento del proceso.	Aplicación de DMAIC, análisis de causa raíz, diagrama causa-efecto, diseño de experimentos, ANOVA, pruebas de confirmación y plan de control.	La velocidad de inyección y el tiempo de enfriamiento fueron identificados como factores significativos. La configuración optimizada permitió mantener los defectos dentro del objetivo establecido.	Es un antecedente directo del uso de DMAIC, DOE y control de parámetros para estabilizar un proceso de inyección y conservar las mejoras obtenidas.
2024	J. Haller, B. Kumar, A. Göppert y R. H.	<i>System dynamics stability model for ramp-up</i>	Representar la estabilidad y las perturbaciones que afectan el comportamiento de un	Revisión sistemática, entrevistas con expertos, construcción de un modelo de dinámica de sistemas	El modelo integró factores relacionados con OEE, capacidad del proceso, tiempo para	Apoya el uso conjunto de OEE, capacidad del proceso, producción y tiempo para evaluar el

	Schmitt		sistema productivo durante el ramp-up.	y validación mediante simulaciones y un caso industrial.	alcanzar volumen y producción obtenida.	avance y la estabilidad antes del SOP.
2024	K.-C. Ke, J.-C. Wang y S.-C. Nian	<i>Data-driven quality prediction using autoencoders</i>	Automatizar la extracción de información de las curvas de presión y utilizarla para predecir diferentes características de calidad.	Simulación de flujo, autoencoders para extraer características locales y globales de presión y una red neuronal MLP para realizar las predicciones.	Las características locales de presión proporcionarón predicciones más estables que las características globales.	Refuerza la importancia de registrar y analizar información detallada del proceso para construir un tablero de estabilidad durante el lanzamiento.
2024	M. H. Islam	<i>Lean product development in production system introduction</i>	Analizar la aplicación de Lean Product Development en la introducción de nuevos sistemas de producción y su relación con el desempeño anterior y posterior al lanzamiento.	Estudio empírico retrospectivo, revisión de dos proyectos de lanzamiento y entrevistas con expertos de una empresa multinacional.	Se identificó la aplicación de prácticas Lean blandas y una incorporación limitada de herramientas Lean duras. Se propusieron principios para fortalecer el proceso de introducción.	Apoya la estructuración Lean de la industrialización y la evaluación del desempeño antes y después del lanzamiento, aunque no se enfocó específicamente en inyección.

2024	J. I. Hernández-Vega et al.	<i>Data integration and modeling for injection molding</i>	Integrar adquisición de datos, análisis y modelos de clasificación para mejorar la eficiencia del proceso de inyección.	Metodología CRISP-DM, extracción de datos de la máquina, análisis exploratorio y construcción de modelos Random Forest y regresión logística.	Random Forest alcanzó una exactitud de 99.5% y la regresión logística 97% para clasificar el estado del proceso. El estudio no midió directamente una reducción de retrabajos.	Fundamenta el uso de datos de máquina y tableros para detectar anomalías y tendencias durante las corridas iniciales.
2025	D. A. García-Sánchez et al.	<i>Cavity pressure sensors and iterative learning control</i>	Mejorar la estabilidad, calidad y eficiencia del proceso mediante sensores de presión en cavidad y control de aprendizaje iterativo.	Sensores de presión en cavidad y sistema de control en lazo cerrado que ajustó ciclo por ciclo la presión y tiempo de sostenimiento y el punto de transferencia V/P.	El sistema corrigió diez errores dimensionales y críticos y alcanzó el cumplimiento de las tolerancias evaluadas. El tiempo de ciclo se redujo 8%, de 55.0 a 50.6 segundos.	Demuestra que el aprendizaje entre ciclos puede acelerar la convergencia hacia parámetros estables, aunque no mide directamente el tiempo T0→SOP.
2025	L. Zhang, T.-L. Chang, C.-C. Tsao, K.-C.	<i>Warpage optimization of an LCD monitor back cover</i>	Identificar los parámetros significativos y minimizar el alabeo de la cubierta	Diseño Taguchi, simulaciones con Moldflow, análisis en MINITAB,	Los factores más importantes fueron la temperatura del plástico, presión de	Demuestra que la simulación y la optimización sistemática pueden

	Hsieh y C.-Y. Hsu		trasera de un monitor LCD.	modelo de regresión y optimización mediante algoritmo PSO.	sostenimiento, tiempo de sostenimiento y punto de transferencia. La metodología permitió determinar una configuración orientada a minimizar el alabeo.	disminuir el ensayo y error durante la definición de parámetros de nuevos componentes .
2026*	O. Haberc had y Y. Salih-Alj	<i>Data-oriented quality control in injection molding</i>	Desarrollar y validar un esquema basado en datos para controlar la calidad, detectar defectos y determinar parámetros óptimos del proceso de inyección.	Recopilación de datos de máquina y defectos, análisis estadístico y de correlación, definición de ventanas de proceso, prueba industrial y análisis de capacidad mediante Cp y Cpk.	Se reportó una reducción de 52.47% en defectos superficiales y de 92.5% en la variación de presión. En la prueba industrial, todas las cavidades obtuvieron valores de Cpk superiores a 1.33.	Demuestra que el análisis sistemático de datos y la definición de ventanas de parámetros pueden disminuir la variación y aumentar la estabilidad de las corridas de lanzamiento.

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura.

I.2.1 Análisis del estado del arte

Los estudios revisados muestran que la industrialización y el lanzamiento de nuevos productos involucran tanto factores técnicos como organizacionales. En la parte organizacional, las investigaciones de Surbier et al., Elstner y Krause, Héraud et al., Haller et al. e Islam destacan la necesidad de gestionar adecuadamente los riesgos, la comunicación, la coordinación entre áreas, la preparación del sistema productivo y el seguimiento del desempeño durante el ramp-up.

Estos trabajos señalan que la estabilidad de un lanzamiento no depende únicamente de la capacidad técnica del proceso. También se encuentra relacionada con la disponibilidad de información, la claridad de responsabilidades, la identificación anticipada de riesgos, la definición de criterios de avance y la transferencia ordenada del proyecto hacia la producción en serie.

Por otra parte, los estudios relacionados directamente con el moldeo por inyección muestran que la estabilidad puede evaluarse mediante variables como la presión en cavidad, presión en boquilla, fuerza de cierre, elongación de las barras, velocidad de inyección, tiempo de enfriamiento, presión de sostenimiento, punto de transferencia V/P y peso de la pieza.

Chaciński et al. demuestran que el peso del producto puede utilizarse como una variable para evaluar la capacidad y el centrado del proceso mediante los índices Cp y Cpk. De manera similar, Chang et al. y Liou et al. muestran que las señales físicas generadas por la máquina permiten detectar desviaciones y realizar ajustes para mantener la repetibilidad entre ciclos.

Los estudios de Hsiao et al., Mollaei Ardestani et al. y Zhang et al. muestran que el diseño de experimentos, el análisis de varianza, las simulaciones y los métodos de optimización permiten identificar los parámetros que tienen mayor influencia sobre los defectos y las dimensiones de las piezas. Estas herramientas disminuyen la dependencia de ajustes basados únicamente en prueba y error.

Además, las investigaciones de Ke y Huang, Párizs et al., Bogedale et al., Hernández-Vega et al. y Ke et al. evidencian una tendencia hacia el uso de modelos de aprendizaje automático y análisis de datos para predecir la calidad y detectar desviaciones del proceso. Estos métodos pueden apoyar la toma de decisiones durante las primeras corridas, especialmente cuando se dispone de información limitada.

Los resultados también muestran que el monitoreo de datos por ciclo permite identificar cambios que no siempre son visibles mediante la revisión de parámetros nominales de la máquina. Las curvas de presión, las series de tiempo y las variaciones de peso proporcionan información sobre el comportamiento real del material dentro del molde y permiten detectar tendencias antes de que se generen defectos repetitivos o desviaciones fuera de especificación.

El trabajo de García-Sánchez et al. amplía este enfoque al utilizar sensores de presión en cavidad y control de aprendizaje iterativo para modificar los parámetros entre ciclos. Este tipo de control permite que el proceso se ajuste progresivamente con base en los resultados obtenidos, disminuyendo la dependencia de decisiones manuales y facilitando la convergencia hacia una condición estable. De manera similar, Haberchad y Salih-Alj evidencian que la recopilación sistemática de datos, la definición de ventanas de operación y el análisis de capacidad pueden reducir la variación de los parámetros y fortalecer el desempeño del proceso.

A pesar de estos avances, una parte importante de los estudios se concentra en la optimización de un defecto, una dimensión o una variable específica. Por ejemplo, algunas investigaciones buscan reducir el alabeo, controlar el peso, corregir errores dimensionales o predecir la aparición de defectos superficiales. Aunque estos resultados son relevantes, no necesariamente analizan el proceso completo de industrialización desde las primeras pruebas del molde hasta el inicio de la producción en serie.

Asimismo, los estudios enfocados en ramp-up analizan principalmente la administración de proyectos, la interacción entre áreas, los riesgos y el desempeño general del sistema productivo. Por otro lado, las investigaciones de moldeo por inyección se concentran en parámetros técnicos, sensores, modelos predictivos y capacidad del proceso. Se observa, por tanto, una separación entre la gestión del lanzamiento y el control técnico de las corridas de inyección.

En las publicaciones revisadas no se identificó una metodología que integre, dentro de un mismo modelo, la gestión estructurada de las corridas T0–T3, la identificación anticipada de parámetros críticos, la definición de ventanas de operación, los criterios de avance entre corridas, el registro de los ajustes realizados y el seguimiento de indicadores de estabilidad hasta alcanzar el SOP.

Tampoco se encontró un enfoque que relacione directamente el grado de implementación de estas prácticas con la reducción del tiempo de industrialización. Aunque algunos estudios reportan mejoras en tiempo de ciclo, rendimiento, capacidad o disminución de defectos, estos indicadores no equivalen necesariamente a una reducción del periodo requerido para pasar de las primeras corridas a una producción estable.

Por esta razón, la presente investigación propone integrar los elementos técnicos y de gestión identificados en la literatura dentro de un modelo aplicado al lanzamiento de componentes plásticos fabricados mediante moldeo por inyección. El modelo considera la definición temprana de parámetros críticos, el establecimiento de rangos nominales y límites de operación, la ejecución estructurada de corridas T0–T3, la aplicación de criterios de avance y el uso de una bitácora para registrar cambios, resultados y problemas detectados.

Además, se plantea el uso de un tablero de seguimiento que permita evaluar variables como el tiempo hasta SOP, el número de ajustes realizados, las iteraciones requeridas, el cumplimiento de hitos, el porcentaje de corridas dentro de la ventana definida y los indicadores de capacidad y estabilidad disponibles. Esto permite relacionar el comportamiento técnico del proceso con el desempeño general del lanzamiento.

En este sentido, la aportación de la tesis no consiste en desarrollar un nuevo sensor, algoritmo predictivo o método estadístico aislado. Su contribución se encuentra en integrar herramientas existentes dentro de una estructura de industrialización que facilite la toma de decisiones, reduzca los ajustes reactivos y aumente la repetibilidad del proceso durante las primeras etapas del lanzamiento.

A partir de la revisión realizada, se establece que la definición anticipada de parámetros, el registro sistemático de datos, el análisis de capacidad, la gestión de riesgos y la coordinación entre áreas representan factores relevantes para alcanzar procesos más estables. Sin embargo, es necesario evaluar estos elementos de forma conjunta para determinar su efecto sobre el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso de inyección.

Por lo anterior, el vacío identificado en el estado del arte justifica el desarrollo y evaluación del modelo propuesto en la presente investigación. Su aplicación permitirá analizar si una mayor estructuración de las corridas de lanzamiento contribuye a reducir el tiempo requerido para alcanzar el SOP, disminuir la cantidad de ajustes e iteraciones y mejorar la estabilidad operativa del proceso.

I.3 Descripción general del problema de investigación

En teoría, el lanzamiento de nuevos componentes plásticos en la industria automotriz debería seguir una secuencia estructurada de actividades: planeación del proyecto, definición de parámetros de proceso, corridas piloto de inyección (T0–T3), análisis de resultados, ajustes controlados y posterior liberación a producción normal. Sin embargo, en la práctica, esta secuencia suele verse afectada por presiones de tiempo, cambios de último momento, falta de coordinación entre áreas y ausencia de estándares claros de industrialización.

En el sector automotriz se ha observado un patrón recurrente: los lanzamientos de nuevos proyectos se llevan a cabo con un bajo nivel de organización previa, con actividades críticas que se realizan de manera improvisada o, en algunos casos, se omiten. En particular, en la organización objeto de estudio una empresa automotriz de origen chino, es frecuente que la mayoría de los proyectos se inicien sin pruebas formales de inyección de plástico antes de la primera corrida normal de producción, y sin una estandarización temprana de parámetros críticos ni una estructura clara para las corridas T0–T3.

Esta situación genera diversos problemas en la etapa de industrialización, entre los cuales destacan:

Arranques de producción con parámetros de proceso no consolidados, que requieren múltiples ajustes durante las primeras corridas.

Incremento en el número de iteraciones de prueba y ajuste, lo que prolonga la transición entre corridas de validación y operación estable.

Baja visibilidad del comportamiento del proceso durante el arranque, debido a la ausencia de un esquema estructurado para registrar cambios, resultados y decisiones técnicas entre corridas.

Dificultad para medir y sostener la estabilidad del proceso, ante la falta de seguimiento sistemático de parámetros operativos y de criterios claros de avance entre etapas.



Ilustración 2. Principales deficiencias identificadas en el proceso de lanzamiento de componentes plásticos.

Como consecuencia, el tiempo de industrialización, especialmente el intervalo entre la primera corrida significativa (T_0) y el inicio formal de la producción en serie (SOP), tiende a ser mayor al planeado. El personal de ingeniería y de producción se ve obligado a operar de forma reactiva, atendiendo ajustes conforme aparecen, en lugar de trabajar con base en una secuencia estructurada de industrialización y criterios definidos de estabilización del proceso. Este comportamiento impacta el cumplimiento de los programas de lanzamiento, incrementa la presión sobre los recursos técnicos y limita la capacidad de la empresa para gestionar de manera eficiente varios proyectos en paralelo.

En este contexto, el problema central que aborda la presente investigación puede resumirse: ¿Cómo reducir el tiempo de industrialización ($T_0 \rightarrow \text{SOP}$) y mejorar la estabilidad del proceso en el lanzamiento de nuevos componentes plásticos, en un entorno donde los proyectos suelen iniciarse sin una organización robusta previa, sin pruebas formales de inyección y sin una secuencia estandarizada de corridas de arranque?

Responder esta pregunta implica analizar el flujo actual de industrialización, identificar las principales brechas de organización y ejecución en los lanzamientos, y diseñar un enfoque integrado que

permita estructurar y estandarizar la etapa T0–T3–PPAP–pre-SOP, mediante la definición temprana de parámetros operativos críticos, la gestión ordenada de ajustes y el seguimiento de indicadores de tiempo y estabilidad del proceso durante el arranque.



Ilustración 3. Componentes del modelo integrado de industrialización y resultados esperados en el proceso de lanzamiento.

I.4 Hipótesis

H0: La aplicación del modelo integrado de industrialización no alcanza una reducción mínima del 20 % en el tiempo promedio T0→SOP ni presenta mejoras consistentes en los indicadores operativos de estabilidad.

H1: La implementación de un enfoque integrado de industrialización, basado en la estandarización temprana de parámetros operativos críticos y en la estructuración de las corridas de arranque, permite reducir en al menos un 20 % el tiempo de industrialización T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso, en comparación con el desempeño histórico de la organización.

I.5 Objetivos

I.5.1 Objetivo General

Reducir el tiempo de industrialización (T0→SOP) y mejorar la estabilidad del proceso en el lanzamiento de nuevos componentes plásticos, mediante la estandarización temprana de parámetros operativos críticos, la estructuración de las corridas de arranque y la gestión ordenada de ajustes durante la etapa de industrialización.

I.5.2 Objetivos Particulares

Mapear y documentar el flujo de industrialización (T0–T3, PPAP, pre-SOP) para identificar cuellos de botella asociados a herramientas, set-up, abastecimiento, disponibilidad de recursos y metrología.

Definir y establecer, antes de T0, un árbol de parámetros operativos críticos por familia de piezas (moldeo, pintura y ensamble, según aplique), incluyendo una ventana operativa inicial de referencia para las corridas de arranque.

Estructurar y estandarizar la secuencia de corridas T0–T3, estableciendo criterios de avance entre etapas, reglas para ajustes y condiciones de transición hacia pre-SOP.

Cuantificar el impacto del enfoque propuesto en la reducción del tiempo de industrialización (T0→SOP) y en la mejora de la estabilidad del proceso, mediante la comparación con el desempeño histórico de la organización.

I.6 Variables e indicadores del estudio

En congruencia con el problema de investigación, la hipótesis y los objetivos planteados, el presente estudio se enfoca en dos variables de resultado: el tiempo de industrialización (T0→SOP) y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque. Asimismo, se consideran variables de intervención asociadas al enfoque de industrialización propuesto.

I.6.1 Variables de resultado (dependientes)

I.6.2 Tiempo de industrialización (T0→SOP)

Se define como el tiempo transcurrido entre la corrida T0 y el inicio formal de producción en serie (SOP). Constituye la variable principal para evaluar el desempeño del lanzamiento en términos de duración de la etapa de industrialización.

I.6.3 Indicadores asociados:

- Tiempo total T0→SOP (días)
- Duración por etapa (T0→T2, T2→T3, T3→pre-SOP, pre-SOP→SOP)
- Número de reprogramaciones de corridas
- Tiempo acumulado de ajuste (horas)Cumplimiento de hitos en fecha (%)



Ilustración 4. Indicadores de desempeño para evaluar el tiempo y la ejecución del proceso de industrialización.

I.6.4 Estabilidad del proceso

Se define como el grado de consistencia operativa del proceso durante T0–T3 y pre-SOP, observado a través del comportamiento de los parámetros operativos y de la repetibilidad entre corridas.

I.6.5 Indicadores asociados

- Número de ajustes por corrida
- Número de cambios de parámetro por corrida
- Tiempo para estabilización del proceso (hasta alcanzar una condición operativa definida)
- Variabilidad de parámetros operativos entre corridas (por ejemplo, desviación estándar o coeficiente de variación)
- Repetibilidad de parámetros entre corridas consecutivas
- Porcentaje de corridas dentro de ventana operativa definida

I.6.6 Variables de intervención (independientes)

Las variables de intervención corresponden a los elementos del enfoque integrado de industrialización propuesto, orientado a reducir el tiempo T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso:

- Estandarización temprana de parámetros operativos críticos
- Estructuración de la secuencia de corridas de arranque (T0–T3)
- Definición de criterios de avance entre etapas
- Registro y seguimiento sistemático de ajustes de proceso

I.6.7 Seguimiento operativo mediante indicadores de tiempo y estabilidad

Este apartado presenta una síntesis conceptual de las variables del estudio; su definición operacional, método de medición y tratamiento analítico se desarrollarán con mayor detalle en el capítulo metodológico.

I.7 Justificación

La industria automotriz se caracteriza por altos niveles de exigencia en costo y cumplimiento de plazos de suministro. En este contexto, el lanzamiento de nuevos componentes plásticos representa una fase crítica, ya que cualquier retraso en la industrialización o inestabilidad en el proceso impacta directamente el cumplimiento de los programas de arranque (SOP) y la rentabilidad del proyecto. En la empresa automotriz de origen chino, se ha observado de manera recurrente que muchos proyectos se inician sin una planeación robusta de la etapa de industrialización y, en ocasiones, sin realizar pruebas formales de inyección antes de las corridas normales de producción. Esta práctica se traduce en arranques con múltiples ajustes de parámetros, iteraciones no planeadas y uso reactivo de los recursos, reforzando la necesidad de un enfoque sistemático y estructurado para esta etapa.

Justificar un estudio orientado a reducir el tiempo de industrialización y mejorar la estabilidad del proceso radica, en primer lugar, en su impacto operativo y económico. Una disminución del 20–30 % en el tiempo $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ implica menores consumos de materia prima en pruebas, menos horas-hombre de ingeniería dedicadas a ajustes, menor uso de capacidad instalada para corridas no productivas y una entrada más rápida a una operación estable, con el consecuente incremento en el desempeño operativo. Adicionalmente, la mejora en la estabilidad del proceso reflejada en menor variabilidad de parámetros operativos, menor número de ajustes por corrida y mayor repetibilidad entre etapas T_0-T_3 — contribuye a reducir iteraciones innecesarias y tiempos de estabilización, problemáticas que se viven en los nuevos lanzamientos donde no se cuentan con parámetros críticos definidos ni con una secuencia clara de corridas de arranque.

En segundo lugar, la propuesta se justifica por la necesidad de integrar prácticas de industrialización que en la operación cotidiana suelen aplicarse de forma parcial o aislada. La estandarización temprana de parámetros críticos, la estructuración formal de corridas T_0-T_3 , la definición de criterios de avance entre etapas y el seguimiento sistemático de ajustes permiten pasar de una industrialización basada en reacción inmediata a un modelo de ejecución más ordenado, consistente y sustentado en información del proceso. Esta integración fortalece la estabilidad del arranque, facilita la toma de decisiones durante las corridas piloto y genera un esquema replicable para futuras

introducciones de componentes plásticos, tanto en la empresa objeto de estudio como en contextos similares.

Desde el punto de vista organizacional, el proyecto fomenta la alineación entre áreas clave (ingeniería, producción, metrología, logística y proveedores), al requerir un mapeo detallado del flujo de industrialización (T0–T3, PPAP, pre-SOP) y la definición clara de roles, responsabilidades, entregables por etapa y criterios de avance. Esto contribuye a reducir la variabilidad en la forma de gestionar lanzamientos, a consolidar lecciones aprendidas y a institucionalizar buenas prácticas a través de estándares de industrialización y tableros de seguimiento, superando la informalidad y desorganización que caracterizan muchos proyectos actuales.

Finalmente, la investigación se justifica en el ámbito académico porque aporta un estudio aplicado enfocado en la gestión del lanzamiento de nuevos productos y en la mejora del desempeño operativo de la etapa de industrialización, específicamente para componentes plásticos en un entorno industrial real. Los resultados esperados en términos de reducción de tiempos, mejora en la estabilidad del proceso y estructuración de un modelo de industrialización pueden servir como referencia para otros proyectos de investigación y para empresas que enfrentan problemáticas similares en el lanzamiento de nuevos productos, contribuyendo al desarrollo de enfoques prácticos y replicables para mejorar la transición de T0 a SOP.

I.8 Alcances y Limitaciones

I.8.1 Alcances

- El estudio se enfocará en el lanzamiento de nuevos componentes plásticos dentro de una empresa automotriz de origen chino, específicamente en el área de nuevos lanzamientos. El análisis considerará principalmente procesos de moldeo por inyección y, cuando aplique, operaciones asociadas de pintura y ensamble.
- El alcance temporal del proyecto cubrirá la etapa comprendida entre las corridas T0/T1 y el inicio de producción en serie (SOP), con énfasis en el tiempo transcurrido de T0 a SOP y en la estabilidad del proceso durante las corridas T0–T3 y pre-SOP.
- Se desarrollará y aplicará un modelo de industrialización que incluya, como mínimo:
 - Mapeo del flujo de industrialización (T0–T3, PPAP, pre-SOP)
 - Estandarización temprana de parámetros operativos críticos por familia de piezas (moldeo, pintura, ensamble)
 - Estructuración de las corridas de arranque T0–T3 con criterios de avance entre etapas,
 - Registro y seguimiento de ajustes de proceso durante las corridas,

- Diseño de un tablero de seguimiento con indicadores de tiempo de industrialización y estabilidad del proceso (lead time $T0 \rightarrow SOP$, duración por etapa, número de iteraciones, tiempos de ajuste y variabilidad de parámetros operativos).
- Los resultados se evaluarán mediante la comparación antes vs. después de la aplicación del modelo, utilizando indicadores de tiempo de industrialización ($T0 \rightarrow SOP$) y de estabilidad del proceso durante la etapa de arranque.
- El trabajo tendrá un enfoque aplicado y metodológico: se busca no solo mejorar el desempeño de los lanzamientos analizados, sino también generar un esquema de trabajo que pueda ser documentado y replicado en futuros proyectos de componentes plásticos dentro de la misma organización y, potencialmente, en empresas con contextos similares.

I.8.2 Limitaciones

- El estudio se realizará en una sola empresa y, dentro de ella, se centrará en un conjunto delimitado de componentes plásticos, por lo que el grado de generalización de los resultados será limitado. Si bien las conclusiones pueden servir como referencia para otros contextos, su validez se apoya principalmente en un estudio de caso.
- El horizonte temporal del proyecto es acotado, por lo que no será posible observar efectos de muy largo plazo, como cambios en el comportamiento del proceso después de varios años de producción, impactos acumulados de mantenimiento del herramental o modificaciones futuras en el diseño de los componentes.
- La disponibilidad y consistencia de la información histórica (tiempos $T0 \rightarrow SOP$ de lanzamientos anteriores, duración por etapas, registros de corridas, ajustes de proceso y reprogramaciones) puede representar una restricción. Parte del análisis se apoyará en datos que no necesariamente fueron generados con fines de seguimiento comparativo, lo cual puede introducir sesgos o limitar la profundidad de algunas comparaciones. El proyecto se desarrollará utilizando recursos existentes en la planta (personal, equipos de medición, infraestructura de inyección y pintura), sin considerar inversiones significativas en nuevas tecnologías de monitoreo o automatización. Por tanto, algunas prácticas de seguimiento de proceso podrán aplicarse de manera parcial o simplificada.
- Factores externos al control directo del equipo de launch, como los tiempos de entrega de materiales y herramientas por parte de proveedores, constituyen una limitación relevante. En la empresa objeto de estudio, los plazos de suministro de ciertos materiales pueden ser largos o variables, lo que puede retrasar corridas $T0/T1$, reprogramar actividades de prueba y, en consecuencia, afectar el tiempo real $T0 \rightarrow SOP$. Estos tiempos de entrega se reconocerán como restricciones del entorno y no como variables directamente modificables por el modelo propuesto.

- Cambios de último momento en requerimientos de cliente, especificaciones de diseño o mix de productos también pueden incidir en la duración de la industrialización y en la estabilidad del proceso, pero solo se abordarán en la medida en que puedan gestionarse mediante los mecanismos de planeación y control de cambios disponibles en la empresa.

A pesar de estas limitaciones, el estudio permite obtener evidencia aplicada sobre la relación entre la estandarización temprana de parámetros operativos, la estructuración de corridas de arranque, el seguimiento sistemático del proceso y el desempeño de la industrialización. Los resultados se circunscriben a los cinco proyectos y al contexto organizacional analizado, por lo que no deben interpretarse como una estimación universal del efecto del modelo ni como una demostración causal definitiva.

I.9 Criterios de inclusión y exclusión de casos

Con el fin de asegurar consistencia en el análisis comparativo y pertinencia en la evaluación del enfoque propuesto, se establecen los siguientes criterios para la selección de casos (proyectos/lanzamientos) incluidos en el estudio.

I.9.1 Criterios de inclusión

Se considerarán dentro del estudio los lanzamientos que cumplan con las siguientes condiciones:

- Corresponder a **nuevos componentes plásticos** dentro del alcance de la organización analizada.
- Contar con evidencia de actividades de industrialización en al menos una parte del flujo **T0–T3, pre-SOP y SOP**.
- Disponer de registros mínimos para reconstruir el comportamiento del arranque, incluyendo al menos:
 - Fecha de T0,
 - Fecha de SOP (o evidencia del estado del lanzamiento),
 - Registro de corridas y/o reprogramaciones,
 - Evidencia de ajustes de proceso y decisiones técnicas (cuando esté disponible).
- Pertenecer a procesos de moldeo por inyección y, cuando aplique, incluir operaciones asociadas de pintura y/o ensamble.
- Haber sido gestionados dentro del contexto operativo de la planta objeto de estudio, bajo condiciones reales de lanzamiento.

I.9.2 Criterios de exclusión

Se excluirán del análisis los casos que presenten una o más de las siguientes condiciones:

- Cambios menores o ajustes de proceso en productos ya industrializados que **no constituyan un lanzamiento de nuevo componente**.
- Proyectos sin información mínima confiable para estimar el intervalo **T0→SOP**.
- Casos que no hayan alcanzado una etapa suficiente de avance para evaluar el comportamiento de la industrialización dentro del periodo de estudio (por ejemplo, proyectos detenidos antes de T0 o cancelados).
- Proyectos cuya trazabilidad documental de corridas y ajustes sea insuficiente para evaluar estabilidad del proceso de manera razonable
- Lanzamientos afectados principalmente por condiciones extraordinarias no comparables (por ejemplo, interrupciones mayores no relacionadas con la industrialización) cuando impidan analizar el desempeño del proceso de arranque.

Consideración metodológica

En los casos donde existan diferencias de complejidad entre componentes o familias de proceso, dichas diferencias se reconocerán en el análisis mediante agrupación, clasificación o interpretación contextual de resultados, con el fin de evitar comparaciones directas no equivalentes.

Capítulo II MARCO TEÓRICO

II.1 Lanzamiento de nuevos productos e industrialización en la industria automotriz

El lanzamiento de nuevos productos (New Product Introduction, NPI) en la industria automotriz se caracteriza por plazos estrictos, altos volúmenes y una elevada complejidad técnica y organizacional. Para gestionar esta complejidad, las empresas suelen utilizar marcos estructurados de planeación y validación que permiten ordenar actividades, responsables y entregables a lo largo del desarrollo del producto y del proceso.

En términos generales, estos marcos se organizan en etapas que abarcan:

- Planeación y definición del programa.
- Diseño y desarrollo del producto.
- Diseño y desarrollo del proceso.
- Validación de producto y proceso.
- Lanzamiento y mejora posterior al arranque.

La industrialización se ubica principalmente en las etapas de diseño/desarrollo del proceso y validación, donde se definen parámetros operativos, se ejecutan corridas de prueba (T0, T1, T2, T3) y se consolida la preparación del proceso antes del inicio de producción en serie (SOP). En esta fase, la secuencia de corridas, la gestión de ajustes y la coordinación entre áreas influyen directamente en la duración del arranque y en la repetibilidad del proceso.

Para efectos de esta tesis, el concepto central es el **tiempo de industrialización**, entendido como el intervalo entre la primera corrida significativa de industrialización (T0) y el inicio de producción en serie (SOP). Desde esta perspectiva, reducir el tiempo **T0→SOP** implica disminuir iteraciones no planeadas, reprogramaciones y tiempos de ajuste durante el arranque, al mismo tiempo que se fortalece la **estabilidad del proceso** mediante una mayor consistencia operativa entre corridas y una definición temprana de parámetros críticos.

II.2 Componentes plásticos automotrices y procesos de moldeo y acabado

Los componentes plásticos ocupan un papel central en la industria automotriz. Elementos como cubiertas, molduras, *rack covers*, carcasas, soportes y piezas de acabado interior y exterior se fabrican principalmente mediante moldeo por inyección y, con frecuencia, se complementan con procesos de pintura, recubrimiento y ensamble. La combinación de estas operaciones incrementa la complejidad de la industrialización, ya que el comportamiento del proceso en una etapa puede influir directamente en el desempeño de las etapas subsecuentes.

El moldeo por inyección comprende, de forma general, las etapas de plastificación del polímero, inyección del material fundido en el molde, mantenimiento de presión, enfriamiento en cavidad y expulsión de la pieza. En cada una de estas etapas intervienen parámetros operativos relevantes, como temperatura del cilindro y del molde, presión y velocidad de inyección, presión de sostenimiento, tiempo de enfriamiento y contrapresión, entre otros. La interacción entre estos parámetros condiciona el comportamiento del proceso y su consistencia durante las corridas de arranque.

En el contexto de la industrialización, la principal dificultad no radica únicamente en ejecutar el proceso, sino en lograr que su desempeño sea repetible entre corridas sucesivas. Durante T0–T3 y pre-SOP es común que el proceso presente variaciones que obligan a realizar ajustes de parámetros, repetir corridas o modificar secuencias de operación, especialmente cuando no existe una definición temprana de parámetros operativos de referencia o cuando la transición entre moldeo, acabado y ensamble no se encuentra suficientemente estructurada.

Estas condiciones tienden a prolongar el tiempo de industrialización, al incrementar las iteraciones de ajuste y dificultar la estabilización del proceso antes de SOP. Por ello, la estandarización temprana de un árbol de parámetros operativos críticos por familia de piezas y por etapa de proceso (moldeo, pintura, ensamble) constituye un elemento central para mejorar la repetibilidad del arranque, reducir la variabilidad entre corridas y acelerar la transición hacia una operación estable.

II.3 Estabilidad del proceso e indicadores de desempeño operativo durante la industrialización

La estabilidad del proceso se refiere a la condición en la que el comportamiento del proceso durante las corridas de arranque es consistente y predecible, de modo que la variación observada puede explicarse principalmente por el funcionamiento normal del sistema y no por cambios abruptos, ajustes reactivos o alteraciones no planificadas. En términos operativos, un proceso estable muestra repetibilidad entre corridas consecutivas y una menor necesidad de modificaciones frecuentes en sus parámetros de operación.

En la etapa de industrialización, la estabilidad del proceso no debe entenderse únicamente como un resultado estadístico, sino como una condición operativa que facilita la transición ordenada desde las corridas de validación hacia la producción en serie. Por ello, su evaluación requiere observar tanto el comportamiento de los parámetros operativos como la frecuencia de ajustes, el número de iteraciones y la consistencia del desempeño entre T0, T1, T2, T3 y pre-SOP.

En fases tempranas del arranque, la disponibilidad de datos puede ser limitada; por esta razón, la estabilidad del proceso puede evaluarse mediante indicadores de desempeño operativo que

permitan dar seguimiento a la evolución del proceso durante la industrialización. Entre los indicadores más relevantes para esta investigación se consideran:

Variabilidad de parámetros operativos entre corridas: permite identificar cambios en el comportamiento del proceso y evaluar su consistencia durante el arranque.

Número de ajustes de proceso por corrida: refleja el grado de intervención requerido para sostener o recuperar condiciones operativas.

Número de iteraciones o repeticiones de corrida: indica la necesidad de repetir actividades de arranque por falta de estabilidad o por cambios en la configuración del proceso.

Tiempo acumulado de ajuste: cuantifica el esfuerzo operativo invertido en estabilizar el proceso durante T0–T3 y pre-SOP.

Duración por etapa de industrialización: permite identificar en qué tramo del flujo (T0→T2, T2→T3, T3→pre-SOP, pre-SOP→SOP) se concentra la mayor variabilidad o consumo de tiempo.

Lead time T0→SOP: representa el tiempo transcurrido desde la primera corrida significativa (T0) hasta el inicio formal de la producción en serie, y constituye la principal variable de tiempo del estudio.

En esta investigación, estos indicadores se integran en un tablero de seguimiento de industrialización y estabilidad del proceso, diseñado para dar visibilidad al comportamiento del arranque y permitir la comparación antes vs. después de la implementación del enfoque propuesto. El propósito es demostrar que, mediante la estandarización temprana de parámetros operativos críticos, la estructuración de las corridas de arranque y la gestión ordenada de ajustes, es posible reducir el lead time T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso durante el lanzamiento de nuevos componentes plásticos.



Ilustración 5. Secuencia de etapas del proceso de lanzamiento e industrialización, desde el Kick-off hasta SOP.

La estabilidad del proceso puede analizarse desde una dimensión técnica y desde una dimensión operativa. La dimensión técnica considera la variación de características o parámetros medibles,

como peso, dimensiones, presión, temperatura o tiempo de ciclo. Para ello pueden emplearse medidas como promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y capacidad del proceso.

La estabilidad operativa se relaciona con la capacidad del proceso de industrialización para avanzar entre corridas con menor necesidad de ajustes reactivos, menor número de iteraciones, menor tiempo de intervención y mayor permanencia dentro de la ventana operativa. Esta dimensión resulta especialmente pertinente cuando la disponibilidad de registros históricos técnicos no es homogénea entre proyectos.

II.4 Lean y DMAIC en la optimización de procesos de industrialización

La filosofía Lean se enfoca en la eliminación sistemática de actividades que no agregan valor y en la reducción de tiempos de flujo a lo largo del proceso, tales como esperas, reprogramaciones, movimientos innecesarios y repeticiones de actividades. En contextos de industrialización, este enfoque resulta especialmente útil para estructurar la secuencia de trabajo, mejorar la coordinación entre áreas y reducir el tiempo requerido para transitar desde las corridas de arranque hasta una operación estable.

Por su parte, el enfoque Six Sigma aporta una lógica de trabajo basada en el uso disciplinado de datos y en el análisis de la variabilidad del proceso. En esta investigación, su contribución se considera principalmente como soporte metodológico para medir y analizar el comportamiento del proceso durante el arranque, sin constituir el eje central del estudio. Desde esta perspectiva, la combinación de Lean con herramientas de análisis estructurado permite abordar la industrialización como un proceso susceptible de mejora sistemática en términos de tiempo y estabilidad operativa.

El método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) se adopta en esta tesis como estructura metodológica para organizar el desarrollo del proyecto. En la etapa **Definir** se delimita el problema de investigación y el alcance del estudio, centrado en el tiempo de industrialización (T0→SOP) y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque de nuevos componentes plásticos. En **Medir** se establecen indicadores base de tiempo y estabilidad, como el lead time T0→SOP, la duración por etapa, el número de iteraciones, los tiempos de ajuste y la variabilidad de parámetros operativos. En **Analizar** se identifican las principales causas que prolongan la industrialización y afectan la consistencia del proceso, considerando factores técnicos y organizacionales. En **Mejorar** se diseñan e implementan acciones orientadas a la estandarización de parámetros, la estructuración de corridas de arranque y la gestión ordenada de ajustes. Finalmente, en **Controlar** se consolidan los nuevos estándares de industrialización mediante formatos de seguimiento, criterios de avance por etapa y revisión periódica de indicadores.

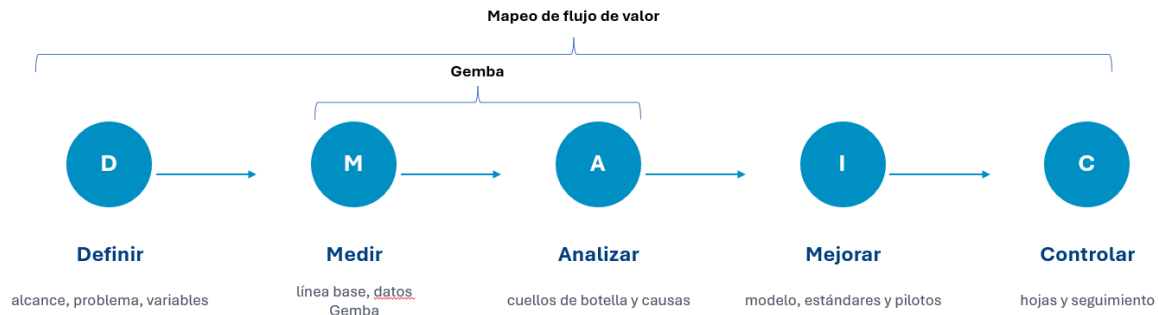


Ilustración 6. Aplicación del ciclo DMAIC mediante el mapeo de flujo de valor y el análisis Gemba.

Diversos estudios han mostrado la utilidad de enfoques de mejora estructurada y análisis de procesos en entornos de moldeo por inyección, particularmente para reducir iteraciones de ajuste, mejorar la repetibilidad operativa y acortar el tiempo de puesta a punto. De igual forma, la aplicación de principios Lean y de desarrollo de producto orientado al flujo ha sido vinculada con reducciones en tiempos de lanzamiento y mejoras en el desempeño operativo de nuevos sistemas de producción. Estos antecedentes respaldan el planteamiento de la presente tesis, en la que la industrialización de componentes plásticos se aborda como un proceso que puede ser gestionado y mejorado de manera sistemática, más allá de esquemas reactivos de prueba y ajuste.

En este trabajo, Lean y DMAIC proporcionan el marco metodológico para estructurar el análisis del flujo de industrialización, identificar cuellos de botella, ordenar la secuencia de corridas y evaluar la mejora alcanzada en términos de reducción del tiempo $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ y fortalecimiento de la estabilidad del proceso.

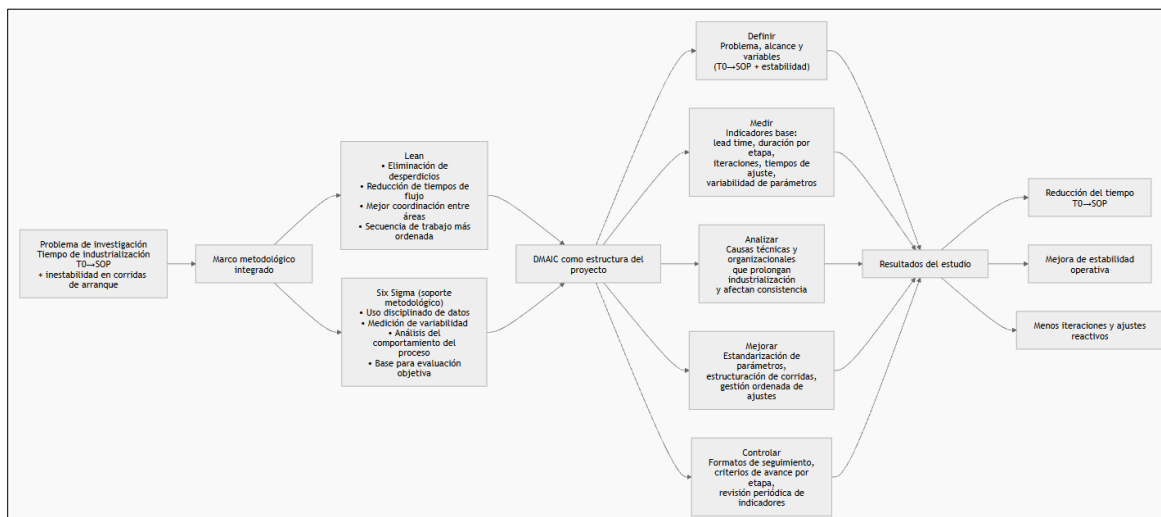


Ilustración 7. Marco metodológico integrado Lean Six Sigma basado en DMAIC para la optimización del proceso de industrialización.

II.5 DFMA y gestión operativa del arranque en la industrialización

El Diseño para Manufactura y Ensamble (DFMA) plantea que las decisiones tomadas en etapas tempranas del proyecto tienen un impacto directo en la facilidad de industrialización, en la cantidad de ajustes requeridos en planta y en el tiempo necesario para alcanzar una operación estable. Simplificar geometrías, reducir la complejidad de ensamble, utilizar materiales y procesos estandarizados, y considerar desde el diseño las capacidades y limitaciones del proceso de moldeo, acabado y ensamble, son prácticas que contribuyen a disminuir iteraciones durante el arranque y a reducir el tiempo de industrialización.

En lanzamientos de componentes plásticos, la relación entre diseño e industrialización es especialmente relevante, ya que ciertas decisiones de diseño pueden incrementar la sensibilidad del proceso a cambios de parámetros o volver más compleja la transición entre etapas de proceso. Cuando estos aspectos no se consideran con anticipación, es más probable que durante T0–T3 se requieran ajustes repetidos, reprogramaciones de corridas o modificaciones en la secuencia operativa, lo que retrasa la transición hacia SOP y dificulta la estabilización del proceso.

Por ello, además de las decisiones de diseño, resulta necesario contar con una gestión operativa del arranque que permita registrar de forma ordenada los ajustes realizados, los resultados observados en cada corrida y las decisiones técnicas que orientan la siguiente iteración. Este enfoque favorece la trazabilidad operativa del proceso de industrialización, mejora la repetibilidad entre corridas y reduce la dependencia de decisiones reactivas en sitio.

De manera complementaria, la gestión visual puede utilizarse como soporte para ordenar la ejecución del arranque, no desde una lógica de inspección del producto, sino como mecanismo de seguimiento del proceso. En este sentido, herramientas como tableros de avance de corrida, formatos de registro de ajustes, criterios de transición entre etapas y visualización del estatus operativo permiten mejorar la coordinación entre áreas, reducir tiempos de reacción y facilitar la continuidad de la industrialización.

En el contexto de esta tesis, DFMA se retoma como referencia conceptual para enfatizar la importancia de considerar la manufacturabilidad y la ensamblabilidad desde etapas tempranas, mientras que la gestión operativa del arranque se plantea como un componente práctico para estructurar corridas, ordenar ajustes y fortalecer la estabilidad del proceso durante la transición de T0 a SOP.

II.6 Modelo conceptual de la investigación

A partir de los elementos desarrollados en el marco teórico, la presente tesis se apoya en un modelo conceptual que relaciona factores de intervención en la industrialización con dos variables de resultado: **el tiempo de industrialización (T0→SOP)** y **la estabilidad del proceso** durante las corridas de arranque de nuevos componentes plásticos.

II.6.1 Variables de resultado (dependientes)

- **Tiempo de industrialización (T0→SOP):**
Tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización (T0) y el inicio formal de la producción en serie (SOP).
- **Estabilidad del proceso durante el arranque:**
Grado de consistencia operativa del proceso en las corridas T0–T3 y pre-SOP, observado a través de la repetibilidad entre corridas, la variabilidad de parámetros operativos y la necesidad de ajustes durante la industrialización.

II.6.2 Factores de intervención (independientes)

Estandarización temprana de parámetros operativos críticos por familia de piezas y etapa de proceso (moldeo, pintura y ensamble, cuando aplique), incluyendo una ventana operativa inicial de referencia.

Estructuración de la secuencia de corridas de arranque (T0–T3 y pre-SOP), con criterios de avance entre etapas y condiciones de transición hacia SOP.

Registro y seguimiento sistemático de ajustes de proceso durante las corridas, con trazabilidad de cambios de parámetros, resultados por corrida y decisiones técnicas.

Gestión operativa del arranque mediante seguimiento visual del proceso, enfocada en el estatus de corridas, avance por etapa, pendientes técnicos y coordinación entre áreas.

Tablero de seguimiento de industrialización y estabilidad del proceso, con indicadores integrados de tiempo, iteraciones, ajustes y variabilidad operativa.

II.6.3 Marco metodológico de soporte

Marcos de referencia para la organización del lanzamiento (como estructura general de etapas y entregables).

Lean y DMAIC como metodología para estructurar el análisis, la medición, la mejora y el control del proceso de industrialización.

DFMA como referencia conceptual para considerar la manufacturabilidad y ensamblabilidad desde etapas tempranas y reducir complejidad durante el arranque.

La hipótesis central del modelo plantea que la combinación de estos elementos permitirá **reducir el tiempo de industrialización (T0→SOP)** y **mejorar la estabilidad del proceso** en lanzamientos de nuevos componentes plásticos, en comparación con el desempeño histórico de la organización, al disminuir iteraciones no planeadas, tiempos de ajuste y variabilidad entre corridas.

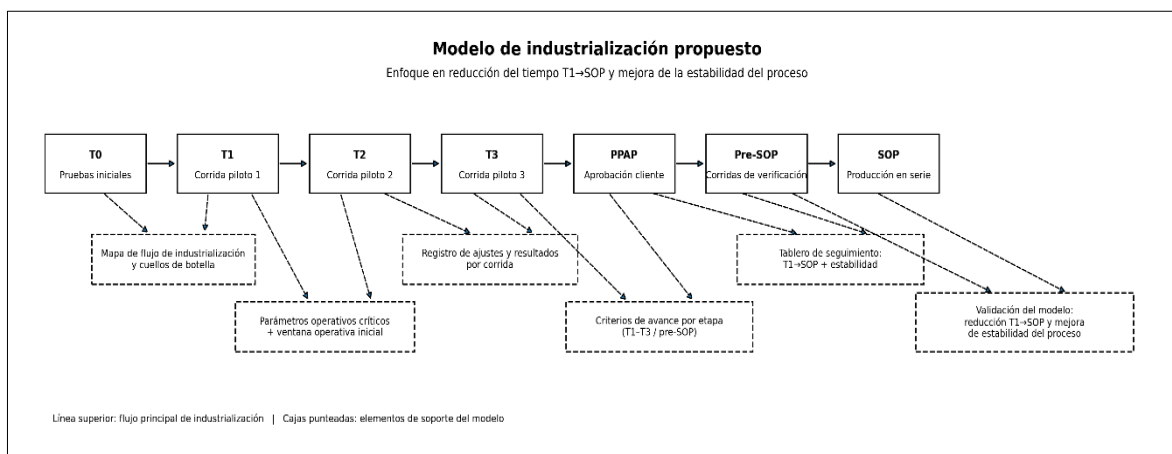


Ilustración 8. Modelo de industrialización propuesto para la reducción del tiempo T0→SOP y la mejora de la estabilidad del proceso.

II.7 Síntesis integradora y justificación del modelo propuesto

De acuerdo con lo revisado en el estado del arte, la reducción del tiempo de industrialización y la mejora de la estabilidad del proceso en lanzamientos de componentes plásticos no dependen únicamente de ejecutar corridas de prueba, sino de gestionar la etapa de arranque como un proceso estructurado, medible y controlado. Los estudios analizados muestran que la estabilidad en moldeo por inyección puede evaluarse mediante indicadores de capacidad, variación y consistencia del proceso; asimismo, evidencian que el uso de datos, el diseño experimental, la optimización de parámetros y las metodologías de mejora estructurada permiten reducir defectos, disminuir iteraciones y mejorar la repetibilidad operativa.

Sin embargo, aunque la literatura aporta herramientas relevantes para mejorar procesos de inyección, optimizar parámetros o monitorear condiciones de operación, se identifica una oportunidad de integración práctica dentro de la etapa de industrialización. En particular, los antecedentes revisados no se enfocan de manera específica en un modelo operativo que conecte la definición temprana de parámetros críticos, la secuencia de corridas T0–T3, la gestión de ajustes y el seguimiento de indicadores de tiempo y estabilidad en un entorno real de lanzamiento automatizado.

Por esta razón, la presente investigación propone un enfoque integrado de industrialización orientado a reducir el tiempo $T0 \rightarrow SOP$ y fortalecer la estabilidad del proceso durante el arranque de nuevos componentes plásticos. El modelo propuesto se justifica porque responde directamente a las brechas identificadas en la operación: falta de parámetros críticos definidos antes de $T0$, corridas de arranque poco estructuradas, ajustes reactivos, baja trazabilidad entre corridas y ausencia de criterios claros para avanzar hacia pre-SOP y SOP.

En este sentido, la estandarización temprana de parámetros operativos críticos se plantea como una acción necesaria para establecer una ventana inicial de referencia y reducir la variabilidad entre corridas. La estructuración de las corridas $T0-T3$ permite ordenar la secuencia de validación del proceso y disminuir iteraciones no planeadas. El registro sistemático de ajustes proporciona trazabilidad técnica para entender qué cambios se realizaron, por qué se hicieron y qué efecto tuvieron en el comportamiento del proceso. Finalmente, el tablero de seguimiento de industrialización permite visualizar el avance del lanzamiento mediante indicadores como lead time $T0 \rightarrow SOP$, número de reprogramaciones, ajustes por corrida, tiempo acumulado de ajuste y porcentaje de corridas dentro de ventana operativa.

Con base en lo anterior, el marco teórico sustenta que el modelo propuesto no surge únicamente como una solución práctica a un problema de planta, sino como una integración de enfoques previamente respaldados por la literatura: estabilidad de proceso, análisis de parámetros, mejora estructurada, Lean, DMAIC y gestión operativa del arranque. De esta manera, la investigación busca aportar un esquema aplicable y medible para transformar la industrialización de componentes plásticos de una dinámica reactiva hacia un proceso más ordenado, repetible y orientado al cumplimiento de SOP.

II.8 Relación teórica entre variables y dimensiones del estudio

Con base en el modelo conceptual presentado, la investigación plantea una relación de influencia entre los factores de intervención en la industrialización y dos variables de resultado: el tiempo de industrialización ($T0 \rightarrow SOP$) y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque.

Desde el punto de vista teórico, la **estandarización temprana de parámetros operativos críticos** proporciona una referencia inicial para ejecutar corridas con mayor consistencia, lo que reduce la necesidad de ajustes improvisados y favorece la repetibilidad entre etapas. De manera complementaria, la **estructuración de la secuencia de corridas de arranque** ($T0-T3$ y pre-SOP), junto con la definición de **criterios de avance**, contribuye a ordenar la transición entre etapas y a disminuir reprogramaciones o iteraciones no planeadas.

Por su parte, el **registro y seguimiento sistemático de ajustes de proceso** permite construir trazabilidad operativa del arranque, facilitando el análisis de decisiones técnicas y la comparación de resultados entre corridas. Esto fortalece la estabilidad del proceso al mejorar la consistencia en la ejecución y reducir la dependencia de respuestas reactivas en sitio. Asimismo, la **gestión visual del arranque** y el **tablero de seguimiento** aportan visibilidad sobre el estado de las corridas, el avance por etapa y los indicadores de desempeño, favoreciendo la coordinación entre áreas y la toma de decisiones oportuna.

En conjunto, estas dimensiones se relacionan teóricamente con una disminución del tiempo total **T0→SOP**, al reducir tiempos de ajuste, repeticiones e interrupciones en la secuencia de industrialización, y con una mejora de la estabilidad del proceso, al promover una mayor consistencia operativa entre corridas y una menor variabilidad en los parámetros de operación. Esta relación constituye el fundamento conceptual de la hipótesis de investigación y orienta la definición de variables e indicadores en el capítulo metodológico.

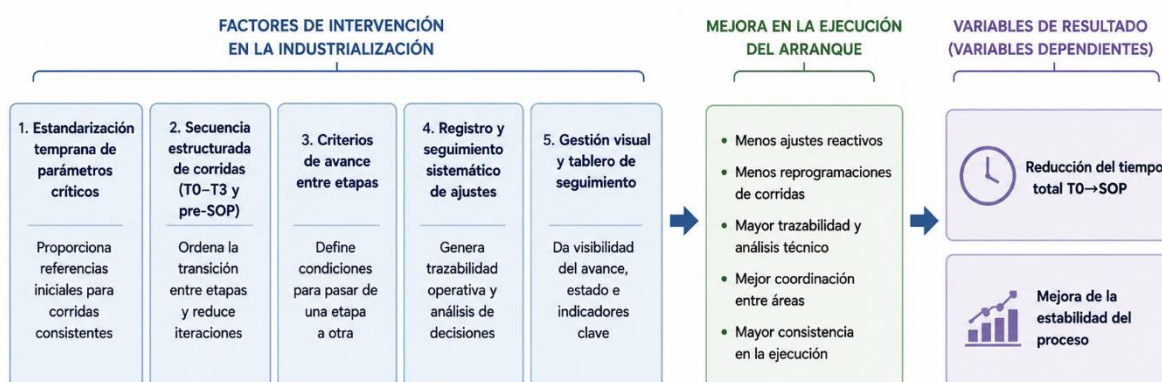


Ilustración 9. Relación entre los factores de intervención, la mejora en la ejecución del arranque y los resultados del proceso de industrialización.

II.9 Cierre del capítulo

El presente capítulo estableció el fundamento teórico y conceptual de la investigación, delimitando el análisis en torno al lanzamiento de nuevos componentes plásticos desde la perspectiva de la industrialización del proceso y no desde un enfoque centrado en el producto. A partir de la revisión realizada, se definieron los conceptos clave, se identificaron antecedentes relevantes y se construyó un modelo conceptual que articula factores de intervención en la industrialización con las variables de resultado del estudio: el tiempo de industrialización (T0→SOP) y la estabilidad del proceso.

Con ello, se proporciona una base suficiente para sustentar el planteamiento de la hipótesis y la lógica de intervención propuesta. En el siguiente capítulo se presenta la metodología de la investigación, incluyendo el diseño del estudio, la selección de casos, la definición operacional de variables e indicadores, las fuentes de información y el procedimiento para evaluar el efecto del modelo propuesto sobre la reducción del tiempo $T0 \rightarrow SOP$ y la mejora de la estabilidad del proceso.

Capítulo III METODOLOGÍA

III.1 Enfoque y diseño de la investigación

III.1.1 Enfoque metodológico de la investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un **enfoque aplicado**, orientado a la mejora del desempeño operativo en un entorno industrial automotriz, específicamente en la etapa de industrialización de nuevos componentes plásticos. El problema de estudio —tiempos prolongados de industrialización y dificultad para estabilizar el proceso durante el arranque— se relaciona de manera directa con el cumplimiento de los programas de lanzamiento y con el uso eficiente de recursos técnicos y productivos en planta.

Dado que la investigación busca intervenir sobre una situación real de operación y proponer un modelo de mejora replicable, se adopta una perspectiva metodológica centrada en el análisis del proceso de industrialización y en la implementación de acciones estructuradas para ordenar la secuencia de arranque. En este contexto, se emplea **Lean** como enfoque para identificar actividades que no agregan valor dentro del flujo de industrialización (esperas, reprogramaciones, iteraciones innecesarias y ajustes no planificados), con el propósito de reducir el tiempo de transición entre T0 y SOP.

Asimismo, se utiliza el ciclo **DMAIC (Definir–Medir–Analizar–Mejorar–Controlar)** como metodología central para estructurar el desarrollo de la investigación. Su aplicación permite organizar de manera secuencial la definición del problema, la medición de indicadores base, el análisis de causas que afectan el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso, el diseño e implementación de mejoras, y la consolidación de mecanismos de seguimiento para sostener el desempeño alcanzado.

De forma complementaria, se consideran **marcos de referencia de lanzamiento** utilizados en la industria automotriz para ordenar etapas, hitos y entregables del proceso de industrialización, así como **DFMA** como soporte conceptual para incorporar criterios de manufacturabilidad y ensamblabilidad que favorezcan la reducción de ajustes durante el arranque. No obstante, el eje metodológico de esta investigación se concentra en la estructuración operativa de la industrialización y en la evaluación de resultados mediante indicadores de tiempo (**T0→SOP**) y estabilidad del proceso.

III.1.2 Tipo de estudio

La presente investigación se clasifica como un **estudio aplicado**, debido a que busca resolver un problema real de desempeño operativo en un entorno industrial automotriz, específicamente en la etapa de industrialización de nuevos componentes plásticos. Su propósito no es únicamente describir un fenómeno, sino diseñar e implementar una intervención metodológica orientada a mejorar resultados concretos en planta.

Asimismo, el estudio presenta características de **estudio de caso** en contexto real, al desarrollarse dentro de una organización específica y sobre lanzamientos de componentes plásticos seleccionados como unidades de análisis. Este enfoque permite analizar con detalle la dinámica de industrialización, las condiciones de arranque y los factores que influyen en el tiempo de transición hacia SOP y en la estabilidad del proceso.

Desde el punto de vista del tratamiento de la información, la investigación adopta un enfoque **predominantemente cuantitativo**, al apoyarse en indicadores de tiempo y estabilidad del proceso para evaluar el efecto de la intervención. De manera complementaria, incorpora elementos de análisis cualitativo-operativo (por ejemplo, revisión de secuencias de arranque, registro de ajustes y observación de eventos de reprogramación) para interpretar el comportamiento del proceso y contextualizar los resultados.

III.1.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es **cuasi-experimental de tipo antes–después en entorno real de operación**, ya que evalúa el efecto de un modelo de intervención sobre el desempeño de la industrialización sin control total de todas las variables del contexto industrial. En este sentido, no se manipulan experimentalmente todas las condiciones del proceso, sino que se implementan acciones metodológicas de mejora dentro de las restricciones y dinámica propias de la planta.

La lógica de evaluación consiste en comparar una **condición de referencia** (desempeño histórico de lanzamientos, previo a la intervención) con una **condición posterior** (desempeño observado tras la aplicación del enfoque propuesto), utilizando indicadores definidos para medir el tiempo de industrialización (T0→SOP) y la estabilidad del proceso durante el arranque.

Este diseño permite valorar la efectividad de la intervención en términos operativos, reconociendo al mismo tiempo la influencia de factores externos propios de los lanzamientos industriales (disponibilidad de materiales, cambios de programación, reprogramaciones de corridas, entre otros). Por ello, la interpretación de resultados se realiza desde una perspectiva de mejora aplicada y no de causalidad absoluta.

III.2 Modelo conceptual y lógica de intervención

La presente tesis se fundamenta en un modelo conceptual que relaciona **factores de intervención en la industrialización** con **variables de resultado** orientadas al desempeño del lanzamiento de nuevos componentes plásticos. La lógica del modelo parte de que una industrialización estructurada, con parámetros operativos definidos y una secuencia de arranque ordenada, puede reducir el tiempo de transición hacia SOP y mejorar la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque.

III.2.1 Variables de resultado (dependientes)

- **Tiempo de industrialización (T0→SOP)**
Tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización (T0) y el inicio formal de la producción en serie (SOP).
- **Estabilidad del proceso durante el arranque**
Grado de consistencia operativa del proceso durante T0–T3 y pre-SOP, evaluado a través de indicadores de repetibilidad entre corridas, variabilidad de parámetros operativos, número de ajustes, iteraciones de corrida y tiempo de estabilización.

III.2.2 Factores de intervención (independientes)

- **Estandarización temprana de parámetros operativos críticos** por familia de piezas y etapa de proceso (moldeo, pintura y ensamble, cuando aplique), incluyendo una ventana operativa inicial de referencia.
- **Estructuración de la secuencia de corridas de arranque** (T0–T3 y pre-SOP), con criterios de avance entre etapas y condiciones de transición hacia SOP.
- **Registro y seguimiento sistemático de ajustes de proceso** durante las corridas, con trazabilidad de cambios de parámetros, resultados y decisiones técnicas por iteración.
- **Gestión operativa del arranque mediante seguimiento visual del proceso**, orientada al control del avance por etapa, estatus de corridas, pendientes técnicos y coordinación entre áreas involucradas.
- **Tablero de seguimiento de industrialización y estabilidad del proceso**, con indicadores integrados de tiempo, iteraciones, ajustes y variabilidad operativa, incluyendo el lead time T0→SOP como métrica principal.

III.2.3 Lógica de intervención metodológica

Con base en este modelo, la metodología se diseña para asegurar una trazabilidad explícita entre:

- El problema del lanzamiento (tiempos prolongados de industrialización e inestabilidad del proceso)

- La medición del desempeño mediante indicadores de tiempo y estabilidad
- El análisis de causas técnicas y organizacionales que afectan el arranque
- La implementación de acciones de estandarización y estructuración de corridas
- El seguimiento del desempeño para sostener la mejora alcanzada.

Esta lógica permite vincular de forma coherente el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos de investigación y la aplicación del ciclo DMAIC, orientando la intervención hacia la reducción del tiempo **T0**→**SOP** y el fortalecimiento de la estabilidad del proceso en lanzamientos de nuevos componentes plásticos.

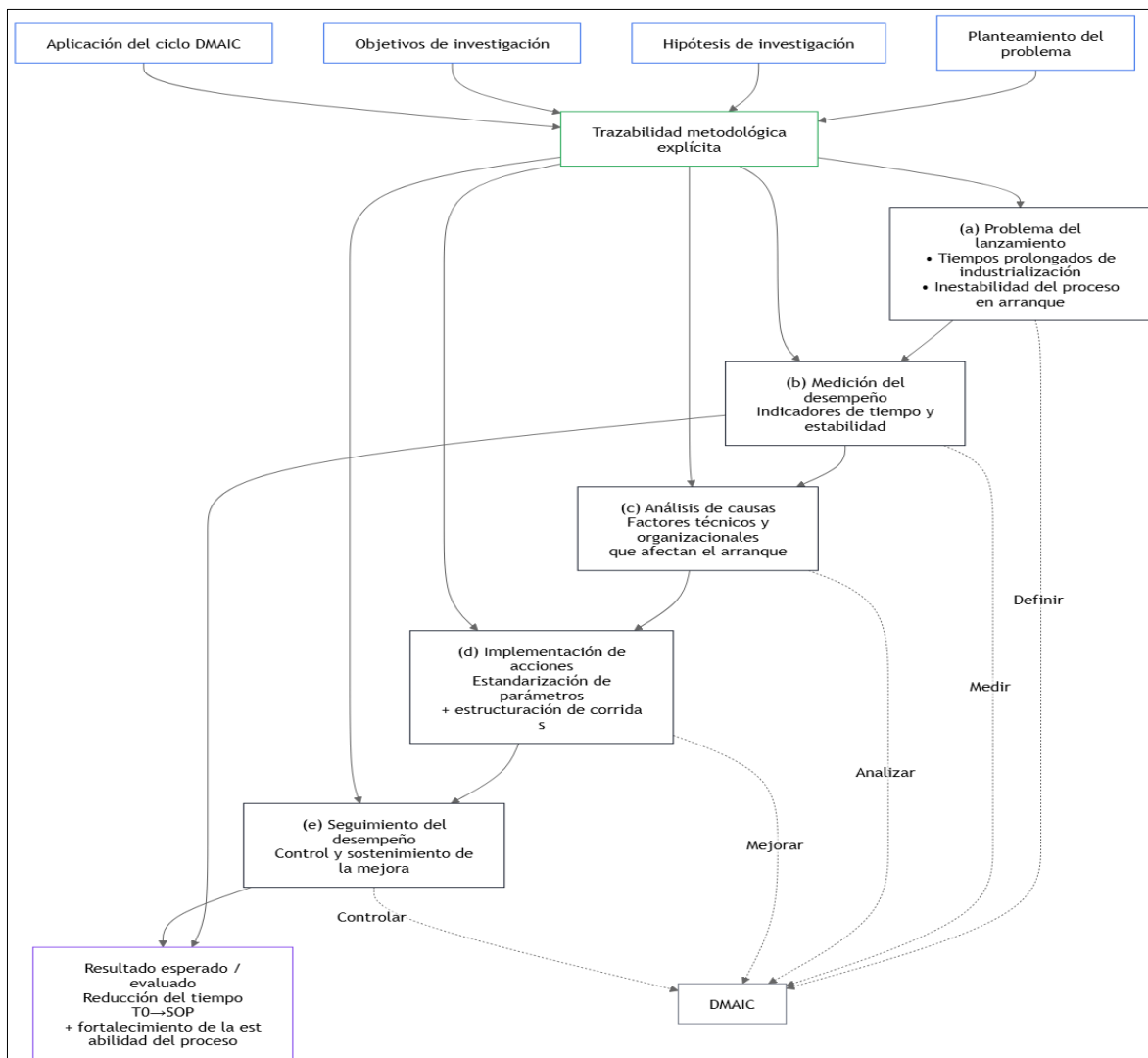


Ilustración 10. Trazabilidad metodológica entre el planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y la aplicación del ciclo DMAIC.

III.2.4 Operacionalización de variables e indicadores

Con el fin de asegurar la trazabilidad entre el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos y la estrategia de evaluación, se establece la operacionalización de las variables de estudio. Esta sección define las variables de resultado, sus dimensiones, indicadores, criterios de medición y fuentes de información, de modo que la evaluación del efecto de la intervención se realice con criterios homogéneos y comparables entre casos.

La operacionalización se enfoca en dos variables de resultado: (1) tiempo de industrialización (T0→SOP) y (2) estabilidad del proceso durante el arranque, ambas evaluadas mediante indicadores operativos derivados de registros de corridas, bitácoras de ajustes y matrices de seguimiento de industrialización.

Tabla 2. Operacionalización de las variables de estudio y sus indicadores de medición.

Variable de estudio	Tipo	Dimensión	Indicador	Definición operativa	Unidad / escala	Fuente de información	Frecuencia de registro	Sentido esperado de mejora
Tiempo de industrialización (T1→SOP)	Dependiente	Duración total del arranque	Lead time T1→SOP	Tiempo transcurrido desde la primera corrida significativa de industrialización (T1) hasta el inicio formal de producción en serie (SOP).	Días / horas	Fechas de hitos de industrialización, registros de lanzamiento	Por caso	Disminuir
Tiempo de industrialización (T1→SOP)	Dependiente	Duración por etapas	Duración por etapa (T1→T2, T2→T3, T3→pre-SOP, pre-SOP→SOP)	Tiempo transcurrido entre etapas consecutivas de industrialización.	Días / horas	Registros de corridas, matriz de seguimiento	Por etapa / por caso	Disminuir
Estabilidad del proceso durante el arranque	Dependiente	Iteración del arranque	Número de iteraciones o repeticiones de corridas	Número de corridas repetidas o iteraciones requeridas para avanzar de una etapa a otra durante el arranque.	Conteo	Registros de corridas, seguimiento de arranque	Por caso / por etapa	Disminuir
Estabilidad del proceso durante el arranque	Dependiente	Intensidad de ajuste	Número de ajustes por corrida	Cantidad de ajustes de proceso realizados en una corrida de arranque, documentados en bitácora.	Conteo	Bitácora de ajustes de proceso	Por corrida	Disminuir
Estabilidad del proceso durante el arranque	Dependiente	Esfuerzo de estabilización	Tiempo acumulado de ajuste	Suma del tiempo invertido en ajustes de proceso durante las corridas de arranque de un caso.	Horas / minutos	Registros de tiempos de ajuste, bitácora	Por caso	Disminuir
Estabilidad del proceso durante el arranque	Dependiente	Variabilidad operativa	Variabilidad de parámetros operativos entre corridas	Variación observada en parámetros operativos críticos entre corridas consecutivas (según formato de registro del caso). Puede expresarse como rango, desviación estándar o variación relativa.	Rango / desviación / %	Formatos de corrida, bitácora de ajustes	Por parámetro / por caso	Disminuir
Estabilidad del proceso durante el arranque	Dependiente	Repetibilidad operativa	Consistencia de ejecución entre corridas	Grado en que las corridas se ejecutan con menor dispersión de ajustes, menor reprogramación y mayor continuidad de avance entre etapas. Se interpreta de forma comparativa antes-después.	Cualitativa estructura da + apoyo cuantitativo	Matriz de seguimiento, registros de corridas, notas operativas	Por caso	Mejorar
Desempeño del arranque (apoyo analítico)	Complementario	Flujo de industrialización	Eventos de reprogramación	Número de reprogramaciones o interrupciones relevantes que afectan la secuencia de arranque del caso.	Conteo	Registros de seguimiento de lanzamiento	Por caso	Disminuir

Tabla III.1. Operacionalización de variables e indicadores del estudio

III.3 Alcance, contexto y unidad de análisis

El contexto de la investigación corresponde a lanzamientos de nuevos componentes plásticos en una empresa del sector automotriz, donde la etapa de industrialización representa una fase crítica por su efecto en el cumplimiento del programa de arranque, la utilización de recursos técnicos y la transición oportuna hacia la producción en serie.

La investigación se delimita a la **etapa de industrialización y arranque del proceso**, con énfasis en las corridas T0–T3, pre-SOP y su transición a SOP. Esta delimitación responde a que, en la práctica, es en dicha etapa donde se concentran con mayor frecuencia iteraciones de corrida, ajustes recurrentes de parámetros, reprogramaciones y dificultades para estabilizar el proceso, lo que prolonga el tiempo de industrialización.

El estudio se desarrolla en un entorno industrial real y adopta un enfoque aplicado de mejora del desempeño operativo. En este sentido, el análisis considera tanto factores técnicos (definición de parámetros operativos, comportamiento del proceso durante corridas, ajustes y repetibilidad) como factores de gestión del arranque (secuencia de corridas, criterios de avance y coordinación entre áreas).

III.3.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis es **cada lanzamiento de nuevo componente plástico** incluido en el estudio, considerado como un caso de industrialización y arranque de proceso. Cada caso se evalúa a partir de:

- El **tiempo de industrialización (T0→SOP)**
- La **estabilidad del proceso durante las corridas de arranque (T0–T3 y pre-SOP)**, observada mediante indicadores de repetibilidad operativa, variabilidad de parámetros, número de ajustes e iteraciones de corrida.

De manera complementaria, el análisis incorpora el flujo de industrialización asociado a cada caso (corridas, transiciones entre etapas y eventos de ajuste) con el fin de comparar el desempeño antes y después de la aplicación del enfoque propuesto.

III.3.2 Criterios de selección de casos

- Encontrarse dentro del alcance de la etapa de industrialización y arranque del proceso (corridas T0–T3, pre-SOP y transición a SOP);

- Contar con registros mínimos que permitan reconstruir la secuencia de corridas, transiciones entre etapas y tiempos asociados;
- Disponer de información sobre ajustes de proceso, iteraciones de corrida y eventos relevantes de reprogramación o interrupción;
- Permitir la identificación de hitos de industrialización (T0, T2, T3, pre-SOP y SOP) con un criterio operativo consistente.

La selección final se realizó mediante muestreo intencional por criterios. Se revisaron los proyectos disponibles y se conservaron aquellos que contaban con información suficiente y comparable respecto de fechas de industrialización, corridas ejecutadas, reprogramaciones, ajustes, iteraciones e hitos. Los casos fueron clasificados en condición base o condición de mejora según la presencia y el nivel de aplicación de los elementos del modelo integrado de industrialización. Las diferencias relacionadas con pintura, ensamble y complejidad operativa se documentaron para considerarlas durante la interpretación de resultados.

De forma complementaria, se privilegiarán casos que presenten **condiciones de comparación razonablemente semejantes**, al menos en términos de tipo de proceso (por ejemplo, moldeo por inyección con o sin operaciones subsecuentes), etapa de arranque y disponibilidad de seguimiento documental.

Se excluirán del análisis comparativo los casos que presenten alguna de las siguientes condiciones:

- III.3.2.1 Ausencia de registros suficientes para reconstruir el flujo de industrialización;
- III.3.2.2 Ambigüedad en la definición de hitos del arranque que impida medir el tiempo T0→SOP;
- III.3.2.3 Interrupciones extraordinarias no documentadas que comprometan la interpretación del desempeño;
- III.3.2.4 Cambios de alcance del proyecto que imposibiliten la comparación metodológica con otros casos.

La selección de casos no busca representar estadísticamente a toda la población de lanzamientos, sino **construir una base de análisis aplicada** que permita evaluar el comportamiento del modelo de intervención en condiciones reales de operación y generar evidencia útil para su replicabilidad en futuros proyectos.

III.4 Diseño metodológico y estrategia de evaluación

El diseño metodológico de la investigación se orienta a evaluar el efecto de la intervención propuesta sobre el desempeño de la industrialización de nuevos componentes plásticos, con énfasis en dos

variables de resultado: **el tiempo de industrialización (T0→SOP) y la estabilidad del proceso durante el arranque.**

La estrategia de evaluación se sustenta en la lógica planteada por el modelo conceptual, según la cual la implementación de los factores de intervención (estandarización temprana de parámetros operativos, estructuración de corridas de arranque, criterios de avance entre etapas, seguimiento de ajustes y tablero de seguimiento) debe reflejarse en una mejora del desempeño del lanzamiento. Dicha mejora se evaluará mediante la comparación de indicadores de tiempo y estabilidad del proceso entre una condición de referencia (desempeño histórico) y la condición posterior a la aplicación del enfoque propuesto.

En congruencia con la hipótesis de investigación, la tesis incorpora una expectativa cuantitativa de mejora en el tiempo de industrialización y en la consistencia operativa del proceso. No obstante, este apartado no presenta resultados, sino que define el **procedimiento metodológico** mediante el cual se generará y analizará la evidencia empírica para valorar el efecto de la intervención.

Por ello, el diseño metodológico contempla:

- a) la definición de indicadores de evaluación,
- b) la recopilación de datos de referencia y de seguimiento,
- c) la aplicación del enfoque de intervención en los casos seleccionados, y
- d) la comparación sistemática del desempeño antes y después, con base en criterios previamente establecidos para interpretar mejoras en tiempo de industrialización y estabilidad del proceso.

III.5 Matriz de alineación metodológica de la investigación

Con el propósito de asegurar la coherencia interna de la investigación, se establece una matriz de alineación metodológica que relaciona el problema de investigación, el objetivo general, las variables de estudio, los factores de intervención y los indicadores utilizados para evaluar los resultados. Esta matriz permite verificar que cada elemento metodológico se encuentre vinculado con el propósito central de la tesis: reducir el tiempo de industrialización T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso durante el lanzamiento de nuevos componentes plásticos.

Tabla 3. Matriz de congruencia entre el problema, los objetivos, las variables y la metodología de la investigación.

Elemento	Relación dentro de la investigación
Problema de investigación	Tiempos prolongados de industrialización e inestabilidad del proceso durante el arranque de nuevos componentes plásticos.

Objetivo general	Reducir el tiempo T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso mediante un modelo estructurado de industrialización.
Variable de resultado 1	Tiempo de industrialización T0→SOP.
Variable de resultado 2	Estabilidad del proceso durante corridas T0–T3 y pre-SOP.
Factores de intervención	Estandarización temprana de parámetros, estructuración de corridas, criterios de avance, bitácora de ajustes y tablero de seguimiento.
Metodología de soporte	Ciclo DMAIC aplicado a la industrialización de lanzamientos.
Indicadores de evaluación	Lead time T0→SOP, reprogramaciones, ajustes por corrida, tiempo acumulado de ajuste, corridas dentro de ventana operativa y cumplimiento de hitos.
Evidencia utilizada	Comparación entre proyectos base históricos y proyectos con aplicación del modelo propuesto.

Tabla III.2. Matriz de alineación metodológica de la investigación

III.6 Desarrollo del ciclo DMAIC aplicado a la industrialización de lanzamientos

El ciclo DMAIC se utilizó como estructura metodológica para ordenar el desarrollo de la intervención propuesta en la etapa de industrialización de nuevos componentes plásticos. Su aplicación permitió relacionar el problema identificado con una secuencia lógica de trabajo: definir el alcance del problema, medir el desempeño inicial, analizar las causas que afectan el tiempo y la estabilidad, implementar acciones de mejora y establecer mecanismos de control para sostener los resultados.

En esta investigación, DMAIC no se aplicó únicamente como una herramienta de mejora de calidad, sino como un marco de trabajo para estructurar el proceso de lanzamiento desde T0 hasta SOP. De esta manera, cada fase se relacionó directamente con las variables principales del estudio: el tiempo de industrialización T0→SOP y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque.



Ilustración 11. Etapas del ciclo DMAIC dentro de la metodología Lean Six Sigma.

III.6.1 Fase Definir (D)

En la fase Definir se delimitó el problema central de la investigación, relacionado con tiempos prolongados de industrialización, falta de estandarización temprana de parámetros operativos y dificultad para estabilizar el proceso durante las primeras corridas de arranque.

El propósito de esta fase fue establecer con claridad el alcance del estudio, las variables de análisis y los objetivos de la intervención. Para ello, se identificó el flujo general de industrialización, considerando las etapas T0, T1, T2, T3, pre-SOP y SOP, así como las principales actividades asociadas a la preparación, ejecución, ajuste y validación del proceso.

Durante esta fase también se definieron las variables de resultado: tiempo de industrialización T0→SOP y estabilidad del proceso. Asimismo, se establecieron como factores de intervención la estandarización temprana de parámetros operativos críticos, la estructuración de corridas de arranque, la definición de criterios de avance, el registro sistemático de ajustes y el uso de un tablero de seguimiento.

Como entregables de esta fase se obtuvieron la definición formal del problema, el alcance de la intervención, las variables de estudio, los indicadores de evaluación y la estructura general del modelo de industrialización propuesto.

III.6.1.1 **Propósito:** formalizar el problema de investigación en la etapa de industrialización del lanzamiento y establecer el marco de evaluación, alcance y límites del estudio.

III.6.1.2 **Procedimiento metodológico:**

- Definir el problema central en términos de desempeño de industrialización: **tiempo prolongado de transición de T0 a SOP y dificultad para estabilizar el proceso durante el arranque.**
- Establecer como variables de resultado del estudio:
 - **Tiempo de industrialización (T0→SOP).**
 - **Estabilidad del proceso durante T0–T3 y pre-SOP,** evaluada mediante indicadores de repetibilidad operativa, variabilidad de parámetros, número de ajustes e iteraciones.
- Delimitar el alcance de la intervención a la etapa de industrialización y arranque del proceso, definiendo etapas de análisis (T0–T3, pre-SOP y transición a SOP).
- Precisar el marco metodológico de trabajo, utilizando **Lean** para el análisis del flujo de industrialización y **DMAIC** como estructura de intervención.
- Establecer, como referencia organizativa, los marcos de lanzamiento utilizados en la industria automotriz para la secuencia de etapas, hitos y entregables del arranque.

Salidas esperadas (entregables):

Definición formal del problema, objetivos del proyecto DMAIC, variables e indicadores de evaluación, alcance del estudio y estructura metodológica de intervención para la industrialización de lanzamientos.

III.6.2 **Fase Medir (M)**

En la fase Medir se estableció la línea base del desempeño de la industrialización, con el fin de contar con información inicial para comparar la condición previa y posterior a la aplicación del modelo propuesto.

Esta fase se enfocó en recopilar y organizar datos relacionados con el tiempo T0→SOP, duración por etapa, número de reprogramaciones, número de iteraciones, cantidad de ajustes por corrida, tiempo acumulado de ajuste y porcentaje de corridas dentro de la ventana operativa definida.

Para fortalecer la trazabilidad de la información, se consideraron registros históricos de lanzamientos, formatos de seguimiento, bitácoras de ajustes, fechas de corridas y evidencias disponibles del proceso de arranque. La información fue organizada de manera que permitiera comparar el desempeño de proyectos base contra proyectos en los que se aplicó el enfoque de mejora.

Como entregables de esta fase se generaron la línea base de desempeño, el esquema de indicadores y los formatos de medición utilizados para dar seguimiento a las corridas, ajustes y tiempos de transición durante la industrialización.

- **Propósito:** construir una línea base de medición confiable para evaluar el desempeño de la industrialización en términos de tiempo y estabilidad del proceso.
- **Procedimiento metodológico:**
 - Definir el esquema de medición de las variables de resultado del modelo:
 - **Lead time T0→SOP.** Duración por etapa de industrialización (T0→T2, T2→T3, T3→pre-SOP, pre-SOP→SOP).
 - Número de iteraciones o repeticiones de corridas.
 - Número de ajustes de proceso por corrida.
 - Tiempo acumulado de ajuste durante el arranque.
 - Variabilidad de parámetros operativos críticos entre corridas.
- Diseñar y/o adaptar formatos de registro para recopilar información de corridas, ajustes, transiciones entre etapas y tiempos asociados.
- Levantar la línea base de desempeño a partir de datos históricos y/o casos de referencia, según disponibilidad de información.
- Verificar consistencia, trazabilidad y comparabilidad de los registros utilizados para la evaluación antes vs. después.

Salidas esperadas (entregables):

Línea base de desempeño de industrialización (tiempo y estabilidad del proceso), esquema de indicadores y formatos de medición para seguimiento de corridas, ajustes y tiempos de transición.

III.6.3 Fase Analizar (A)

En la fase Analizar se examinaron las causas que contribuyen al incremento del tiempo de industrialización y a la inestabilidad del proceso durante el arranque. El análisis se enfocó tanto en factores técnicos como organizacionales que afectan la transición de T0 a SOP.

Entre los elementos analizados se consideraron la falta de parámetros críticos definidos antes de T0, la ausencia de criterios claros de avance entre etapas, las reprogramaciones de corridas, los ajustes repetitivos, la baja trazabilidad de decisiones técnicas y la variabilidad en la ejecución entre corridas consecutivas.

Asimismo, se revisó el flujo de industrialización para identificar cuellos de botella relacionados con disponibilidad de herramientas, set-up, materiales, metrología, coordinación entre áreas y

documentación del proceso. Este análisis permitió priorizar los factores con mayor impacto sobre el lead time $T0 \rightarrow SOP$ y sobre la estabilidad del proceso.

Como entregables de esta fase se obtuvieron el diagnóstico del proceso de industrialización, la identificación de causas principales y la definición de los focos de intervención que serían abordados en la fase de mejora.

- Propósito: identificar y priorizar los factores técnicos y organizacionales que explican el desempeño actual de la industrialización, especialmente los tiempos prolongados y la inestabilidad durante el arranque.
- Procedimiento metodológico:
 - Analizar el flujo actual de industrialización para identificar cuellos de botella, esperas, reprogramaciones, interrupciones y secuencias de trabajo no estandarizadas.
 - Identificar patrones en las corridas de arranque relacionados con:
 - ajustes recurrentes,
 - iteraciones no planeadas,
 - cambios frecuentes de parámetros,
 - falta de criterios de avance entre etapas,
 - variabilidad en la ejecución entre corridas.
 - Relacionar los hallazgos del análisis con la evidencia observada en planta (arranques reactivos, ausencia de parámetros operativos de referencia, baja trazabilidad de ajustes y dificultades de coordinación entre áreas).
 - Priorizar los factores de intervención con base en su impacto sobre el tiempo $T0 \rightarrow SOP$ y sobre la estabilidad del proceso.

Salidas esperadas (entregables):

Diagnóstico del proceso de industrialización, listado priorizado de causas y factores críticos que afectan el arranque, y definición de focos de intervención para la fase de mejora.

III.6.4 Fase Mejorar (I)

En la fase Mejorar se implementaron las acciones del modelo de industrialización propuesto, orientadas a reducir iteraciones, ordenar las corridas de arranque y fortalecer la estabilidad del proceso.

Las principales acciones de mejora fueron la definición temprana de parámetros operativos críticos por familia de piezas, la creación de una ventana operativa inicial, la estructuración de la secuencia

de corridas T0–T3, la definición de criterios de avance entre etapas y el registro sistemático de ajustes realizados durante cada corrida.

De igual forma, se incorporaron mecanismos de gestión visual para dar seguimiento al estatus de las corridas, pendientes técnicos, avance por etapa y coordinación entre áreas. Estos elementos se integraron en un tablero de seguimiento de industrialización, el cual permitió monitorear indicadores de tiempo, ajustes, iteraciones y estabilidad del proceso.

Como entregables de esta fase se obtuvo un paquete operativo de industrialización conformado por parámetros estandarizados, secuencia de corridas definida, criterios de avance, formatos de registro de ajustes y tablero de seguimiento del proceso.

- Propósito: implementar el conjunto de intervenciones del modelo conceptual para estructurar el arranque, reducir iteraciones y fortalecer la estabilidad del proceso durante la industrialización.
- Procedimiento metodológico (intervenciones del modelo):
 - Implementar la estandarización temprana de parámetros operativos críticos por familia de piezas y etapa de proceso (moldeo, pintura, ensamble, cuando aplique), incluyendo una ventana operativa inicial de referencia.
 - Estructurar la secuencia de corridas de arranque (T0–T3 y pre-SOP), estableciendo criterios de avance entre etapas y condiciones de transición hacia SOP.
 - Implementar un registro sistemático de ajustes de proceso por corrida, con trazabilidad de cambios, resultados observados y decisiones técnicas.
 - Desplegar mecanismos de gestión visual del arranque orientados al seguimiento del proceso (estatus de corridas, avance por etapa, pendientes técnicos y coordinación entre áreas).
 - Consolidar un tablero de seguimiento de industrialización y estabilidad del proceso con indicadores de tiempo, iteraciones, ajustes y variabilidad operativa, incluyendo el lead time T0→SOP como indicador principal.

Salidas esperadas (entregables):

Paquete operativo de industrialización que incluya parámetros operativos estandarizados, secuencia de corridas definida, criterios de avance por etapa, formatos de registro de ajustes y tablero de seguimiento habilitado.

III.6.5 Fase Controlar (C)

En la fase Controlar se establecieron mecanismos para sostener las mejoras implementadas y facilitar la replicabilidad del modelo en futuros lanzamientos de componentes plásticos.

Esta fase incluyó la estandarización del uso de formatos de seguimiento, la revisión periódica de indicadores, la documentación de ajustes realizados y la conservación de evidencia técnica generada durante las corridas de arranque. También se definieron lineamientos para revisar el cumplimiento de criterios de avance antes de pasar de una etapa a otra.

Los indicadores considerados para el control fueron el tiempo $T0 \rightarrow SOP$, duración por etapa, número de iteraciones, tiempo acumulado de ajuste, número de ajustes por corrida, porcentaje de corridas dentro de ventana operativa y cumplimiento de hitos del lanzamiento.

Como entregables de esta fase se obtuvo un esquema de seguimiento estandarizado para la industrialización de lanzamientos, así como criterios operativos, formatos y tablero de indicadores documentados para su uso en proyectos posteriores.

- **Propósito:** asegurar el sostenimiento de las mejoras implementadas y consolidar un esquema de industrialización replicable para futuros lanzamientos.
- **Procedimiento metodológico:**
 - Estandarizar el uso de formatos y mecanismos de seguimiento para la ejecución de corridas, registro de ajustes, revisión de criterios de avance y monitoreo de indicadores.
 - Establecer una rutina de seguimiento del desempeño de industrialización con revisión periódica de:
 - tiempo $T0 \rightarrow SOP$,
 - duración por etapa,
 - iteraciones,
 - tiempos de ajuste,
 - estabilidad del proceso durante el arranque.
 - Definir lineamientos de replicabilidad del modelo en proyectos futuros, manteniendo la trazabilidad metodológica del enfoque aplicado.
 - Documentar lecciones aprendidas y ajustes al modelo de intervención para fortalecer su aplicación en lanzamientos posteriores.

Salidas esperadas (entregables):

Esquema estandarizado de industrialización y seguimiento del arranque, con criterios operativos, formatos y tablero de indicadores documentados para su reutilización en futuros lanzamientos.

La aplicación del ciclo DMAIC permitió estructurar la industrialización de lanzamientos como un proceso medible, controlado y replicable. A través de sus cinco fases, fue posible conectar el diagnóstico del problema con acciones concretas de mejora y con indicadores que permiten evaluar el efecto del modelo propuesto sobre el tiempo $T0 \rightarrow SOP$ y la estabilidad del proceso. De esta manera, DMAIC funcionó como el eje metodológico para transformar una dinámica de arranque reactiva en una secuencia de trabajo más ordenada y sustentada en información operativa.

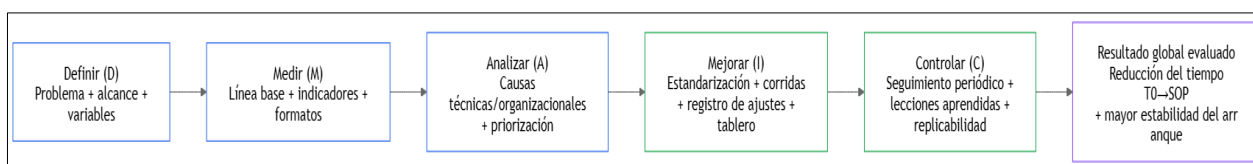


Ilustración 12. Aplicación secuencial del ciclo DMAIC y resultados esperados en el proceso de industrialización.

III.7 Operacionalización de variables e indicadores

La operacionalización de variables permite traducir los conceptos principales de la investigación en indicadores medibles. En este estudio, las variables de resultado son el tiempo de industrialización $T0 \rightarrow SOP$ y la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque. Para su evaluación, se definieron indicadores cuantitativos y operativos que permiten comparar la condición base histórica contra la condición posterior a la implementación del modelo propuesto.

Tabla 4. Indicadores, criterios de cálculo e interpretación de las variables de estudio.

Variable	Indicador	Fórmula o criterio de cálculo	Unidad	Fuente de información	Interpretación
Tiempo de industrialización	Lead time T0→SOP	Fecha SOP - Fecha T0	Días	Cronograma y registros de lanzamiento	Menor valor indica menor tiempo de industrialización.
Tiempo de industrialización	Duración por etapa	Fecha final de etapa - fecha inicial de etapa	Días	Registros de corridas	Permite identificar etapas con mayor consumo de tiempo.
Tiempo de industrialización	Número de reprogramaciones	Conteo de cambios de fecha o secuencia	Reprogramaciones	Tablero de seguimiento	Menor número indica mayor control del lanzamiento.
Estabilidad del proceso	Ajustes por corrida	Total de ajustes / número de corridas	Ajustes/corrida	Bitácora de ajustes	Menor valor indica menor necesidad de intervención reactiva.
Estabilidad del proceso	Tiempo acumulado de ajuste	Suma total de horas dedicadas a ajustes	Horas	Formato de prueba de producción	Menor valor indica mayor estabilidad operativa.
Estabilidad del proceso	Corridas dentro de ventana operativa	Corridas dentro de ventana / total de corridas × 100	Porcentaje	Registro de parámetros	Mayor porcentaje indica mayor consistencia del proceso.
Gestión del lanzamiento	Cumplimiento de hitos	Hitos cumplidos / hitos planeados × 100	Porcentaje	Plan de lanzamiento	Mayor porcentaje indica mejor seguimiento del proyecto.
Implementación del modelo	Nivel de implementación	Elementos aplicados / elementos definidos × 100	Porcentaje	Checklist de implementación	Mayor porcentaje indica mayor adopción del modelo propuesto.

Tabla IV.1. Caracterización de los casos analizados

III.8 Modelo integrado de industrialización propuesto

El modelo integrado de industrialización propuesto se diseñó para ordenar la etapa de lanzamiento de nuevos componentes plásticos desde la primera corrida significativa de industrialización hasta el inicio formal de producción en serie. Su propósito es pasar de una dinámica reactiva, basada en ajustes de último momento, a una secuencia estructurada de trabajo que permita anticipar condiciones críticas, controlar la ejecución de corridas y dar seguimiento al comportamiento del proceso.

El modelo se compone de cinco elementos principales: estandarización temprana de parámetros operativos críticos, estructuración de corridas T0–T3, definición de criterios de avance, registro sistemático de ajustes y tablero de seguimiento de industrialización. Estos elementos se relacionan directamente con las variables de resultado del estudio, ya que buscan reducir el tiempo T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso durante el arranque.

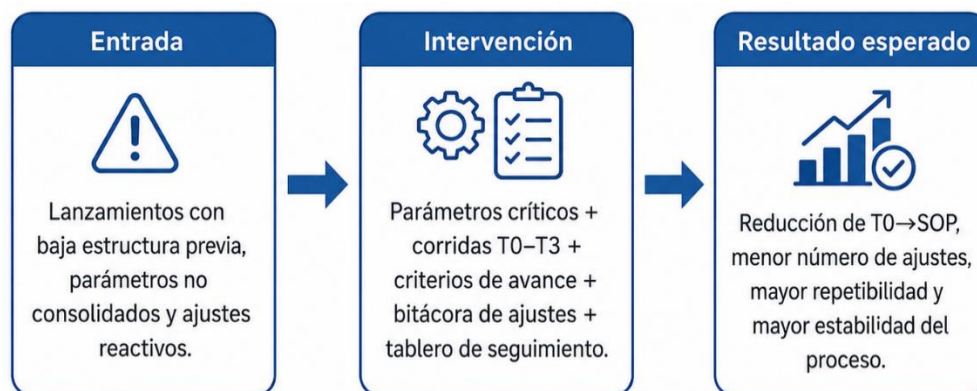


Ilustración 13. Modelo conceptual de intervención para la mejora del proceso de industrialización de nuevos componentes plásticos.

El modelo no busca sustituir los marcos existentes de lanzamiento automotriz, sino fortalecer su ejecución operativa dentro de planta. Su aportación principal consiste en integrar herramientas de seguimiento, criterios de avance e indicadores de estabilidad en una estructura práctica para la toma de decisiones durante las corridas de arranque.

III.9 Consideraciones de confidencialidad de la información

Debido a la naturaleza industrial del estudio, la información utilizada fue tratada bajo criterios de confidencialidad. Los nombres reales de proyectos, clientes, números de parte, parámetros técnicos específicos, fechas sensibles y nombres de personal fueron omitidos, codificados o sustituidos por referencias genéricas. Esta medida permite presentar la estructura metodológica, los indicadores y el análisis comparativo sin comprometer información estratégica de la organización.

Los proyectos analizados se identifican mediante códigos genéricos, con el propósito de conservar la trazabilidad metodológica sin revelar información interna. De igual forma, los formatos incluidos en apéndices se presentan como machotes representativos, sin datos reales de producto, cliente, parámetros de proceso o personal involucrado.

Estas consideraciones no afectan el propósito académico de la investigación, ya que el estudio se centra en la estructura del modelo, la lógica de medición, el análisis comparativo y la interpretación

de indicadores de desempeño. Por lo tanto, la confidencialidad se mantiene sin limitar la explicación metodológica ni la discusión de resultados.

III.10 Matriz de riesgos del proceso de industrialización

Como parte del enfoque metodológico, se identificaron riesgos operativos que pueden afectar el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso durante el lanzamiento de nuevos componentes plásticos. Estos riesgos se relacionan principalmente con la disponibilidad de materiales, herramentales, recursos técnicos, información de proceso y coordinación entre áreas.

Tabla 5. Matriz de riesgos, impactos y acciones de control en el proceso de industrialización.

Riesgo identificado	Impacto en la industrialización	Acción de control propuesta
Retraso en la llegada de material	Reprogramación de corridas y aumento del tiempo T0—SOP.	Seguimiento anticipado con logística, compras y proveedores.
Falta de herramental disponible	Retraso en T0, T1 o validaciones posteriores.	Checklist previo de disponibilidad de moldes, gauges y dispositivos.
Parámetros críticos no definidos	Ajustes reactivos durante las primeras corridas.	Definir árbol de parámetros antes de T0.
Falta de disponibilidad de metrología	Retraso en la validación de piezas y decisiones técnicas.	Confirmar recursos de medición antes de cada corrida.
Cambios de requerimientos del cliente	Repetición de pruebas o modificación de condiciones de proceso.	Aplicar control de cambios y actualizar criterios de avance.
Falta de registro de ajustes	Pérdida de trazabilidad entre corridas.	Usar bitácora única de ajustes por proyecto.
Baja coordinación entre áreas	Retrasos en toma de decisiones y actividades paralelas.	Reuniones cortas de seguimiento y tablero visual de lanzamiento.
Criterios de avance no definidos	Transición prematura o tardía entre etapas.	Establecer criterios mínimos para pasar de T0 a T1, T2, T3, pre-SOP y SOP.

Esta matriz permite anticipar condiciones que pueden afectar el desempeño del lanzamiento y refuerza la necesidad de contar con un modelo de industrialización estructurado, medible y documentado.

III.11 Fuentes de información e instrumentos de recolección de datos

III.11.1 Fuentes de información

La investigación utiliza fuentes de información internas del proceso de industrialización y arranque de los lanzamientos seleccionados. Las principales fuentes consideradas son

- Registros de corridas de arranque (T0–T3 y pre-SOP);
- Fechas de hitos de industrialización y transición a SOP;
- Bitácoras o formatos de ajustes de proceso por corrida;
- Registros de tiempos de ajuste, reprogramaciones e iteraciones;
- Documentos operativos de seguimiento de lanzamiento y secuencia de actividades;
- Evidencia de coordinación y avance entre etapas (cuando se encuentre documentada en formatos internos).

La información histórica se emplea como condición de referencia para la comparación antes–después, siempre que cumpla con criterios mínimos de consistencia, trazabilidad y comparabilidad metodológica.¹⁰

III.11.2 Instrumentos de recolección de datos

Para asegurar la uniformidad en la captura y análisis de información, se diseñó un formato manual de prueba de producción para lanzamiento. Este instrumento fue elaborado con el propósito de documentar de manera estructurada la información generada durante las corridas de industrialización, incluyendo datos generales del proyecto, fechas clave, condiciones previas, parámetros críticos, ventana operativa, corridas realizadas, ajustes efectuados, criterios de cierre, indicadores de desempeño y acciones abiertas.

El formato permite registrar la evolución de las etapas T0, T1, T2, T3, pre-SOP y SOP, considerando fechas planeadas, fechas reales, diferencias en días, cumplimiento de actividades y motivos de reprogramación. Esta información facilita el seguimiento del tiempo de industrialización y permite identificar desviaciones entre la planeación inicial y la ejecución real del lanzamiento.

Asimismo, el instrumento integra una sección de condiciones previas a la prueba, en la cual se verifica la existencia de parámetros críticos definidos, ventana operativa establecida, criterios de avance entre etapas, bitácora de ajustes, tablero de seguimiento, material disponible, condiciones de máquina/molde y personal entrenado. Estos elementos permiten evaluar el nivel de preparación antes de ejecutar la corrida y ayudan a disminuir la improvisación durante el arranque.

Además, el formato incluye un apartado para documentar los parámetros críticos del proceso y su ventana operativa, mediante el registro de valores nominales, límites inferiores, límites superiores, valores reales y cumplimiento. Esta sección permite dar seguimiento a la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque y relacionar los ajustes realizados con el comportamiento operativo observado.

El instrumento también considera el registro detallado de cada corrida, incluyendo número de corrida, hora de inicio y fin, plan de piezas, piezas OK, piezas NG, cumplimiento de ventana operativa, ajustes realizados, tiempo de ajuste, resultado de la corrida y observaciones relevantes. Con esta información se facilita el análisis de iteraciones, ajustes promedio por corrida, tiempo acumulado de ajuste y porcentaje de corridas dentro de ventana operativa.

Finalmente, el formato contiene apartados para el registro de hitos y criterios de cierre, resumen de indicadores, acciones abiertas y firmas de validación por parte de las áreas involucradas. La información obtenida mediante este instrumento se utiliza como apoyo para calcular indicadores como número de corridas, número de iteraciones, ajustes promedio por corrida, tiempo acumulado de ajuste, porcentaje de corridas dentro de ventana operativa, porcentaje de hitos cumplidos y nivel de implementación.

Debido a la confidencialidad de la información industrial, el formato completo se presenta en el Apéndice A como machote vacío, sin datos reales de la empresa, clientes, números de parte, parámetros técnicos específicos o nombres de personal. Su inclusión tiene como finalidad evidenciar la estructura metodológica propuesta para estandarizar la documentación de pruebas de producción durante la etapa de lanzamiento.

III.11.3 Criterios de uso de la información

Con fines metodológicos, la información recolectada se organizará bajo criterios homogéneos de definición de etapas (T0, T2, T3, pre-SOP y SOP), unidad de tiempo, trazabilidad por caso y consistencia en el registro de eventos de arranque. Esto permitirá mejorar la comparabilidad entre casos y fortalecer la validez del análisis antes–después.

III.11.4 Definiciones operacionales de variables e indicadores

Con el propósito de asegurar la consistencia de medición, la comparabilidad entre casos y la trazabilidad del análisis antes–después, la investigación establecerá definiciones operacionales para los principales hitos e indicadores empleados en la evaluación del desempeño de industrialización.

Estas definiciones permitirán unificar criterios de registro e interpretación en los casos analizados, evitando ambigüedades derivadas de prácticas distintas de documentación entre proyectos o áreas involucradas.

De manera general, se definirán operativamente los siguientes elementos:

- **T0, T1, T2, T3 y pre-SOP:** hitos de corridas de industrialización y arranque, con criterios de identificación y registro por caso.
- **SOP (Start of Production):** punto de referencia utilizado como cierre del intervalo de industrialización, conforme a la definición operativa adoptada en el estudio.
- **Lead time T0→SOP:** tiempo transcurrido entre la corrida T0 y el inicio formal de SOP, expresado en la unidad de tiempo definida para la investigación.
- **Iteración de corrida:** repetición de una etapa de arranque o ejecución adicional de pruebas/ajustes dentro de la secuencia de industrialización.
- **Ajuste de proceso:** modificación documentada de parámetros operativos o condiciones de ejecución durante las corridas de arranque.
- **Tiempo acumulado de ajuste:** suma de tiempos asociados a actividades de ajuste realizadas durante la industrialización.
- **Estabilidad del proceso durante el arranque:** consistencia operativa observada a través de la repetibilidad entre corridas, la variabilidad de parámetros operativos y la frecuencia de ajustes e iteraciones.

Para cada variable e indicador se establecerán, según corresponda: definición conceptual, definición operacional, unidad de medida, fuente de información, criterio de registro y regla de cálculo. Esta estandarización constituye una condición clave para fortalecer la validez del análisis comparativo y para sostener la interpretación metodológica de los resultados.

III.12 Consideraciones de rigor metodológico

El rigor metodológico de la presente investigación se sustenta en la coherencia interna entre el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos, el modelo conceptual y la estrategia de evaluación definida para la intervención. En particular, la metodología mantiene una trazabilidad explícita entre las variables de resultado del estudio —tiempo de industrialización (T0→SOP) y estabilidad del proceso durante el arranque—, los factores de intervención propuestos y los indicadores utilizados para valorar el desempeño antes y después de la aplicación del modelo.

Asimismo, el estudio fortalece su rigor mediante el uso de una estructura metodológica secuencial basada en el ciclo DMAIC, adaptado a la industrialización de lanzamientos. Esta estructura permite

ordenar el proceso de investigación en fases claramente definidas (definición, medición, análisis, mejora y control), reduciendo ambigüedades en la ejecución y facilitando la replicabilidad del procedimiento en futuros casos de estudio.

Para asegurar la calidad del análisis, se establecen criterios de consistencia, trazabilidad y comparabilidad de los datos, especialmente en los registros de corridas, tiempos de transición entre etapas, ajustes de proceso e iteraciones de arranque. Esto es relevante debido a que la evaluación se basa en una comparación entre desempeño histórico (condición de referencia) y desempeño posterior a la intervención, por lo que la homogeneidad de criterios de registro y análisis resulta fundamental para interpretar adecuadamente los cambios observados.

De forma complementaria, el rigor metodológico se apoya en la revisión del estado del arte, el cual respalda el uso de enfoques estructurados y basados en datos para el análisis de procesos de industrialización y arranque en entornos de moldeo por inyección. Esta base teórica proporciona sustento para emplear indicadores de tiempo, repetibilidad operativa, variabilidad de parámetros y seguimiento de ajustes como medios para evaluar el desempeño del proceso durante la transición hacia SOP.

Finalmente, el estudio incorpora una delimitación explícita de alcance, contexto y unidad de análisis, así como la identificación de limitaciones operativas y de disponibilidad de información. Esto permite interpretar los resultados dentro de las condiciones reales en que se desarrolla la investigación y refuerza la validez del análisis como estudio aplicado en un entorno industrial automotriz.

III.13 Limitaciones y supuestos del estudio (formulación metodológica)

El desempeño de la industrialización en lanzamientos de nuevos componentes plásticos puede verse influido por condiciones propias del entorno industrial, tales como cambios en la programación, disponibilidad de materiales y herramientas, reprogramaciones de corridas, variaciones en la carga de trabajo de las áreas involucradas y ajustes operativos derivados de la dinámica del arranque. En consecuencia, la presente metodología delimita su intervención a los factores definidos en el modelo conceptual, es decir, aquellos que pueden ser gestionados directamente durante la etapa de industrialización y arranque del proceso.

Bajo esta lógica, el estudio se concentra en la implementación y evaluación de intervenciones relacionadas con la estandarización temprana de parámetros operativos críticos, la estructuración de corridas de arranque, la definición de criterios de avance entre etapas, el seguimiento sistemático de ajustes y el uso de un tablero de seguimiento de industrialización y estabilidad del proceso. Estos elementos se consideran las principales palancas de intervención metodológica por su impacto

directo en el tiempo de industrialización ($T_0 \rightarrow \text{SOP}$) y en la estabilidad del proceso durante las corridas de arranque.

III.13.1 Supuestos metodológicos del estudio

Para la aplicación y evaluación del modelo propuesto, se asumen las siguientes condiciones:

- **Definición operativa consistente de hitos de industrialización** (T_0 , T_1 , T_2 , T_3 , pre-SOP y SOP) en los casos analizados.
- **Disponibilidad mínima de registros** de corridas, tiempos, ajustes y transiciones entre etapas, suficientes para realizar comparaciones antes vs. después.
- **Comparabilidad razonable entre casos** seleccionados, al menos en términos de etapa de industrialización, tipo de proceso y secuencia general de arranque.
- **Aplicación del enfoque propuesto dentro de las condiciones reales de planta**, sin inversiones significativas en infraestructura adicional.
- **Participación operativa de las áreas involucradas** (ingeniería, producción, metrología y áreas de soporte, según aplique) para ejecutar y documentar las acciones del modelo.

III.13.2 Limitaciones metodológicas del estudio

La metodología reconoce que existen factores externos al control directo de la intervención que pueden afectar el desempeño del lanzamiento y, por tanto, influir en los resultados observados. Entre ellos se incluyen:

- Cambios de programación del proyecto o del plan de producción;
- Retrasos en materiales, herramientas o recursos requeridos para pruebas;
- Modificaciones de último momento en requisitos técnicos del componente;
- Disponibilidad variable de personal clave o tiempo de máquina;
- Diferencias entre proyectos que no pueden eliminarse completamente en un estudio aplicado en entorno real.

Estas condiciones se consideran restricciones del contexto y se documentan como parte del análisis, con el fin de interpretar los resultados de manera adecuada y evitar atribuciones causales absolutas. En este sentido, la metodología busca evaluar la efectividad del modelo propuesto bajo condiciones reales de operación, reconociendo la complejidad y variabilidad inherentes a los lanzamientos industriales.

III.13.3 Criterios de interpretación de mejora

La mejora metodológica se interpretará con base en criterios previamente definidos de desempeño, considerando tanto la reducción del tiempo de industrialización como la consistencia operativa del proceso durante el arranque. Dado que se trata de un estudio aplicado en entorno real, los resultados se analizarán reconociendo la influencia de condiciones del contexto (disponibilidad de materiales, reprogramaciones, carga de trabajo y cambios del programa), evitando atribuciones causales absolutas no sustentadas por la evidencia disponible.

Para fortalecer la comparabilidad entre casos, se establecen criterios de interpretación por indicador, considerando la dirección esperada del cambio y la magnitud de la variación observada respecto de la condición de referencia (desempeño histórico).

Tabla 6. Criterios de interpretación para evaluar los cambios en los indicadores de desempeño.

Indicador	Sentido esperado	Mejora significativa	Mejora moderada	Sin cambio relevante	Deterioro	Observaciones de interpretación
Lead time T1→SOP	↓	Reducción ≥ 20%	Reducción de 5% a <20%	Variación entre -5% y +5%	Incremento > 5%	La meta esperada del estudio se alinea con una reducción aproximada de 20–30%, cuando las condiciones del contexto lo permitan.
Duración por etapa (T1→T2, T2→T3, T3→pre-SOP, pre-SOP→SOP)	↓	Disminución clara en una o más etapas críticas con impacto observable en el lead time total	Disminución parcial o localizada	Variación menor sin impacto en el flujo total	Incremento en etapas críticas	Permite identificar dónde se concentra la mejora (o la pérdida) dentro del flujo de industrialización.
Número de iteraciones de corridas	↓	Reducción consistente del número de repeticiones vs. referencia	Reducción parcial	Sin cambios claros	Incremento de iteraciones	Debe interpretarse junto con la complejidad del caso y eventos externos documentados.
Número de ajustes por corrida	↓	Reducción sostenida en corridas equivalentes o comparables	Reducción leve / irregular	Comportamiento similar al histórico	Incremento de ajustes	Se recomienda analizar también la naturaleza del ajuste (menor vs. crítico).
Tiempo acumulado de ajuste	↓	Disminución importante del tiempo total de ajuste en el arranque	Disminución parcial	Sin cambios relevantes	Incremento del tiempo acumulado	Complementa el indicador “# de ajustes”, ya que puede haber menos ajustes pero más largos.
Variabilidad de parámetros operativos entre corridas	↓	Menor dispersión / mayor consistencia de parámetros entre corridas	Dispersión reducida en algunos parámetros	Comportamiento similar	Mayor dispersión	Se interpreta según disponibilidad de datos y consistencia del registro por parámetro.
Consistencia de ejecución entre corridas (repetibilidad operativa)	↑	Mayor continuidad del avance entre etapas, menor reprogramación y menor improvisación observable	Mejora parcial en la secuencia de arranque	Sin cambios claros	Mayor discontinuidad / reactividad	Indicador de apoyo interpretativo; se sustenta en evidencia documental y observacional estructurada.
Eventos de reprogramación (complementario)	↓	Disminución de interrupciones relevantes	Disminución parcial	Sin cambio	Incremento	Indicador contextual; no siempre atribuible totalmente a la intervención.

Tabla IV.2. Lead time T0→SOP de los casos base

III.13.4 Consideraciones éticas y de confidencialidad

La presente investigación se desarrolla en un entorno industrial real y utiliza información operativa de lanzamientos de nuevos componentes plásticos con fines exclusivamente académicos y

metodológicos. En este sentido, el tratamiento de la información se realizará bajo criterios de uso responsable, resguardo de confidencialidad y no afectación de la operación normal de la organización.

Para proteger información sensible de la empresa, clientes, proveedores y proyectos específicos, los datos presentados en la tesis se manejarán, cuando sea necesario, mediante:

- Anonimización de nombres de proyectos, clientes, componentes o referencias internas;
- Uso de información agregada para el análisis comparativo de desempeño;
- Omisión de datos técnicos o comerciales sensibles que no sean indispensables para sustentar la metodología y los resultados;
- Presentación de resultados centrada en indicadores de desempeño de industrialización y estabilidad del proceso, sin divulgar información estratégica de la organización.

Asimismo, la recolección y organización de datos se realizará procurando no interferir con la ejecución normal de los lanzamientos ni con las actividades operativas de las áreas involucradas. La investigación no implica experimentación sobre personas ni intervención que comprometa la seguridad de los procesos, por lo que su alcance ético se concentra en el manejo responsable de la información y en la integridad metodológica del análisis.

Estas consideraciones fortalecen la viabilidad académica del estudio y permiten que los hallazgos se presenten de forma técnicamente útil, sin comprometer la confidencialidad operativa del entorno donde se desarrolla la investigación.

III.14 Método de análisis de datos

III.14.1 Análisis descriptivo del desempeño de industrialización

El análisis de datos se desarrollará en una primera etapa mediante técnicas descriptivas orientadas a caracterizar el desempeño de la industrialización en los casos de estudio. Para ello, se examinarán indicadores como:

- Lead time **T0→SOP**;
- Duración por etapa de industrialización;
- Número de iteraciones o repeticiones de corridas;
- Número de ajustes por corrida;
- Tiempo acumulado de ajuste;
- Variabilidad de parámetros operativos entre corridas.

Este análisis permitirá identificar patrones de comportamiento del arranque, concentración de tiempos por etapa y frecuencia de eventos que afectan la estabilidad del proceso.

III.14.2 Comparación antes–después de la intervención

En una segunda etapa, se realizará una comparación sistemática entre la condición de referencia (desempeño histórico) y la condición posterior a la intervención, utilizando los indicadores definidos en el modelo conceptual. La comparación se efectuará por caso y, cuando sea pertinente, por familia de proceso o tipo de componente, con el propósito de evaluar la magnitud y consistencia de la mejora observada.

La interpretación del cambio se orientará a determinar si la intervención contribuye a:

III.14.2.1 Reducir el tiempo de industrialización ($T_0 \rightarrow \text{SOP}$),

III.14.2.2 Disminuir iteraciones y tiempos de ajuste,

III.14.2.3 Mejorar la repetibilidad entre corridas

III.14.2.4 Fortalecer la estabilidad operativa del arranque.



Ilustración 14. Objetivos de mejora del modelo de industrialización para el proceso de lanzamiento.

III.14.3 Criterios de interpretación de mejora

La mejora metodológica se interpretará con base en criterios previamente definidos de desempeño, considerando tanto la reducción de tiempo como la consistencia operativa del proceso. Dado que se trata de un estudio aplicado en entorno real, los resultados se analizarán reconociendo la influencia de condiciones del contexto y evitando atribuciones causales absolutas no sustentadas por la evidencia disponible.

III.15 Cierre del capítulo

En este capítulo se definió la metodología de la investigación, incluyendo el enfoque aplicado, el modelo conceptual, la lógica de intervención y la estrategia de evaluación del desempeño de industrialización en lanzamientos de nuevos componentes plásticos. Asimismo, se establecieron las bases del ciclo DMAIC adaptado al estudio, así como las consideraciones de rigor metodológico y las limitaciones y supuestos que delimitan la interpretación de los resultados.

Con esta estructura metodológica se asegura la trazabilidad entre el problema de investigación, las variables de resultado (tiempo de industrialización $T0 \rightarrow$ SOP y estabilidad del proceso) y los factores de intervención propuestos. En el siguiente capítulo se presentan los resultados del estudio y el análisis del efecto del modelo implementado en los casos seleccionados.

Capítulo IV RESULTADOS

IV.1 Presentación y caracterización de resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la comparación entre la condición base y la condición de mejora, con el propósito de evaluar el efecto del modelo propuesto sobre el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso durante el arranque. Para ello, se exponen primero las características de los casos analizados y el desempeño de referencia, y posteriormente se presentan los resultados comparativos globales, el análisis por etapa, el grado de implementación del modelo y la interpretación integral de los hallazgos.

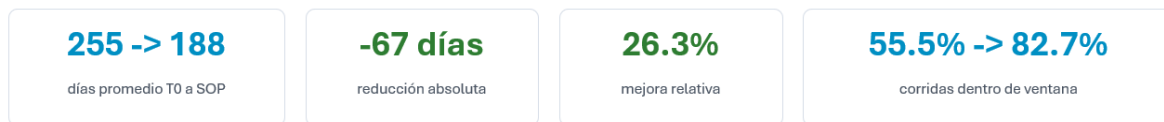


Ilustración 15. Resumen de los principales resultados obtenidos en el tiempo T0→SOP y la estabilidad del proceso.

IV.1.1 Criterios para la interpretación de resultados

Para interpretar los resultados del estudio, se consideró que una reducción en el lead time T0→SOP, el número de reprogramaciones, los ajustes por corrida y el tiempo acumulado de ajuste representa una mejora en el desempeño de la industrialización. De manera complementaria, un incremento en el porcentaje de corridas dentro de ventana operativa y en el cumplimiento de hitos se interpreta como una mejora en la estabilidad y el control del proceso durante el arranque.

Dado que la investigación se desarrolla en un entorno industrial real y con un número delimitado de casos, los resultados se interpretan como evidencia aplicada del comportamiento observado antes y después de la implementación del modelo propuesto. Por ello, el análisis no pretende establecer generalizaciones estadísticas absolutas, sino valorar la relación entre la aplicación del modelo de industrialización y la mejora de indicadores operativos en los proyectos analizados.

Para los indicadores donde un valor menor representa mejor desempeño, como lead time, reprogramaciones, ajustes por corrida y tiempo acumulado de ajuste, la mejora porcentual se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Mejora (\%)} = [(\text{Valor base} - \text{Valor mejora}) / \text{Valor base}] \times 100$$

Para los indicadores donde un valor mayor representa mejor desempeño, como corridas dentro de ventana operativa, cumplimiento de hitos y nivel de implementación, la mejora porcentual se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Mejora (\%)} = [(\text{Valor mejora} - \text{Valor base}) / \text{Valor base}] \times 100$$

Estos criterios permiten mantener consistencia en la interpretación de los resultados y facilitan la comparación entre la condición base y la condición de mejora.

IV.1.2 Caracterización de los casos analizados

Tabla 7. Caracterización y clasificación de los proyectos incluidos en el análisis comparativo.

Grupo	Proyecto	Componente / familia	Proceso	Incluye pintura	Incluye ensamble	Condición	Estatus documental	Observaciones
Base	Project_ST_01	Moldura exterior	Inyección	No	Sí	Antes	Ok	Caso histórico
Base	Project_GM_02	Moldura exterior	Inyección	No	No	Antes	Ok	Caso histórico
Mejora	Project_KA_03	Moldura exterior	Inyección	Sí	No	Después	Ok	Con reprogramaciones
Mejora	Project_GM_04	Moldura exterior	Inyección	No	No	Después	Ok	Con reprogramaciones
Mejora	Project_NIS_05	Moldura exterior	Inyección	Sí	Sí	Después	Ok	Con reprogramaciones

Para el análisis comparativo antes–después se consideraron cinco casos de estudio. La condición base estuvo integrada por los proyectos Project_ST_01 y Project_GM_02, mientras que la condición de mejora estuvo conformada por los proyectos Project_KA_03, Project_GM_04 y Project_NIS_05. Todos los casos corresponden a componentes de la familia de molduras exteriores con proceso principal de inyección, lo que permite establecer una base razonable de comparación entre los proyectos analizados.

En la caracterización de los casos se observa que los cinco proyectos comparten la misma familia general de componente y el mismo proceso principal; sin embargo, existen diferencias en cuanto a la inclusión de operaciones complementarias. En la condición base, Project_ST_01 incluyó ensamble y Project_GM_02 no incluyó ni pintura ni ensamble. En la condición de mejora, Project_KA_03 incluyó pintura, Project_GM_04 no incluyó procesos adicionales y Project_NIS_05 incluyó tanto pintura como ensamble. Por ello, los resultados deben interpretarse como evidencia aplicada en condiciones reales de lanzamiento, reconociendo que, aunque los casos son comparables, no son completamente idénticos en complejidad operativa.

IV.1.3 Tiempo de industrialización T0→SOP en los casos base

Tabla 8. Fechas de T0, SOP y lead time de industrialización de los proyectos del grupo base.

Grupo	Proyecto	Fecha T0	Fecha SOP	Lead time T0→SOP (días)
Base	Project_ST_01	20-mar-25	28-nov-2025	253
Base	Project_GM_02	28-ene-25	12-oct-2025	257

La condición base permite establecer el comportamiento histórico del proceso antes de la aplicación del modelo propuesto. En los casos analizados, el lead time T0→SOP fue de 253 días para Project_ST_01 y de 257 días para Project_GM_02, con un promedio de 255 días. Estos resultados

muestran que, en la situación de referencia, la industrialización tendía a desarrollarse en horizontes prolongados, lo que sugiere una oportunidad clara de mejora en la velocidad de maduración del lanzamiento.

Este comportamiento de la línea base es relevante porque el tiempo total T0→SOP constituye una de las variables principales de la investigación. Por ello, la caracterización del desempeño inicial no solo sirve como punto de comparación para la condición de mejora, sino también como evidencia del nivel de exigencia operativo al que debía responder la propuesta de industrialización estructurada.

IV.1.4 **Reprogramaciones, ajustes e iteraciones en la condición base**

Tabla 9. Indicadores de ejecución y estabilidad operativa de los proyectos del grupo base.

Grupo	Proyecto	Reprogramaciones	Ajustes prom. por corrida	Tiempo acumulado de ajuste (h)	Iteraciones
Base	Project_ST_01	6.0	9.0	25.0	5.0
Base	Project_GM_02	7.0	7.0	20.0	6.0

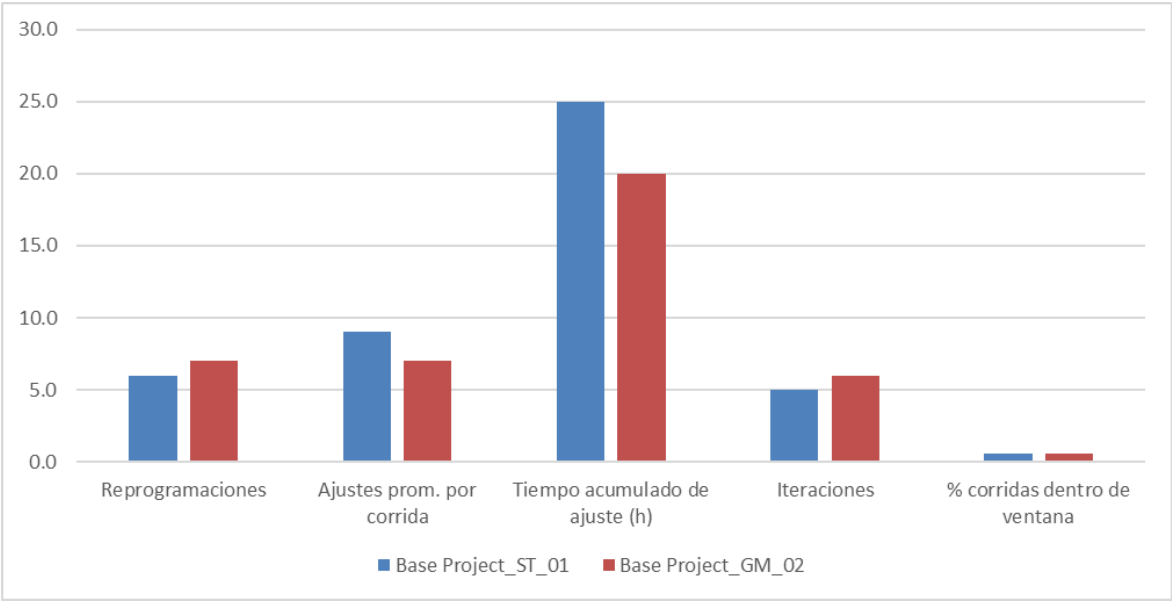


Ilustración 16. Comparación de los indicadores de ejecución y estabilidad operativa de los proyectos del grupo base.

Además del tiempo total de industrialización, la condición base presentó indicadores operativos que reflejan una dinámica de arranque con alta carga de ajustes. Project_ST_01 registró 6 reprogramaciones, 9 ajustes promedio por corrida, 25 horas acumuladas de ajuste y 5 iteraciones, mientras que Project_GM_02 presentó 7 reprogramaciones, 7 ajustes promedio por corrida, 20 horas

acumuladas de ajuste y 6 iteraciones. En promedio, la condición base mostró 6.5 reprogramaciones, 8.0 ajustes promedio por corrida, 22.5 horas acumuladas de ajuste y 5.5 iteraciones.

Estos resultados sugieren que, antes de la intervención, la industrialización se caracterizaba por una dinámica reactiva, con múltiples eventos de corrección y retrabajo para aproximar el proceso a condiciones aceptables de operación. Por ello, los casos base constituyen un referente adecuado para valorar si la condición de mejora logró reducir la carga operativa asociada al arranque.

IV.1.5 Resultados individuales de los cinco casos analizados

Tabla 10. Resultados de los indicadores de desempeño por proyecto en los grupos base y mejora.

Proyecto	Grupo	T0→SOP	Reprogramaciones	Ajustes	Tiempo de ajuste	Iteraciones	Corridas en ventana	Hitos
Project_ST_01	Base	253	6	9	25 h	5	56%	70%
Project_GM_02	Base	257	7	7	20 h	6	55%	68%
Project_KA_03	Mejora	187	4	5	15 h	4	80%	88%
Project_GM_04	Mejora	185	5	6	16 h	4	85%	90%
Project_NIS_05	Mejora	192	5	5	17 h	4	83%	92%

Project_ST_01. El proyecto presentó un lead time T0→SOP de 253 días, seis reprogramaciones y nueve ajustes promedio por corrida. También registró el mayor tiempo acumulado de ajuste, con 25 horas, lo que evidencia una condición de arranque con alta necesidad de intervención.

Project_GM_02. Este caso presentó el mayor lead time del estudio, con 257 días, así como siete reprogramaciones y seis iteraciones. El 55 % de sus corridas se mantuvo dentro de la ventana operativa.

Project_KA_03. El proyecto registró un lead time de 187 días y redujo los ajustes promedio a cinco por corrida. Aun cuando incluyó una operación complementaria de pintura, mostró menores reprogramaciones e iteraciones que los proyectos base.

Project_GM_04. Este caso obtuvo el menor lead time, con 185 días, y el mayor porcentaje de corridas dentro de la ventana operativa, con 85 %. Sus resultados reflejan una mayor consistencia durante el arranque.

Project_NIS_05. A pesar de incluir pintura y ensamble, el proyecto alcanzó un lead time de 192 días, cuatro iteraciones y el mayor porcentaje de cumplimiento de hitos, con 92 %. Esto indica que la mejora no se observó únicamente en los proyectos con menor número de operaciones.

IV.2 Integración e interpretación de resultados

Los hallazgos obtenidos muestran una relación consistente entre un mayor grado de implementación del modelo propuesto y una mejora en los resultados operativos del lanzamiento. Los proyectos agrupados en la condición de mejora —Project_KA_03, Project_GM_04 y Project_NIS_05— presentaron menores tiempos de industrialización, menos reprogramaciones, menos ajustes, menor tiempo acumulado de ajuste y menos iteraciones. Al mismo tiempo, registraron un mayor porcentaje de corridas dentro de ventana operativa y un mayor cumplimiento de hitos que los casos base Project_ST_01 y Project_GM_02.

Desde una perspectiva integral, estos resultados sugieren que la mejora observada no depende de una sola acción aislada, sino de la combinación de varios elementos de gestión del lanzamiento. Entre ellos destacan la definición anticipada de parámetros críticos, la formalización de criterios de avance entre etapas, el uso de bitácoras de ajustes y la existencia de tableros de seguimiento. En conjunto, estos mecanismos parecen haber contribuido a reducir la variabilidad del arranque y a acelerar la transición hacia SOP.

Asimismo, el hecho de que la mayor reducción del tiempo se haya concentrado en la etapa Pre-SOP→SOP refuerza la idea de que la principal aportación del modelo se relaciona con la estabilización progresiva del proceso y con la reducción de retrasos acumulados en la fase final del lanzamiento.

En síntesis, los resultados del análisis muestran que los proyectos de mejora Project_KA_03, Project_GM_04 y Project_NIS_05 tuvieron un mejor desempeño global que los casos base Project_ST_01 y Project_GM_02, tanto en los indicadores de tiempo como en los de estabilidad y en el nivel de implementación de las prácticas propuestas. Por ello, la evidencia obtenida respalda la utilidad del modelo de industrialización planteado y su potencial como base de trabajo para futuros lanzamientos de componentes plásticos.

Tabla 11. Comparación de los principales indicadores de desempeño entre los proyectos base y los proyectos con el modelo de industrialización propuesto.

Proyecto	T0→SOP	Ajustes	Corridas en ventana	Hitos
Project_ST_01	253	9	56%	70%
Project_GM_02	257	7	55%	68%
Project_KA_03	187	5	80%	88%
Project_GM_04	185	6	85%	90%
Project_NIS_05	192	5	83%	92%

De manera descriptiva, los proyectos con mayor aplicación de los elementos del modelo presentaron menores tiempos de industrialización y mejores resultados en los indicadores operativos. No obstante, debido al número de casos, esta relación no se interpreta como una correlación estadística ni como evidencia causal independiente.

IV.3 Resultados globales de desempeño antes vs. después

Tabla 12. Comparación de los indicadores de desempeño entre el grupo base y el grupo con mejora.

Indicador	Promedio Base	Promedio Mejora	Dif. abs.	Mejora %	Interpretación breve
Lead time T0→SOP (días)	255.0	188.0	-67.0	26.3%	Reducción significativa del tiempo total de lanzamiento, indicando una mayor eficiencia del proceso.
Reprogramaciones	6.5	4.7	-1.8	28.2%	Disminución en la frecuencia de reprogramaciones, reflejando una planeación más estable.
Ajustes prom. por corrida	8.0	5.3	-2.7	33.3%	Menor número de ajustes requeridos, lo que evidencia una mejor preparación del proceso.
Tiempo acumulado de ajuste (h)	22.5	16.0	-6.5	28.9%	Reducción del tiempo dedicado a ajustes, optimizando el uso de recursos técnicos.
Iteraciones	5.5	4.0	-1.5	27.3%	Menor número de iteraciones necesarias para alcanzar condiciones objetivo.
% corridas dentro de ventana	55.5%	82.7%	27.2%	48.9%	Incremento sustancial en la puntualidad de la ejecución conforme a la planeación.
% hitos cumplidos	69.0%	90.0%	21.0%	30.4%	Mayor cumplimiento de los hitos establecidos del proyecto.

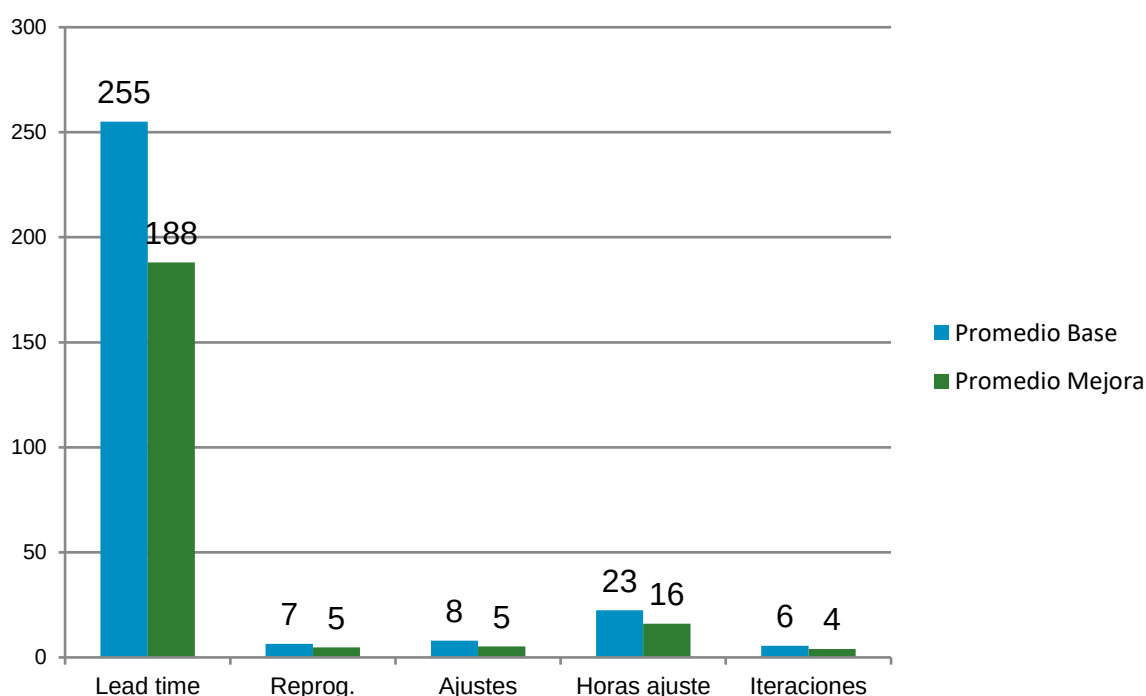


Ilustración 17. Comparación del desempeño promedio entre el grupo base y el grupo con el modelo de industrialización propuesto.

La comparación global entre la condición base y la condición de mejora muestra una tendencia favorable en los indicadores principales evaluados. En primer lugar, el lead time T0→SOP presentó una reducción importante, al pasar de un promedio de 255 días en la condición base a 188 días en la condición de mejora. Esto representa una disminución absoluta de 67 días y una mejora relativa de 26.3%.

El comportamiento de los indicadores asociados a la estabilidad del proceso también fue favorable. El número promedio de reprogramaciones disminuyó de 6.5 a 4.7, lo que equivale a una reducción de 1.8 reprogramaciones y una mejora de 28.2%. De forma similar, los ajustes promedio por corrida pasaron de 8.0 a 5.3, con una reducción absoluta de 2.7 ajustes y una mejora de 33.3%.

Por otra parte, el tiempo acumulado de ajuste disminuyó de 22.5 horas a 16.0 horas, lo que representa una reducción de 6.5 horas y una mejora de 28.9%. Asimismo, el número de iteraciones bajó de 5.5 a 4.0, con una disminución absoluta de 1.5 iteraciones y una mejora de 27.3%.

En los indicadores donde un valor más alto representa mejor desempeño también se observó una evolución positiva. El porcentaje de corridas dentro de ventana operativa aumentó de 55.5% a 82.7%, lo que equivale a un incremento de 27.2 puntos porcentuales. De forma consistente, el porcentaje de hitos cumplidos pasó de 69.0% a 90.0%, con un incremento de 21.0 puntos porcentuales.

En conjunto, estos resultados muestran que la condición de mejora no solo se asoció con una reducción en el tiempo total de industrialización, sino también con una ejecución más estable, menos reactiva y con mayor cumplimiento de los hitos del lanzamiento.

IV.4 Análisis de la duración promedio por etapa

Tabla 13. Comparación del tiempo promedio por etapa del proceso de industrialización entre el grupo base y el grupo con mejora.

Etapa	Promedio Base	Promedio Mejora	Dif. abs.	Mejora %
T0→T2 (días)	43.0	37.0	-6.0	14.0%
T2→T3 (días)	56.5	42.0	-14.5	25.7%
T3→Pre-SOP (días)	59.0	45.3	-13.7	23.2%
Pre-SOP→SOP (días)	96.5	63.7	-32.8	34.0%
Total (días)	255.0	188.0	-67.0	26.3%

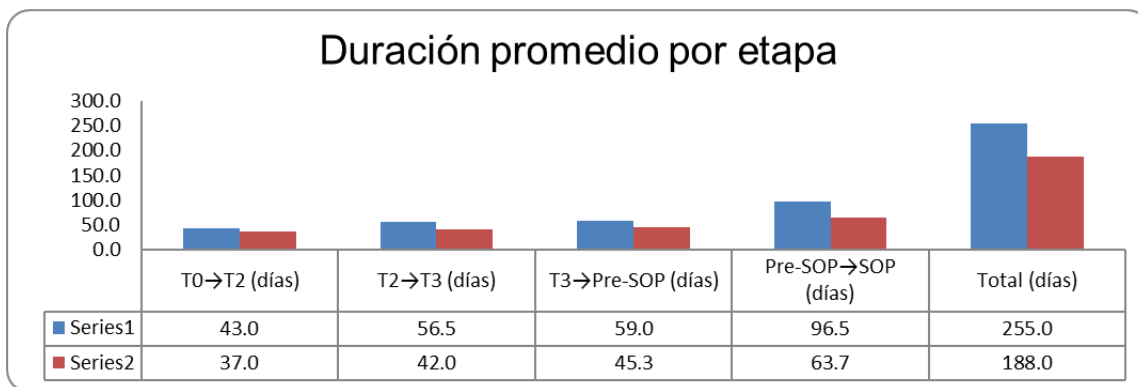


Ilustración 18. Comparación de la duración promedio por etapa del proceso de industrialización entre el grupo base y el grupo con el modelo propuesto.

Al desagregar el tiempo total de industrialización por etapas, se observa que la mejora se distribuyó a lo largo de todo el flujo T0→SOP, aunque con mayor intensidad en la fase final del proceso.

En la etapa T0→T2, el promedio pasó de 43.0 días en la condición base a 37.0 días en la condición de mejora, lo que representa una reducción de 6.0 días y una mejora de 14.0%. En la etapa T2→T3, la duración promedio disminuyó de 56.5 días a 42.0 días, con una reducción absoluta de 14.5 días y una mejora de 25.7%.

En la etapa T3→Pre-SOP, el promedio pasó de 59.0 días a 45.3 días, lo que equivale a una reducción de 13.7 días y una mejora de 23.2%. Finalmente, en la etapa Pre-SOP→SOP se observó la mayor disminución, ya que el promedio se redujo de 96.5 días a 63.7 días, es decir, una reducción de 32.8 días y una mejora de 34.0%.

Estos resultados indican que el mayor efecto de la condición de mejora se concentró en la fase final del lanzamiento, particularmente entre pre-SOP y SOP. Esto sugiere que la mejora no solo impactó la preparación inicial del proyecto, sino también la consolidación del proceso, el cierre de pendientes y la transición hacia una operación más estable antes del arranque formal.

IV.5 Grado de implementación del modelo propuesto

Tabla 14. Comparación del nivel de implementación de los elementos del modelo de industrialización entre el grupo base y el grupo con mejora.

Indicador	Promedio Base	Promedio Mejora	Dif. abs.	Mejora %
Parámetros críticos antes de T0	0.0%	83.3%	83.3%	83.3%
Ventana operativa definida	50.0%	66.7%	16.7%	33.3%
Criterios de avance entre etapas	50.0%	83.3%	33.3%	66.7%
Bitácora de ajustes	75.0%	100.0%	25.0%	33.3%
Tablero de seguimiento	50.0%	66.7%	16.7%	33.3%
Nivel de implementación	45.0%	80.0%	35.0%	77.8%

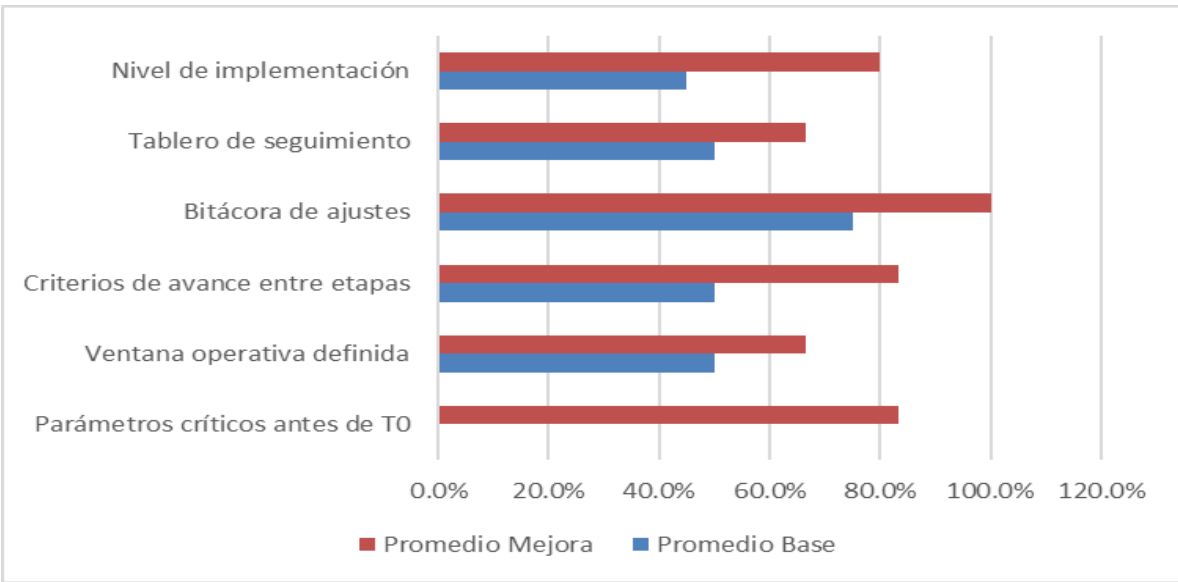


Ilustración 19. Comparación del nivel de implementación de los elementos del modelo de industrialización entre el grupo base y el grupo con mejora.

El análisis del grado de implementación del modelo también mostró diferencias claras entre la condición base y la condición de mejora. Considerando la escala utilizada en el Excel, donde se emplearon valores de 0, 0.5 y 1 para representar distintos niveles de implementación, se identificó un mayor nivel de formalización de las prácticas propuestas en los proyectos de mejora.

En el indicador parámetros críticos antes de T0, el promedio pasó de 0.00 en la condición base a 0.83 en la condición de mejora, lo que representa una diferencia absoluta de 0.83 puntos. En ventana operativa definida, el promedio aumentó de 0.50 a 0.67, con una diferencia de 0.17 puntos. En criterios de avance entre etapas, el promedio pasó de 0.50 a 0.83, con un incremento de 0.33 puntos.

En bitácora de ajustes, el valor aumentó de 0.75 a 1.00, mientras que en tablero de seguimiento pasó de 0.50 a 0.67.

De manera global, el nivel de implementación aumentó de 0.45 en la condición base a 0.80 en la condición de mejora, lo que representa una diferencia absoluta de 0.35 puntos. En términos generales, este hallazgo indica que los proyectos Project_KA_03, Project_GM_04 y Project_NIS_05 presentaron una mayor adopción de prácticas estructuradas de control y seguimiento en comparación con Project_ST_01 y Project_GM_02, particularmente en lo relativo a definición de parámetros, control del avance y documentación de ajustes.

Capítulo V CONCLUSIONES

Esta investigación demostró que un enfoque integrado de industrialización —basado en la estandarización temprana de parámetros críticos, la estructuración de corridas T0–T3 con criterios de avance, el registro sistemático de ajustes y un tablero operativo— se asocia con reducciones relevantes del tiempo T0→SOP y con mejoras en la estabilidad del proceso durante el arranque de nuevos componentes plásticos. En los cinco proyectos analizados, el lead time T0→SOP disminuyó en 67 días (de 255 a 188; -26.3%), en tanto que los indicadores de ejecución mostraron menores reprogramaciones, menos ajustes por corrida, menor tiempo acumulado de ajuste y menos iteraciones, junto con más corridas dentro de la ventana operativa y mayor cumplimiento de hitos. La desagregación por etapas evidenció que la mejora fue transversal, con el mayor impacto en la fase pre-SOP→SOP (-34%), lo que sugiere que la intervención no sólo mejora la preparación inicial, sino que acelera la estabilización y cierre del lanzamiento.

Desde el punto de vista metodológico, el diseño cuasi-experimental antes–después en entorno real fue adecuado para el objetivo aplicado. No obstante, se reconoce como limitación el tamaño muestral y diferencias de complejidad entre proyectos; por ello, los hallazgos deben interpretarse como evidencia aplicada más que inferencia estadística generalizable. En términos prácticos, los resultados respaldan la replicabilidad del modelo en lanzamientos futuros y sugieren priorizar: (i) definición de parámetros críticos antes de T0 con ventana operativa, (ii) criterios de avance explícitos por etapa, (iii) bitácoras de ajuste obligatorias por corrida y (iv) tableros con indicadores de tiempo y estabilidad revisados semanalmente. Trabajo futuro debería ampliar la muestra, incorporar métricas de complejidad del componente, profundizar en análisis de variabilidad de parámetros con datos de máquina/sensores y reforzar capacidades operativas y de colaboración del equipo de lanzamiento.

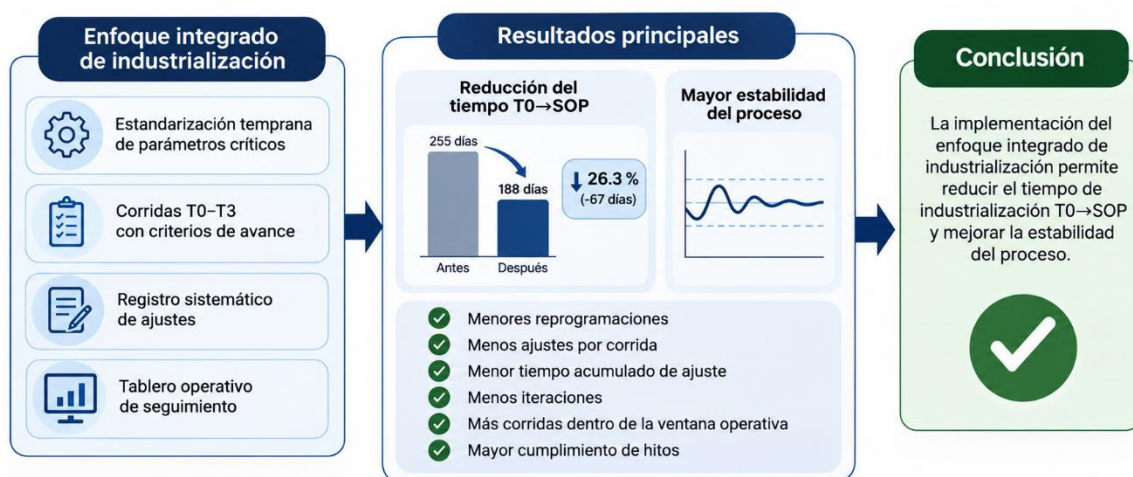


Ilustración 20. Síntesis del modelo integrado de industrialización y principales resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis alternativa planteada, la cual establece que la implementación de un enfoque integrado de industrialización permite reducir el tiempo de industrialización T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso. En los proyectos analizados, la aplicación de la metodología produjo una reducción del lead time de 67 días, al pasar de 255 a 188 días, lo que representa una disminución del 26.3 %. Este resultado supera la reducción mínima esperada del 20 %, este resultado supera la reducción mínima esperada del 20 %, por lo que los resultados respaldan la hipótesis alternativa dentro del alcance de los casos estudiados, que la estandarización temprana de parámetros críticos, la estructuración de las corridas T0–T3, el registro sistemático de ajustes y el uso de un tablero de seguimiento pueden reducir de manera relevante el tiempo de industrialización. Asimismo, se observaron menos reprogramaciones, ajustes e iteraciones, así como un mayor porcentaje de corridas dentro de la ventana operativa y un mayor cumplimiento de hitos, lo que también respalda la mejora en la estabilidad del proceso.

V.1 Aporte metodológico de la investigación

El principal aporte metodológico de esta investigación consiste en proponer un modelo operativo de industrialización para lanzamientos de componentes plásticos, integrando herramientas de estandarización temprana, seguimiento de corridas, registro de ajustes e indicadores de estabilidad. A diferencia de enfoques centrados únicamente en la validación del producto o en la corrección de defectos, el modelo propuesto aborda la industrialización como una secuencia estructurada de trabajo desde T0 hasta SOP.

Este enfoque permite transformar una dinámica reactiva de arranque en un proceso documentado, medible y replicable, facilitando la toma de decisiones durante las corridas T0–T3 y fortaleciendo la estabilidad del proceso antes de la producción en serie. Además, el modelo puede adaptarse a futuros lanzamientos de componentes plásticos dentro de la misma organización o en contextos industriales similares.

Desde el punto de vista práctico, la investigación aporta una forma de trabajo que permite integrar parámetros críticos, criterios de avance, bitácoras de ajustes y tableros de seguimiento en un solo esquema de gestión operativa. Esto favorece la coordinación entre áreas, la trazabilidad de decisiones técnicas y la reducción de ajustes reactivos durante el arranque.

V.2 Recomendaciones para futuras aplicaciones del modelo

Se recomienda aplicar el modelo desde etapas tempranas del lanzamiento, preferentemente antes de T0, para asegurar que los parámetros críticos, criterios de avance, responsables y formatos de seguimiento estén definidos antes de la primera corrida significativa de industrialización.

También se recomienda mantener una bitácora única de ajustes por proyecto, actualizar el tablero de seguimiento después de cada corrida y realizar reuniones breves de revisión entre ingeniería, producción, calidad, metrología, logística y proveedores. Estas reuniones permitirían validar el avance hacia la siguiente etapa y atender oportunamente desviaciones relacionadas con materiales, herramientas, parámetros de proceso o documentación.

Asimismo, se sugiere integrar las lecciones aprendidas de cada lanzamiento en una base histórica, con el fin de reducir la dependencia de decisiones reactivas y facilitar la replicación del modelo en futuros componentes plásticos. Esta práctica permitiría fortalecer la planeación de nuevos proyectos y disminuir la repetición de problemas previamente identificados.

Finalmente, se recomienda revisar periódicamente los indicadores de tiempo y estabilidad para asegurar que el modelo continúe aportando valor después de su implementación inicial.

V.3 Trabajo futuro

Como línea de continuidad de la presente investigación, se propone ampliar la validación del modelo de industrialización en un mayor número de proyectos y en familias de componentes plásticos con distintos niveles de complejidad operativa. Esto permitiría fortalecer la evidencia sobre su aplicabilidad, consistencia y replicabilidad en diferentes contextos de lanzamiento, así como analizar con mayor profundidad las condiciones técnicas y organizacionales que favorecen o limitan su implementación.

De manera complementaria, se recomienda desarrollar futuras líneas de trabajo orientadas al fortalecimiento de capacidades técnicas, analíticas y transversales dentro del equipo de industrialización. Esto incluye competencias relacionadas con la estandarización de parámetros, definición de indicadores, registro sistemático de información, análisis de variabilidad, documentación de lecciones aprendidas, comunicación efectiva entre áreas, liderazgo técnico, gestión de prioridades y resolución colaborativa de problemas. Estas capacidades permitirían que el equipo no solo ejecute corridas y ajustes, sino que también genere evidencia útil para mejorar la toma de decisiones durante el arranque.

Finalmente, sería valioso extender la investigación hacia el aprendizaje organizacional en procesos de industrialización, mediante la sistematización de experiencias, la transferencia de conocimiento entre proyectos y la creación de repositorios de buenas prácticas. Con ello, el modelo propuesto podría evolucionar de una herramienta metodológica a una práctica organizacional más robusta y sostenible, reduciendo la dependencia del conocimiento individual y favoreciendo lanzamientos más estables, ágiles y consistentes en el tiempo.

GLOSARIO:

Ajuste de proceso: Modificación realizada a uno o más parámetros operativos durante una corrida de arranque con el propósito de corregir desviaciones, mejorar el comportamiento del proceso o estabilizar la operación.

APQP (Advanced Product Quality Planning): Marco de planeación avanzada de la calidad del producto utilizado para estructurar etapas, entregables y actividades previas al lanzamiento y a la validación del proceso.

Arranque: Etapa inicial de ejecución del proceso productivo en la que se realizan corridas de validación, ajustes operativos y verificación de condiciones necesarias para transitar a una operación estable.

Bitácora de ajustes: Registro sistemático en el que se documentan los cambios realizados a parámetros, resultados observados, decisiones técnicas y eventos relevantes ocurridos durante cada corrida de arranque.

Capacidad del proceso: Aptitud del proceso para operar de manera consistente dentro de condiciones requeridas, manteniendo variación controlada y resultados repetibles.

Componente plástico automotriz: Pieza plástica utilizada en vehículos, fabricada principalmente mediante moldeo por inyección y, en algunos casos, complementada con operaciones de pintura, recubrimiento o ensamble.

Condición base: Conjunto de casos o proyectos utilizados como referencia histórica para representar el desempeño previo a la implementación del enfoque propuesto.

Condición de mejora: Conjunto de casos o proyectos evaluados después de aplicar el enfoque integrado de industrialización, con el fin de comparar su desempeño respecto a la condición base.

Coordinación entre áreas: Interacción operativa entre funciones como ingeniería, producción, calidad, metrología, logística, mantenimiento y proveedores durante la industrialización y el arranque.

Corrida de arranque: Ejecución planificada del proceso durante la etapa de industrialización, orientada al ajuste, validación operativa y preparación para la transición hacia producción regular.

Corridas T0–T3: Secuencia de corridas sucesivas utilizadas para validar, ajustar y estabilizar el proceso antes del inicio de producción en serie. Cada etapa representa una iteración progresiva de industrialización.

Criterios de avance entre etapas: Condiciones técnicas y operativas definidas para decidir si un proyecto puede pasar de una etapa de corrida a la siguiente dentro del flujo de industrialización.

Cuello de botella: Actividad, recurso o condición que limita el flujo normal de industrialización y prolonga el tiempo de transición hacia SOP.

Cuasi-experimental antes–después: Diseño metodológico en el que se compara el desempeño previo y posterior a una intervención en un entorno real, sin control total de todas las variables del contexto.

DFMA (Design for Manufacturing and Assembly / Diseño para Manufactura y Ensamble): Enfoque que promueve considerar, desde etapas tempranas del diseño, la manufacturabilidad y la ensamblabilidad del producto para reducir complejidad, ajustes y tiempos de industrialización.

DMAIC (Definir–Medir–Analizar–Mejorar–Controlar): Metodología estructurada de mejora utilizada en la tesis para organizar el análisis, medición, intervención y control del proceso de industrialización.

Duración por etapa: Tiempo consumido en cada tramo del flujo de industrialización, por ejemplo T0→T2, T2→T3, T3→pre-SOP y pre-SOP→SOP.

Estandarización temprana: Definición previa y documentada de parámetros, criterios y condiciones de referencia antes de iniciar las corridas principales de industrialización.

Estabilidad del proceso: Capacidad del proceso para operar de manera consistente durante las corridas de arranque, con variación controlada, menor necesidad de ajustes reactivos y mayor repetibilidad entre corridas consecutivas.

Estrategia de evaluación: Procedimiento metodológico mediante el cual se compara el desempeño de la condición base y la condición de mejora usando indicadores de tiempo y estabilidad.

Factor de intervención: Elemento del enfoque propuesto que influye sobre las variables de resultado, como la estandarización de parámetros, la estructuración de corridas, la gestión de ajustes o el tablero de seguimiento.

Flujo de industrialización: Secuencia de actividades, corridas, transiciones, ajustes y validaciones que ocurren desde T0 hasta SOP dentro del lanzamiento de un nuevo componente.

Gestión operativa del arranque: Conjunto de acciones orientadas a ordenar, dar seguimiento y coordinar la ejecución del arranque mediante criterios de avance, registros, tableros e indicadores.

Gestión visual: Uso de elementos visuales, tableros, formatos o estatus visibles para facilitar el seguimiento del proceso, la coordinación entre áreas y la toma oportuna de decisiones durante el arranque.

Hito de industrialización: Punto relevante dentro del proceso de arranque que marca una transición o logro importante, como T0, T2, T3, pre-SOP o SOP.

Indicador: Medida cuantitativa o cualitativa utilizada para evaluar el comportamiento del proceso de industrialización y la estabilidad operativa durante el arranque.

Industrialización: Etapa del lanzamiento en la que el producto y el proceso se preparan para pasar de condiciones de prueba y validación a producción en serie, mediante la definición de parámetros, ejecución de corridas, ajustes y consolidación operativa.

Ingeniería de lanzamientos: Función responsable de coordinar y dar seguimiento técnico-operativo a la introducción de nuevos proyectos hasta lograr condiciones de producción estables.

Iteración de corrida: Repetición parcial o total de una corrida derivada de ajustes, reprogramaciones o necesidad de reevaluar condiciones del proceso. Se utiliza como indicador complementario del desempeño de industrialización.

Launch / equipo de launch: Equipo responsable de coordinar actividades de arranque e industrialización de nuevos proyectos dentro de la organización.

Lead time T0→SOP: Tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio formal de la producción en serie; constituye la principal métrica temporal del estudio.

Lean: Filosofía de mejora enfocada en eliminar actividades que no agregan valor, reducir desperdicios, disminuir esperas y mejorar el flujo del proceso. En la tesis se utiliza para estructurar y optimizar la industrialización.

Manufacturabilidad: Grado en que el diseño de un producto facilita su fabricación bajo condiciones estables, repetibles y eficientes.

Metodología aplicada: Enfoque de investigación orientado a resolver un problema real de operación mediante una intervención estructurada y evaluable en un entorno industrial.

Modelo conceptual: Estructura teórica que relaciona factores de intervención en la industrialización con variables de resultado como el tiempo T0→SOP y la estabilidad del proceso.

Moldeo por inyección: Proceso de transformación de plásticos en el que el material fundido se inyecta en un molde para formar una pieza. En esta tesis constituye el proceso principal de análisis.

NPI (New Product Introduction / Lanzamiento de nuevos productos): Proceso de introducción de nuevos productos en la organización, que integra actividades de planeación, validación, industrialización y arranque.

Parámetros operativos: Variables de control del proceso, como temperatura, presión, velocidad, tiempo o secuencia de operación, que influyen en el comportamiento del proceso productivo.

Parámetros operativos críticos: Variables de operación cuya configuración influye de manera significativa en el comportamiento del proceso durante el arranque y cuya definición temprana forma parte central del enfoque propuesto.

PPAP (Production Part Approval Process): Proceso de aprobación de partes para producción, utilizado como referencia dentro del flujo de industrialización y validación previo al arranque formal de serie.

pre-SOP: Etapa previa al inicio formal de producción en serie, en la que se busca consolidar condiciones operativas estables y verificar la preparación final del proceso.

Proceso estable: Proceso que presenta comportamiento consistente y predecible, con menor variación no planeada y menor necesidad de ajustes frecuentes durante las corridas de arranque.

Producción en serie: Operación regular del proceso bajo condiciones formalmente liberadas, conforme al programa de lanzamiento de la organización.

Proyecto de lanzamiento: Caso específico de introducción de un nuevo componente dentro de la organización, considerado como unidad de análisis en la investigación.

Puesta a punto: Conjunto de actividades de ajuste y validación inicial del proceso para alcanzar condiciones operativas adecuadas antes de la producción en serie.

Referencia histórica: Desempeño previo de la organización utilizado para comparar el efecto del modelo propuesto.

Registro sistemático de ajustes: Documentación ordenada de los cambios realizados durante las corridas, incluyendo parámetros modificados, resultados y decisiones técnicas.

Repetibilidad: Grado en que el proceso mantiene condiciones de operación y resultados consistentes entre corridas consecutivas.

Reprogramación: Cambio en la fecha, secuencia o ejecución prevista de una corrida o actividad de industrialización, generalmente asociado a problemas técnicos, disponibilidad de recursos o cambios del entorno.

Seguimiento operativo: Monitoreo continuo del desempeño del arranque mediante indicadores, registros y revisión del avance por etapa.

Secuencia de corridas: Orden planificado en que se ejecutan las corridas T0, T1, T2, T3, pre-SOP y la transición a SOP.

Six Sigma: Enfoque de mejora basado en datos y análisis de variabilidad. En la tesis se utiliza como soporte metodológico complementario, principalmente a través de DMAIC.

SOP (Start of Production): Inicio formal de la producción en serie; constituye el hito final del intervalo de industrialización medido en la investigación.

Tablero de seguimiento: Herramienta visual y analítica que integra indicadores de tiempo, iteraciones, ajustes y estabilidad del proceso para dar visibilidad al desempeño de la industrialización.

Tiempo acumulado de ajuste: Suma del tiempo invertido en modificaciones y correcciones del proceso durante las corridas de arranque.

Tiempo de industrialización (T0→SOP): Tiempo transcurrido entre la primera corrida significativa de industrialización y el inicio formal de la producción en serie; es la variable principal del estudio.

T0: Primera corrida significativa de industrialización utilizada como referencia inicial para medir el tiempo T0→SOP y dar seguimiento al arranque.

T1: Etapa de corrida subsecuente a T0 dentro de la secuencia de industrialización, utilizada para continuar la validación y ajuste del proceso.

T2: Etapa intermedia de corrida en la secuencia de industrialización, empleada para evaluar avances en estabilidad, repetibilidad y transición a condiciones más cercanas a producción.

T3: Etapa avanzada de corrida previa a pre-SOP, en la que se espera una mayor consolidación de parámetros y del comportamiento operativo del proceso.

Trazabilidad: Capacidad de seguir y reconstruir de manera documentada la secuencia de corridas, ajustes, decisiones técnicas y resultados observados durante la industrialización.

Unidad de análisis: Cada lanzamiento de nuevo componente plástico considerado como caso de estudio para evaluar el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso.

Validación operativa: Verificación de que el proceso puede ejecutarse bajo condiciones controladas y repetibles antes de pasar a producción regular.

Variable de intervención: Elemento del modelo propuesto que se modifica o implementa con el fin de mejorar el desempeño del lanzamiento.

Variable de resultado: Magnitud empleada para evaluar el efecto de la intervención, particularmente el tiempo de industrialización y la estabilidad del proceso.

Variabilidad de parámetros operativos: Cambio observado en los valores de los parámetros entre corridas, utilizado como indicador del nivel de consistencia del proceso.

Ventana operativa: Rango inicial de referencia dentro del cual los parámetros del proceso pueden operar de manera aceptable durante el arranque.

APÉNDICE

V.4 Apéndice A.1

El presente apéndice muestra el formato manual propuesto para el registro y seguimiento de pruebas de producción durante la etapa de lanzamiento de nuevos componentes plásticos. Este formato fue diseñado como una herramienta de apoyo para documentar, de manera ordenada, la información crítica de cada corrida de producción, desde la identificación general del proyecto hasta el cierre formal de la prueba.

El formato se estructura en apartados que permiten registrar datos generales del proyecto, objetivo de la prueba, fechas por etapa, condiciones previas, parámetros críticos, ventana operativa, corridas realizadas, ajustes efectuados, hitos de cierre, indicadores de desempeño, acciones abiertas y firmas de validación. Su propósito es facilitar la trazabilidad del proceso de industrialización y apoyar el análisis de indicadores relacionados con el tiempo T0→SOP y la estabilidad del proceso.

Para facilitar su lectura dentro del documento de tesis, el formato se presenta dividido por secciones. Esta decisión permite visualizar con mayor claridad los apartados que componen el instrumento, evitando que la información se reduzca excesivamente al integrarse en una sola página.

Por motivos de confidencialidad, el formato se presenta como un machote vacío, sin información real de la empresa, clientes, números de parte, parámetros técnicos específicos, nombres de personal o datos sensibles. Su inclusión tiene fines académicos y busca mostrar la herramienta propuesta para fortalecer el control, seguimiento y documentación de las pruebas de producción en lanzamientos.

FORMATO MANUAL DE PRUEBA DE PRODUCCIÓN - LANZAMIENTO PRODUCTION TRIAL MANUAL FORMAT – LAUNCH 生产试运行手册格式——项目启动阶段							
LOGO DE LA EMPRESA DONDE SE REALIZÓ LA PRUEBA CODIFICACIÓN DE EMPRESA							
1. DATOS GENERALES							
Proyecto / Project 项目		Cliente / Customer / 客户		Fecha de prueba / Trial Date / 试模日期		Hora inicio / Start Time / 开始时间	
Producto / componente / Product / Component / 产品/零件		No. de parte / Part Number / 零件编号		Etapas / Phase / 阶段		No. de pruebas / Trial Number / 试模次数	
Proceso / Process / 工艺		Máquina / Machine / 设备		Molde / Mold / 模具		Material / Material / 材料	
Resp. Materiales / Materials Responsibility / 材料负责人		Resp. Launch / Launch owner / 导入负责人		Resp. Producción / Production owner / 生产负责人		Resp. Calidad / Quality owner / 质量负责人	
Observaciones iniciales / Initial Observations / 初步观察							
2. OBJETIVO DE LA PRUEBA / TRIAL OBJECTIVE / 试产目标							
Objetivo / Objective / 目标: _____							
Alcance / piezas a validar / Scope / parts to validate / 范围/待验证零件: _____							
Resultado esperado / Expected result / 预期结果: _____							

3. FECHAS POR ETAPA Y REPROGRAMACIONES / DATES BY STAGE AND RESCHEDULES / 各阶段日期及重新排期						
Etapa / Stage / 阶段	Fecha planeada / Planned date / 计划日期	Fecha real / Actual date / 实际日期	Diferencia días / Difference days / 差异天数	¿Realizada? / Completed? / 是否完成	Motivo de reprogramación / comentario / Reschedule reason / comment / 重新排期原因/备注	
T0				☐ YES ☐ NO		
T1				☐ YES ☐ NO		
T2				☐ YES ☐ NO		
T3				☐ YES ☐ NO		
Pre-SOP				☐ YES ☐ NO		
SOP				☐ YES ☐ NO		

4. CONDICIONES PREVIAS A LA PRUEBA / PRE-TRIAL CONDITIONS / 试产前条件					
Condición previa / Precondition / 前置条件	SI / Yes / 是	No / No / 否	N/A / N/A / 不适用	Evidencia / comentario / Evidence / comment / 证据/备注	
Parámetros críticos definidos antes de T0 / Critical parameters defined before T0 / 1)前已定义关键参数	☐	☐	☐		
Ventana operativa definida / Operating window defined / 已定义操作窗口	☐	☐	☐		
Criterios de avance entre etapas definidos / Stage-gate advancement criteria defined / 已定义阶段推进标准	☐	☐	☐		
Bitácora de ajustes disponible / Adjustment log available / 调整记录可用	☐	☐	☐		
Tablero de seguimiento disponible / Tracking board available / 跟踪看板可用	☐	☐	☐		
Material disponible y liberado / Material available and released / 材料可用并已放行	☐	☐	☐		
Molde y máquina disponibles / Mold and machine available / 模具和机器可用	☐	☐	☐		
Personal entrenado para la prueba / Personnel trained for the trial / 试产人员已培训	☐	☐	☐		

5. PARÁMETROS CRÍTICOS Y VENTANA OPERATIVA / CRITICAL PARAMETERS AND OPERATING WINDOW / 关键参数及操作窗口							
Parámetro crítico / Critical parameter / 关键参数	Unidad / Unit / 单位	Nominal / Nominal / 标称值	Límite inf. / Lower limit / 下限	Límite sup. / Upper limit / 上限	Valor real / Actual value / 实际值	¿Cumple? / Meets? / 是否符合	Observaciones / Observations / 备注
Temperatura material / Material temperature / 材料温度						☐ YES ☐ NO	
Temperatura molde / Mold temperature / 模具温度						☐ YES ☐ NO	
Presión inyección / Injection pressure / 注塑压力						☐ YES ☐ NO	
Velocidad inyección / Injection speed / 注塑速度						☐ YES ☐ NO	
Tiempo enfriamiento / Cooling time / 冷却时间						☐ YES ☐ NO	
Tiempo ciclo / Cycle time / 周期时间						☐ YES ☐ NO	

6. REGISTRO DE CORRIDAS / ITERACIONES / RUN / ITERATION RECORD / 试产运行/迭代记录										
Corrida / Run / 运行	Inicio / Start / 开始	Fin / End / 结束	Pzas plan / Planned pcs / 计划件数	Pzas OK / OK pcs / 合格件数	Pzas NG / NG pcs / 不良件数	Dentro ventana / Within window / 窗口内	Ajustes / Adjustments / 调整次数	Tiempo ajuste h / Adjustment time h / 调整时间	Resultado / Result / 结果	Observaciones / Observations / 备注
1						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
2						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
3						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
4						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
5						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
6						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
7						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	
8						☐ YES ☐ NO			☐ OK ☐ NG	

7. BITÁCORA DE AJUSTES / ADJUSTMENT LOG / 调整记录							
No. / No. / 编号	Problema detectado / Detected issue / 发现问题	Parámetro / elemento ajustado / Adjusted parameter / element / 调整参数/元件	Valor anterior / Previous value / 调整前值	Valor nuevo / New value / 调整后值	Tiempo h / Time h / 时间h	Responsable / Owner / 负责人	Resultado / comentario / Result / comment / 结果/备注
1							
2							
3							
4							
5							
6							

8. HITOS Y CRITERIOS DE CIERRE / MILESTONES AND CLOSURE CRITERIA / 里程碑及关闭标准				
Hito / criterio / Milestone / criterion / 里程碑/标准	Cumplido / Completed / 已完成	Evidencia / Evidence / 证据	Responsable / Owner / 负责人	Comentario / Comment / 备注
Parámetros críticos registrados / Critical parameters recorded / 关键参数已记录	☐ YES ☐ NO			
Corrida dentro de ventana operativa / Run within operating window / 试产在操作窗口内	☐ YES ☐ NO			
Defectos críticos identificados / Critical defects identified / 已识别关键缺陷	☐ YES ☐ NO			
Piezas OK validadas por calidad / OK parts validated by Quality / 合格件已由质量确认	☐ YES ☐ NO			
Plan de control / hoja de proceso actualizada / Control plan / process sheet updated / 控制计划/工艺文件已更新	☐ YES ☐ NO			
Acciones abiertas asignadas / Open actions assigned / 未关闭措施已分配	☐ YES ☐ NO			
Liberación de etapa aprobada / Stage release approved / 阶段放行已批准	☐ YES ☐ NO			

9. RESUMEN DE INDICADORES DE LA PRUEBA / TRIAL INDICATOR SUMMARY / 试产指标汇总				
Total corridas / Iteraciones / Total runs / Iterations / 总运行迭代	Corridas dentro de ventana / Runs within window / 窗口内运行	% corridas dentro de ventana / % runs within window / 窗口内运行比例		
Total de ajustes / Total adjustments / 总调整次数	Ajustes prom. por corrida / Avg. adjustments per run / 每次运行平均调整	Tiempo acumulado ajuste h / Cumulative adjustment time h / 累计调整时间h		
Hitos cumplidos / Completed milestones / 已完成里程碑	Hitos planeados / Planned milestones / 计划里程碑	% hitos cumplidos / % milestones completed / 里程碑完成率		
Nivel de implementación / Implementation level / 实施水平	Resultado general / Overall result / 总体结果	☐ OK ☐ NG		

10. ACCIONES ABIERTAS / OPEN ACTIONS / 未关闭措施					
No. / No. / 编号	Acción / pendiente / Action / pending item / 措施/待处理	Responsable / Owner / 负责人	Fecha compromiso / Commitment date / 承诺日期	Estatus / Status / 状态	Comentario / Comment / 备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					

11. FIRMAS DE CIERRE / CLOSING SIGNATURES / 关闭签字			
Launch / Launch / 导入	Producción / Production / 生产	Calidad / Quality / 质量	Mantenimiento / Ingeniería / Maintenance / Engineering / 维护/工程
Firma / Signature / 签名: _____ Fecha / Date / 日期: _____	Firma / Signature / 签名: _____ Fecha / Date / 日期: _____	Firma / Signature / 签名: _____ Fecha / Date / 日期: _____	Firma / Signature / 签名: _____ Fecha / Date / 日期: _____

V.5 Apéndice A.2 Hoja de continuación de prueba de producción

Como complemento al formato principal, se incluye una hoja de continuación para pruebas de producción. Esta hoja tiene como propósito ampliar el espacio disponible para el registro de información cuando el número de corridas, ajustes, acciones abiertas u observaciones excede los campos disponibles en el formato inicial.

La hoja de continuación permite mantener la trazabilidad de la prueba sin perder la estructura documental del instrumento principal. En ella se pueden registrar corridas adicionales, ajustes posteriores, problemas detectados, responsables, fechas compromiso, estatus de acciones y comentarios relevantes para el cierre de la prueba.

Su inclusión dentro del mismo apéndice permite presentar el formato completo utilizado como herramienta metodológica para el seguimiento de lanzamientos. Al igual que el formato principal, esta hoja se presenta como machote vacío y sin información confidencial de la empresa, clientes, números de parte, parámetros técnicos específicos o nombres de personal.

HOJA DE CONTINUACIÓN - PRUEBA DE PRODUCCIÓN / CONTINUATION SHEET - PRODUCTION TRIAL / 生产试产续页											
A. MÁS CORRIDAS / ITERACIONES / MORE RUNS / ITERATIONS / 更多运行/迭代											
Corrida / Run / 运行	Inicio / Start / 开始	Fin / End / 结束	Pzas plan / Planned pcs / 计划件数	Pzas OK / OK pcs / 合格件数	Pzas NG / NG pcs / 不良件数	Dentro ventana / Within window / 窗口内	Ajustes / Adjustments / 调整次数	Tiempo ajuste h / Adjustment time h / 调整时间h	Resultado / Result / 结果	Observaciones / Observations / 备注	
1						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
2						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
3						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
4						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
5						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
6						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
7						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
8						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
9						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
10						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
11						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
12						☐ OK ☐ NG			☐ OK ☐ NG		
B. MÁS AJUSTES / MORE ADJUSTMENTS / 更多调整											
No. / No. / 编号	Problema detectado / Detected issue / 发现问题	Parámetro / elemento ajustado / Adjusted parameter / element / 调整参数/项目	Valor anterior / Previous value / 调整前值	Valor nuevo / New value / 调整后值	Tiempo h / Time h / 时间h	Responsable / Owner / 负责人	Resultado / comentario / Result / comment / 结果/备注				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
C. MÁS ACCIONES ABIERTAS / MORE OPEN ACTIONS / 更多未关闭措施											
No. / No. / 编号	Acción / pendiente / Action / pending item / 措施/待处理	Responsable / Owner / 负责人	Fecha compromiso / Commitment date / 承诺日期	Estatus / Status / 状态	Comentario / Comment / 备注						
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

PUBLICACIONES REALIZADAS

Envío de artículo para consideración de publicación

L

LESLIE SARAHÍ SEGURA ARELLANO <mc240029@alumnos.upa.edu.mx>
para revistaarje.ead, bcc: rosa.ramirez

12:27 (hace 2 horas) ☆ 😊 ↶ ⋮

Estimado Comité Editorial de la Revista ARJEAD:

Por medio del presente, me permito someter a consideración para su evaluación y posible publicación el artículo titulado **"Optimización del lanzamiento de componentes plásticos mediante estandarización temprana de parámetros de industrialización"**.

El trabajo deriva de mi investigación de **Maestría en Ciencias de la Ingeniería** y presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de un modelo de industrialización orientado a reducir el tiempo de lanzamiento y mejorar la estabilidad del proceso en nuevos componentes plásticos dentro del sector automotriz.

Adjunto a este correo el manuscrito correspondiente, elaborado conforme a las directrices establecidas en la convocatoria de la Revista ARJEAD.

Agradezco de antemano la atención y el tiempo destinado a la revisión del artículo. Quedo atenta a cualquier comentario, observación o información adicional que sea requerida durante el proceso de evaluación.

Saludos cordiales.

Leslie Sarahí Segura Arellano
Maestría en Ciencias de la Ingeniería
Universidad Politécnica de Aguascalientes

Un archivo adjunto • Analizados por Gmail

Añadir a Drive

W

Articulo_Optimiza...

Optimización del lanzamiento de componentes plásticos mediante estandarización temprana de parámetros de industrialización

Leslie Sarahí Segura Arellano

Universidad Politécnica de Aguascalientes, Maestría en Ciencias en Ingeniería

Resumen

La industrialización de nuevos componentes plásticos automotrices suele desarrollarse bajo restricciones de tiempo, disponibilidad de recursos y exigencias de cumplimiento que pueden generar reprogramaciones, ajustes reactivos y prolongar la transición hacia la producción en serie. El objetivo de esta investigación fue evaluar un modelo integrado de industrialización orientado a reducir el tiempo $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ y mejorar la estabilidad operativa durante el lanzamiento. Se utilizó un enfoque aplicado, cuantitativo y descriptivo-comparativo, con diseño cuasi experimental antes-después en un entorno industrial real. Se analizaron cinco proyectos de molduras exteriores con proceso principal de inyección: dos casos históricos como condición base y tres proyectos con aplicación del modelo. La intervención integró estandarización temprana de parámetros críticos, ventanas operativas iniciales, estructuración de corridas T_0-T_3 , criterios de avance, bitácora de ajustes y tablero de seguimiento, bajo la lógica DMAIC. Los resultados mostraron una reducción del lead time promedio $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ de 255 a 188 días, equivalente a 26.3 %. También disminuyeron las reprogramaciones, los ajustes por corrida, el tiempo acumulado de ajuste y las iteraciones, mientras aumentaron las corridas dentro de ventana operativa y el cumplimiento de hitos. La mayor reducción por etapa se observó entre pre-SOP y SOP, con 34.0 %. Los hallazgos respaldan, dentro del alcance

de los casos estudiados, la utilidad de estructurar la industrialización como un proceso documentado, medible y replicable, aunque el tamaño muestral y la heterogeneidad de los proyectos limitan la generalización estadística.

Palabras clave: industrialización; lanzamiento de nuevos productos; componentes plásticos; DMAIC; estabilidad del proceso.

Abstract

The industrialization of new automotive plastic components is commonly performed under time, resource availability, and schedule-compliance constraints that can generate rescheduling, reactive adjustments, and delays in the transition to series production. This study evaluated an integrated industrialization model intended to reduce T0→SOP lead time and improve operational stability during product launch. An applied, quantitative, descriptive-comparative approach was used through a quasi-experimental before-and-after design in a real industrial environment. Five exterior trim projects whose main process was injection molding were analyzed: two historical projects represented the baseline condition and three projects were evaluated after implementation of the proposed model. The intervention combined early standardization of critical process parameters, initial operating windows, structured T0–T3 runs, stage-gate criteria, an adjustment log, and a monitoring dashboard, organized through the DMAIC logic. Average T0→SOP lead time decreased from 255 to 188 days, a 26.3% reduction. Rescheduling events, adjustments per run, accumulated adjustment time, and iterations also decreased, while the percentage of runs within the operating window and milestone compliance increased. The largest stage-level improvement occurred from pre-SOP to SOP, with a 34.0% reduction. Within the scope of the cases studied, the findings support the usefulness of managing industrialization as a documented, measurable, and replicable process. However, the small sample and differences in project complexity limit statistical generalization and require cautious interpretation of causal effects.

Keywords: industrialization; new product launch; plastic components; DMAIC; process stability.

1. Introducción

La presión por introducir nuevos productos en plazos cada vez menores convierte a la industrialización en una etapa crítica para el desempeño de los lanzamientos automotrices. En los componentes plásticos, la transición desde las primeras corridas significativas hasta la producción en serie requiere coordinar herramientas, materiales, parámetros de inyección, disponibilidad de máquina, metrología, recursos humanos y, cuando aplica, operaciones posteriores como pintura o ensamble. Cuando estos elementos se atienden de manera reactiva, los problemas se manifiestan en forma de pruebas repetidas, ajustes de último momento, reprogramaciones y retrasos que se acumulan antes del inicio formal de producción.

La literatura sobre moldeo por inyección muestra que la estabilidad no depende únicamente de obtener una pieza aceptable en una corrida aislada. También requiere controlar la variación y conservar condiciones repetibles entre ciclos y corridas. Chaciński et al. (2022) mostraron que el peso del producto puede utilizarse como referencia para evaluar la estabilidad y capacidad del proceso mediante indicadores estadísticos. En la misma línea, Hsiao et al. (2023) aplicaron DMAIC y herramientas de análisis para identificar parámetros significativos en moldeo por inyección y sostener mejoras de rendimiento. Estudios más recientes han reforzado el uso de datos de máquina, sensores y modelos de predicción para detectar desviaciones y apoyar decisiones de ajuste durante el proceso (García-Sánchez et al., 2025; Hernández-Vega et al., 2024). En conjunto, estos antecedentes sustentan la importancia de definir parámetros, registrar información y reducir la toma de decisiones basada exclusivamente en reacción inmediata.

Desde la perspectiva de gestión, la introducción de nuevos sistemas de producción también puede beneficiarse de principios Lean para reducir desperdicios, esperas y actividades sin valor agregado. Islam (2024) documentó la aplicación de prácticas de desarrollo Lean en procesos de introducción, mientras que Womack y Jones (2003) establecen como principio central la creación de flujo y la eliminación sistemática de desperdicios. En un lanzamiento, estos principios pueden trasladarse a la reducción de tiempos muertos entre etapas, la claridad de entregables y el seguimiento visible de pendientes. La lógica DMAIC complementa esta visión al proporcionar una secuencia para definir el problema, medir el desempeño, analizar causas, implementar mejoras y establecer controles.

En la organización analizada se identificó una situación recurrente: algunos proyectos iniciaban corridas de industrialización sin contar con parámetros críticos suficientemente definidos, una ventana operativa inicial, criterios homogéneos de avance o una bitácora estructurada para registrar cambios. Como consecuencia, el aprendizaje generado en una corrida no siempre se transfería de forma ordenada a la siguiente. La ausencia de un esquema común favorecía una dinámica reactiva y dificultaba distinguir si una demora provenía de la preparación inicial, de ajustes técnicos, de interrupciones del programa o del cierre de pendientes previos a SOP.

A partir de esta problemática se desarrolló un modelo integrado de industrialización enfocado en el intervalo T0→SOP. T0 se definió como la primera corrida significativa utilizada como referencia inicial para medir el lanzamiento; T2 y T3 correspondieron a etapas progresivas de validación y estabilización; pre-SOP representó la fase previa al arranque formal; y SOP, el inicio de producción en serie. El modelo no sustituye los marcos de aprobación de producto y proceso, sino que organiza la ejecución operativa del arranque mediante elementos que puedan ser aplicados y medidos dentro de las condiciones reales de planta.

El objetivo general fue reducir el tiempo de industrialización T0→SOP y mejorar la estabilidad del proceso en lanzamientos de nuevos componentes plásticos mediante la estandarización temprana

de parámetros operativos críticos, la estructuración de corridas de arranque y la gestión ordenada de ajustes. La hipótesis alternativa estableció que la implementación del enfoque permitiría reducir al menos 20 % el tiempo promedio T0→SOP y mejorar de forma consistente indicadores operativos de estabilidad respecto del desempeño histórico. El propósito del presente artículo es exponer de manera condensada el diseño de la intervención, la comparación entre los casos base y los casos de mejora, y los principales resultados observados.

2. Metodología

Diseño del estudio y unidad de análisis

La investigación se desarrolló con un enfoque aplicado, cuantitativo y descriptivo-comparativo. Se adoptó un diseño cuasi experimental antes-después porque la intervención se implementó en un entorno industrial real y no fue posible asignar aleatoriamente proyectos a grupos experimentales. La unidad de análisis fue cada lanzamiento de un nuevo componente plástico. La comparación se efectuó entre desempeño histórico y desempeño posterior a la implementación del modelo, reconociendo que las diferencias de contexto impiden atribuciones causales absolutas.

Se incluyeron cinco proyectos con documentación suficiente para reconstruir el intervalo T0→SOP y sus principales eventos de ejecución. La condición base estuvo formada por Project_ST_01 y Project_GM_02; la condición de mejora incluyó Project_KA_03, Project_GM_04 y Project_NIS_05. Todos pertenecieron a la familia de molduras exteriores y tuvieron como proceso principal el moldeo por inyección. Algunos incorporaron pintura o ensamble, por lo que los casos fueron razonablemente comparables, aunque no idénticos en complejidad. La anonimización de los nombres permitió preservar la confidencialidad de clientes, números de parte y referencias internas.

Modelo de intervención

El modelo integró cinco elementos operativos. El primero fue la definición temprana de parámetros críticos antes de T0. De acuerdo con el proceso y la familia de piezas, se buscó establecer variables de referencia como temperatura, presión, velocidad, tiempos o secuencias de operación. El segundo elemento fue la definición de una ventana operativa inicial para reducir cambios arbitrarios y contar con un rango documentado de trabajo durante las corridas. El tercero consistió en estructurar la secuencia T0–T3 mediante criterios de avance que permitieran decidir si un proyecto podía continuar hacia la siguiente etapa o requería acciones adicionales.

El cuarto elemento fue una bitácora de ajustes por proyecto. En ella se registraron cambios efectuados, resultados observados, decisiones y pendientes generados durante cada corrida. Su función fue conservar trazabilidad y evitar que las modificaciones quedaran dispersas entre correos, conversaciones o formatos diferentes. El quinto elemento fue un tablero de seguimiento que integró

indicadores temporales y de estabilidad para dar visibilidad al avance, facilitar la coordinación entre áreas y apoyar la revisión de pendientes.

La intervención se estructuró con la lógica DMAIC. En Definir se delimitó el problema en el flujo T0→SOP y se identificaron los principales síntomas de una industrialización reactiva. En Medir se estableció la línea base mediante lead time, reprogramaciones, ajustes, horas acumuladas de ajuste, iteraciones, corridas dentro de ventana e hitos. En Analizar se revisaron cuellos de botella y condiciones que generaban pérdida de continuidad. En Mejorar se aplicaron parámetros previos, criterios de avance, bitácora y tablero. Finalmente, en Controlar se mantuvo el seguimiento de indicadores y la actualización de registros para favorecer la repetibilidad del método.

Variables e indicadores

La variable principal de resultado fue el tiempo de industrialización T0→SOP, expresado en días. Como indicadores complementarios de tiempo y ejecución se emplearon la duración de las etapas T0→T2, T2→T3, T3→pre-SOP y pre-SOP→SOP, el número de reprogramaciones y el tiempo acumulado de ajuste. La estabilidad operativa se evaluó mediante ajustes promedio por corrida, número de iteraciones, porcentaje de corridas dentro de la ventana operativa y porcentaje de hitos cumplidos.

Para los indicadores en los que un valor menor representó mejor desempeño, la mejora porcentual se calculó como la diferencia entre el promedio base y el promedio de mejora, dividida entre el promedio base y multiplicada por cien. Para los indicadores cuyo aumento representó mejor desempeño se utilizó la diferencia entre mejora y base respecto del valor base. La meta principal se consideró alcanzada cuando la reducción del lead time T0→SOP fue igual o superior a 20 %.

Fuentes, tratamiento y análisis de datos

La información se obtuvo de registros de lanzamiento, fechas de corridas, seguimiento de proyectos y formatos utilizados para documentar ajustes y avances. Se buscaron criterios comunes para T0, T2, T3, pre-SOP y SOP con el propósito de mejorar la comparabilidad. El análisis fue descriptivo; se calcularon valores individuales, promedios por grupo, diferencias absolutas y cambios porcentuales. No se realizaron pruebas inferenciales debido al número limitado de casos y a la variabilidad natural del contexto industrial.

El rigor del estudio se apoyó en la trazabilidad entre problema, hipótesis, variables, intervención e indicadores. También se reconocieron como factores externos posibles cambios de programación, retrasos de materiales o herramientas, disponibilidad de personal, tiempo de máquina y modificaciones técnicas. Estos eventos no fueron eliminados del entorno, sino considerados al

interpretar los resultados. Por ello, el estudio busca aportar evidencia aplicada sobre el comportamiento observado y no demostrar una causalidad universal.

3. Resultados

Desempeño individual de los proyectos

Los casos base presentaron lead times de 253 y 257 días, con promedio de 255 días. Project_ST_01 registró seis reprogramaciones, nueve ajustes promedio por corrida, 25 horas acumuladas de ajuste, cinco iteraciones, 56 % de corridas dentro de ventana y 70 % de cumplimiento de hitos. Project_GM_02 presentó siete reprogramaciones, siete ajustes, 20 horas de ajuste, seis iteraciones, 55 % de corridas dentro de ventana y 68 % de hitos cumplidos. En conjunto, la condición base mostró una dinámica con frecuentes correcciones y menor continuidad entre etapas.

En la condición de mejora, Project_KA_03 alcanzó un lead time de 187 días, cuatro reprogramaciones, cinco ajustes por corrida, 15 horas de ajuste, cuatro iteraciones, 80 % de corridas dentro de ventana y 88 % de hitos. Project_GM_04 obtuvo el menor lead time, con 185 días, cinco reprogramaciones, seis ajustes, 16 horas de ajuste, cuatro iteraciones, 85 % de corridas dentro de ventana y 90 % de hitos. Project_NIS_05 registró 192 días, cinco reprogramaciones, cinco ajustes, 17 horas, cuatro iteraciones, 83 % de corridas dentro de ventana y 92 % de cumplimiento de hitos. Este último incluyó pintura y ensamble, lo que muestra que la tendencia favorable también estuvo presente en un caso con operaciones complementarias.

Tabla 1

Indicadores de desempeño por proyecto

Proyecto	Grupo	T0→SO P (días)	Reprogramaciones	Ajustes	Tiempo de ajuste (h)	Iteraciones	Corridas en ventana	Hitos
ST_01	Base	253	6	9	25	5	56 %	70 %
GM_02	Base	257	7	7	20	6	55 %	68 %
KA_03	Mejora	187	4	5	15	4	80 %	88 %
GM_04	Mejora	185	5	6	16	4	85 %	90 %
NIS_05	Mejora	192	5	5	17	4	83 %	92 %

Nota. Elaboración propia con datos de los casos analizados.

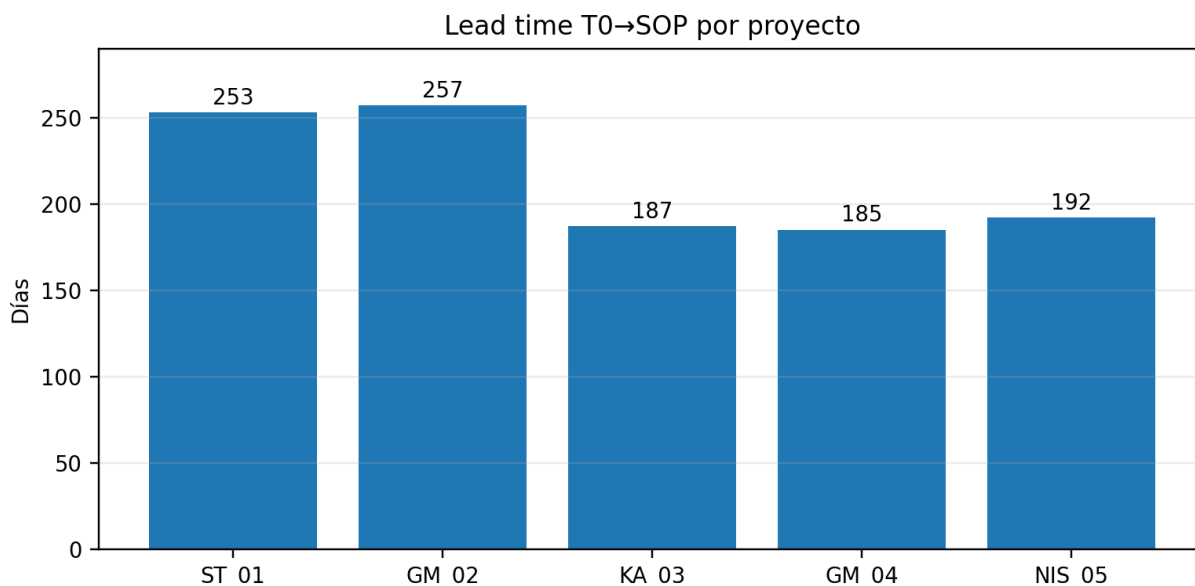


Figura 1. Lead time T0→SOP de los cinco proyectos analizados.

Nota. Elaboración propia con datos de los casos analizados.

Comparación global antes-después

La comparación de promedios mostró una mejora favorable en todos los indicadores evaluados. El lead time T0→SOP disminuyó de 255 a 188 días, equivalente a 67 días menos y una reducción de 26.3 %. Este resultado superó la meta mínima de 20 % establecida en la hipótesis. Las reprogramaciones pasaron de 6.5 a 4.7 por proyecto, una reducción de 28.2 %. Los ajustes promedio por corrida disminuyeron de 8.0 a 5.3, equivalentes a 33.3 %, mientras que el tiempo acumulado de ajuste bajó de 22.5 a 16.0 horas, una mejora de 28.9 %.

El promedio de iteraciones disminuyó de 5.5 a 4.0, una reducción de 27.3 %. A su vez, las corridas dentro de ventana operativa aumentaron de 55.5 % a 82.7 %, es decir, 27.2 puntos porcentuales adicionales. El cumplimiento de hitos pasó de 69.0 % a 90.0 %, con un incremento de 21 puntos porcentuales. La coincidencia de mejoras en métricas de tiempo, repetición, ajuste y cumplimiento sugiere una ejecución más ordenada en la condición posterior a la intervención.

Tabla 2*Comparación global de indicadores*

Indicador	Promedio base	Promedio mejora	Diferencia absoluta	Mejora
Lead time T0→SOP (días)	255.0	188.0	-67.0	26.3 %
Reprogramaciones	6.5	4.7	-1.8	28.2 %
Ajustes promedio por corrida	8.0	5.3	-2.7	33.3 %
Tiempo acumulado de ajuste (h)	22.5	16.0	-6.5	28.9 %
Iteraciones	5.5	4.0	-1.5	27.3 %
Corridas dentro de ventana	55.5 %	82.7 %	+27.2 pp	48.9 %
Hitos cumplidos	69.0 %	90.0 %	+21.0 pp	30.4 %

Nota. En los indicadores de aumento favorable, la diferencia absoluta se expresa en puntos porcentuales (pp).

Duración por etapa

El análisis por etapas permitió identificar dónde se concentró la reducción del tiempo total. Entre T0 y T2 el promedio disminuyó de 43.0 a 37.0 días, una mejora de 14.0 %. Entre T2 y T3 pasó de 56.5 a 42.0 días, equivalente a 25.7 %. En T3→pre-SOP disminuyó de 59.0 a 45.3 días, con 23.2 % de mejora. La mayor diferencia se produjo en pre-SOP→SOP: el promedio se redujo de 96.5 a 63.7 días, es decir, 32.8 días menos y 34.0 % de reducción.

Tabla 3*Tiempo promedio por etapa del proceso de industrialización*

Etapas	Promedio base	Promedio mejora	Diferencia	Mejora
T0→T2	43.0	37.0	-6.0	14.0 %
T2→T3	56.5	42.0	-14.5	25.7 %
T3→pre-SOP	59.0	45.3	-13.7	23.2 %
pre-SOP→SOP	96.5	63.7	-32.8	34.0 %
Total	255.0	188.0	-67.0	26.3 %

Nota. Los valores representan días promedio por grupo.

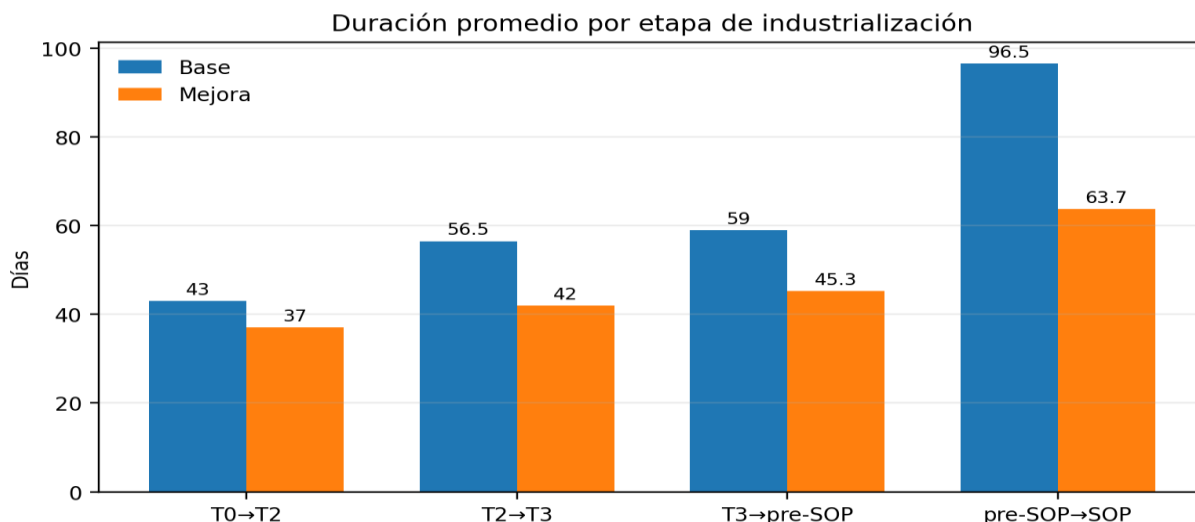


Figura 2. Comparación de la duración promedio por etapa entre el grupo base y el grupo con mejora.

Nota. Elaboración propia con datos de los casos analizados.

La concentración del mayor cambio en la fase final es relevante porque indica que el efecto observado no se limitó a preparar mejor las primeras corridas. También se redujo el tiempo asociado con la consolidación del proceso, el cierre de pendientes y la transición final hacia producción en serie. En la condición base, pre-SOP→SOP representaba el tramo más prolongado. Después de la intervención continuó siendo una etapa relevante, pero su duración disminuyó de forma más pronunciada que la del resto del flujo.

Grado de implementación

El grado de aplicación de las prácticas propuestas aumentó entre ambos grupos. Los parámetros críticos definidos antes de T0 pasaron de 0 % en la condición base a 83.3 % en la condición de mejora. La ventana operativa definida aumentó de 50.0 % a 66.7 %, los criterios de avance de 50.0 % a 83.3 %, la bitácora de ajustes de 75.0 % a 100.0 % y el tablero de seguimiento de 50.0 % a 66.7 %. En términos globales, el nivel de implementación pasó de 45.0 % a 80.0 %.

Estos datos aportan contexto a los resultados operativos. Los proyectos con mejor desempeño fueron también aquellos en los que las prácticas del modelo estuvieron más formalizadas. Sin embargo, el diseño y el tamaño de la muestra no permiten interpretar esta asociación como una correlación estadística independiente. Su valor consiste en mostrar una tendencia coherente entre mayor disciplina de industrialización y mejores indicadores dentro de los casos observados.

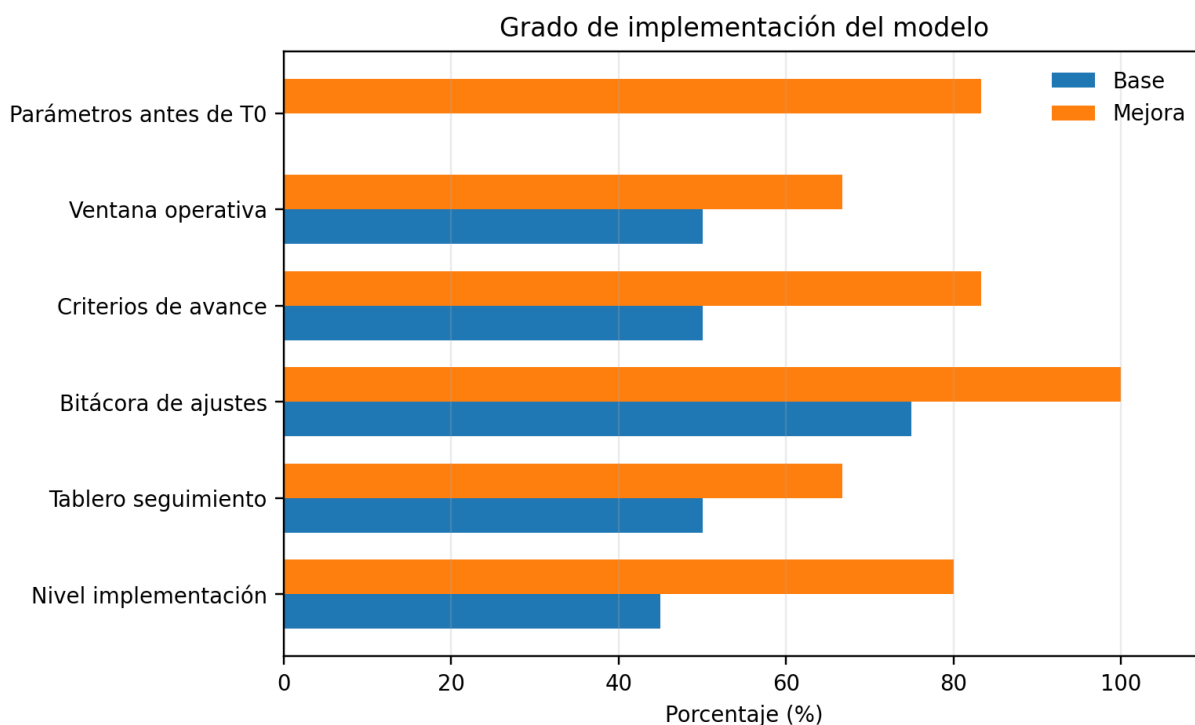


Figura 3. Comparación del grado de implementación de los elementos del modelo.

Nota. Elaboración propia con datos de los casos analizados.

4. Discusión

Los resultados respaldan la hipótesis alternativa dentro de los límites del estudio. La reducción de 26.3 % en T0→SOP superó el umbral de 20 % planteado y estuvo acompañada por mejoras en todos los indicadores complementarios. Esta convergencia es importante porque una reducción de calendario, por sí sola, podría producirse debido a cambios externos de programación. En cambio, la disminución simultánea de ajustes, horas de intervención, iteraciones y reprogramaciones, junto con el aumento de corridas en ventana e hitos cumplidos, describe una condición operativa menos reactiva y con mayor continuidad.

La definición temprana de parámetros puede explicar parte de esta tendencia porque reduce la necesidad de iniciar cada corrida desde condiciones poco consolidadas. La literatura de inyección muestra que el comportamiento del proceso puede evaluarse y controlarse a partir de variables físicas y parámetros operativos, y que la recopilación estructurada de datos favorece la detección de desviaciones (Chaciński et al., 2022; Hernández-Vega et al., 2024). El presente estudio no utilizó sensores avanzados como elemento central, pero aplica un principio compatible: registrar condiciones de referencia y convertir los cambios realizados durante el arranque en información trazable para la siguiente decisión.

El uso de DMAIC también aportó una estructura que permitió conectar la línea base con las acciones y los controles. Hsiao et al. (2023) utilizaron Six Sigma para mejorar un proceso de inyección a partir de análisis de causa y parámetros; en esta investigación, DMAIC se trasladó del nivel de optimización de un defecto específico al nivel de gestión de la industrialización. Esta adaptación permitió integrar aspectos técnicos y de coordinación sin reducir el problema a una sola variable de máquina.

El incremento del nivel de implementación de 45 % a 80 % muestra que el cambio no consistió únicamente en exigir una fecha de SOP menor. Se incorporaron mecanismos concretos para preparar, documentar y controlar las corridas. La bitácora alcanzó 100 % en los casos de mejora y los criterios de avance llegaron a 83.3 %. Estos elementos pueden facilitar el aprendizaje entre corridas al evitar que cada evento sea tratado como un episodio aislado. Además, el tablero proporciona una referencia común para ingeniería, producción, metrología, logística y otras áreas de soporte, favoreciendo la visibilidad de pendientes y la priorización de acciones.

La mayor reducción en pre-SOP→SOP merece atención. Una interpretación posible, consistente con la evidencia del estudio, es que una preparación más estructurada en las primeras etapas evita acumular pendientes técnicos y operativos hacia el cierre. Cuando parámetros, ajustes y criterios de avance se documentan desde T0, las etapas posteriores reciben un proceso con mayor trazabilidad. Esto no significa que el modelo elimine cambios externos, retrasos de materiales o modificaciones de programa, pero puede reducir la parte del retraso asociada con incertidumbre operativa y repetición de decisiones.

Desde una perspectiva Lean, los resultados también pueden interpretarse como una reducción de actividades que no agregan valor, especialmente esperas, retrabajos y repeticiones. Womack y Jones (2003) señalan la importancia de crear flujo y reducir desperdicios; en este caso, la disminución de reprogramaciones e iteraciones representa una señal operativa compatible con ese enfoque. También, Islam (2024) destaca la aplicación de prácticas Lean en la introducción de sistemas productivos, lo cual refuerza la pertinencia de estructurar el lanzamiento como un flujo y no solo como una secuencia de fechas contractuales.

El estudio presenta limitaciones que deben conservarse en cualquier interpretación. Primero, el tamaño muestral es reducido: cinco proyectos, con dos casos base y tres de mejora. Segundo, aunque todos corresponden a molduras exteriores con inyección como proceso principal, algunos incorporaron pintura o ensamble. Tercero, el entorno industrial no permitió controlar factores como disponibilidad de material, cambios de programación, tiempo de máquina o recursos humanos. Cuarto, la investigación se concentró en indicadores operativos de industrialización y no realizó pruebas inferenciales que permitan generalizar los resultados a toda la industria.

Estas limitaciones no invalidan la comparación, pero obligan a definir su alcance. Los resultados constituyen evidencia aplicada de una organización y muestran que el modelo puede utilizarse como

método replicable para nuevos casos, donde deberá volver a medirse su desempeño. Un siguiente paso consiste en ampliar la muestra, estratificar proyectos por complejidad e incorporar información más detallada de variabilidad de parámetros. El uso de sensores de cavidad y estrategias de aprendizaje iterativo, como las estudiadas por García-Sánchez et al. (2025), podría fortalecer futuras evaluaciones y permitir relacionar la gestión del lanzamiento con señales directas del proceso.

La comparación también permite distinguir entre estabilidad técnica y estabilidad de gestión. En este estudio, la estabilidad se observó mediante la frecuencia de ajustes, la repetición de corridas, el tiempo invertido en correcciones, el cumplimiento de hitos y la permanencia dentro de la ventana operativa. Por ello, una mejor estabilidad no implica afirmar que todas las variables físicas del proceso alcanzaron capacidad estadística en cada proyecto, sino que la ejecución del arranque presentó menos cambios reactivos y mayor consistencia documental. Esta precisión es importante porque el modelo propuesto se orienta principalmente a la gestión técnico-operativa de la industrialización. Indicadores como C_p , C_{pk} , peso de pieza o señales de presión pueden complementar el modelo cuando los datos estén disponibles, tal como sugieren Montgomery (2020), Chaciński et al. (2022) y García-Sánchez et al. (2025). Su incorporación futura permitiría conectar la estabilidad observada en la gestión de corridas con la estabilidad estadística del proceso de inyección. De esta manera, el tablero podría evolucionar desde un instrumento de seguimiento de tiempos, ajustes e hitos hacia una plataforma que también integre señales técnicas de capacidad y variación. Esa ampliación no modifica los resultados obtenidos en los cinco casos, pero define una ruta concreta para fortalecer la evidencia, separar con mayor claridad efectos de gestión y efectos puramente técnicos, y aumentar la utilidad del modelo en proyectos con mayor disponibilidad de información de proceso.

Además, permitiría comparar lanzamientos equivalentes con criterios más objetivos y construir una base histórica capaz de orientar decisiones tempranas, prioridades de validación y futuras acciones preventivas.

5. Conclusiones

La aplicación del modelo integrado de industrialización se asoció con una reducción relevante del tiempo $T_0 \rightarrow \text{SOP}$ y con una mejora consistente de los indicadores de estabilidad operativa en los cinco lanzamientos analizados. El lead time promedio disminuyó de 255 a 188 días, equivalente a 67 días y 26.3 %, por lo que se superó la meta mínima de 20 % definida en la hipótesis. Al mismo tiempo, las reprogramaciones disminuyeron 28.2 %, los ajustes por corrida 33.3 %, el tiempo acumulado de ajuste 28.9 % y las iteraciones 27.3 %. Las corridas dentro de ventana aumentaron a 82.7 % y el cumplimiento de hitos alcanzó 90.0 %.

La mejora se distribuyó a lo largo del flujo de industrialización, pero fue mayor en pre-SOP→SOP, donde la reducción alcanzó 34.0 %. Este comportamiento sugiere que la estandarización temprana no solo facilita el arranque inicial, sino que contribuye a llegar a la fase final con menos pendientes acumulados y mayor control del proceso. El incremento del nivel general de implementación de 45 % a 80 % refuerza la relación observada entre formalización de prácticas y desempeño operativo.

El aporte principal es un esquema de trabajo que integra parámetros críticos antes de T0, ventana operativa, corridas T0–T3 con criterios de avance, bitácora de ajustes y tablero de seguimiento. Su utilidad práctica reside en convertir un lanzamiento predominantemente reactivo en una secuencia documentada y medible. No obstante, los hallazgos deben interpretarse como evidencia aplicada y no como inferencia estadística generalizable debido al tamaño de la muestra y a las diferencias de complejidad entre proyectos.

Para futuras aplicaciones se recomienda implementar el modelo antes de T0, mantener una bitácora única por proyecto, actualizar el tablero después de cada corrida y revisar periódicamente indicadores de tiempo y estabilidad con las áreas participantes. También es conveniente ampliar la base de casos, incorporar métricas de complejidad y analizar la variabilidad de parámetros con datos de máquina cuando estén disponibles. Estas acciones permitirán evaluar con mayor precisión la robustez del modelo y su posibilidad de transferencia a otras familias de componentes plásticos y entornos de industrialización.

Referencias

- Chaciński, T., Jaskólski, P., & Pałubicki, M. (2022). Study of process stability in injection molding based on product weight. *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, 6(1), 21–26. <https://doi.org/10.30464/jmee.2022.6.1.21>
- Hsiao, C. T., Lin, C.-P., & Fan, P.-H. (2023). The application of Six Sigma to improve the yield of plastic injection molding. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 34(2), 152–170. <https://doi.org/10.7166/34-2-2887>
- García-Sánchez, D. A., Mayén Chaires, J., Arcos-Gutiérrez, H., Garduño, I. E., Navarro-Rojero, M. G., Gallegos-Melgar, A., Betancourt-Cantera, J. A., Hernández-Hernández, M., & Mercado-Lemus, V. H. (2025). Enhancing injection molding process by implementing cavity pressure sensors and an iterative learning control (ILC) methodology. *Processes*, 13(9), 3010. <https://doi.org/10.3390/pr13093010>
- Hernández-Vega, J. I., Reynoso-Guajardo, L. A., Gallardo-Morales, M. C., Macias-Arias, M. E., Hernández, A., de la Cruz, N., Soto-Soto, J. E., & Hernández-Santos, C. (2024). Plastic

injection molding process analysis: Data integration and modeling for improved production efficiency. *Applied Sciences*, 14(22), 10279. <https://doi.org/10.3390/app142210279>

Islam, M. H. (2024). Adopting lean product development in new production system introduction process for sustainable operational performance. *International Journal of Production Management and Engineering*, 12(2), 125–140. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2024.20822>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (Rev. and updated ed.). Free Press.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Chaciński, P. Jaskólski, and M. Palubicki, "Study of process stability in injection molding based on product weight," *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 21–26, 2022, doi: 10.30464/jmee.2022.6.1.21.
- [2] C. T. Hsiao, C.-P. Lin, and P.-H. Fan, "The application of Six Sigma to improve the yield of plastic injection molding," *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 34, no. 2, pp. 152–170, 2023, doi: 10.7166/34-2-2887.
- [3] L. Zhang, T.-L. Chang, C.-C. Tsao, K.-C. Hsieh, and C.-Y. Hsu, "Analysis and optimization of injection molding process on warpage based on Taguchi design and PSO algorithm," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 137, no. 1, pp. 981–988, 2025, doi: 10.1007/s00170-025-15099-5.
- [4] O. Haberchad and Y. Salih-Alj, "Quality Control and Process Optimization of Injection Molding Using a Data-Oriented Approach in an Industrial Setting," *Journal of Data Science and Intelligent Systems*, vol. 4, no. 2, pp. 155–165, 2026, doi: 10.47852/bonviewJDSIS52024730.
- [5] J. I. Hernández-Vega, L. A. Reynoso-Guajardo, M. C. Gallardo-Morales, M. E. Macias-Arias, A. Hernández, N. de la Cruz, J. E. Soto-Soto, and C. Hernández-Santos, "Plastic Injection Molding Process Analysis: Data Integration and Modeling for Improved Production Efficiency," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 22, Art. no. 10279, 2024, doi: 10.3390/app142210279.
- [6] D. A. García-Sánchez, J. Mayén Chaires, H. Arcos-Gutiérrez, I. E. Garduño, M. G. Navarro-Rojero, A. Gallegos-Melgar, J. A. Betancourt-Cantera, M. Hernández-Hernández, and V. H. Mercado-Lemus, "Enhancing Injection Molding Process by Implementing Cavity Pressure Sensors and an Iterative Learning Control (ILC) Methodology," *Processes*, vol. 13, no. 9, Art. no. 3010, 2025, doi: 10.3390/pr13093010.
- [7] M. H. Islam, "Adopting lean product development in new production system introduction process for sustainable operational performance," *International Journal of Production Management and Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 125–140, 2024, doi: 10.4995/ijpme.2024.20822.
- [8] Automotive Industry Action Group, *Advanced Product Quality Planning (APQP) Reference Manual*, 3rd ed. Southfield, MI, USA: AIAG, 2024.
- [9] Automotive Industry Action Group, *Production Part Approval Process (PPAP)*, 4th ed. Southfield, MI, USA: AIAG, 2006.

- [10] Automotive Industry Action Group, Measurement Systems Analysis (MSA), 4th ed. Southfield, MI, USA: AIAG, 2010.
- [11] Automotive Industry Action Group, Statistical Process Control (SPC), 2nd ed. Southfield, MI, USA: AIAG, 2005.
- [12] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. A. Knight, Product Design for Manufacture and Assembly, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2010.
- [13] J. P. Womack and D. T. Jones, Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, revised and updated ed. New York, NY, USA: Free Press, 2003.
- [14M. J. Harry and R. R. Schroeder, Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York, NY, USA: Currency, 2000.
- [15] D. C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2020.
- [16] D. V. Rosato, D. V. Rosato, and M. G. Rosato, Eds., Injection Molding Handbook, 3rd ed. Boston, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000, doi: 10.1007/978-1-4615-4597-2.
- [17] D. O. Kazmer, Injection Mold Design Engineering, 2nd ed. Munich, Germany: Hanser Publishers, 2016.