



POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS

RPC-SO-20-NO.313-2022

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD DEL
PROCESO DE INYECCIÓN DE ELEMENTOS
PLÁSTICOS EN LA EMPRESA METACONS
DE LA CIUDAD DE CUENCA

AUTOR:

LUIS DANIEL CHIRIBOGA TOLEDO

DIRECTORA:

ROSALBA ELIXZANDRA PESANTEZ CHICA

CUENCA – ECUADOR
2025

Autor:**Luis Daniel Chiriboga Toledo**

Ingeniero Mecánico.

Candidato a Magíster en Gestión de Proyectos por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

lchiriboga@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Rosalba Elixzandra Pesantez Chica**

Ingeniera Comercial.

Doctor of Administrative Science, Business Administration and Management General.

rpesantez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2025 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

LUIS DANIEL CHIRIBOGA TOLEDO

Propuesta de optimización de indicadores de productividad del proceso de inyección de elementos plásticos en la empresa Metacons de la ciudad de Cuenca

DEDICATORIA

Este logro es fruto de un largo camino lleno de aprendizajes y desafíos. Agradezco a Dios por permitirme vivir esta experiencia. A mi madre Alexandra, en el cielo, sé que está orgullosa. A mi padre Guillermo, mi sincero agradecimiento por sus enseñanzas de esfuerzo constante. A Paola, mi esposa, cómplice y amiga, gracias por compartir y apoyarme en este sueño. A Martín y Benjamín, mis pequeños maestros de la vida, quienes con su curiosidad y alegría me inspiran a ser mejor cada día. Con este trabajo, honro su confianza y cariño.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica, mi alma máter, por proporcionarme el conocimiento necesario para llevar a cabo esta investigación. A mi tutora, Rosalba Pesantez, cuyo expertise y dedicación fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. A Metacons, empresa que confió en mí y me permitió aplicar mis conocimientos en un entorno real, facilitando la recolección de datos y el análisis de la información.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	11
2.1 REALIDADES POR NIVELES	11
2.1.1 MACRO	11
2.1.2 MESO	13
2.1.3 MICRO	15
2.2 SITUACIÓN ACTUAL.	17
2.3 JUSTIFICACIÓN	20
2.4 OBJETIVOS	21
2.4.1 GENERAL	21
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. MARCO REFERENCIAL	22
3.1 CALIDAD, EFICIENCIA Y EFICACIA EN LA MANUFACTURA	23
3.2 INDICADORES DE CALIDAD Y PRODUCCIÓN	24
3.3 OBJETIVOS DE UN INDICADOR	24
3.4 INDICADORES OBJETIVOS DE LA EMPRESA	25
3.5 AMEF, ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES	26
3.4.1 SECUENCIA PARA DESARROLLAR UN AMEF	27
3.4.2 CALIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD, FRECUENCIA Y OCURRENCIA	28
3.4.2.1 GRAVEDAD.	28
3.4.2.2 FRECUENCIA.	28
3.4.2.3 DETECCIÓN.	28
3.4.2.4 ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO IPR.	29
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA	29
4.1 MÉTODOS EMPLEADOS	30
4.2 MATERIALES Y EQUIPOS	30

4.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	31
4.2.2 TÉCNICAS DE MEDICIÓN	31
4.2.3 POBLACIÓN	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1 AMEF DE INDICADORES DEL PROCESO DE INYECCIÓN.	33
5.2 ANÁLISIS DE LAS RECOMENDACIONES Y SUS POSIBLES MEJORAS EN LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD PLANTEADOS.	34
5.2.1 ACCIÓN RECOMENDADA P3 DEL AMEF, MAQUINARIA AUTOMATIZADA	34
PROPUESTA PARA METACONS DE AUTOMATIZACIÓN.	35
5.2.1.1 AUTOMATIZACIÓN	36
5.2.1.2 CALIDAD DE ELEMENTO INYECTADOS	37
5.2.1.3 CANALES DE ALIMENTACIÓN	38
5.2.3.4 NÚMERO DE CAVIDADES	39
5.2.2 ACCIÓN RECOMENDADA P1 DEL AMEF, ESTÁNDARES DE APROBACIÓN, PASA NO PASA, PATRONES DE CALIDAD Y TRABAJO ESTANDARIZADO.	41
5.2.3 ACCIÓN RECOMENDADA T1 DEL AMEF, MANTENIMIENTO PREVENTIVO	45
COSTOS DE IMPLANTACIÓN	52
6. CONCLUSIONES	52
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Formato AMEF.....</i>	<i>pág 28</i>
<i>Tabla 2. Análisis de Amef de indicadores.....</i>	<i>pág 33</i>
<i>Tabla 3. Propuesta para Metacons de automatización.....</i>	<i>pág 35</i>
<i>Tabla 4. Tabla de Parámetros a controlar dentro del Proceso de Inyección.....</i>	<i>pág 37</i>
<i>Tabla.5 Propuesta de Poka yokes para Metacons.....</i>	<i>pág 41</i>
<i>Tabla.6 Propuesta de Hoja de Trabajo estandarizado para Metacons.....</i>	<i>pág 46</i>
<i>Tabla.7 Propuesta de Mantenimiento para elementos principales de inyectoras para Metacons....</i>	<i>pág 47</i>
<i>Tabla.8 Propuesta de Limpieza para elementos principales de inyectoras para Metacons.....</i>	<i>pág 49</i>
<i>Tabla.9 Propuesta de lubricación para elementos principales de inyectoras para Metacons.....</i>	<i>pág 50</i>
<i>Tabla 10. Criticidad de componentes para la máquina inyectora.....</i>	<i>pág 51</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Desperdicio del plástico a nivel mundo.....</i>	<i>pág 8</i>
<i>Figura 2 Diez primeros países con certificación ISO 14001 en América.....</i>	<i>pág 10</i>
<i>Figura 3. Defectos de Calidad en la empresa Metacons.....</i>	<i>pág 18</i>
<i>Figura 4. Consecuencias de los defectos de Calidad en el proceso de inyección.....</i>	<i>pág 19</i>
<i>Figura 5. Indicadores del OEE.....</i>	<i>pág 26</i>
<i>Figura 6. Procedimiento o secuencia para realizar un AMFE para proceso.....</i>	<i>pág 28</i>
<i>Figura 7. Ejemplo de Poka Yoke.....</i>	<i>pág 42</i>
<i>Figura.8 Partes de una inyectora.....</i>	<i>pág 47</i>
<i>Figura.9 Propuesta de Formato de Ficha técnica para proyecciones y estadística de compras para repuestos.....</i>	<i>pág 50</i>

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD DEL
PROCESO DE INYECCIÓN DE ELEMENTOS
PLÁSTICOS EN LA EMPRESA METACONS DE
LA CIUDAD DE CUENCA

AUTOR(ES):

LUIS DANIEL CHIRIBOGA TOLEDO

RESUMEN

El presente estudio busca identificar los indicadores clave de desempeño más relevantes para medir la productividad de Metacons y establecer una línea base para definir metas de mejora en el futuro. Se analizan tiempos muertos del proceso, observando y registrando la información para generar estadísticas que entreguen porcentajes, índices. Se plantean formatos para la recolección de la información.

Este análisis se centra en identificar y abordar los desafíos específicos que enfrenta Metacons en su proceso de inyección de plásticos, se propone una investigación utilizando una metodología cuantitativa, descriptiva y transversal para proponer medidas preventivas y correctivas. La meta es mejorar los indicadores de productividad mediante la implementación de estrategias y técnicas probadas de optimización en procesos industriales como Análisis de Modo y Efecto de Falla AMEF, herramientas de Lean Manufacturing (SEAT, S. NTP 679; 2023).

El AMEF es una metodología probada para identificar posibles modos de fallo en un proceso, determinar sus efectos en la operación del producto o proceso, e identificar acciones para mitigar los fallos. (Lema, S. P. R. 2019). Con el fin de incrementar la productividad, se llevó a cabo un análisis AMEF en el proceso de inyección de elementos plásticos de Metacons. Los resultados obtenidos servirán de base para desarrollar e implementar mejoras continuas y generar estadísticas.

Las herramientas de Gestión de Proyectos generan un esquema de organización del proceso y seguimiento del objetivo (Siles, R., & Mondelo, E. 2018), utilizando herramientas como diagrama de Gantt, el análisis de riesgos, la matriz de responsabilidades, el análisis de valor ganado y la gestión del cambio, todas estas planifican y monitorear el progreso de la propuesta, identificar y

mitigar riesgos, asignar responsabilidades y recursos, medir el desempeño y gestionar los cambios necesarios.

Dentro de los resultados se podrá identificar: procesos que no avanzan y son restricciones, procesos que no aportan, identificación de tiempos muertos, buenas prácticas y procesos que se pueden agilizar para desarrollar trabajo estandarizado y planes de acción que agilicen el desenlace de la inyección de plásticos.

Palabras clave: AMEF, Indicadores.

ABSTRACT

Metacons, a significant player in the plastic injection industry, seeks to enhance efficiency and productivity within its operations. This analysis focuses on identifying and addressing the specific challenges that Metacons faces in its plastic injection process. An investigation is proposed using a quantitative, descriptive and transversal methodology to propose preventive and corrective measures. The goal is to improve productivity indicators through the implementation of proven optimization strategies and techniques in industrial processes such as Failure Mode and Effect Analysis FMEA, Fishbone Diagram (SEAT, S. NTP 679; 2023)

FMEA is a proven methodology to identify possible failure modes in a process, determine their effects on the operation of the product or process, and identify actions to mitigate failures. (Lema, S. P. R. 2019). When FMEA was applied to the plastic injection process at Metacons, problem areas were identified, and the implementation of solutions to improve productivity was proposed.

The Project Management tools helped generate a process organization scheme and objective monitoring (Siles, R., & Mondelo, E. 2018), using tools such as Gantt chart, risk analysis, responsibilities matrix, Earned value analysis and change management helped plan and monitor proposal progress, identify and mitigate risks, assign responsibilities and resources, measure performance and manage necessary changes.

The analysis will reveal areas for improvement, such as bottlenecks, inefficiencies, and opportunities for standardization. These insights will be leveraged to develop strategies to optimize the plastic injection process and achieve faster production times.

Keywords: FMEA, Indicators, Standardized work, bottleneck.

1. INTRODUCCIÓN

La inyección de elementos plásticos es un proceso industrial de fabricación que con sus productos ayuda a hacer más fácil la vida cotidiana, desde un juguete, ropa o herramientas son todos producidos por este método, la inyección de elementos plásticos consiste en fundir material plástico en estado sólido y para luego ser inyectado a presión en moldes específicamente diseñados para obtener formas deseadas. El proceso de Inyección se produce en etapas: Cierre de molde, Inyección de material fundido, mantenimiento o sostenimiento, enfriamiento del molde y finalmente, expulsión. Hinojosa, R. (2018).

La mejora de los indicadores de producción para cualquier empresa y más para Metacons que es la que se está analizando es de vital importancia. Un proceso de inyección de plásticos eficiente puede aumentar la efectividad de los procesos, reducir los costos de mantenimiento, aumentar la satisfacción del cliente al contrarrestar productos o servicios defectuosos. Gayón, S. I. E. R. R. A., & Del Pilar, M. (2012).

Mediante una metodología cuantitativa y transversal, se llevará a cabo un análisis del proceso de inyección de plástico. Utilizando el AMEF, se identificarán y evaluarán los modos de falla, proponiendo acciones preventivas para mejorar la calidad y eficiencia del proceso. Según SEAT, S. NTP 679; 2004 el AMEF es un procedimiento que permite identificar fallas potenciales en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar sus efectos, causas y elementos de identificación. De esta manera, se pueden implementar acciones que eviten que las fallas se presenten y se mejore la calidad.

El AMEF, en conjunto con herramientas de gestión de proyectos, permitirá gestionar de manera integral el ciclo de vida del proceso de inyección de plástico, desde la concepción hasta la finalización, asegurando la calidad y la eficiencia del mismo. Se pretende dejar planteado acciones para aumentar la productividad, en la planta de producción hay carencia de estándares o métodos de revisión por lo que la Calidad de los elementos no cumplen a cierto porcentaje las expectativas requeridas y como resultado se generan los reprocesos y demoliciones, como punto principal de este estudio es identificar y determinar las diferentes variables que originan el uso ineficiente de los recursos, principalmente de la mano de obra directa y evitar cuellos de botella mediante la identificación de Indicadores, según Sierra Gayón (2012) la productividad debe medirse por tanto el seleccionar o mejorar los indicadores correctos son indispensables para tomar decisiones que marquen el rumbo de la empresa.

La apertura a los datos de producción es un pilar fundamental para desarrollar información de la cual partir e identificar los procesos que deben mejorar, Metacons tiene toda la convicción de mejorar y crecer por tanto se expone a continuación el desarrollo de la investigación, hay trabajo por delante por la empresa, se deja planteadas herramientas para revisiones periódicas y cíclicas para que los empleados de la empresa puedan guiarse al momento de desarrollar sus actividades como también trabajos estandarizados que ayuda a agilizar procesos.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Realidades por niveles

2.1.1 Macro

Perdomo, G. A. (2002) menciona que el plástico es uno de los materiales más utilizados en todo el mundo debido a sus propiedades únicas y versatilidad. Su bajo costo, ligereza y resistencia lo hacen ideal para la fabricación de una amplia variedad de productos, desde envases y juguetes hasta piezas de automóviles y dispositivos médicos. Sin embargo, la producción de plástico también tiene un impacto significativo en el medio ambiente, se tiene un gran reto a nivel mundial por mantener el cuidado del medio ambiente, por tanto al momento de transformar el plástico la industria tiende a ser más eficiente, incrementando su producción ocupando menos recursos, frecuentemente son revisados los estándares establecidos gubernamentalmente para ser más restrictivos al uso de materiales contaminantes o procesos contaminantes.

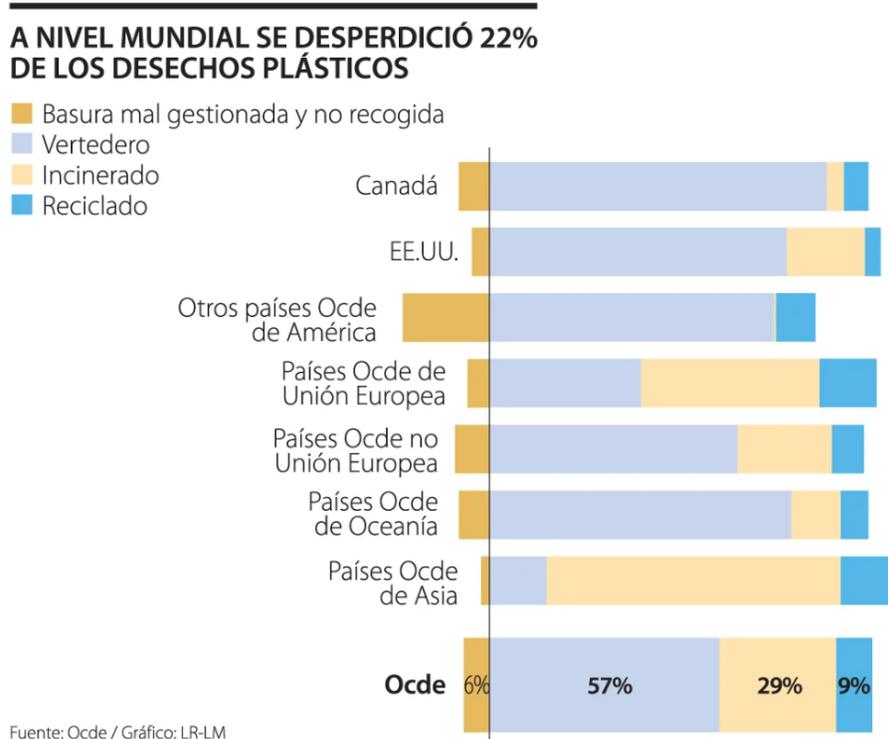
Las Naciones Unidas, Fussstetter, U. (2021) menciona que se ha exagerado el uso del plástico durante el Covid-19 para mascarillas, guantes, desechos médicos, empaques de comida para llevar y se estima que la mayoría de las personas a nivel mundial utilizan entre 10 y 20 productos de plástico al día. Estos pueden incluir botellas de agua, bolsas de compras, recipientes de alimentos, juguetes, cepillos de dientes, dispositivos electrónicos, envases de productos de higiene y mucho más.

Según estadísticas de la Asociación Internacional de Productores de Plásticos (IAP), en los últimos 10 años se ha producido un aumento significativo en la producción mundial de plásticos, alcanzando un total de 368 millones de toneladas en 2019.

- 146 millones de toneladas para la fabricación de envases y embalajes.
- 59 millones de toneladas para ropa.
- 42 millones de toneladas para productos de consumo masivo.
- 18 millones de toneladas anuales, en nuestros autos y medios de transporte.

Además podemos tener en cuenta el desperdicio que se genera con la producción y luego de su uso su posible reciclado, para tener una idea la siguiente figura 1.

Figura 1. Desperdicio del plástico a nivel mundial.



Fuente: Ocd/ Gráfico: LR-LM (2021)

A nivel Mundo el 22% es basura mal gestionada y no recogida, el 50 % va al vertedero, el 19% se Incinera, y se recicla el 19%. (Becerra, 2022)

2.1.2 Meso

La industria de la inyección de plásticos es un sector importante en la economía de América, pero que se enfrenta a múltiples retos para mejorar su productividad y sostenibilidad ambiental. Algunos de estos retos incluyen la competencia global, la demanda creciente de productos sostenibles y la necesidad de cumplir con los estándares impuestos por los gobiernos para mejorar eficiencia energética, cuidado ambiental mediante la gestión de residuos sólidos provenientes de los procesos de transformación. (Bustos F, 2009).

La competencia global es un desafío importante para las empresas de inyección de plásticos, especialmente en mercados emergentes como América Latina. Las empresas locales tienen que competir con grandes empresas internacionales que ofrecen precios más bajos, mejores tecnologías y procesos más eficientes o sus materias primas son subsidiadas por su gobierno local. Para competir en este mercado, las empresas de inyección de plásticos necesitan mejorar su productividad y reducir sus costos de producción. (Guarín & Páramo, 2002).

La nueva tecnología se desarrolla por lo general primero en países ajenos al nuestro, una realidad que tiene su costo al no ser implantada con la rapidez que se espera para poder reaccionar y competir con las grandes potencias.

Otro reto importante es la demanda creciente de productos sostenibles. La creciente conciencia ambiental, tanto de consumidores como de gobiernos, ha impulsado la demanda de productos sostenibles. Las empresas de inyección de plásticos deben responder a esta tendencia y adoptar prácticas más amigables con el medio ambiente. (Guarín & Páramo, 2002).

Las empresas de inyección de plásticos enfrentan un doble desafío: la creciente demanda de productos sostenibles y la necesidad de cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más exigentes. Los gobiernos de América Latina han establecido normas para reducir el impacto ambiental de la producción industrial, obligando a estas empresas a invertir en tecnologías limpias y procesos más eficientes. (Sanmartín & Jairzinho, 2005).

Para enfrentar estos retos, las empresas de inyección de plásticos han utilizado diferentes métodos y técnicas para mejorar su productividad y sostenibilidad ambiental. Una técnica comúnmente utilizada es la automatización de los procesos de producción. La automatización puede reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia de los procesos, lo que puede mejorar la productividad de la empresa. (Ubilla, 2019)

Para reducir el consumo energético, se implementan tecnologías y prácticas que optimizan los procesos de producción, como la utilización de equipos de alta eficiencia energética y la adopción de sistemas de gestión energética. (Ubilla, 2019)

En cuanto a la sostenibilidad ambiental, las empresas de inyección de plásticos están implementando diferentes medidas para reducir su impacto ambiental. Esto puede incluir la utilización de materiales reciclados o biodegradables en la producción, la implementación de prácticas de gestión de residuos y la adopción de prácticas de producción más limpias y eficientes. (Sanmartín & Jairzinho, 2005).

Una técnica utilizada por algunas empresas para abordar estos retos es la implementación de sistemas de gestión de calidad como la norma ISO 9001:2015. Según un estudio de Cuyutupa Fuentes, N.J. (2017), la implementación de la norma ISO 14001 ha sido utilizada como una herramienta para mejorar su desempeño productivo.

Figura 2. Diez primeros países con certificación ISO 14001 en América.



Fuente: Informe ISO 14001 (2021)

2.1.3 Micro

Según Ubilla, Y. (2019) la industria del plástico en Ecuador es un sector importante en la economía nacional ya que los productos que se ofrecen encadenan a los demás sectores de la economía, aporta de manera indirecta a la matriz productiva del país.

La industria de inyección de elementos plásticos en Ecuador ha experimentado varios retos en los últimos años en cuanto a mejorar su productividad, se han establecido incentivos a las industrias por el Estado Ecuatoriano para ahorrar energía e incentivar al uso de electricidad limpia, como menciona la sección séptima de la constitución, en el artículo 413 el Estado deberá promover [...] la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias [...], así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico [...] ni el derecho al agua. (Asamblea Constituyente, 2008, p. 182).

Ante los desafíos de la competencia global y la creciente demanda de productos sostenibles, las empresas ecuatorianas de inyección de plásticos han demostrado una notable capacidad de adaptación mediante:

- Formación y capacitación de su personal
- Inversión en procesos tecnológicos

En cuanto a la eficiencia energética y cuidado ambiental, las empresas han implementado:

- Sistemas de gestión ambiental y energética, como la adopción de prácticas de reciclaje, reducción de emisiones de gases dañinos al medio ambiente.
- Desarrollo de productos más sostenibles y amigables con el medio ambiente, que les permitan cumplir con las normas gubernamentales.
- Implementación de nuevas tecnologías que como menciona López Franco, M. L., Lovato Torres, S. G., & Abad Peña, G. (2018) la implantación de Industria 4.0.

Para Metacons resulta muy importante obtener resultados de mejora de productividad mediante la actualización, renovación o implantación de indicadores que mejoren su competitividad.

2.2 SITUACIÓN ACTUAL.

Metacons es una empresa fundada en Cuenca en 2012 dedicada a la inyección de elementos plásticos principalmente para usos domésticos, con 2 máquinas inyectoras y con 2 operarios en cada máquina con un turno de 8 horas.

Metacons tiene objetivos claros de establecer procesos que generen cultura en sus empleados y genere crecimiento mutuo por tanto es el camino a generar el inicio a establecer y obtener certificaciones nacionales. El objetivo es identificar las áreas

de oportunidad en la empresa y proponer acciones concretas que permitan aumentar la productividad.

Se ha analizado que en la planta de producción y se identifica variables que afectan al uso efectivo de recursos:

- Carencia de estándares o métodos de revisión para los productos producidos, por lo que la Calidad de los elementos no cumplen a cierto porcentaje las expectativas requeridas y como resultado se generan los reprocesos de demoliciones.
- La distribución de la maquinaria en planta es fundamental para los procesos productivos para que se generen en serie y no generen cuellos de botella.
- Se observan tiempos muertos sin producción que en una cadena productiva se deben evitar.

Hay trabajo por hacer y se debe plantear tareas que se puedan cumplir para que su ejecución sea eficiente, a este estudio se planteará los mismos y la ejecución tomaría una segunda etapa fuera del alcance de este documento, según Sierra Gayon (2012) la productividad debe medirse por tanto el seleccionar los indicadores correctos son indispensables para tomar decisiones que marquen el rumbo de la empresa.

Según Rojas (2015) demostró que la baja productividad dentro de un proceso de inyección plásticos se debe a una ineficiente distribución de planta, actividades mal ejecutadas por el operario y a la falta de tecnología que afecta directamente a los factores de producción como son hombre, máquina y material; esta baja de productividad afecta directamente al costo del producto, porque al obtener un

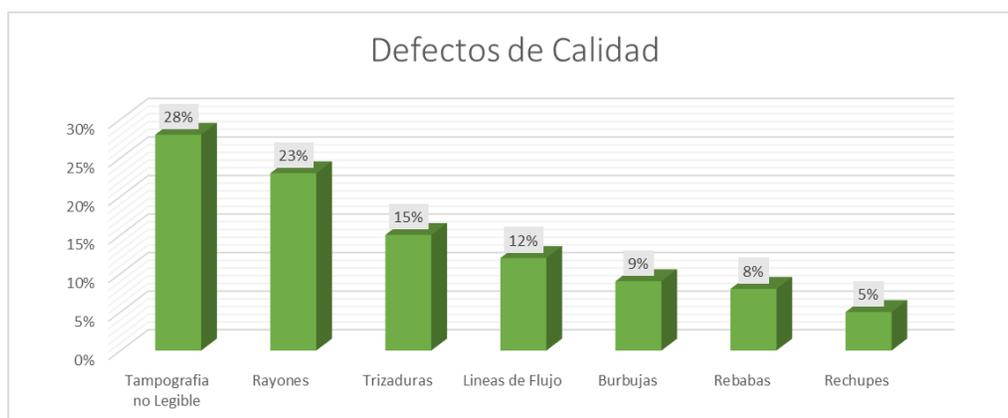
volumen de producción usando más recursos, el costo de este es alto y la compañía para evitar obtener pérdidas, compensan aumentando el precio del producto; la consecuencia de este, es que los clientes dejan de comprar e inician a buscar en el mercado alternativas para obtener el mismo producto a un bajo precio.

Se identifica variables en las que se deben trabajar y determina el eje principal de este estudio:

- Disminuir los tiempos muertos.
- Producir con el mínimo de defectos
- Aumento de unidades por hora.

Se recopila información basándose en los informes mensuales del departamento de Producción y Calidad de la empresa donde se analizada de acuerdo a las variables objetivos, del área de Calidad se recopila la cantidad porcentual de daños por lotes de producción, consecuencias de los daños de calidad, tiempo disponible se toma de referencia al área de planificación donde se determina el tiempo producido, tiempo de estudio 12 semanas.

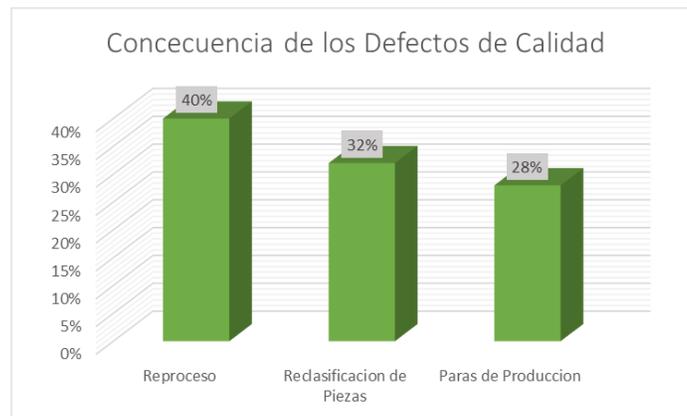
Figura 3. Defectos de Calidad en la empresa Metacons.



Fuente: Metacons (2024)

Podemos observar que hay una gran cantidad de tampografía no legible y es uno de los puntos principales a establecer la mejora y analizar el proceso para su mejora, así mismo los rayones determinan un factor importante a tratar de evitarlos, a continuación se analizará las consecuencias de tener defectos en las piezas plásticas.

Figura 4. Consecuencias de los defectos de Calidad en el proceso de Inyección



Fuente. Metacons (2024)

Generalmente los procesos se efectúan en una estación de elementos no aprobados que se tienen que pulir, limpiar o incluso pintar para que sean aprobados, la reclasificación de piezas determinan que se tiene que moler o triturar el elemento y forma parte del problema de tiempos no contemplados para producción, las paras de línea determinan un problema cuando las recetas de parámetros de inyección no son determinados en la calibración de la máquina. En el análisis de AMEF se determinarán las posibles causas y recomendaciones para mejorar.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Tener Indicadores de productividad en cualquier empresa son fundamentales ya que ayudan a medir y controlar el desempeño de Metacons en cuanto a calidad de los productos y eficiencia en producción, se detectan problemas que podrían ser considerados y mejorados más aún cuando se tienen metas de crecimiento, Metacons debe competir con productos y empresas que están en el mercado y que se han establecido, Metacons debe crearse una reputación en cuanto a calidad de productos y como empresa dar el soporte necesario para su post venta siempre cuidando su costo.

Este estudio busca determinar los caminos para mejorar la eficiencia de los procesos de transformación del plástico, mediante la implementación de indicadores clave de desempeño que permitan aumentar la productividad y reducir el consumo de recursos. La industria de la transformación del plástico ha evolucionado constantemente y cada vez son más eficientes los procesos y esto determina la subsistencia de un producto y por su puesto de la empresa que los fabrica, Metacons requiere abarcar de mejor manera los retos que presenta la industria y ganar clientes por tanto la predisposición de obtener reconocimiento mediante certificaciones que avalen la Calidad del producto. Los indicadores que se pretenden levantar determinarán el eficientemente del *costo y calidad*, estos indicadores que se plantean generarán información necesaria para automatizar procesos que directamente se enfocaría a reducir mano de obra directa, sin embargo esta implementación de tecnología podría implicar grandes inversiones por lo que podría convertirse en una desventaja.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

- Generar y plantear optimización de indicadores de productividad del proceso de inyección de elementos plásticos en la empresa Metacons de la ciudad de Cuenca.

2.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el estado del arte relacionado a indicadores de productividad
2. Analizar la situación actual de los principales indicadores de productividad y calidad de la empresa Metacons.
3. Realizar la propuesta de optimización de los indicadores de productividad y calidad de la empresa Metacons.

3. MARCO REFERENCIAL

Los indicadores de Productividad y Calidad dan a conocer el desempeño del proceso en ciertos aspectos que la empresa considera principales, por tanto son decisivos para tomar acciones de acuerdo al objetivo planteado por Metacons, según el autor (2024) las variables principales para este estudio son la **calidad del elemento inyectado, reproceso y scrap (destrucción de elemento no conforme y reutilización), entregas a tiempo, unidades producidas por hora, costo por hora de producción** que se desean disminuir o evitar, según la Revista Tecnología del Plástico (2004) hay parámetros de programación de la

máquinas inyectoras que se establecen según el iteración de experimentos donde se implanta una secuencia de calibración inicial, esta se pretende mantenerla a lo largo de la producción futura, según la revista Ambiente Plástico (2022) la variabilidad de las condiciones ambientales hace que el aspecto o estética de los elementos pueda ser afectada, la humedad y temperatura deberán ser los más estables posibles, estos puntos hacen que se reduzca ganancias y existan pérdidas o defectos en los elementos inyectados lo que reduce el tiempo o margen de tiempo para entregar al cliente piezas inyectadas en las condiciones adecuadas, aceptadas y consensuadas.

- Se analizará mediante la herramienta AMEF los siguientes puntos que se consideran importantes al analizar indicadores, los cambios de moldes frecuentes se van a analizar, así como también las purgas o cambio de material, planificación de la producción, material inyectado, capacitación de personal, almacenamiento de producto inyectado (logística).
- Nos ayudaremos de la herramienta y pilares de Lean Manufacturing para identificar actividades que generen valor al proceso y producto.

3.1 Calidad, eficiencia y eficacia en la manufactura

Según Steyawan, (2021) los problemas técnicos y de calidad en los procesos de transformación pueden dar lugar a paradas no programadas y a la generación de productos defectuosos, lo que reduce significativamente la productividad.

Problemas de calidad e inconvenientes con las máquinas que transportan al producto final son oportunidades a mejorar en los procesos y adoptar estrategias que se orienten a la

productividad, calidad y mejora continua, por tanto, se debe identificar, cuantificar, analizar los tiempos de inactividades de las máquinas y equipos utilizados en la cadena productiva, por tanto se deben generar indicadores relacionados al desempeño, eficiencia, eficacia, la calidad y la productividad. (Haddad & Shaheen, 2021)

3.2 Indicadores de Calidad y Producción

Mediante la metodología Lean Manufacturing podemos identificar y eliminar operaciones que no agreguen valor al producto o a los procesos de tal manera que se incremente el valor de las actividades desarrolladas y eliminar innecesarios. La identificación de los factores que los clientes valoran y por los cuales están dispuestos a pagar un precio superior es el primer paso para desarrollar indicadores que midan el valor percibido. Womack y Jones, (2005), menciona al Lean manufacturing como la base de mejoras de productividad enfocándose en principios fundamentales como:

1. Identificar desperdicios
2. Eliminación de residuos o actividades que no aportan
3. Identificar actividades que agregan valor agregado al producto
4. Operación del trabajador
5. Mejora Continua

3.3 Objetivos de un Indicador

Los indicadores proporcionan la información necesaria para tomar decisiones informadas y oportunas, asegurando que las políticas públicas se orienten hacia el logro de los resultados deseados, Rodríguez, (1991).

3.4 Indicadores Objetivos de la empresa

Conjuntamente con la gerencia de la empresa se ha llegado a la afirmación de que los siguientes Indicadores son los principales que se van a medir y analizar.

Según M. Acisclo, (2024) pueden ser los siguientes:

- **Disponibilidad, Tiempo Productivo/ Tiempo disponible**
- **Rendimiento, Producción Real/ Capacidad**
- **Calidad, Piezas Buenas/Producción Real**

Figura 5. Indicadores del OEE



Fuente M. Acisclo (2024)

Empleando la metodología AMEF, tal como sugiere Rodríguez, (1991) analizaremos los indicadores existentes para determinar las acciones correctivas necesarias y así potenciar su desempeño.

3.5 AMEF, Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales

Mendoza, J. P. T., Mendoza, A. G., & Barrera, J. D. E (2020). El AMEF, una metodología que ha evolucionado desde su primera aplicación en la NASA en los años 60, se ha convertido en un pilar fundamental de las industrias, desde la aeroespacial hasta la automotriz (Ford, 1970), y hoy en día es una herramienta esencial en la gestión de la calidad.

Según la NTP 679 (2023), el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) es una metodología que requiere la participación de un equipo interdisciplinario para garantizar una evaluación exhaustiva de los posibles fallos en un proceso o producto. Este enfoque sistemático permite identificar las causas raíz de los problemas y establecer acciones preventivas para mejorar la calidad y la fiabilidad.

El desarrollo de un AMEF, puede ser de diseño o procesos, utiliza un enfoque común para abordar:

- Fallas potenciales del producto ó proceso para cumplir con expectativas
- Consecuencias potenciales
- Causas potenciales de modos de fallas
- Aplicación de controles actuales
- Niveles de riesgo
- Reducción de riesgos

En definitiva, el AMEF es un método estructurado que permite analizar de manera sistemática las causas y efectos de los posibles fallos, lo cual resulta de gran utilidad para evaluar modificaciones en el diseño o el proceso.

3.4.1 Secuencia para desarrollar un AMEF

Figura 6. Procedimiento o secuencia para realizar un AMEF para el proceso.



Fuente: Trujillo, X., 2018.

Al iniciar con la herramienta se identifica el componente o proceso a intervenir para identificar sus funciones principales, seguido se identifica el síntoma detectado por el cliente o usuario del modo de fallo, es decir si ocurriese el fallo como lo percibe el cliente, son las consecuencias no deseadas del fallo, una vez identificados los síntomas de establecer posibles causas o causas potenciales que indican una falencia o debilidad, por tanto se debe responder a cada modo de fallo una causa, que pudiese ser más de una. Se debe analizar el proceso actual de ensayo y control e identificar los métodos establecidos para el diseño o proceso.

3.4.2 Calificación para determinar la Gravedad, Frecuencia y Ocurrencia

3.4.2.1 Gravedad.

La NTP 679:2004 establece una escala del 1 al 10 para evaluar la severidad de un fallo, donde los valores más altos corresponden a situaciones críticas que pueden comprometer la seguridad o el funcionamiento del producto.

3.4.2.2 Frecuencia.

Según AIAG, 2008 es la probabilidad de ocurrencia con la que la causa de una falla puede ocurrir, se la califica de muy alta a muy baja del 1 al 10, 1 si la falla es eliminada a través de controles, 5 si las fallas son ocasionales con diseños similares o en simulaciones y pruebas y 10 si la falla es inevitable.

3.4.2.3 Detección.

Según AIAG, 2008 es una evaluación de qué tan bien los controles del producto detectan las causas de las fallas o modo de fallas, se la califica 1 si es muy fácil prevención, 5 si la validación se utiliza mediante herramientas de tipo pasa no pasa y 10 si no hay implementado sistemas o métodos de detección o no puede detectarse.

3.4.2.4 Índice de Prioridad de Riesgo IPR.

Según NTP 679, 2023 es la multiplicación de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, esta multiplicación determina el rango de importancia ya que mientras más alto el número más alta es la prioridad con la que se debe tratar el tema en cuestión.

$$IPR= D*G*F$$

Fuente Arguelles-Ojeda, 2023

A continuación se presenta un formato de análisis AMEF que servirá como base para identificar oportunidades de mejora y proponer acciones concretas dirigidas a optimizar los indicadores establecidos.

Formato de AMEF.

Proceso/ Variable	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de Falla	S E V	Causa potencial /Mecanismo de la Falla	O C U	Controles de proceso Actuales	D E T	I P R	Acciones Recomendadas

Tabla 1. Formato AMEF- Fuente Arguelles-Ojeda, 2023

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

El punto de partida fué la identificación de operaciones por las cuales el cliente esté dispuesto a pagar más y en base a estas generar indicadores dentro del proceso productivo que satisfagan dichas necesidades, por tanto se identificó estos puntos y es nuestro punto de partida, investigación participativa y metodología descriptiva nos ayudaron con recolectar esta importante información.

4.1 Métodos empleados

- Analítico-Sintético que según Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Este método ayudó a desarrollar un procedimiento lógico que posibilita descomponer manualmente un todo en sus partes y cualidades, en múltiples relaciones, propiedades y componentes

- Inductivo, que según Arellano, F. (2017) es un tipo de razonamiento que consiste en obtener conocimientos generalizables a partir de conocimientos específicos. Así, va de la observación de fenómenos particulares a la formulación de conclusiones generales.

- Descriptiva con diseño no experimental, se analizó variables objeto sin manipulación de los resultados.
 - Técnica de la Encuesta
 - Observación Directa
 - Toma de tiempos

Público Objetivo: 8 personas que trabajan en la planta, se genera cuestionario para encuesta y se tomarán tiempos de fabricación.

4.2 Materiales y equipos

Para llevar a cabo la recopilación de datos se necesitó diversos equipos a continuación:

- Maquina inyectora PP
- Maquina inyectora HIPS
- Cronómetro
- Formato de Calidad y cantidad de producción

4.2.1 Recolección de Datos

Tiempo de toma de datos: 3 meses.

Con la toma de datos por este tiempo genera información relevante sobre las tendencias que tiene la producción y gente que intervienen en el proceso, estas mediciones se toman durante el tiempo de operación normal de la empresa.

4.2.2 Técnicas de Medición

Se generan formatos donde se van colocando el tiempo de paradas de máquina por:

- Cambio de molde
- Cambio de material
- Calibración de la máquina
- Horarios de alimentación
- Unidades Producidas
- Cantidad y tiempo de paradas de producción

4.2.3 Población

4 operarios de máquinas inyectoras

2 calibradores de máquina

Jefe de línea

Jefe de Calidad

Planificador de producción

Gerente de Producción

Operario de Mantenimiento

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se tomaron en consideración los procesos más críticos de la empresa en cuanto a la inyección de plásticos, se utilizó el formato para AMEF's de la tabla 1 para identificar las acciones que ayudarían a mejorar los indicadores, para lo cual del lado izquierdo del AMEF colocamos los Indicadores en estudio, analizamos el modo de falla potencial que es el negar la función del indicador, analizamos los efectos de la negación de la función del indicador, se analizó la causa del efecto y los controles actuales que se tienen para evitarlo, por último se cuantifica la severidad de efecto potencial que va desde el menor a mayor en números impares siendo el 9 el máximo y 1 el mínimo, se califica así también la ocurrencia es decir que tan probable es que se dé o se da la causa potencial, además se cuantifica qué tan fácil es detectar con los controles actuales. El índice de probabilidad nos da valores en los que siendo de mayor a menor genera una prioridad de acción con las actividades recomendadas para lo cual se designan responsables y fechas de revisión, M. Acisclo(2024)

5.1 AMEF de Indicadores del Proceso de Inyección.

Indicador	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de Falla	SEV	Causa potencial / Mecanismo de la Falla	OCU	Controles de proceso Actuales	DET	IPR	Acciones Recomendadas	Código
Tiempo Productivo	No se cumple el tiempo de producción establecido	Hay paradas de línea por moldes sin mantenimiento.	9	No hay mantenimiento Preventivo	7	Inspecciones visuales	7 →	441	Generar plan de mantenimiento Preventivo	T1
		Cambios de Material Frecuentes	9	Mejorar Planificación	5	Inspecciones de Calidad	9 →	405	Tener corridas mas grandes de Producción	T2
									Generar lotes mínimos de produccion	T3
Tiempo Disponible	Es menor el tiempo Disponible	Demora en determinar el inicio de actividades en la empresa	5	No hay Check list de Inicio de Actividades	7	Rutinas diarias	7 ↓	245	Generar Check list de inicio de actividades	TD1
		Gente ingresa tarde	3	Falta política de reconocimientos y multas	5	Ninguno	7 ↓	105	Generar política de Reconocimientos y multas	TD2
Capacidad	No se tiene definida la capacidad de producción	No se definen procesos para obtener el máximo de beneficijs de las maquinas	5	Mantenimientos Correctivos frecuentes	7	Inspeccion visual	5 ↓	175	Planificación de Mantenimientos Preventivos	C1
Piezas con Calidad	Deficiente Calidad	Trituración del elemento	9	No hay patrones de Calidad definidos	7	Inspección visual	9 ↑	567	Generar estandares de aprobacion	P1
		Reproceso de pulimento	9	Sistema de Desmolde	5	Inspeccion visual	7 →	315	Moldes con punto de inyeccion sumergido	P2
				Sistema de extaccion de molde	9	Inspeccion visual	9 ↑	729	Maquinaria automatizada	P3

Tabla 2. Análisis de Amef de indicadores. Elaborado: Autor (2024)

Utilizando Amef se determinó acciones que con el Índice de probabilidad damos la prioridad para ejecución, se establece responsables y fechas, se ha codificado las acciones recomendadas para medir el impacto en los indicadores y se generan espacios de tiempo para revisión de avances, se determina que la revisión será mensual.

La empresa se orienta a dar prioridad a las 5 primeras acciones recomendadas según la calificación de IPR, una vez terminada alguna de las acciones se aperturaron las siguientes en calificación.

5.2 Análisis de las recomendaciones y sus posibles mejoras en los índices de productividad planteados.

5.2.1 Acción recomendada P3 del AMEF, Maquinaria automatizada

Con una calificación de IPR de 729, Gómez y Fernández (2013) señalan que la automatización en la industria del plástico ha permitido minimizar errores humanos, como los cortes involuntarios en los puntos de inyección que comprometen la calidad del producto final. Los sistemas automatizados garantizan una mayor consistencia en los procesos, mejorando así la calidad y la fiabilidad de las piezas plásticas..

Según un estudio de McKinsey & Company(2017), la automatización en la manufactura podría generar ahorros de hasta \$2.2 billones de dólares para el año 2025. En el caso de la inyección de plásticos, la automatización permite:

- **Disminuir tiempos de ciclo y aumento de tasa de producción.**
- **Mejorar la precisión y consistencia en las dimensiones y propiedades del producto.**
- **Minimizar desperdicios y mermas.**
- **Reducir costos operativos y de mantenimiento.**
- **Mejorar las condiciones de seguridad laboral.**

Propuesta para Metacons de automatización.

Punto a Automatizar	Opciones y Consideraciones	Beneficios	Costo de Implantación-Anual
Extracción de Piezas	<ul style="list-style-type: none"> * Robots cartesianos o articulados: Alta precisión, flexibilidad para piezas complejas. * Sistemas de expulsión neumática: Rápido y sencillo para piezas sencillas. * Ventosas: Ideal para piezas planas o con superficies lisas. * Sistemas de desmoldeo asistido: Reducción de esfuerzos en el molde. 	Mayor rapidez, reducción de tiempos muertos, menor riesgo de daño en las piezas.	Ventosas:  \$3.200 USD Imagen ventosas: https://www.privarsa.com.mx/herramientas-fin-brazo-la-respuesta-a-tus-retos-de-produccion/
Calidad de Piezas	<ul style="list-style-type: none"> * Sensores de fuerza de cierre de molde. * Control de temperatura preciso: * Optimización de las propiedades del plástico. 	Mejora en la consistencia de las piezas, reducción de rechazos, detección temprana de problemas.	Reacondicionamiento de sensores de máquina. \$230 USD
Defectos (rebabas, huellas, rugosidad)	<ul style="list-style-type: none"> * Optimización del diseño del molde: Ángulos de desmoldeo adecuados, radios de redondeo, sistema de ventilación eficiente. * Control de la velocidad de inyección: Reducción de marcas de flujo. * Pulido y acabado superficial: Para piezas que requieren alta calidad estética. 	Mejora en la calidad superficial, reducción de operaciones de post-procesamiento.	Pulido de Moldes críticos: \$1.600
Canales de Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> * Sistemas de expulsión automáticos: Empleo de aire comprimido o sistemas mecánicos. * Diseño de canales con pendiente: Facilita la expulsión del material. 	Disminución de tiempos de ciclo, aumento en la calidad de las piezas.	En la construcción de moldes nuevos se implementaría, Los actuales es difícil.
Vida Útil de Molde	<ul style="list-style-type: none"> * Lubricación automática: Prolonga la vida útil del molde. * Mantenimiento preventivo: Inspecciones regulares, cambio de componentes. 	Reducción de costos de mantenimiento, mayor producción.	Mantenimiento Preventivo: \$1.500
Contadores de Ciclos	<ul style="list-style-type: none"> * Sistemas PLC: Monitoreo y registro de cada ciclo. 	Control del desgaste del molde, planificación de mantenimientos.	PLC: \$1.200

Número de Cavidades	* Moldes multi cavidad: Mayor producción en menor tiempo.	Mayor productividad, reducción de costos por pieza.	Se analizará en cada molde nuevo, en los actuales
Sistemas de Expulsión	* Eyectores neumáticos: Flexibles y fáciles de ajustar. * Eyectores hidráulicos: Mayor fuerza para piezas difíciles.	Adaptación a diferentes tipos de piezas.	Se analizará en cada molde nuevo, en los actuales
Colada de Inyección	* Colada caliente: Mejora la calidad superficial, disminuye desperdicio. * Colada fría: genera desperdicio y se tritura posteriormente.	Selección según las características del material y la pieza.	Por cada molde nuevo: \$3000 adicionales

Tabla 3. Propuesta para Metacons de automatización.

Prioridades para Gerencia a implantar: La Gerencia de Producción al obtener estas recomendaciones ha definido acciones a tomar para la construcción de nuevos moldes y procesos productivos en inyección de plásticos:

5.2.1.1 Automatización

La Gerencia de la empresa considerando la implementación de un *sistema robotizado con ventosas* para extraer las piezas de los moldes de inyección, una práctica habitual en el sector. Este método se basa en la creación de un vacío que adhiere la pieza a la ventosa, facilitando su extracción del molde, es decir esta implantación costaría a la empresa \$3200 USD.

Ventajas de la Extracción por Ventosas

Según Sánchez Sanchis, F. J. (2018), puede decirse que las ventosas generan:

Suavidad en el manejo: Las ventosas permiten extraer las piezas de forma suave, evitando daños en la superficie de las mismas.

Versatilidad: puede acoplarse a formas y tamaños según se necesite.

Rapidez: El proceso de extracción es rápido y eficiente, lo que aumenta la productividad.

Seguridad: Al minimizar el contacto manual con las piezas calientes, se reduce el riesgo de accidentes laborales.

Adaptabilidad a diferentes materiales: Las ventosas pueden utilizarse con una amplia gama de materiales plásticos.

Costos Asociados

Los costos asociados a la extracción por ventosas pueden variar dependiendo de diversos factores, como:

García Sánchez, A. (2016). Ventosas personalizadas para piezas con formas complejas pueden ser más costosas. Sistema de vacío: La complejidad del sistema de vacío, incluyendo bombas, tuberías y válvulas, influirá en el costo total.

Mantenimiento: Las ventosas y los componentes del sistema de vacío requieren mantenimiento periódico para garantizar su correcto funcionamiento.

5.2.1.2 Calidad de elemento Inyectados

Gerencia decide, establecer recetas o parámetros de inicio de máquina predeterminada que mediante estadística, que generen un antecedente y puntos de partida para arranque de máquina, la calidad de una elemento inyectado depende mayormente de la correcta parametrización de la máquina inyectora. Hernández, R. R., Bustos, J. A. Z., Núñez, M. D. C. R., & Ramos, V. M. V. (2018). Cada parámetro influye de manera directa en el resultado final, desde la apariencia hasta las propiedades mecánicas de la pieza, por tanto se designa al *Calibrador de máquina* saque datos para generar la estadística y determinar la receta de encendido de máquina, la data requerida es la siguiente:

Parámetros	Valor Inicial	Valor Final	Observaciones
Elemento			
Temperatura Ambiente			°C
Material			
Peso de la inyección			gr
Ciclo de inyección total			s
Plastificación			
* Temperatura zona alimentación			°C
* Temperatura zona plastificación			°C
* Temperatura boquilla			°C
* Tiempo de plastificación			s
* Velocidad de rotación del tornillo			rpm
Inyección			
* Velocidad de inyección			mm/s
* Presión de inyección			bar
* Tiempo de inyección			s
* Perfil de velocidad			
Enfriamiento			
* Tiempo de enfriamiento			s
* Temperatura del molde			°C
Apertura del molde			
* Tiempo de apertura			s
* Velocidad de apertura			mm/s

Tabla 4. Tabla de Parámetros a controlar dentro del Proceso de Inyección

5.2.1.3 Canales de Alimentación

La Gerencia define en lo posible tener moldes de colada caliente y si amerita fría pero con puntos de inyección sumergidos.

Colada Caliente.- Párraga, M. A. T., Mero, M. L. L., Gorozabel, V. C., & Mosquera, R. A. C. (2022). La colada caliente es un sistema de alimentación en el que el material plástico se mantiene fundido en un canal externo al molde permitiendo la identificación de presiones, temperaturas y mas parámetros adecuados según se necesite, cada molde es un mundo completamente diferente.

Puntos de Inyección Sumergida y Rotura Automática.- Los puntos de inyección sumergida son aquellos que se encuentran dentro de la cavidad del molde, lo que permite un llenado más homogéneo y reduce la visibilidad de la marca de inyección.

Ventajas:

Mejor calidad superficial: Al evitar la solidificación prematura del material, se reducen las marcas de flujo y las zonas frías.

Mayor repetibilidad: La temperatura y la presión del material son más estables, lo que mejora la precisión de las dimensiones de las piezas.

Mayor vida útil del molde: Al reducir el desgaste del molde causado por la abrasión del material, se prolonga su vida útil.

5.2.3.4 Número de cavidades

Gerencia define no aceptar moldes de 1 cavidad y negociar más volumen por menos costo, al determinar el número de cavidades se puede tener beneficios como:

Mayor productividad: según Prada Ospina, R., & Acosta Prado, J. C. (2017) al tener múltiples cavidades en un solo molde, se pueden producir varias piezas idénticas en un solo ciclo de inyección. Esto significa un aumento significativo en la producción por hora.

Reducción de costos: Al producir más piezas por ciclo, se disminuyen los costos de producción por unidad, ya que los costos fijos (como la configuración de la máquina y el tiempo de ciclo) se distribuyen entre un mayor número de piezas.

Mayor eficiencia: Al reducir el tiempo de ciclo por pieza, se mejora la eficiencia general del proceso de producción.

Mano de obra reducida: Se requiere menos intervención manual para producir la misma cantidad de piezas.

Según Prada Ospina, R., & Acosta Prado, J. C. (2017) **el número óptimo de cavidades para un molde depende de:**

Volumen de producción: Para grandes volúmenes de producción, es más rentable utilizar moldes con un mayor número de cavidades.

Tamaño de la pieza: Piezas pequeñas permiten un mayor número de cavidades en un molde de tamaño dado.

Complejidad de la pieza: Piezas con geometrías complejas pueden limitar la cantidad de cavidades.

Tolerancias y calidad de la pieza: Un mayor número de cavidades puede complicar el control de las tolerancias y la calidad de las piezas debido a las variaciones de temperatura y presión en diferentes zonas del molde.

Disponibilidad de la máquina inyectora en términos de fuerza de cierre y volumen de inyección limitará el número de cavidades que se pueden utilizar.

5.2.2 Acción recomendada P1 del AMEF, Estándares de aprobación, Pasa no pasa, patrones de Calidad y Trabajo estandarizado.

Con una calificación de IPR de 567, tomando en consideración a Sanz, M. T. L. (2015).

El establecimiento de rigurosos estándares de aprobación y patrones de calidad es crucial para garantizar la excelencia en la producción de piezas de plástico. Estos estándares deben definir claramente las características deseables del producto, incluso se puede llegar a un acuerdo con el cliente de calidad mínima esperada incluyendo dimensiones, tolerancias, propiedades físicas y apariencia. La realización de inspecciones regulares y análisis de laboratorio tanto a las materias primas como al producto final es crucial para implementar un sistema de control de calidad eficaz.

Los beneficios de contar con estándares de calidad definidos incluyen:

- Reducción de defectos y mermas
- Satisfacción del cliente aumentada
- Fortalecimiento de la reputación de la empresa
- Mayor acceso a nuevos mercados

- Disminución de costos asociados a devoluciones, reprocesos, demoliciones y garantías

Propuesta para Metacons de Poka yokes

Proceso	Punto de Inspección	Tipo de Poka Yoke	Herramienta	Criterio de Aceptación	ok	No ok	Costo Estimado anual
Inyección	Dimensiones de la pieza	Verificación dimensional	Calibrador-Utillaje	Tolerancia de ± 0.2 mm			\$1.500
Enfriamiento	Presencia de rebabas	Verificación visual	Plantilla-Patrón	Ausencia de rebabas mayores a 0.5 mm			\$200
Desmoldeo	Color de la pieza	Verificación visual	Comparador de color	Comparación visual con el patrón			\$100
Ensamble	Ensamble correcto	Inspección Visual	Hoja de trabajo estandarizado	Movimiento sin trabas del ensamble			\$20

Tabla.5 Propuesta de Poka yokes para Metacons.

Plantillas de Inspección dimensional pasa no pasa: este poka yoke tiene exactamente la geometría con tolerancias a cumplir del elemento inyectado, por ende si el elemento al ser colocado sobre el pokayoke no ingresa correctamente se da por rechazado, así se evita medir una por una las piezas y optimiza tiempos.

Figura 7. Ejemplo de Poka Yoke



Fuente de poka yoke tomado de CORRAL-RAMIREZ, G., & MUÑOZ-LÓPEZ, L. (2016).

Propuesta de Hoja de Trabajo estandarizado:

Según Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., & Lantelme, E. (2019), un flujo de trabajo bien definido y documentado en hojas de trabajo estandarizadas es esencial para garantizar la consistencia en los procesos productivos y cumplir con los estándares establecidos.

Beneficios Clave de los Flujos de Trabajo Estandarizados en Metacons:

Eficiencia Mejorada:

Reducción de tiempos de ciclo: Al definir claramente cada paso del proceso, se eliminan actividades que no aportan y mejora la secuencia del trabajo.

Minimización de errores: Las instrucciones detalladas en las hojas de trabajo reducen la probabilidad de equivocaciones, lo que a su vez disminuye el desperdicio de material y tiempo.

Mayor productividad: Con procesos claros y eficientes, los equipos pueden enfocarse en tareas de mayor valor agregado.

Aumento de la calidad:

Consistencia en los productos: Las hojas de trabajo garantizan que todos los productos se fabriquen siguiendo las mismas especificaciones y estándares de calidad.

Reducción de defectos: Al seguir un procedimiento estandarizado, se minimizan las variaciones en los productos finales.

Mayor satisfacción del cliente: Productos que cumplen expectativas de los clientes y consistentes contribuyen a una mejor reputación de la empresa y a una mayor fidelidad de los clientes.

Hoja de instrucciones de trabajo estandarizado						
Secuencia de Proceso	Nombre del proceso	Número o nombre de parte		Tiempo neto de operación en segundos	Tiempo Establecido de Proceso	Realizado por:
				Puntos Clave: Hacer, No hacer Seguridad Razón		27 s
		Calidad			Medición segundos	
		Verificación	Medir			
		1	Extraer elemento de Inyectora			Manual
2	Desbarbar	Visual	Pokayoke	Recortar punto de inyección		
3	Colocar en Poka yoke	Manual	Visual	Colocar pieza sobre poka yoke		
4	Revisión Estética	Visual	Patrón	Comparar con muestra patrón		
5	Serigrafiar	Manual	Patrón	Pasar por malla de serigrafía		
6	Colocar sello	Manual				
7	Ensamble	Manual	Engrane Correcto	Girar los componentes y no deben haber tratamientos		
8	Perchado	Manual	Visual	Apilar elementos		
9	Iniciar Inyección	Manual	Rojo de Visor	Cerrar puerta y presionar botón de inicio de ciclo		
10						
				Tiempo Ciclo Total		

Tabla.6 Propuesta de Hoja de Trabajo estandarizado para Metacons, autor.

5.2.3 Acción recomendada T1 del AMEF, Mantenimiento Preventivo

Con una calificación de IPR de 441, según Ren, Y. (2021).

Para asegurar la continuidad operativa y la eficiencia de los equipos de inyección de plástico, es esencial implementar un programa de mantenimiento preventivo que permita detectar y corregir oportunamente cualquier anomalía que según Ren, Y. (2021), el mantenimiento preventivo puede reducir los costes de mantenimiento hasta en un 30%. En el contexto de la inyección de plásticos, el mantenimiento preventivo implica:

- **Realizar inspecciones regulares de la maquinaria.**
- **Lubricar y ajustar los componentes mecánicos.**
- **Reemplazar piezas desgastadas o deterioradas.**
- **Calibrar los instrumentos de medición y control.**
- **Implementar un sistema de monitoreo de condiciones.**

Freire Pérez (2019) destaca que el mantenimiento predictivo es una estrategia clave para optimizar los procesos de producción al permitir detectar y corregir a tiempo las desviaciones que puedan afectar la calidad del producto final, reduciendo así los rechazos y mejorando la eficiencia global.

Propuesta de Mantenimiento Predictivo para Inyectoras:

Consideraciones a tomar en cuenta:

- **Plan de mantenimiento basado en fabricantes**

Si bien seguir las recomendaciones de los fabricantes es un buen punto de partida para establecer un plan de mantenimiento, esta estrategia presenta ciertas limitaciones y puede no ser suficiente para optimizar la vida útil de los equipos.

- **Plan de mantenimiento basado en protocolos**

Según Martínez Pérez, P. (2010). El mantenimiento predictivo, al analizar los datos de operación de las máquinas inyectoras de plástico, permite desarrollar protocolos de mantenimiento personalizados y estandarizados. Estos protocolos definen las tareas específicas a realizar en cada equipo, con el objetivo de prevenir fallas y optimizar su rendimiento. Al aplicar los protocolos adecuados a cada máquina, la ejecución de las tareas de mantenimiento de manera uniforme y eficiente asegura un óptimo desempeño de los equipos.

Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad

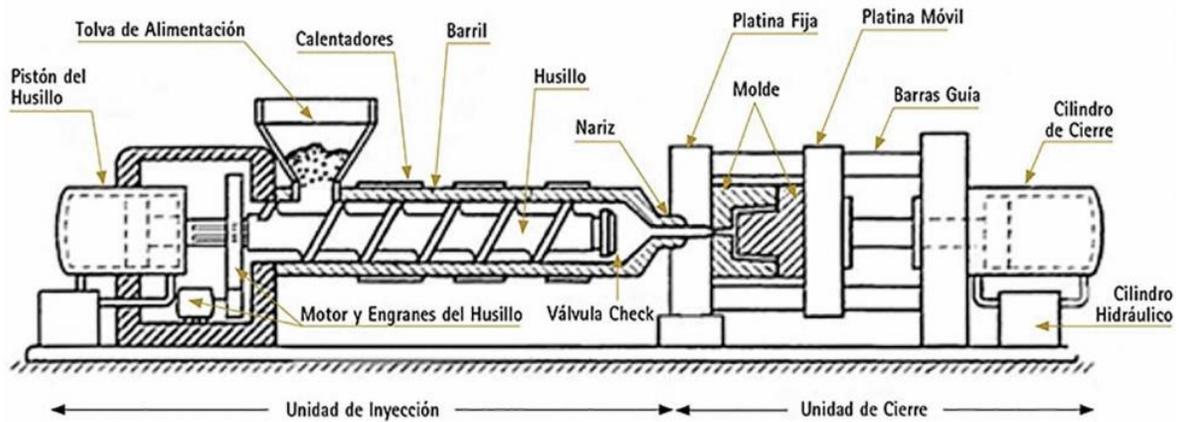
Martínez Pérez (2010) destaca la importancia del MCC en la industria del plástico, argumentando que esta estrategia permite mejorar la eficiencia productiva, reducir costos y satisfacer las demandas de un mercado cada vez más competitivo, al minimizar las fallas y garantizar la calidad de los productos.

Pasos a seguir para desarrollar la propuesta de Mantenimiento Preventivo:

- 1.- Enlistar los equipos, generar un inventario y codificar las piezas
- 2.- Generar Carpeta de Máquina, manuales, planos, documentación
- 3.- Ficha clínica de máquina, historial
- 4.- AMEF de máquina, esta herramienta prioriza elementos sensibles como prioridades

Maquinarias en Metacons Analizadas: Inyectoras de PP y HIPS.

Figura.8 Partes de una inyectora.



Fuente: SEO Moldblade. (2024, February 20).

Listado de componentes, códigos y frecuencia de revisión según manual de fabricante.

Frecuencia de Mantenimiento

	Sistema	Principales Componentes de las Inyectoras a tomar en cuenta para el estudio.	Código	Frecuencia Semanal	Frecuencia Mensual	Frecuencia Semestral
1	Eléctrico	Portamoldes	MET-001		x	
2		Armario Eléctrico	MET-002	x		
3		Motor eléctrico	MET-003		x	
4		Resistencia de Calentamiento	MET-004			x
5		Termocuplas	MET-005		x	
6	Mecánico	Motor y engranajes de husillo	MET-006		x	
7		Columnas guías	MET-007			x
8		Dosificador	MET-008	x		
9		Rodamiento motor hidráulico	MET-009		x	
10	Hidráulico	Cilindro de Pistón	MET-010			x

11		Piston	MET-011		x	
12		Válvula reguladora de flujo	MET-012		x	
13		Filtros de aceite	MET-013		x	
14		Intercambiador de aceite	MET-014			x
15		Válvulas	MET-015			x

Tabla.7 Propuesta de Mantenimiento para elementos principales de inyectoras para Metacons.

Frecuencia de Limpieza

	Sistema	Principales Componentes de las Inyectoras a tomar en cuenta para el estudio.	Código	Frecuencia Semanal	Frecuencia Mensual	Frecuencia Quincenal
1	Eléctrico	Porta moldes	MET-001	x		
2		Armario Eléctrico	MET-002		x	
3		Motor eléctrico	MET-003	x		
4		Resistencia de Calentamiento	MET-004			x
5		Termocuplas	MET-005		x	
6	Mecánico	Motor y engranajes de husillo	MET-006			x
7		Columnas guías	MET-007		x	
8		Dosificador	MET-008	x		
9		Rodamiento motor hidráulico	MET-009		x	
10	Hidráulico	Cilindro de Pistón	MET-010		x	
11		Piston	MET-011	En cada cambio de aceite		
12		Válvula reguladora de flujo	MET-012			
13		Filtros de aceite	MET-013			
14		Intercambiador de aceite	MET-014			
15		Válvulas	MET-015			

Tabla.8 Propuesta de Limpieza para elementos principales de inyectoras para Metacons.

Frecuencias de operaciones de lubricación.

	Principales Componentes de las Inyectoras a tomar en cuenta para el estudio.	Código	Frecuencia Semanal	Frecuencia Mensual	Frecuencia Semestral
3	Piston	MET-003	x		
4	Motor y engranajes de husillo	MET-004			x
5	Cilindro de Pistón	MET-005		x	
7	Columnas guías	MET-007		x	
11	Filtros de aceite	MET-011			x
12	Intercambiador de aceite	MET-012			x
13	Rodamiento motor hidráulico	MET-013			x

Tabla.9 Propuesta de lubricación para elementos principales de inyectoras para Metacons.

Propuesta de Formato para Ficha clínica de inyectora y componentes intervenidos, con esta información recopilada se pueden sacar estadísticas y proyecciones para compras de repuestos, generar presupuestos que determinen la operación continua del proceso.

Figura.9 Propuesta de Formato de Ficha técnica para proyecciones y estadística de compras para repuestos.

Inyectora:		Descripción Actividad			Encargado de mantenimiento:				Aprobado por:	Numero Doc:				
Componente	Código de elemento	Limpieza	Mantenimiento	Otro	Insumos	Tiempo de ejecución	Asistencia externa	Costo asistencia externa	Costo repuestos externos	Encargado mantenimiento	Fecha Inicio	Hora	Observaciones	Fecha cierre observación
Portamoldes	MET-001													
Armario Eléctrico	MET-002													
Motor eléctrico	MET-003													
Resistencia de Calentamiento	MET-004													
Termocuplas	MET-005													
Motor y engranajes de husillo	MET-006													
Columnas guías	MET-007													
Dosificador	MET-008													
Rodamiento motor hidráulico	MET-009													
Cilindro de Pistón	MET-010													
Piston	MET-011													
Válvula reguladora de flujo	MET-012													
Filtros de aceite	MET-013													
Intercambiador de aceite	MET-014													
Válvulas	MET-015													
					Firma Encargado de Mantenimiento			Firma Supervisor:		Firma Aprobador				

Desarrollo de AMEF de componentes para determinar criticidades de elementos en las inyectoras y generar atenciones prioritarias según el IPR resultado.

Indicador	Código elemento	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de Falla	SEV	Causa potencial / Mecanismo de la Falla	OCU	Controles de proceso Actuales	DET	IPR	Acciones Recomendadas	Código
Armario Eléctrico	MET-002	No enciende la inyectora	Cortocircuitos, sobrecalentamiento	9	Contactos deteriorados	5	Amperímetros y sensores de alarmas	9	959	Generar puntos de inspeccion por turno	P2
Motor eléctrico	MET-003	No acciona bomba de refrigeracion	Sobrecalentamiento	9	Falla en tablero	5	Revision semanal	5	957	Cumplir con coronograma de mantenimientos	P3
Motor y engranajes de husillo	MET-006	Girar husillo para transportar plastico liquido	No se llena el molde	9	Engranés rotos	3	Inspeccion visual en cada cambio de aceite	7	937	Realizar analisis de vibraciones	P6
Resistencia de Calentamiento	MET-004	No aumenta la temperatura	No conviere el pellet en liquido	9	Mantenimiento no adecuado	1	Revisiones trimestrales	7	917	Medir con amperimetro	P4
Dosificador	MET-008	No mezcla los materiales	Defectos esteticos en elemento inyectado	7	Motor o mezclador rotos	3	Inspeccio visual del elemento inyectado	5	735	Cumplir puntos de revision de inicio de turno	P8
Termocuplas	MET-005	No aumenta temperatura	No funde pellets	7	Mantenimiento no adecuado	1	Revisiones trimestrales	7	717	Utilizar tabla de inspecciones periodicas	P5
Cilindro de Pistón	MET-010	No contiene el plastico liquido	Limallas en pellets	7	Contaminacion de Mexclas	1	Mantenimiento correctivo	7	717	Utilizar tabla de inspecciones periodicas	P10
Piston	MET-011	No empuja el molde para cerrar	Taponamiento de mangueras	7	Falta de mantenimiento	1	Mantenimiento correctivo	7	717	Utilizar tabla de inspecciones periodicas	P11
Rodamiento motor hidráulico	MET-009	No gira, se trava	Trabamiento de maquina	7	falta de lubricacion o contaminacion	1	Mantenimiento periodico	5	715	Genear tabal de revisiones establecidas	P9
Portamoldes	MET-001	No sostiene el molde	Rotura de placas	5	Sobrepresión en los moldes	3	Inspeccion visual	9	539	Revisiones por cada cambio de molde en la inyectora	P1
Columnas guías	MET-007	No guian al molde a la cavidad	rotura de molde	3	Desgaste de guia	3	Revision visual	9	339	Utilizar tabla de inspecciones periodicas	P7

Tabla 10. Criticidad de componentes para la máquina inyectora

Este AMEF realizado permitió determinar la criticidad de cada elemento del proceso, evidenciando la necesidad de una gestión priorizada de los recursos. A través de la implementación de formatos de trazabilidad, se podrá recopilar datos precisos que servirán como base para análisis estadísticos posteriores. Estos análisis permitirán identificar los componentes más susceptibles a fallas, optimizando así la planificación de compras y la gestión de inventarios. De esta manera, se busca minimizar los costos operativos y garantizar la continuidad del proceso..

La capacitación es muy importante ya que tener el conocimiento no es suficiente, todas las máquinas tienen sus características que las hacen únicas por tanto se debe plantear plan de enseñanza a personal nuevo sobre manipulación de las máquinas inyectoras, dejar

documentada la experiencia en formatos o documentos para que puedan ser replicados, analizar las experiencias en lecciones aprendidas es de ayuda también.

Los planes son iterativos y van cambiando con el tiempo, más aún cuando se tienen datos que van marcando tendencia y patrones de fallo.

Sensores como también softwares de monitoreo constante pueden detectar condiciones anormales de forma temprana y programar mantenimientos más asertivos de acuerdo a la necesidad.

Costos de Implantación

Automatización para extracción de piezas \$3200

Calibradores de tolerancias \$1500

Patrones para verificación de rebabas, colores, hoja de trabajo estandarizado \$320

Total de Inversiones: \$5020 USD

6. CONCLUSIONES

Este trabajo se centra en proponer un conjunto de indicadores de productividad optimizados para el proceso de inyección de plásticos en la empresa Metacons. Con el objetivo de identificar las principales actividades o procesos y generar alternativas de optimización, se ha empleado la técnica AMEF (Análisis del Modo de Fallo y Efectos de Fallo), una herramienta ampliamente utilizada en la industria para la gestión de riesgos y la mejora continua.

A través de la revisión bibliográfica, se identificó que los indicadores de eficiencia global de los equipos (OEE), calidad del producto y tiempo de ciclo son los más utilizados en la industria para evaluar el desempeño de los procesos de inyección de plásticos, además se determinó la importancia de tener indicadores de productividad y calidad ya que estos son herramientas fundamentales para evaluar el desempeño de los procesos de producción y tomar decisiones basadas en datos. Permiten identificar áreas de mejora y cuantificar el impacto de las acciones implementadas.

Se ha revisado que existe una estrecha relación entre la calidad y la productividad. Una mejora en la calidad de los productos se traduce en una reducción de reprocesos y devoluciones, lo que a su vez aumenta la eficiencia y la productividad.

La situación actual de Metacons revela una serie de desafíos que deben ser abordados de manera proactiva para mejorar la productividad y la competitividad de la empresa. Las propuestas de mejora presentadas en este estudio buscan abordar estos problemas y contribuir al crecimiento sostenible de la empresa, los principales puntos identificados:

- Calidad del elemento inyectado. La empresa enfrenta un problema significativo con la calidad de los productos, evidenciado por altos índices de reprocesos y defectos

como la tampografía ilegible y los rayones. Estos problemas generan costos adicionales.

- Reprocesos y demoliciones. La ausencia de estándares claros para la evaluación de la calidad de los productos dificulta el control de calidad y la identificación de las causas raíz de los problemas.
- Distribución de la planta y tiempos muertos: La distribución actual de la maquinaria y la presencia de tiempos muertos en la producción están limitando la eficiencia de los procesos y generando cuellos de botella.
- Cantidad de elementos inyectados con Calidad. Los problemas de calidad y eficiencia están impactando negativamente en la productividad de la empresa, lo que se traduce en mayores costos de producción y menor competitividad en el mercado.
- La falta de estandarización y la presencia de tiempos muertos están generando ineficiencias en los procesos y reduciendo la capacidad de respuesta de la empresa ante las demandas planificadas de producción.

Se propuso un conjunto de indicadores optimizados, que con autoridades de Metacons se las ha seleccionado para que formen parte del proceso productivo y generen puntos de referencia, a continuación los mismos:

- Disponibilidad, Tiempo Productivo/ Tiempo disponible
- Rendimiento, Producción Real/ Capacidad
- Calidad, Piezas Buenas/Producción Real

Para mejorar el desempeño de estos indicadores, se propuso un conjunto de acciones específicas, las autoridades de la empresa revisandolas ha definido que las más viables por tema de tiempo de implementación y costo, son las siguientes:

- Automatización de procesos, especialmente en la extracción de piezas desde la inyectora, ofrece múltiples beneficios para Metacons, como:

- Aumento de la productividad: La reducción de los tiempos de ciclo y la eliminación de tareas repetitivas aumentarán significativamente la producción.
- Mejora de la calidad: La automatización permite un mayor control sobre los procesos, reduciendo la variabilidad y mejorando la calidad de las piezas.
- Reducción de costos: A largo plazo, la automatización puede generar ahorros significativos al reducir los costos de mano de obra y los desperdicios.

- Implementación de herramientas de Control de calidad y estandarización.

La implementación de estándares de calidad, patrones de inspección y hojas de trabajo estandarizadas permitirá:

- Mayor consistencia en los productos: Los productos finales cumplirán con las especificaciones establecidas, reduciendo el número de rechazos.
- Satisfacción del cliente: La mejora en la calidad de los productos aumentará la satisfacción del cliente y fortalecerá la reputación de la empresa.
- Reducción de costos: La disminución de los defectos y reprocesos reducirá los costos asociados a la no conformidad.

- Generar Mantenimiento preventivo adecuado

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad permitirá:

- Mayor disponibilidad de los equipos: Al detectar y corregir las fallas de manera temprana, se evitarán paradas no programadas y se reducirá el tiempo de inactividad de las máquinas.
- Reducción de costos de mantenimiento: La prevención de fallas evita reparaciones costosas y prolonga la vida útil de los equipos.
- Optimización de los procesos de producción: Un mantenimiento preventivo eficaz contribuye a mejorar la eficiencia y la productividad de los procesos.

Se estima que la inversión total requerida para implementar estas mejoras es de \$5.020 USD.

Es importante destacar que este trabajo se enfoca en la propuesta de soluciones y no en su implementación. La implantación y evaluación del impacto de estas medidas y su posterior seguimiento corresponderá a la empresa Metacons. No obstante, se espera que las acciones propuestas contribuyan significativamente a optimizar los procesos productivos, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad de los productos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SEAT, S. NTP 679, 2023 Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.
2. Lema, S. P. R. (2019). Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), 64-75.
3. Hinojosa, R. (2018). Introducción Al Proceso de Moldeo Por Inyección de Plásticos. (n.p.): Independently Published.
4. Perdomo, G. A. (2002). Plásticos y medio ambiente. *Revista iberoamericana polímeros*, 3(2), 1-13.
5. Fusstetter, U. (2021, marzo 30). El uso exagerado del plástico durante la pandemia de COVID-19 afecta a los más vulnerables. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490302>
6. Becerra, B. X. 2022 Hoy en día se produce el doble de desechos plásticos en el mundo que hace 20 años. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/hoy-en-dia-se-produce-el-doble-de-desechos-plasticos-en-el-mundo-que-hace-20-anos-3310507>
7. Bustos F, Carlos (2009). La problemática de desechos sólidos. *Economía* (27), 121-144.
8. Guarín, A. & G.J. Páramo (2002). Estudio del estado del arte de moldes de inyección en Colombia. *Revista Universidad EAFIT*, 38 (128), 53-66.
9. Rojas, S. (2015). Propuesta de un sistema de mejora continua, en el proceso de producción de productos de plástico doméstico aplicando la metodología PHVA. Lima.
10. Ubilla, Y. (2019). La evolución de la industria plástica en el Ecuador periodo 2013-2017. Proyecto de Titulación, economía.
11. Cuyutupa Fuentes, N. J. (2017). Implementación de un sistema de gestión de calidad basado en la Norma ISO 9001: 2015 para la mejora de la productividad en la Empresa SC Ingenieros de Proyectos SAC.
12. Sanmartín, M., & Jairzinho, M. (2005). Reducción de scrap en sección inyección y soplado área de producción de Plásticos Industriales C.A. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.
13. Método (de investigación) deductivo. (2021, August 23). grupoaspasia.com; Grupo Aspasia. <https://grupoaspasia.com/es/glosario/metodo-de-investigacion-deductivo/>
14. Arellano, F. (2017, June 22). Método Inductivo. Significados. <https://www.significados.com/metodo-inductivo/>
15. Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento *Revista EAN*, 82, pp.179-200. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
16. Gayón, S. I. E. R. R. A., & Del Pilar, M. (2012). Propuesta de mejoramiento de los niveles de productividad en los procesos de inyección, extrusión y aprovisionamiento de materiales en la empresa Plásticos Vega. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
17. Womack, James y Jones, Daniel (2005) *Lean Thinking* Barcelona: Gestión 2000
18. Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento *Revista EAN*, 82, pp.179-200. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
19. Rodriguez, F., & Gomez Bravo, L. (1991). Indicadores de calidad y productividad de la empresa. CAF.

20. Setyawan, W., Sutoni, A., & Munandar, T. (2021, February). Calculation and Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Six Big Losses toward the Production of Corter Machines in Oni Jaya Motor. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1764, No. 1, p. 012162). IOP Publishing.
21. *Revista Tecnología del Plástico* (2004) <https://www.plastico.com/es/noticias/calidad-en-moldeo-por-inyeccion>
22. *Revista Ambiente Plástico* (2022) <https://ambienteplastico.com/moldeo-por-inyeccion-el-desafio-de-usar-materiales-reciclados/>
23. Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving overall equipment effectiveness (OEE) of extrusion machines using lean manufacturing approach. *Manuf. Technol*, 21(1), 56-64.
24. Pulido, H. G., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. McGraw-Hill Interamericana.
25. Acisclo, M. (2024, February 15). Mejorar el OEE: Claves para calcular la disponibilidad. *Sistemas OEE*. Retrieved March 31, 2024, from <https://www.sistemasoe.com/mejora-oe-claves-calculat-disponibilidad/>
26. Trujillo, X. (2018, February 10). Análisis Modal de fallas y efectos - AMFE (I). *El Rincón del Sueko*. Retrieved March 31, 2024, from <https://rincondelsueko.blogspot.com/2018/02/analisis-modal-de-fallas-y-efectos-amfe.html>
27. AIAG, 2008 Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation: *Análisis de Modos y Efectos de Falla Potenciales*
28. Arguelles-Ojeda, J. L., & Pineda-Rico, Z. (2023) *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*. García, A. C., Rodríguez, J. L. M., & Castro, E. Y. T. (2008). Automatización de procesos en el sector plástico: el caso de una inyectora. *Visión electrónica*, 2(2), 52-63.
29. Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. McKinsey Global Institute, 1-27.
30. Sanz, M. T. L. (2015). *INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA EMPRESA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS* (Doctoral dissertation, Universidad de Zaragoza).
31. Ren, Y. (2021). Optimizing predictive maintenance with machine learning for reliability improvement. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 7(3), 030801.
32. Medina Salas, D. A. (2021). *Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos en la empresa PLASTIMEC SAC*.
33. Acosta-Velarde, J., Guamán-Lozano, Á., & García-Flores, A. (2021). Control de factores para la operación óptima del proceso de inyección de plástico mediante diseño factorial. *Revista UTCiencia: i-ISSN: 1390-6909. e-ISSN: 2602-8263*, 8(1), 12-25.
34. Castro Contreras, A. B. (2023). *Modelo de gestión para reducir mermas y desperdicios de inventario en los procesos productivos de la Empresa LC Suelas del Norte SRL*, Trujillo 2023.

35. Mendoza Coaricona, M. K., & Cordova Pillco, D. A. (2024) Propuesta de mejora para reducir los tiempos de entrega de pedidos basado en herramientas Lean y SLP en una empresa del sector plástico.
36. Mendoza, J. P. T., Mendoza, A. G., & Barrera, J. D. E. (2020) METODOLOGÍA AMEF EN EL ÁREA DE MOLDES EN UNA EMPRESA PROVEEDORA PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y LÍNEA BLANCA.
37. Gómez, J. O. M., & Fernández, J. L. R. (2013). APLICACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN PARA SOLUCIONES INNOVADORAS EN LA INDUSTRIA. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.
38. García Sánchez, A. (2016). Envases y soporte para productos de aseo personal en el entorno ducha.
39. Sánchez Sanchis, F. J. (2018). Rediseño y mejora de aprehensiones para la extracción de piezas de inyección (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
40. Hernández, R. R., Bustos, J. A. Z., Núñez, M. D. C. R., & Ramos, V. M. V. (2018). Control de variables en el proceso de inyección de probetas plásticas. *Pistas Educativas*, 38(118).
41. Párraga, M. A. T., Mero, M. L. L., Gorozabel, V. C., & Mosquera, R. A. C. (2022). Producción de empaques en polipropileno mediante inyección con colada fría y colada caliente. *Avances En Química*, 17(3), 91-96.
42. Prada Ospina, R., & Acosta Prado, J. C. (2017). El moldeo en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. *Dimensión empresarial*, 15(1), 226-234.
43. SEOMoldblade. (2024, February 20). 7 ventajas de la fabricación de piezas por moldeo por inyección - Moldblade. Moldblade. <https://moldblade.com/7-ventajas-de-la-fabricacion-de-piezas-por-moldeo-por-inyeccion/>
44. Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., & Lantelme, E. (2019). Implementación del trabajo estandarizado en la industria de la construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 34(3), 288-298.
45. Freire Pérez, F. I. (2019). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de WEIBULL para las Inyectoras horizontales de polímeros en la empresa Ingeniería Diseño de Suelas (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica).
46. Martínez Pérez, P. (2010). Diseño de un prototipo de modelo de gestión de mantenimiento basado en protocolos de calificación de las máquinas de alimentos Friko SA para el traslado y operación de la Planta de Producción de carnes frías.