

Simulación de una Línea de Producción de Jabones en Barra para Disminuir Defectuoso en el Área de Troquelado

Simulation of a Bar Soap Production Line to Reduce Defects in the Die Cutting Area

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.05>

Fecha de recepción: 15/05/24. Fecha de Publicación: 24/05/2024

Margarita Grau-Ahumada

Universidad de la Costa, Barranquilla Colombia
mgrau3@cuc.edu.co

Eduardo Pérez-Hamburger

Universidad de la Costa, Barranquilla Colombia
eperez54@cuc.edu.co

Natalia Villalobos-Rueda

Universidad de la Costa, Barranquilla Colombia
nvillalo4@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la Costa, Barranquilla Colombia
atroncos1@cuc.edu.co

Como citar en IEEE este artículo: Autor Grau-Ahumada y Otros, «Simulación de una Línea de Producción de Jabones en Barra para Disminuir Defectuoso en el Área de Troquelado» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6, No. 1, pp. 35-43, 2024. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5833>

Resumen

En el presente caso estudio el cual se llevó a cabo en una empresa manufacturera de jabón a partir del estudio del proceso de fabricación desde el momento en que los ingredientes son mezclados con el jabón previamente saponificado. Se realiza el proceso de simulación el cual modela los siguientes procesos, mezcla de productos, triturado, extruido, cortado, troquelado, calidad, empaque y embalaje. Este se realizó con el fin de identificar los cuellos de botella y disminuir los productos defectuosos. Se pudo identificar que esta etapa del proceso es la más crítica debido a que de esto depende grandemente que los gastos finales que genere la producción del jabón y que tanto producto se deba volver a procesar, por ende, se debe tener en extremo cuidado en esta área.

Palabras clave: Fabricación de jabones, Jabón en barra, Productos defectuosos, Simulación de Eventos Discretos.

Abstract

In this case study, which was carried out in a soap manufacturing company, the manufacturing process is studied from the moment the ingredients are mixed with the previously saponified soap. The simulation process is carried out, which models the following processes: product mixing, grinding, extruding, cutting, die cutting, quality, packaging, and packing. This was done to identify bottlenecks and reduce defective products. It was identified that this stage of the process is the most critical because the final costs generated by the soap production and the amount of product to be reprocessed depend greatly on it, therefore, extreme care must be taken in this area.

Keywords: Bar Soap, Defective Products, Discrete Event Simulation, Soap Making.

Introducción

En el mundo de la manufactura, el factor más importante es la mejora continua de los procesos productivos, ya que, es fundamental para mantener la competitividad y la calidad del producto dentro del mercado, sobre todo en una industria tan exigente como lo es la del jabón. La simulación se ha convertido en una herramienta clave dentro de los procesos productivos debido a las grandes ventajas que traen a la hora de la toma de decisiones, implementación de cambios y mejoras en la cadena productiva de dichos procesos [1].

La empresa Hada International, la cual es el foco del presente proyecto, se especializa en la producción de jabones a nivel masivo para grandes empresas internacionales. La simulación que se modulará a partir del mencionado proceso se realizará a partir del estudio de diversas variables presentes dentro de la línea productiva en la fábrica, relacionada con tiempos e índices de fabricación. El presente proyecto tiene como objetivo, el enfoque en el estudio de una de las líneas productivas más grande dentro de Hada International, con el fin de encontrar falencias en el proceso productivo, relacionado específicamente en los productos defectuosos que surgen dentro de la línea de producción y darle solución a esta, por medio de la mejora continua del proceso de transformación de materia prima involucrada en la fabricación de jabón.

Estado del arte

La simulación como herramienta de análisis y toma de decisiones ha demostrado su eficacia en diversos sectores industriales, incluyendo la producción de bienes de consumo masivo como el jabón. Sin embargo, en el caso específico de la etapa de troquelado en la fabricación de jabones en barra, existe una laguna en la literatura científica que restringe el conocimiento y la aplicación de metodologías de simulación para abordar los problemas de defectos. Algunos estudios encontrados en esta área en general detallan el diseño exitoso de una línea de producción de jabón en pastillas a escala industrial. La metodología empleada incluyó la formulación y elaboración de jabones, pruebas piloto para determinar las características físicas del producto y pruebas de validación para seleccionar la mejor formulación. Los resultados obtenidos demostraron que las propiedades de las materias primas y las concentraciones utilizadas influyen significativamente en la fabricación del jabón. Además, se validó que la formulación seleccionada cumple con los parámetros de aceptación en cuanto a desempeño, fragancia, color, similitud, satisfacción del uso e intención de compra. Las pruebas de sanitización confirmaron una eficiencia del 99.99% frente a microorganismos patógenos, garantizando la calidad del producto final [2]. Tomando en cuenta que para definir específicamente estos proyectos se deben realizar una serie de pasos, el artículo [3], presenta cuatro propuestas de proyectos para ser desarrollados en el campo de Modelado y Simulación de la maestría en Robótica de la Universidad Tecnológica de El Salvador. Tras un proceso de selección que incluyó lluvia de ideas y votación, se eligió la propuesta de Constantino Zamora: "Sistema de Pesaje de Bacheo Continuo". La propuesta busca automatizar el proceso de pesaje de azúcar blanca, mejorando la eficiencia operacional y reduciendo costos de pesaje manual. En él se detalla la metodología de selección y presenta un análisis preliminar de los ahorros potenciales del proyecto.

De igual forma se encuentran artículos como [4], que implementan un plan maestro logístico para una PYME de producción y distribución de jabón de loza en Cali, Colombia. Se diagnosticó la situación actual, identificando las falencias y áreas de mejora en los procesos de abastecimiento, producción y distribución; evidenciando como

resultados principales la fragmentación de la logística en la empresa, con una desconexión entre las áreas de abastecimiento, producción y distribución. Esto genera ineficiencias en el flujo de información y materiales, afectando negativamente la competitividad de la empresa. A partir de este diagnóstico, los autores proponen un modelo de gestión integral que integra las tres áreas logísticas, optimizando la comunicación y el flujo de información. El modelo incluye herramientas de visualización e interoperabilidad para facilitar la toma de decisiones y la gestión eficiente de la cadena de suministro. Del mismo modo el proyecto [5], presenta el diseño y desarrollo de un jabón líquido corporal innovador, denominado biojabón, utilizando la simulación como herramienta fundamental para optimizar el proceso de producción. En el capítulo 4, se diseñan y desarrollan los procesos de producción, se definen los diagramas de flujo del proceso, se diseña el layout de la línea de producción, se establecen sistemas de calidad y se realiza un análisis AMEF del proceso. La simulación como herramienta clave en este proyecto permite optimizar el diseño de la línea de producción, reducir costos, mejorar la eficiencia y aumentar la rentabilidad del biojabón; para esto, los autores generaron dos simulaciones de la línea de producción, abarcando todas las etapas del proceso, desde la bodega de materia prima hasta la bodega de producto terminado; en el software Flexsim con el fin de observar su funcionamiento y se prioriza la simulación con mejores resultados en cuanto a la reducción de costos.

Por otra parte, las simulaciones de procesos no solo se utilizan para resolver problemas empresariales, el estudio [6], presenta una propuesta innovadora para la enseñanza de la química en el Colegio Gimnasio Integral Moderno de Bogotá D.C., utilizando herramientas virtuales y simuladores para la elaboración de biodiesel y jabón artesanal. La metodología mixta, combinando datos cuantitativos y cualitativos, permitió evaluar el impacto del proyecto en el aprendizaje de los estudiantes. La propuesta se basa en una caracterización inicial a través de una encuesta diagnóstica para identificar el nivel de manejo de herramientas virtuales y conceptos químicos en los estudiantes de noveno grado. A continuación, se introduce el concepto de reutilización del aceite usado y se guía a los estudiantes en la elaboración virtual de biodiesel y jabón artesanal mediante simuladores; mostrando así resultados obtenidos donde se analizan en detalle, considerando el rendimiento y la aplicación del proyecto en el aula. Posteriormente, se reflexiona sobre el valor pedagógico de los proyectos prácticos en la enseñanza de la química y se recopilan las opiniones de los estudiantes a través de una entrevista abierta.

Otro estudio enfocado en la simulación como apoyo a la docencia [7], muestra el desarrollo de un simulador virtual de un reactor CSTR (Reactor de Tanque Agitado Continuo) en MATLAB, enfocado en la reacción de saponificación de acetato de etilo con sosa. El simulador sirve como herramienta de apoyo a la docencia en la asignatura "Experimentación en Ingeniería Química", ofreciendo un entorno de aprendizaje virtual que complementa y enriquece la experiencia educativa tradicional; mostrando que la simulación ofrece ventajas significativas como el ahorro de tiempo y recursos, la posibilidad de analizar escenarios complejos y la promoción del aprendizaje activo, permitiendo a los estudiantes familiarizarse con los datos esperados antes de las prácticas, analizar el comportamiento del reactor bajo diferentes condiciones, realizar experimentos virtuales sin restricciones de tiempo o recursos, y afianzar los conceptos básicos de la ingeniería de reacciones químicas.

La industria manufacturera ha experimentado una notable mejora en el control de calidad gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA) y la simulación de procesos. En el caso del proceso productivo de jabones en barra en Hada International, se utilizó la simulación para identificar y corregir ineficiencias y defectos en la línea de producción. Del mismo modo, el estudio sobre el sistema automático de inspección de diseño para datos CAD demuestra cómo la IA puede revolucionar la inspección de calidad en la industria automotriz, automatizando tareas repetitivas y propensas a errores humanos. [8]

La relación entre el uso del aprendizaje automático en la manufactura y el proyecto de simulación de la línea de producción de jabones es clara. Ambos enfoques buscan optimizar sistemas industriales para mejorar la eficiencia, calidad y reducir defectos. La simulación proporciona un medio para modelar y analizar procesos, mientras que el aprendizaje automático puede ofrecer una capa adicional de optimización, permitiendo la predicción de fallos y la identificación de patrones para mejorar la toma de decisiones. [9]

La importancia de la eficiencia en la productividad es vital para el éxito de cualquier proceso en este caso este artículo comparte un enfoque común en la mejora de procesos industriales mediante el uso de herramientas avanzadas. Mientras que el proyecto sobre la simulación de una línea de producción de jabones en barra se centra en identificar y corregir ineficiencias específicas en el proceso de fabricación de jabones, el estudio sobre el diseño y análisis de matrices progresivas se enfoca en mejorar la productividad en el taller de prensas, utilizando troqueles progresivos. La relación entre ambos radica en el objetivo compartido de optimizar la eficiencia y la calidad en la manufactura. [10]

teniendo en cuenta que la aplicación de técnicas avanzadas para mejorar la eficiencia y la calidad en la industria manufacturera es una pieza clave que permite destacarse ante un mercado competente el "Análisis de modos de falla y efectos del diseño de matrices de forja" se centra en el análisis de los factores que afectan la vida útil y el rendimiento de las matrices de forja. Se destaca por su enfoque en el diseño de troqueles y los criterios de diseño que influyen en la vida útil y la eficiencia de las matrices mientras que el proyecto se enfoca en la mejora de un proceso específico de producción mediante la simulación Ambos proyectos demuestran la aplicación de técnicas avanzadas para mejorar la eficiencia y la calidad en la industria manufacturera, aunque abordan áreas diferentes dentro de este campo. [11]

por otro lado La relación entre el estudio titulado "Visibilidad de los productos de la cadena de suministro: métodos, sistemas e impactos" y el proyecto "Simulación de una Línea de Producción de Jabones en Barra para Disminuir Defectuoso en el Área de Troquelado" radica en su enfoque en mejorar los procesos dentro de la cadena de suministro y la manufactura. Enfoque en la mejora continua de los procesos, Uso de herramientas y metodologías específicas Ambos textos hacen uso de herramientas y metodologías específicas para abordar los problemas identificados en los procesos El artículo menciona el uso de tecnologías y software para la visibilidad de productos, mientras que el proyecto utiliza la simulación con el software Arena para modelar con precisión la línea de producción de jabones y proponer soluciones basadas en datos sólidos. [12]

la Simulación de una Línea de Producción de Jabones en Barra para Disminuir Defectuoso en el Área de Troquelado se basa en su enfoque común en la utilización de tecnologías avanzadas y modelado para mejorar procesos de manufactura. Aquí se destacan los principales puntos de conexión entre este proyecto y el artículo "Nuevos conceptos en el diseño de matrices: aplicaciones de modelado físico y por computadora" que ambos implementan el Uso de Modelado y Simulación, el artículo Se enfoca en la aplicación de la ingeniería asistida por computadora y técnicas de modelado físico en la I+D de forja, usando herramientas como el modelado de elementos finitos y experimentos con materiales modelo para diseñar y optimizar herramientas

optimización de procesos y mejora en la calidad y reducción de costos mientras que el proyecto Utiliza la simulación con el software Arena para modelar y optimizar la línea de producción de jabones en barra, enfocándose en reducir defectos en el área de troquelado. [13]

En el ámbito de la manufactura, la optimización de procesos y la reducción de defectos son temas de gran relevancia para mejorar la eficiencia y la calidad del producto final. Un estudio significativo en esta área es el artículo "Los efectos del margen de rebaba y el tamaño de la barra sobre la carga de conformado y el flujo de metal en la forja con matriz cerrada", El artículo aborda la manipulación de parámetros físicos como el margen de rebaba y el tamaño de la barra para mejorar la eficiencia del proceso de conformado de metales. En contraste, el proyecto de producción de jabones utiliza simulación computacional para identificar y mitigar defectos en la línea de producción, ambos demuestran cómo el análisis detallado y la optimización de procesos pueden llevar a mejoras significativas en la calidad y eficiencia de la manufactura. La metodología basada en experimentación y simulación proporciona una base robusta para la toma de decisiones informadas en la mejora continua de los procesos productivos. [14]

El uso de herramientas que ayudan a la simulación de procesos marca una gran diferencia en la solución de problemas e identificación de los mismos, colaborando con la comprensión de cómo funcionan y ofrecer diferentes alternativas sin tener que arriesgarse a realizar cambios a ciegas, relacionándolo con la industria del uso del jabón [15]. La simulación ayuda a interiorizar en cada uno de los procesos, como en este caso se enfoca en la fabricación de jabón y uno de sus pasos más fundamentales la cual es la extrusión, en donde se lleva a cabo el cambio en la materia luego de ser triturado, en donde, sale en forma de una barra infinita, es fundamental el entendimiento de como este proceso puede llegar a ser cuantificado. [16] Resulta importante identificar que procesos dentro del proceso productivo del jabón son los mayores focos de producción de material defectuoso, uno de ellos es al momento de realizar el empaque de los mismos, esto debido a que es un proceso realizado por personas que supervisan que el material este en perfectas condiciones, envases de ser una máquina, lo cual genera largas colas de productos en espera a ser verificados y despachado para continuar con el proceso de empaque. [17]

La simulación juega un papel importante en la toma de decisiones dentro un proceso, así como también lo es la reducción de defectos durante la fabricación, para esto existen diferentes herramientas utilizadas que pueden ser aplicables a cualquier proceso, como lo son las 7 herramientas de control de calidad. [18] Otra herramienta

implementada en la reducción de productos defectuosos en los procesos de manufactura es six sigma, la cual es bastante efectiva para reducir significativamente dentro de la fabricación de productos, como es en el caso del jabón. [19] Se ha comprobado que la metodología de six sigma es eficaz en la reducción de errores de manufactura en diferentes tipos de procesos aplicando sus diferentes pasos, los cuales consisten en, definir, medir, analizar, mejorar y control, los cuales dan resultados completamente satisfactorios incluso sobrepasando y duplicando la eficiencia de los procesos ya presentes. [20]

Metodología

El proyecto inicia con un meticuloso proceso de definición del alcance, donde se lleva a cabo una exhaustiva identificación de los procesos específicos que se pretenden simular, junto con el establecimiento de objetivos claros, tales como mejorar la eficiencia y reducir costos, que guiarán el desarrollo de la simulación. Además, se detallan los criterios que se implementarán para evaluar el rendimiento de dicha simulación, asegurando así que los resultados obtenidos sean pertinentes y útiles para el propósito del proyecto. Posteriormente, se procede con la fase de recopilación de datos, un paso crítico donde se identifican las fuentes de información relevantes, como informes de ventas, encuestas a clientes y registros de producción, para garantizar que se disponga de datos precisos y actualizados que respalden el proceso de modelado. Es esencial analizar y recolectar cuidadosamente los datos pertinentes sobre el proceso seleccionado, en este caso, la línea de producción de jabones, definiendo con precisión variables de interés como los tiempos de ciclo, los tiempos de espera y la tasa de producción, entre otros aspectos relevantes. Tras esta fase, se avanza hacia la identificación y modelado de los procesos, donde se emplean herramientas como diagramas o modelos de procesos para mapear de manera detallada la línea de producción de jabones, mientras se identifican las variables que influyen en su rendimiento, tales como la disponibilidad de recursos y la capacidad de la planta de producción. Una vez completado este proceso, se selecciona cuidadosamente la herramienta de simulación más adecuada para el proyecto, optando por el software Arena debido a su capacidad para manejar la complejidad del modelo y su compatibilidad con el presupuesto disponible. Con la herramienta seleccionada, se procede al desarrollo del modelo de simulación, donde se traducen los procesos identificados en el software seleccionado, configurando adecuadamente los parámetros para reflejar fielmente la realidad del sistema. Finalmente, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos mediante la simulación, evaluando el impacto de diversas variables y escenarios en el rendimiento del sistema, lo que permitirá tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia y reducir costos en la línea de producción de jabones.

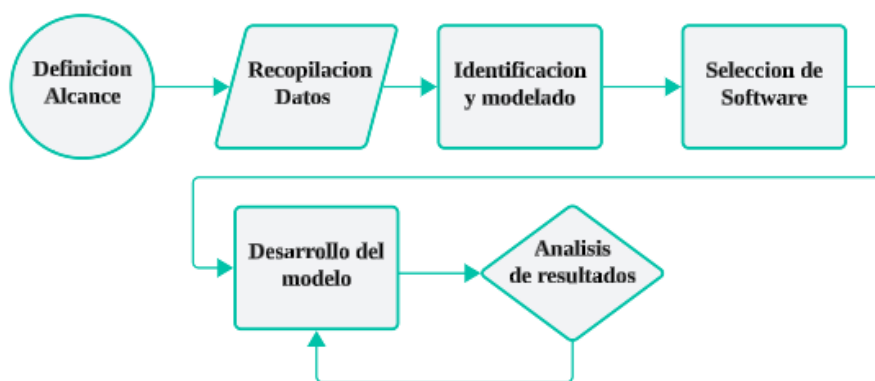


Figura 1. Metodología Propuesta

Resultados y Análisis

El análisis de la simulación del proceso productivo de jabones en barra en Hada International se centra en varias métricas clave para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema. A continuación, se detallan los resultados

obtenidos y su interpretación:

1. Tiempos de Ciclo y Espera

Se analizaron los tiempos de ciclo y de espera en cada etapa del proceso de producción. Los resultados muestran que:

- **Mezcla y Triturado:** El tiempo de ciclo fue relativamente constante, con pocas variaciones significativas.
- **Extruido:** Se identificaron cuellos de botella debido a paradas inesperadas de la maquinaria, lo que aumentó el tiempo de espera y afectó el flujo continuo del proceso.
- **Troquelado:** Esta etapa presentó la mayor variabilidad en los tiempos de ciclo, principalmente debido a ajustes y calibraciones frecuentes de la máquina troqueladora

2. Tasa de Producción

La tasa de producción se midió para evaluar la capacidad del sistema de cumplir con los objetivos de producción diaria. Los resultados indicaron que:

- La línea de producción no siempre alcanzaba la capacidad máxima debido a interrupciones y paradas en la etapa de troquelado.
- Se identificó una variación significativa en la producción diaria, lo que sugiere la necesidad de mejorar la fiabilidad y mantenimiento preventivo de las máquinas.

3. Defectuoso y Calidad

El análisis de la tasa de productos defectuosos reveló que:

- **Troquelado:** La etapa con mayor incidencia de defectos, principalmente debido a problemas con la alineación y calibración de los moldes.
- **Corte y Empaque:** Se registraron menores tasas de defectos, pero se observó que los defectos en el troquelado afectaban las etapas subsecuentes.

4. Impacto de la Simulación en la Mejora del Proceso

Utilizando la simulación, se probaron varias propuestas de mejora, entre ellas:

- **Mantenimiento Preventivo:** La implementación de un programa de mantenimiento regular para las máquinas troqueladoras resultó en una reducción significativa del tiempo de inactividad y los defectos de producción.
- **Capacitación del Personal:** Mejorar la capacitación del personal en la operación y ajustes de la troqueladora disminuyó los tiempos de ajuste y calibración, reduciendo así la variabilidad en los tiempos de ciclo.
- **Optimización del Flujo de Trabajo:** La reorganización del layout de la planta y la implementación de principios de manufactura esbelta (lean manufacturing) ayudaron a minimizar los tiempos de espera y a mejorar el flujo continuo del proceso.

•

5. Análisis de Costos

La simulación también permitió evaluar el impacto económico de las mejoras propuestas. Los resultados mostraron que:

- **Reducción de Defectos:** La disminución de productos defectuosos llevó a un ahorro significativo en costos de retrabajo y desperdicio de material.
- **Aumento de la Productividad:** La mejora en la eficiencia del proceso aumentó la producción diaria, permitiendo a la empresa cumplir mejor con la demanda del mercado sin necesidad de invertir en capacidad adicional.

Modelo conceptual

El caso estudio se enfoca en la línea de producción de una empresa fabricante de jabones, la cual trabaja horario continuo, pero para efectos del estudio se basará en un periodo de 8 horas 4 días a la semana (lunes a jueves). El estudio inicia en la segunda fase de producción del producto, comenzando luego de la mezcla de la materia prima. La fase dos comienza recibiendo el producto mezclado siendo procesado por la máquina de trituración y extrusión con una distribución continua de 2, luego pasa a la máquina de corte la cual tiene una distribución uniforme (556,604), pasa de esta a la sección de troquelado con distribución uniforme (296,306) y por último pasa a la máquina de empaque que maneja una distribución beta ($298+9 * \text{BETA}(1.13,1.08)$).

En la última fase los jabones son analizados y agrupados por 4 operarios en grupos de 3 y luego metidos en cajas de 70 paquetes.

La línea de producción genera un aproximado de 300 jabones por minuto.

Desarrollo

1. Preparación de la Mezcla:

Las materias primas son pesadas y mezcladas en proporciones específicas de acuerdo con la fórmula del jabón que se está produciendo. Esto puede implicar la calibración de los ingredientes para garantizar la consistencia y calidad del producto final.

2. Triturado:

Dentro de este proceso se busca reducir el tamaño de los ingredientes sólidos (flores secas, exfoliantes naturales, o semillas de frutas) con la finalidad de lograr la textura deseada dependiendo el tipo de jabón que se está produciendo, es una etapa clave en el proceso de fabricación de jabones especialmente cuando se utilizan ingredientes sólidos o se busca una textura específica en el producto final

3. Extruido:

Esta técnica es comúnmente utilizada en este proceso de fabricación de jabones en barra la cual es útil para la producción a gran escala, la estandarización del tamaño y la forma de las barras de jabón

4. Cortado:

El proceso de cortado en la fabricación de estos jabones es esencial para transformar grandes bloques de jabón en formas más manejables y en el tamaño deseado para su uso final, es decir dividir grandes bloques de jabón en unidades más pequeñas, como barras individuales o porciones específicas. Esto facilita el manejo, el empaque y la distribución del jabón, teniendo en cuenta el análisis de los datos obtenidos se observó que el proceso de cortado maneja una distribución uniforme

5. Moldeado o Troquelado:

La mezcla de jabón se vierte en moldes o se troquea para darle la forma deseada. Esto puede incluir el troquelado de barras de jabón individuales o la formación de jabones en diferentes formas y tamaños. Este proceso utilizado para dar forma a los jabones en barra, cortándolos en formas específicas y de tamaño uniforme garantiza la consistencia en la apariencia y el tamaño de las barras de jabón, lo que es esencial para la estandarización del producto. teniendo en cuenta los datos dentro de este proceso se observó que el troquelado emplea una distribución uniforme

6. Empaque:

Se empacan individualmente y luego en lotes más grandes, para luego proceder con su proceso de distribución, teniendo en cuenta los datos analizados se puede decir que emplea una distribución BETA

7. Control de Calidad:

Durante todo el proceso de fabricación, la empresa Hada lleva a cabo controles de calidad para garantizar que el jabón cumpla con los estándares establecidos de calidad, seguridad y eficacia

Conclusión

El presente estudio sobre la simulación de una línea de producción de jabones en barra, específicamente orientado a la reducción de productos defectuosos en el área de troquelado, demuestra la efectividad de la simulación como una herramienta fundamental para la mejora continua en procesos de manufactura. A través del uso del software Arena, se pudo modelar con precisión la línea de producción, identificar cuellos de botella y áreas críticas de mejora, y proponer soluciones basadas en datos sólidos.

Los resultados de la simulación indican que la implementación de mejoras específicas en el proceso de troquelado, tales como ajustes en los parámetros de operación y la optimización de los tiempos de ciclo, puede reducir significativamente la tasa de defectuosos. Esta reducción no solo mejora la calidad del producto final, sino que también incrementa la eficiencia operativa y disminuye los costos de producción asociados con la reprocesamiento y los desperdicios.

- La etapa de troquelado es crítica y requiere atención especial para reducir defectos y tiempos de inactividad.
- Las mejoras en mantenimiento y capacitación del personal tienen un impacto positivo significativo en la eficiencia y calidad del producto.

Además, la metodología utilizada para la recolección y análisis de datos, junto con la modelación detallada de los procesos, asegura que las decisiones tomadas estén bien fundamentadas y sean replicables en otros contextos dentro de la industria manufacturera. En resumen, este proyecto no solo proporciona una solución inmediata para la línea de producción de jabones de Hada International, sino que también establece un marco robusto para futuras mejoras y optimizaciones en procesos industriales similares.

Referencias

- [1] VLD Engineering, «Que entendemos por simulación de procesos industriales,» 2020.
- [2] L. Rivera-Mero y F. Sánchez-Plaza, «Diseño de una línea de producción de jabón en forma de pastillas a escala industrial,» *Revista Científica INGENIAR*, vol. 5, n° 10, pp. 95-105, 2022.
- [3] D. Guerrero Rodriguez, C. Zamora, G. Rivas y R. Guzman, «Researchgate,» 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/353343402_Propuesta_para_Proyectos_de_Modelado_y_Simulacion.
- [4] A. Brand-Tejeda, F. Mejia-Espinal, A. Paredes-Rodríguez y N. Arias-Brito, «Elaboración de un plan maestro logístico en una empresa de la industria de jabones,» *Scientia et Technica*, vol. 25, n° 3, pp. 471-477, 30 Septiembre 2020.
- [5] G. Ortiz-Palacios, *Diseño y desarrollo del producto y del proceso de BIOSOAP: jabón líquido corporal de baño*, Universidad de las Américas, 2016.
- [6] G. Sánchez-Fajardo y J. Restrepo-Rendón, *Propuesta de enseñanza de la química a través de herramientas virtuales, simulando procesos de elaboración de biodiesel y jabón artesanal, para la construcción de prácticas sostenibles en el Colegio G.I.M. de Bogotá D.C.*, Bogota, D.C., 2020, p. 108.
- [7] G. Nieva Garcia-Villaraco, *Chem. Reactor Simulator: Herramienta de simulacion de CSTR como apoyo a la docencia*, Madrid, 2016.
- [8] L. Jin-Seop, K. Tae-Hyun, J. Sang-Hwan, P. Sung-Hyun, K. Sang-Hi, L. Eun-Ho y L. Jee-Hyong, «Automation of trimming die design inspection by zigzag process between AI and CAD domains,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 127, 2024.
- [9] A. du-Preez y G.-A. Oosthuizen, «Machine learning in cutting processes as enabler for smart sustainable

- manufacturing,» *Procedia Manufacturing*, vol. 33, 2019.
- [10] A. Arpit, P. Arpit, J. Akshat, S. Pankaj y K. Rajender, «Design & analysis of progressive die using SOLIDWORKS,» *Materialstoday Proceedings*, vol. 51, 2022.
 - [11] S. Abhishek, V. Hussain, P. Abhishek-Kumar y M. Prithvi-Raj, «Failure mode and effects analysis of forging die design: An integrated approach,» *Materialstoday Proceedings*, vol. 62, 2022.
 - [12] A. Musa, A. Gunasekaran y Y. Yusuf, «Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts,» *Expert Systems with Applications*, vol. 41, 2014.
 - [13] V. Vazquez y A. Taylan, «New concepts in die design — physical and computer modeling applications,» *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 98, 2000.
 - [14] F. Fereshteh-Saniee y A. Hosseini, «The effects of flash allowance and bar size on forming load and metal flow in closed die forging,» *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 177, nº 1-3, 2006.
 - [15] G. Eumelen, E. Bosco y A. Suiker, «Computational modelling of metal soap formation in historical oil paintings: the influence of fatty acid concentration and nucleus geometry on the induced chemo-mechanical damage,» *SN Applied Science*, vol. 1310, nº 2, 2020.
 - [16] M. P. Bryan, S. Rough y D. Wilson, «Flow visualisation and modelling of solid soap extrusion,» *Chemical Engineering Science*, vol. 173, 2017.
 - [17] D.-C. De Sena, D. C. Jácome y O. Das-Chagas-olivera, «Modelagem e simulação do processo de seleção do sabão em barra de uma fábrica de material de limpeza localizada no município de Mossoró-RN,» *Revista De Gestao E Secretariado-Gesec*, 2023.
 - [18] I.-A. Memon, A. Ali, U. Rajput, S. Abro y A. Memon, «Controlling the Defects of Paint Shop using Seven Quality Control Tools in an Automotive Factory,» *Engineering Technology & Applied Science Research*, vol. 9, 2019.
 - [19] K. Oncul, M. Cetin-Erdogan y M. Gunes, «Reducing Product Defects In Apparel Manufacturing By Using The Six Sigma Methodology: A Case Study,» *Tekstil ve Konfeksiyon*, vol. 24, 2014.
 - [20] A. Rezaei, M. Ehsanifar y D. Wood, «Reducing welding repair requirements in refinery pressure vessel manufacturing: a case study applying six sigma principles,» *International Journal on Interactive Design and Manufacturing - (IJIDeM)*, 2019.