



**Propuesta de optimización del proceso de fabricación de tapas para licores  
mediante la redistribución en planta de una línea de producción**

Elaborado por:

Oscar Eduardo Ariza Sánchez – Ingeniería Industrial

Yineth Paola Bernal Montañez – Ingeniería de Sistemas

Carlos Antonio Valbuena Villamarín – Ingeniería Industrial

Directora:

Diana Paola Figueroa Hernández

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Proyecto de Integración

Junio, 2023

Bogotá, D.C.

## **Resumen ejecutivo**

La presente propuesta tiene como objetivo mejorar la eficiencia y rentabilidad en la producción de tapas para licores en una fábrica en Bogotá a través de la redistribución de una de sus líneas de producción. Para lo cual, se utilizará una combinación de técnicas de simulación y análisis de datos para identificar los cuellos de botella y áreas de mejora en la línea de producción actual.

Se propone la redistribución de una de las líneas de producción de la planta para lograr una mejor disposición de las máquinas y equipos, lo que permitirá una reducción en los tiempos de producción y mayor eficiencia en el uso del espacio disponible. Asimismo, se implementarán nuevos procesos de producción y se realizarán mejoras en la logística interna para optimizar el flujo de materiales y reducir los tiempos de espera.

Se espera que la implementación de esta propuesta de redistribución de líneas de producción permita a la fábrica mejorar su eficiencia y rentabilidad, reduciendo los tiempos de producción y costos de operación. También se espera una mejora en la calidad del producto y una reducción en los tiempos de entrega a los clientes, lo que permitirá una mayor competitividad en el mercado.

## **Abstract**

This proposal aims to improve the efficiency and profitability in the production of lids for liquors in a factory in Bogotá through the optimization and redistribution of one of its production lines. A combination of simulation techniques and data analysis will be used to identify bottlenecks and areas for improvement in the current production line.

The redistribution of one of the production lines of the plant is proposed to achieve a better layout of the machines and equipment, which will allow a reduction in production

times and greater efficiency in the use of available space. Likewise, new production processes will be implemented, and improvements will be made to internal logistics to optimize the flow of materials and reduce waiting times.

Implementing this proposal for the redistribution of production lines is expected to allow the factory to improve its efficiency and profitability, reducing production times and operating costs. An improvement in product quality and reduced delivery times to customers are also expected, which will allow greater competitiveness in the market.

## Introducción

Guala Closures Group (2014) es una empresa italiana que inició operaciones en 1954, se dedica a la producción y distribución de cierres anti relleno o tapas de seguridad para bebidas alcohólicas y actualmente hace presencia en los 5 continentes. En Colombia, ha estado presente desde el año 2008 tras la compra de Tapas Albert, siendo registrada ante Cámara de Comercio con el nombre de Guala Closures de Colombia Ltda. Desde el inicio de su operación en el país, la empresa se dedica a la producción, ensamble y distribución de tapas o cierres de seguridad anti relleno en el sector de bebidas alcohólicas para el Grupo Andino (Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador y Venezuela).

Es importante destacar que la competitividad de una compañía perteneciente al sector de la manufactura está condicionada por la eficiencia de sus procesos, esto supone un desafío permanente que requiere de un continuo análisis y evaluación de cada fase del proceso, adicionalmente como lo manifiestan Orozco y Cervera (2013), “las compañías a nivel mundial han optado por incluir, dentro de su planeación estratégica: la correcta disposición del espacio físico disponible para sus operaciones, debido a que es punto neurálgico que impacta la competitividad de los negocios”.

La fabricación de tapas para licores es una industria altamente competitiva y en constante evolución, cuyos procesos requieren de una precisión y eficiencia óptimas en todas las etapas para obtener productos de alta calidad. Para mejorar y optimizar este proceso, se han llevado a cabo diversos estudios en el campo de la manufactura. Por ejemplo, según el estudio de Parra (2022), la implementación de sistemas de gestión de calidad y la optimización de procesos son factores críticos para mejorar la eficiencia en

la fabricación de productos. Además, el trabajo de Roark et al. (2019) destaca la importancia de la simulación de procesos como una herramienta para identificar cuellos de botella en los procesos de manufactura y mejorar la eficiencia en las operaciones. En definitiva, el uso de nuevas técnicas y herramientas de gestión y simulación son fundamentales para la mejora continua en la industria manufacturera.

El proceso de fabricación de tapas para licores involucra diversas etapas, desde la selección de la materia prima hasta la decoración de la tapa, y el embalaje del producto final. Cada etapa del proceso tiene una influencia directa en la calidad del producto final y en los costos de producción. Por lo tanto, la optimización del proceso debe abarcar todas las etapas del proceso de fabricación.

La redistribución de una línea de producción en planta es una estrategia que puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso de fabricación de tapas para licores. Según Febres & Ochoa (2010), la simulación con software como FlexSim puede ser una herramienta muy útil para verificar la eficiencia de los cambios en el proceso de fabricación sin incurrir en costos reales. La simulación permite a los ingenieros y gerentes de producción modelar el proceso de fabricación actual y proponer cambios para evaluar su impacto en la eficiencia y el rendimiento. Al utilizar la simulación, se pueden identificar cuellos de botella en el proceso, ajustar los tiempos de ciclo, rediseñar la distribución de la planta y experimentar con otras variables del proceso para optimizar la producción.

En línea con estas ideas, el presente trabajo propone una redistribución de una de las líneas de producción del proceso de fabricación de tapas para licores mediante una simulación, que busca optimizar y mejorar la eficiencia del proceso y así, contribuir a mantener la competitividad de la empresa en el mercado actual.

## Objetivos

### Objetivo General

Proponer una redistribución de una de las líneas de producción de una fábrica de tapas para licores en Bogotá con el propósito de optimizar y mejorar la eficiencia del proceso.

### Objetivos Específicos

- Analizar la disposición actual de las máquinas y equipos, evaluando los tiempos de producción y la eficiencia actual del proceso.
- Identificar los cuellos de botella y áreas de mejora en la línea de producción actual mediante la aplicación de técnicas de simulación y análisis de datos.
- Diseñar una nueva distribución de una de las líneas de producción que permita un desarrollo más eficiente del proceso.
- Simular esta nueva línea de producción para validar la eficiencia del proceso.
- Proponer una redistribución de la línea de producción basado en los resultados obtenidos por medio de la simulación.

## **Definición del problema**

Una compañía debe responder oportunamente a las necesidades de sus clientes, ofreciendo soluciones que satisfagan los requerimientos, estas soluciones ciertamente agregan valor tanto a la compañía que las ofrece como a quien las requiere, como lo manifiestan Serrano y Ortiz “agregar valor de tiempo, es decir, los resultados se suministran cuando se requieren; agregar valor de lugar, cuando las salidas se suministran donde se requieren; y agregar valor de forma, cuando los resultados se entregan con base a lo que los clientes realmente requieren, de tal forma que se contribuya con su satisfacción” (Serrano, L., y Ortiz, N., 2012).

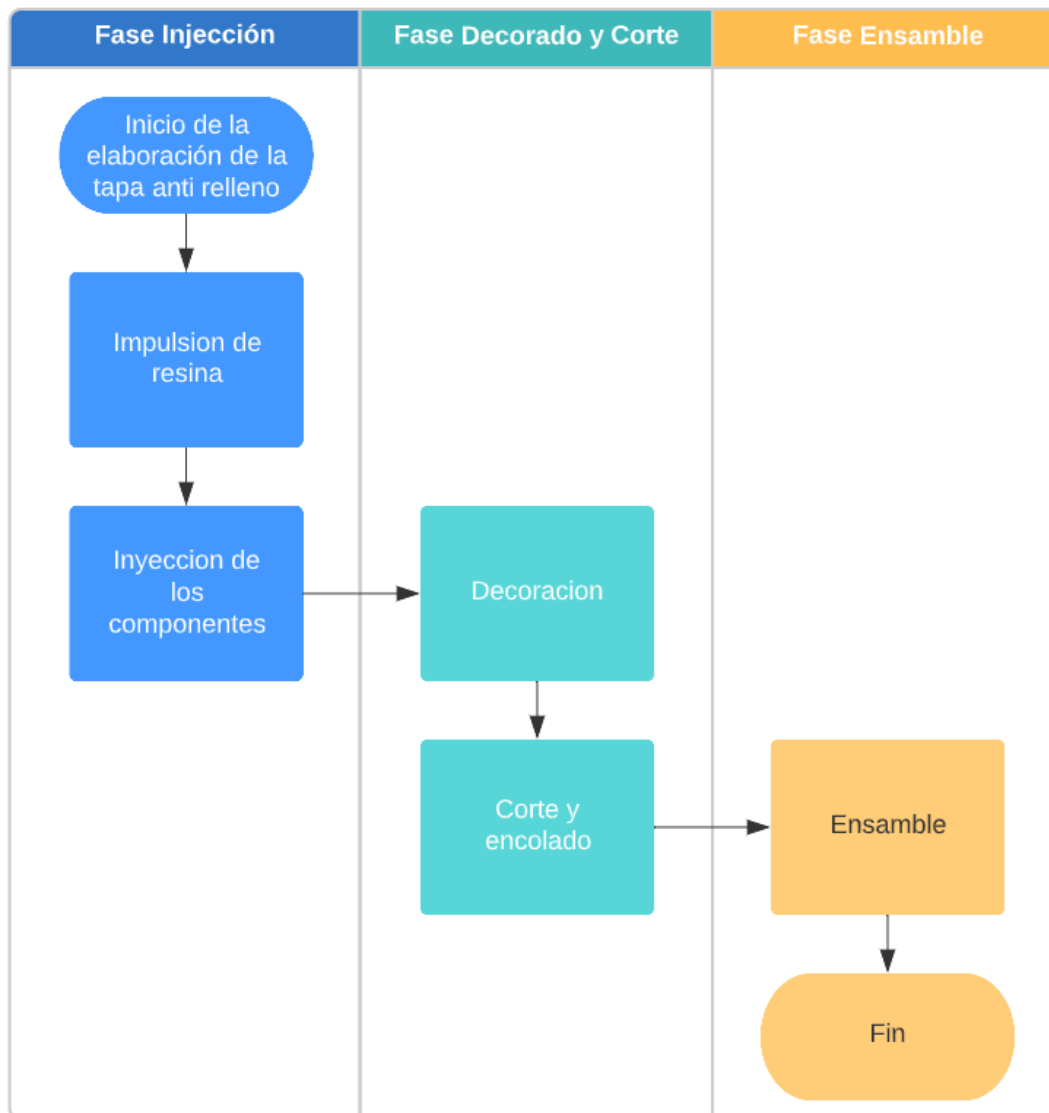
Estas soluciones, sean de corto o largo plazo, le permiten a una compañía ser competitiva en un mercado cada vez más globalizado, es decir que, si no se brinda una solución oportuna, muy probablemente un competidor lo hará y eso repercutirá negativamente en la capacidad de la compañía para retener a sus clientes.

A su vez, estas soluciones requieren ser evaluadas periódicamente en la búsqueda de la mejora continua de los procesos, de acuerdo con varios autores estas evaluaciones son necesarias en procura de implementar el uso de medidas que permitan la mejora de un sistema de fabricación y la eficiencia del uso de los recursos (Greinacher, S., et al, 2020).

En su momento, la compañía Guala Closures de Colombia brindó una solución oportuna a uno de sus clientes, quienes requerían de la modificación del proceso de fabricación de uno de sus cierres anti relleno, el cual se puede apreciar en la figura 1, esto de manera que permitiera agregar una medida de protección adicional que redujera

la posibilidad de adulteración del producto, esto consistía en generar una impresión entre los dos componentes externos de la tapa para evitar su reutilización después de abierta.

**Figura 1. Configuración inicial del proceso.**

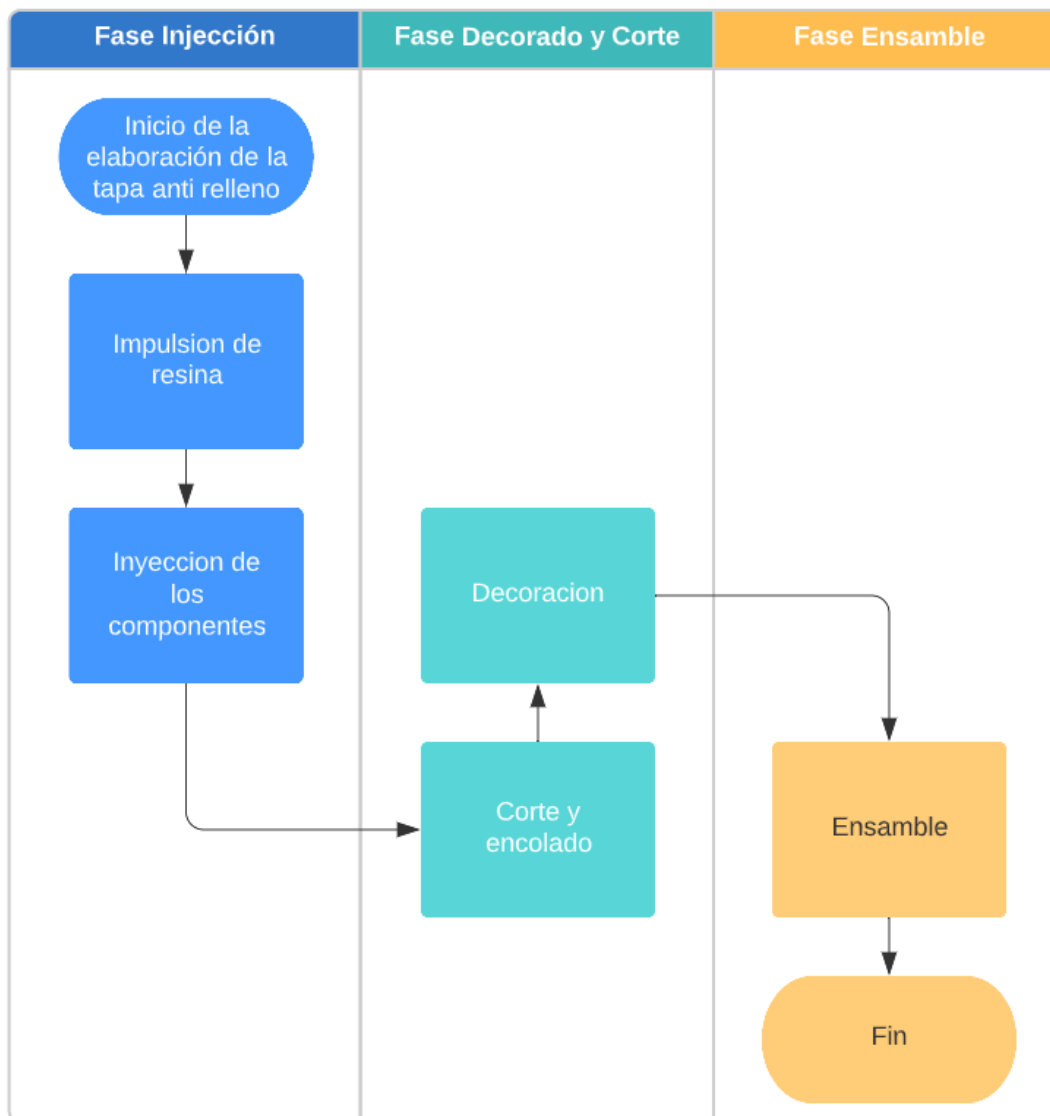


**Fuente:** Elaboración propia.

Dicha solución requirió alterar una línea de producción al invertir una parte del proceso como se aprecia en la figura 2, de esta manera se implementó la modificación solicitada por el cliente y cumplir con las nuevas características del cierre anti relleno. Pese a que para efectos comerciales se considera una solución positiva dado que brindó satisfacción al cliente, para el área de producción implicó remover algunas bandas

transportadoras y asignar personal para que realice el traslado de los materiales semielaborados, es decir un aumento del personal en planta que incidió directamente en los costos de producción.

**Figura 2. Modificación del proceso.**



**Fuente:** Elaboración propia.

Como lo manifiesta Jacobs y otros autores en su libro, “Es fundamental comprender cómo funcionan los procesos para garantizar la competitividad de una empresa. Un proceso que no se ajuste a las necesidades de la compañía la perjudicará cada minuto que opere” (Jacobs, F., et al, 2022, p.302), de igual forma, según Fontalvo

y otros autores (2017), el grado de productividad que una compañía puede alcanzar, está sujeto a las formas de producción y trabajo adoptadas por la compañía, donde se tienen en cuenta las máquinas empleadas, los movimientos humanos que intervienen en el proceso, los instrumentos de trabajo, las herramientas que se requieren, entre otros, donde la productividad es susceptible a mejoras por medio de la optimización del proceso, reduciendo los tiempos y costos mientras se aumenta la eficacia (Fontalvo, T., et al., 2017).

Todo lo anterior invita a reflexionar respecto a si esta solución de intervenir una línea de producción con el objetivo de brindar solución al cliente es un proceso que puede ser evaluado, analizado y mejorado para garantizar un uso más eficiente de los recursos de la empresa. Esto implica considerar variables como los tiempos de procesamiento de cada máquina, las rutas de transporte, la capacidad de almacenamiento, el orden de producción, los cuellos de botella del proceso y su flexibilidad. Así mismo, se deben tener en cuenta las limitaciones técnicas, logísticas y operativas que surjan de la intervención propuesta, lo cual puede posteriormente brindar herramientas de análisis para proyectos similares desarrollados a futuro.

Preguntas de investigación:

¿Qué impacto en la eficiencia del proceso generaría la redistribución de la maquinaria que interviene en esta línea de producción?

¿Cómo se puede analizar de forma objetiva los impactos de esta propuesta de redistribución, sin que esto requiera de la intervención física en planta para cambiar la distribución de la maquinaria?

¿Qué tan rentable será para la compañía llevar a cabo los cambios en esta línea de producción dados los costos que representa la redistribución de la maquinaria?

### Justificación

La planta de Guala Closures de Colombia se encuentra dividida en tres (3) naves o áreas de operación, como se aprecia en la figura 3 estas comprenden los procesos de bi-inyección (maquinaria de color azul), inyección (maquinaria de color negro), decoración, corte y ensamble (maquinaria de color verde y gris).

**Figura 3. Distribución de la planta.**



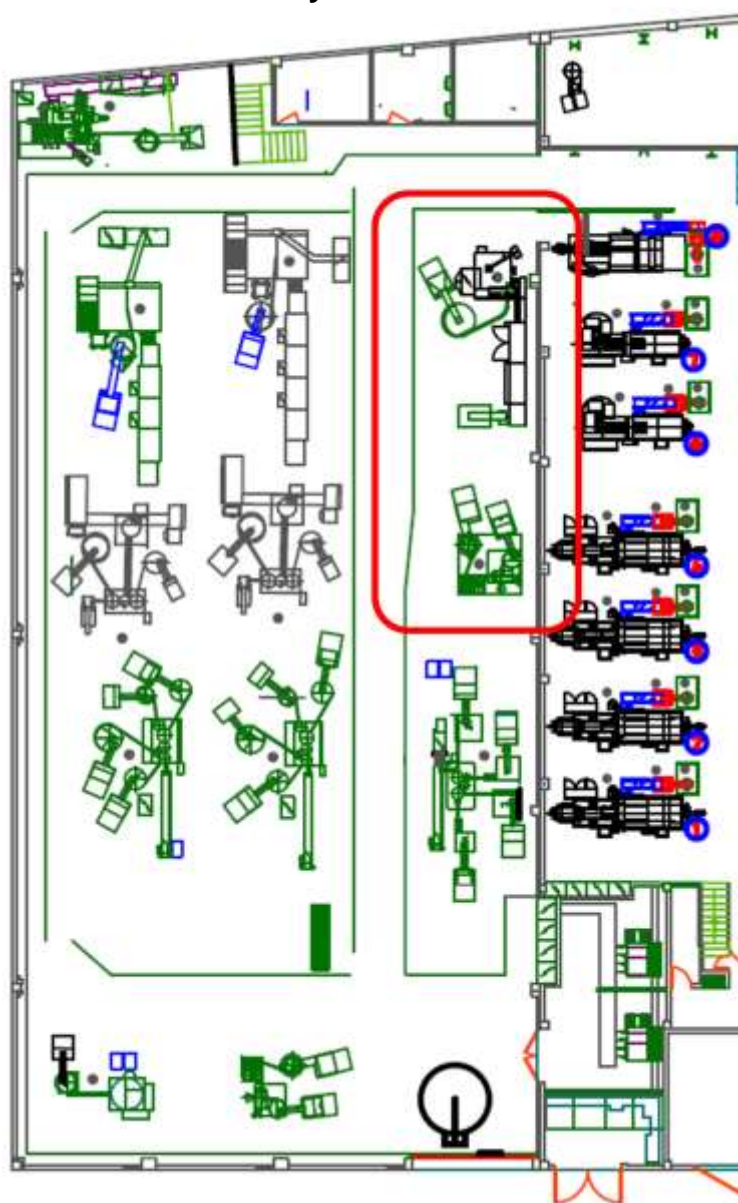
**Fuente:** Guala Closures de Colombia Ltda.

De acuerdo con Quiroga (2013) La puesta en marcha de un nuevo diseño en la línea de producción de la planta es una de las actividades más importantes para mejorar el proceso productivo de la empresa. Los mayores problemas en la distribución de plantas aparecen cuando no se le da la importancia necesaria, y se ignoran las metas y objetivos de mediano y largo plazo de las organizaciones. Las distribuciones suelen diseñarse para condiciones iniciales, ignorando claramente que cuando la organización crece y cambia, se vuelven inadecuadas y conducen a costos y pérdidas acumulativas

que son muy difíciles de detener porque el costo de cambiar una distribución establecida suele ser muy alto.

Este proyecto busca mejorar la eficiencia del proceso de fabricación, realizando una nueva distribución de las máquinas que componen una de las líneas de producción en la planta de Guala Closures de Colombia, en las áreas de decoración, corte y ensamble, las cuales están demarcadas con un cuadro rojo en la figura 4.

**Figura 4. Detalle áreas de decoración y corte.**



**Fuente:** Guala Closures de Colombia Ltda.

De acuerdo con Render y Heizer (2014) la distribución de los procesos establece una diferencia sustancial en la eficiencia de las operaciones, lo cual refuerza la propuesta de revisar un proceso que implica excesivos movimientos manuales, una elevada manipulación del producto semielaborado y pérdida de la simultaneidad de los procesos de la línea de producción.

Freivalds y Niebel (2014) afirman que los encargados de diseñar y asignar espacios deben garantizar condiciones de trabajo favorables, seguras y cómodas para el empleado. Investigaciones anteriores han demostrado que los espacios bien distribuidos aumentan la productividad y mejoran el clima laboral en una empresa. Si decides invertir en un mejor ambiente de trabajo, los resultados serán significativos y financieramente beneficiosos y esto aumenta la motivación de los empleados.

Para el caso propio de Guala Closures de Colombia con este cambio se busca mejorar las condiciones de los operarios, ya que, al estar invertido el proceso y no contar con procesos simultáneos, los lleva a acumular su producción en pallets de 25 cajas plásticas con un peso promedio de 15 kilogramos cada una, teniendo que realizar un esfuerzo físico demasiado alto durante su turno de trabajo de ocho horas.

Las empresas manufactureras tratan de configurar todo su proceso productivo de tal forma que el desperdicio sea mínimo y que el producto semielaborado saliente vaya directo al siguiente proceso (Orozco, E., y Cervera J., 2013). Para el proyecto, con la nueva distribución de las máquinas que componen esta línea de producción, se pretende encontrar los espacios adecuados, para el correcto desempeño de las actividades inherentes al proceso, almacenamiento del producto semielaborado y la adecuación correcta de los puestos de trabajo para los trabajadores directos e indirectos.

En línea con lo manifestado por Sujova et al., (2020) es vital para la industria manufacturera enfrentarse al desafío que proponen los avances tecnológicos, es decir, conectar el mundo físico con el mundo virtual con el propósito de mejorar y optimizar procesos de producción ya existentes, por lo cual, la aplicación de un programa de simulación para el análisis de una línea de producción en este caso, abre la posibilidad para que en investigaciones posteriores se empleen este tipo de técnicas en compañías del mismo sector o con sistemas de producción similares, basados en los objetivos propuestos, resultados obtenidos y las conclusiones de esta investigación.

Por otra parte, Kliment et al., (2020) reitera que, pese a la constante necesidad de mejorar la eficiencia de las líneas de producción, cada vez se reconoce más la importancia del uso los simuladores en procura de obtener resultados sin que esto implique una alteración física del proceso de producción, dado que, este tipo de intervenciones no siempre pueden tener el efecto esperado. Para este caso en particular, una intervención física implicaría detener una línea de producción para efectuar la reubicación de maquinaria, reiniciar el proceso e iniciar el seguimiento respecto para evaluar las consecuencias, mientras que la simulación facilita verificar las consecuencias reales de la intervención sin realizar modificaciones en la disposición actual de la planta.

Para analizar esta redistribución de la planta, se utilizará la herramienta de simulación FlexSim, en la cual, se cargará toda la información del proceso como se desarrolla en este momento, posteriormente se realiza el análisis y comparación con la simulación de la nueva distribución, para así poder diagnosticar si se están utilizando más recursos de los necesarios.

## **Análisis de requerimientos**

La mejora continua de los procesos de producción al interior de una compañía es un componente esencial para mantener su competitividad en el mercado, en relación con esto y como lo indica Fontalvo et al., (2017) “cuando hay mejoras, estas se traducen en el hecho que, con menos recursos o con los mismos, se pueden obtener los mismos o mayores resultados respectivamente” (Fontalvo, T., et al., 2017, p.50). En concordancia con lo anteriormente expuesto, este proyecto va dirigido al área de producción de Guala Closures de Colombia, enfocándose en la simulación y el análisis detallado de una línea de producción que fue intervenida para atender las necesidades específicas de un cliente, y que se considera presenta oportunidad de mejora en su eficiencia mediante la redistribución de algunas máquinas que intervienen en el proceso.

La intención principal de este proyecto es utilizar la simulación como herramienta de análisis de la línea de producción para mejorar la eficiencia y rentabilidad en la producción de tapas para licores en una fábrica en Bogotá. Se propone la redistribución de una de las líneas de producción para lograr una mejor disposición de las máquinas y equipos, lo que permitirá una reducción en los tiempos de producción y mayor eficiencia en el uso del espacio disponible.

La verificación se realizará mediante la comparación de los resultados obtenidos con los de un modelo paralelo en el cual se lleva a cabo una redistribución de algunas de las máquinas que intervienen en el proceso. Se recrearán las condiciones del proceso de elaboración de las tapas de seguridad, se calculará su capacidad y eficiencia, y se compararán los resultados con los del modelo paralelo para validar la propuesta de redistribución sugerida.

Para llevar a cabo un análisis objetivo, es fundamental recopilar la mayor cantidad posible de información relacionada con la operación de la línea de producción, esto en consonancia con lo sugerido por Febres y Ochoa (2010) quienes manifiestan la importancia de contemplar la métrica del sistema, variables, eventos discretos y continuos, todo esto asociado a la simulación de sistemas dinámicos como los que se desarrollan en esta planta de producción.

La información recopilada para esta simulación debe contemplar entre otros aspectos:

- Maquinaria que interviene en el proceso
- Máquinas que son inamovibles
- Tasas de producción detalladas
- Tiempos de producción por máquina
- Distancia entre máquinas
- Información de mantenimiento
- Operarios
- Asignación de turnos
- Tiempo de trabajo
- Periodos de receso (almuerzo)

Las características del diseño incluyen también el análisis de la disposición actual de las máquinas y equipos, la identificación de los cuellos de botella y áreas de mejora en la línea de producción actual mediante técnicas de simulación y análisis de datos, el diseño de una nueva distribución que permita un desarrollo más eficiente del proceso, y la simulación para validar la eficiencia del proceso.

De igual forma, el programa de simulación debe incorporar la capacidad de analizar modelos estocásticos, es decir, sistemas que proporcionan datos dinámicos y aleatorios, así mismo, se requiere que el software permita llevar a cabo animaciones que permitan demostrar visualmente como sería el funcionamiento final del sistema simulado. En concordancia con lo anterior se estima que el software más apropiado para este proyecto es el programa FlexSim, el cual destaca por su potencia, funcionalidad, versatilidad y capacidad de modelado 3D (Febres y Ochoa, 2010).

Hay varios estudios y proyectos que han utilizado FlexSim para evaluar y rediseñar líneas de producción. Stadnicka & Antonelli (2015) realizaron un estudio utilizando FlexSim para eliminar actividades sin valor añadido y simplificar el proceso de producción para reducir el tiempo de producción. Otro estudio utilizó FlexSim para evaluar la capacidad de la planta, equilibrar las líneas de envasado y fabricación, gestionar los cuellos de botella y resolver problemas de trabajo en curso (Rizqi & Aulia, 2019). Un tercer estudio utilizó FlexSim para rediseñar la disposición de una línea de producción y aumentar la capacidad de producción (Smaili et al, 2020).

## **Marco de referencia**

### **Antecedentes o estudios previos**

Se efectuó un análisis enfocado en trabajos de grado que trataron sobre la creación de propuestas de distribución en planta. El objetivo principal fue identificar las metodologías y herramientas aplicadas en dichos trabajos y evaluar sus logros. A continuación, se exponen los antecedentes que sirvieron como base para la elaboración de este proyecto.

El estudio de Barón y Zapata realizado en el 2021 y titulado "Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil" presenta una investigación realizada en una empresa fabricante de camisetas y blusas en Colombia. El objetivo principal del estudio fue desarrollar una propuesta de redistribución de planta para optimizar la eficiencia del proceso productivo de la empresa. El artículo comienza describiendo el estado actual de la planta y las principales deficiencias en su distribución, lo que limita la eficiencia y capacidad de producción de la empresa.

Luego, se explica la metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta de redistribución de planta, la cual se basa en un análisis de las operaciones de producción y un estudio de tiempos y movimientos. A través de la aplicación de herramientas de simulación de procesos y software de diseño de plantas, se propone una nueva distribución de la planta que permitiría una mayor eficiencia en el proceso productivo, reducción de costos y aumento de la capacidad de producción. En conclusión, el artículo presenta una propuesta concreta para mejorar la distribución de planta de la empresa estudiada, con la finalidad de optimizar su proceso productivo.

En su proyecto, Muñoz y Villamil (2020) se enfoca en "Diseñar una propuesta de distribución en planta para mejorar las condiciones productivas de la empresa IC Estefan & Cía. Ltda." Dado que se identificaron serias deficiencias en el área de producción debido al crecimiento de la demanda nacional. Encontrando que la empresa no cuenta con un procedimiento estandarizado que ocasiona errores en la producción, retrasos en las entregas a los clientes, pérdida y desperdicio de materiales y desabastecimiento. Por lo cual, los investigadores llevaron a cabo un rediseño de planta por medio de métodos

heurísticos y simulación con FlexSim que permitió concluir que esta nueva distribución aumentaba la productividad en un 66,6% respecto a la distribución inicial.

Avilés (2019) en su trabajo de investigación busca mejorar y ampliar las líneas productivas de la compañía Reencavi que se dedica al reencauche de llantas, fabricación de llantas para carretilla y caucho granulado en varias líneas de producción, mediante el estudio y diseño de distribución en planta. Ya que con un análisis realizado anteriormente se evidencia que la mala distribución de la planta es una de las causas que más influye en el bajo rendimiento de la producción.

Para lo cual se realizó un estudio de los factores que afectan los procesos internos de producción y a su vez rediseñar o modificar las líneas de producción, para la creación de los actuales y nuevos productos, para su investigación se utilizó un software de planeación sistemática de la distribución (SPL) que permite la organización de la planta por fases, con lineamientos para la planeación de las actividades antes de su ejecución, lo cual reduce fallos y optimiza los recursos, para lograr un estudio eficaz de la distribución de la planta. lo que represento para la empresa, una mejora tanto económica como competitiva que trajo para los clientes un producto de mejor calidad con precios más asequibles para el mercado nacional e internacional.

En el proyecto de Quiroga (2013) se realiza una distribución de la planta, ya que se evidenció, que la compañía presenta mucho incumplimiento en las entregas de los productos a sus clientes, causado por las fallas continuas en el transporte de sus materias primas, máquinas que tienen paradas durante largos periodos de tiempo en espera de material para procesar, lo que en varias ocasiones crea la necesidad de trabajar tiempo extra por parte de los colaboradores. Esta situación coloca de manifiesto

que los recursos no están siendo aprovechados de manera eficiente y por consiguiente se presenta una serie de desperdicios de material sin control alguno e incrementos constantes en los costos de producción.

De la misma manera, los autores justifican que en la mayoría de los casos se realiza el diseño de la planta para las necesidades de operación iniciales, pero a medida que va creciendo la empresa, se multiplica y diversifica la oferta de productos, la distribución de la planta va quedando obsoleta, incrementando de esta manera los costos y las pérdidas, situación que es muy difícil de controlar, ya que la inversión para realizar una nueva distribución suele ser muy grande, justificación que se tomará como guía para el desarrollo metodológico de esta investigación.

El trabajo de Manrique en 2008 incentiva el interés debido a que se desarrolla en una empresa de fabricación de productos de plástico, que es el mismo sector económico en el que desarrolla sus actividades la empresa en la que realizará este proyecto de investigación y que se tomará como punto de partida importante. En la distribución actual de la planta, existen áreas que no se aprovechan de manera eficiente, las cuales ocupan 16 % del área total de la unidad de producción, por lo que se debe buscar la manera de utilizar estas instalaciones de la forma más favorable para el buen funcionamiento de la planta. Además, es evidente que existe una reiterada necesidad de transportar material semielaborado, lo que a menudo resulta en costos ocultos en la fábrica. Por esta razón, es importante buscar una distribución eficiente que minimice estos costos. Para lograrlo, es fundamental comprender las necesidades y carencias en los procesos productivos de la empresa. De esta manera, se podrán implementar medidas efectivas que optimicen la distribución del transporte y reduzcan los costos ocultos asociados.

La propuesta de González (2004) de crear procedimientos para el mejoramiento de los procesos productivos, que, ajustados a la estructura y funcionamiento de la empresa Servioptica Ltda., busca favorecer el mejoramiento de los tiempos de producción, y el nivel de servicio al cliente de acuerdo con los estándares adecuados. Porque como se afirma en el estudio en la empresa, no existe una planificación de la producción, tampoco un adecuado control de inventarios, lo que permite que aumente la disponibilidad de materias primas y materiales en desuso, y se carezca de otros que verdaderamente se necesitan en la fabricación del producto. Los métodos de producción no son los más adecuados ya que si bien existen instructivos y procedimientos que muestran cómo se deben realizar las actividades y cómo deben interactuar los procesos entre sí, no existe un estándar establecido para cada actividad.

Al realizar una semejanza con el presente trabajo, se identifican factores similares como la interacción de los procesos, el incremento de inventarios, una planificación de la producción difícil de ejecutar, aun teniendo los instructivos y procedimientos ya que los procesos no conservan una simultaneidad, también se observa la necesidad de realizar una nueva distribución de los procesos en la línea de producción para poder mantener la satisfacción de los clientes y mantener la compañía competente a nivel nacional e internacional.

### **Marco Teórico**

Como lo explica Ondov et al., (2022) en su investigación, la reingeniería es uno de los métodos más relevantes en procura de mejorar los procesos y consta de tres niveles, en el primer nivel se hace referencia a pequeños cambios en una parte o actividad del proceso de producción, en un nivel intermedio se lleva a cabo un rediseño

de varias partes del proceso o en algunos casos de todo el proceso en sí, y en un nivel más alto, implica un cambio radical e importante de todo el proceso productivo. La aplicabilidad de este método en cualquiera de sus niveles se puede evaluar mediante la simulación, dado que elimina la necesidad de recursos financieros adicionales por intervenciones en el sistema real, pero requiere de obtención de parámetros correctos respecto al sistema real, debido a que el fracaso de los proyectos de reingeniería es de hasta un 50%, esto asociado por una parte a la baja tasa de predicción de los resultados e impactos de los cambios implementados en el proceso de producción y por otra parte a la naturaleza dinámica de los mismos.

Así mismo, Lista et al., (2022) resalta la afectación que puede sufrir una empresa como consecuencia del diseño de sus instalaciones, debido a que los costos asociados al flujo de materiales constituyen entre un 30 y un 70% de los costos totales de su fabricación, lo que hace fundamental que la disposición de las instalaciones se organice de una manera efectiva que permita el control de la operación y el manejo de materiales para mejorar la productividad, lo que implica minimizar el movimiento del personal y el transporte de los materiales.

De igual manera, como lo indica Stîngă et al., (2022), una organización debe implementar como estrategia fundamental la mejora continua de sus procesos, este enfoque permite entre otras cosas obtener una reducción de costos y optimizar el tiempo de fabricación, de igual forma, las compañías se mantienen competitivas cuando están en la capacidad de resolver de forma eficaz los problemas que presentan en los procesos de producción, como los cuellos de botella, los altos costos de producción, las operaciones de corrección y los tiempos de producción elevados.

Por otra parte, Utku (2023) destaca la importancia que representa para las empresas de manufactura, contar con procesos diseñados de manera óptima y que se haga un uso efectivo de los recursos, estos procesos pueden ser analizados mediante el desarrollo de un modelo de simulación a través de un software que permita detectar los cuellos de botella en el proceso de producción y proponer alternativas de diseño para las instalaciones, aunque esta investigación está relacionada con la industria automotriz, se hace énfasis en que los modelos de optimización basados en el desarrollo de simulaciones son aplicables a otros tipo de instalaciones que impliquen procesos de producción.

Por último, de acuerdo con lo señalado por Hamrol y Grabowska (2020) en su investigación, las actividades de mejora no deben solo evaluarse respecto a los beneficios logrados, de igual forma se debe considerar la forma como se llevan a cabo, lo cual, puede depender de la clase de mejoras introducidas y de la idoneidad de las medidas que fueron usadas para llevar a cabo su implementación. Cabe destacar que algunas de estas actividades de mejora pueden ser implementadas con facilidad y generan impacto en el corto plazo, mientras que otras pueden requerir de un tiempo prolongado para ser implementadas y aún más tiempo para evidenciar sus mejoras.

La investigación de Lugo et al., (2016) tiene como objetivo mostrar cómo el rediseño de un producto puede conducir a cambios en la distribución de los procesos internos de la planta, aumentando los niveles de productividad de la empresa, que se ven reflejados en la eficiencia del diseño y en la reducción de los tiempos de montaje. Finalmente, con el nuevo diseño de planta propuesto, se obtuvo con éxito un aumento significativo en la producción, pasando a un 116,67%; y finalmente, al utilizar los módulos

para su maximización con cuatro operadores, la producción aumentó en un 262%. Demostrando cómo la adaptación de estas herramientas en el producto existente puede generar cambios en la disposición de una planta, facilitando la organización en las áreas de montaje, aumentando la flexibilidad y los niveles de productividad.

De acuerdo con Ecoplast “La industria transformadora de plásticos se dedica a la elaboración de productos a partir de la transformación de materias primas de origen petroquímico. Se caracteriza por reunir a un gran número de pequeñas y medianas empresas, y también compañías grandes. La industria transformadora produce productos semielaborados (que son insumos para otras industrias) y productos plásticos terminados para el consumo final como envases, materiales de construcción, electricidad y electrónica, medicina, etc.” (Ecoplast, 2020).

Según cifras de ColombiaPlast (2022) el procesamiento de resinas plásticas en Colombia registró una cifra de 1,33 millones en 2020, siendo los polietilenos con un 39%, los polímeros de propileno con un 19,5%, los policloruros de vinilo con un 16%, las resinas PET con un 12,5% y otros polímeros (14%) los más demandados, así mismo, las resinas plásticas tuvieron un incremento del 68% en valor y de un 4% en su tonelaje. Cabe destacar que más de la mitad de la producción local de materias plásticas, tiene como destino los mercados externos.

Acorde con lo planteado por Peña y Santa Cruz “La Planeación de la Producción tiene como objetivo prever y movilizar todos los recursos necesarios para la producción de un bien, o para la prestación de un servicio, en el plazo adecuado y en las cantidades correctas. Eso implica la determinación y cálculo de todos los recursos necesarios a la ejecución de las órdenes de producción” (Peña, I. y Santa Cruz, R., 2001, p.182).

### **Análisis de restricciones**

Antes de evaluar las opciones de distribución de una línea de producción en una planta de manufactura, es necesario realizar un análisis detallado de los requerimientos y restricciones que puedan influir en la toma de decisiones. Esto implica considerar las restricciones económicas, sociales, técnicas, legislativas y ambientales que puedan afectar la propuesta de redistribución. Al entender estos aspectos clave, la empresa estará en una mejor posición para tomar decisiones informadas y maximizar los beneficios de la redistribución de la línea de producción de acuerdo con la propuesta que plantea el presente proyecto.

En este caso, se observa que las restricciones que se presentan con mayor relevancia son de carácter económico, social y legislativo, las cuales se detallan a continuación:

#### **Económicas**

Realizar intervenciones a la infraestructura física de una planta generalmente repercute en costos económicos consecuencia de la interrupción en la producción, como lo indica Converso et al., (2023) las paradas en las máquinas asociadas al mantenimiento, ya sean programadas o inesperadas, representan una parte importante de los gastos operativos en muchos sectores de la industria, de estos costos casi el 30% están relacionados a mantenimientos ineficientes, es decir aquellos periodos de inactividad relacionados a una mala planeación.

Por otra parte, también se generan costos asociados a la logística requerida para la reubicación de la maquinaria al interior de una planta, como lo manifiesta el grupo

empresarial SCHOLPP “Los movimientos según la ubicación se clasifican en internos y externos. El movimiento interno implica la reorganización de la maquinaria dentro de la fábrica, mientras que el movimiento externo conlleva el traslado de la maquinaria de un lugar a otro fuera de la fábrica” (SCHOLPP, 2023), de igual forma, para abordar la redistribución de la maquinaria al interior de la planta se debe contar con personal calificado dado que este tipo de intervenciones pueden implicar el movimiento de maquinaria sensible y/o maquinaria pesada, a su vez este tipo de movimientos pueden ser simples o complejos, lo que repercutirá en los costos asociados al personal y equipo especializado.

### **Sociales**

En la parte social, se debe considerar que, en el proceso de redistribución, se tenga en cuenta a los trabajadores, su seguridad y la ergonomía. En este sentido, toma suma relevancia evaluar el impacto que representa la nueva distribución para los operarios, esto no solo va relacionado a aquellos que interactúan permanentemente con la maquinaria sino también al personal ocasional (mantenimiento), esta nueva distribución debe garantizar que los trabajadores desarrollen sus labores de forma cómoda y segura, en procura de mejorar su desempeño y productividad.

### **Técnicas**

Este proyecto implica intervenir el sistema eléctrico de la planta, rediseñando las acometidas que permiten la operación de los diferentes componentes acoplados a la maquinaria, de igual forma, el sistema de aire comprimido también requerirá de modificaciones para adaptarlo a la nueva distribución de los equipos periféricos. Algunas de estas modificaciones pueden ser realizadas por el equipo de mantenimiento interno

de la compañía, pero en el caso de los sistemas neumáticos y de media tensión, si se requiere de personal externo especializado.

### **Legislativas**

Aunque esta redistribución se considera un movimiento interno, dada las características de las instalaciones en las cuales se encuentra funcionando la planta, no se contaría con espacio suficiente para efectuar los movimientos de maquinaria requeridos, esto implicaría ocupar temporalmente un área determinada en la parte externa de la planta sobre la vía vehicular, esta ocupación así sea de carácter temporal se define como una ocupación del espacio público.

De acuerdo con el sitio web de la Alcaldía de Bogotá, la entidad encargada de la administración del espacio público es el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, el cual regula los permisos para el uso temporal de espacio público, estos permisos deben ser gestionados dentro de los 30 días anteriores a la realización de la actividad (Alcaldía de Bogotá, 2023).

### **Metodología**

El enfoque metodológico descrito en el proyecto tiene un enfoque cuantitativo debido a la utilización de herramientas y técnicas numéricas para el análisis y diseño del proceso productivo. Para llevar a cabo los objetivos planteados en este proyecto, se propone una metodología que consiste en varias fases interrelacionadas entre sí:

En primer lugar, se realizará un análisis detallado de la disposición actual de las máquinas y equipos de la línea de producción, con el fin de evaluar los tiempos de producción y la eficiencia actual del proceso, esto se puede lograr a través de la

observación directa, y el análisis de registros de producción. Este análisis permitirá identificar los cuellos de botella y áreas de mejora en la línea de producción actual, lo que será la base para la siguiente fase.

En segundo lugar, se aplicarán técnicas de simulación y análisis de datos para diseñar una nueva distribución de una de las líneas de producción que permita un desarrollo más eficiente del proceso. Utilizando FlexSim, se diseñará una nueva distribución de la línea de producción y simular diferentes escenarios para evaluar su eficiencia. Es posible arrastrar y soltar diferentes elementos de la línea de producción, como máquinas y transportadores, para crear una distribución óptima. Los modelos de la línea de producción se pueden ajustar y probar en diferentes escenarios para identificar y solucionar posibles problemas antes de implementar la nueva distribución, lo que permitirá un desarrollo más eficiente del proceso y a su vez validar la eficiencia del proceso a través de simulaciones.

Por lo anterior, para diseñar una nueva distribución de una línea de producción utilizando técnicas de simulación y análisis de datos, es necesario considerar una amplia variedad de variables para diseñar una nueva distribución de una línea de producción utilizando técnicas de simulación y análisis de datos para poder optimizar la eficiencia del proceso y lograr una producción más eficiente incluyen:

- Tiempos de procesamiento de cada máquina: es necesario conocer el tiempo que tarda cada máquina en procesar un producto para poder simular el flujo de producción y cómo se pueden optimizar los tiempos de procesamiento.

- Rutas de transporte: es importante conocer las rutas que siguen los productos a través de la línea de producción y cómo se pueden optimizar para minimizar el tiempo de transporte y evitar cuellos de botella.
- Capacidad de almacenamiento: es necesario conocer la capacidad de almacenamiento de cada máquina y área de la línea de producción para determinar si hay suficiente espacio para almacenar los productos en diferentes etapas del proceso.
- Disposición actual de las máquinas y equipos: es importante conocer el orden en que se producen los productos y cómo esto afecta el flujo de producción. La simulación puede ayudar a determinar la mejor secuencia de producción para optimizar los tiempos de procesamiento.
- Identificación de cuellos de botella: es necesario identificar los puntos críticos en la línea de producción donde se produce el mayor tiempo de espera o donde se acumulan los productos, lo que puede provocar una disminución en la eficiencia del proceso.
- Flexibilidad: se debe tener en cuenta la flexibilidad de la línea de producción para adaptarse a cambios en la demanda y a la introducción de nuevos productos.

En este sentido, no se plantea una hipótesis específica, sino que se busca ofrecer una propuesta práctica y factible, se propondrá una redistribución de la línea de producción basado en los resultados obtenidos por medio de la simulación. Esta metodología, basada en el análisis y la simulación, es ampliamente aplicada en la industria y permitirá obtener resultados precisos para la redistribución de la línea de

producción. De esta manera, se espera optimizar el proceso productivo de la empresa y mejorar su rentabilidad a largo plazo.

### **Análisis de costos**

#### **Descripción de costos para el proyecto.**

Es importante resaltar que la implementación de este proyecto se llevaría a cabo en el periodo de vacaciones colectivas de la compañía, el cual comprende veintiún días (tres semanas) en los cuales la planta detiene el proceso de producción en su totalidad para efectuar labores de mantenimiento de equipos, ornato de las instalaciones (pintura de pisos, paredes, cubiertas) y mantenimientos mayores.

#### **1. Costos Fijos**

Los costos fijos asociados a la redistribución de la planta para optimizar una de las líneas de producción se detalla en la figura 5, donde se contemplan gastos asociados a salarios, producción, acometidas eléctricas, neumáticas y equipo. Para este caso se tomaron como referencia los costos asociados a otros proyectos que se encuentran en ejecución y que se relacionan con los requerimientos de este proyecto.

Figura 5. Costos fijos.

Costos Fijos de inversion			
Item	Horas	Costo Hora	Costo Unitario
<b>Salarios</b>			
Tecnico 1	48	\$ 10.417	\$ 500.000
Tecnico 2	48	\$ 10.417	\$ 500.000
Tecnico 3	48	\$ 10.417	\$ 500.000
Tecnico 4	48	\$ 10.417	\$ 500.000
Auxiliar 1	48	\$ 7.500	\$ 360.000
Auxiliar 2	48	\$ 7.500	\$ 360.000
<b>Produccion</b>			
Paro planeado en planta	48	\$ -	\$ -
Adquisicion de 2 bandas transportadoras			\$ 90.000.000
<b>Acometida electrica</b>			
Diseño e instalacion de acometida electrica	40	\$ -	\$ 20.000.000
<b>Linea Neumatica</b>			
Modificación conexiones de aire comprimido	96	\$ -	\$ 25.000.000
<b>Servicio de Montacargas</b>			
Alquiler de montacargas	8	\$ 120.000	\$ 960.000
Total costos fijos de la inversion			\$ 138.680.000

Fuente: Elaboración propia.

### 1.1. Costos de personal (Salarios)

Dentro del rubro que contempla el costo de talento humano para la implementación del proyecto por temas de redistribución de acometidas eléctricas para la línea de producción, será de seis días, en los cuales se laboran 8 horas en un turno regular. En cuanto a la cantidad de personas que realizaran el traslado de las máquinas se incluye un equipo de cuatro técnicos de mantenimiento que comprenden: un técnico electrónico y tres electromecánicos con una asignación salarial de 2.5 Millones de pesos, por otra parte, se requieren dos auxiliares con una asignación salarial de 1.8 Millones de pesos respectivamente. Cabe recalcar que este personal técnico no se incluye en las

vacaciones colectivas que tiene contemplada la compañía a final de año, ya que pertenecen al equipo de mantenimiento que realiza sus actividades cuando la planta se encuentra parada todos los años.

### 1.2. Producción

Una parada de producción en términos monetarios afecta el entorno empresarial divergentemente, ya que impacta a casi todas las partes con las cuales se articula, es así como se decide hacer esta parada de producción en fechas estratégicas, en este caso para las vacaciones colectivas del personal de producción y administrativo a final del año donde la última semana de diciembre hasta la segunda de enero, esto en si anula el costo para este rublo. Un dato para tener en cuenta es que se contempla un periodo de tres semanas como vacaciones colectivas del personal de producción como lo establece la compañía todos los años.

Por otra parte, se hace necesaria la adquisición de dos (2) bandas transportadoras de tres (3) metros de longitud, para el traslado de los semielaborados entre las áreas de corte a decoración y de decoración a ensamble, estas con un costo de 45 millones cada una, y un costo total de 90 millones.

### 1.3. Acometida eléctrica.

Se hace necesario realizar la adecuación de las acometidas eléctricas para las máquinas de impresión y corte que se van a trasladar, utilizando el personal y los equipos necesarios incluido un coordinador de trabajo en alturas, los elementos necesarios de las referencias especificadas por la compañía y la correspondiente

modificación de esta en los planos del diagrama unifilar para el (Retie). Esta intervención tiene una duración de 5 días con un costo de 20 Millones de pesos, incluida la mano de obra especializada y garantías para dicha labor.

#### 1.4. Línea Neumática de aire comprimido.

En cuanto a la inversión en la adecuación de la línea neumática, esta contempla el cambio de todos los racores y la línea de tuberías necesarias para un pleno funcionamiento, incluyendo en el nuevo plano de distribución esta modificación al sistema, todo por un costo de 25 Millones de pesos, incluyendo la garantía del producto, así como la mano de obra. La duración de dicha obra será de 2 semanas.

#### 1.5. Servicio de montacargas

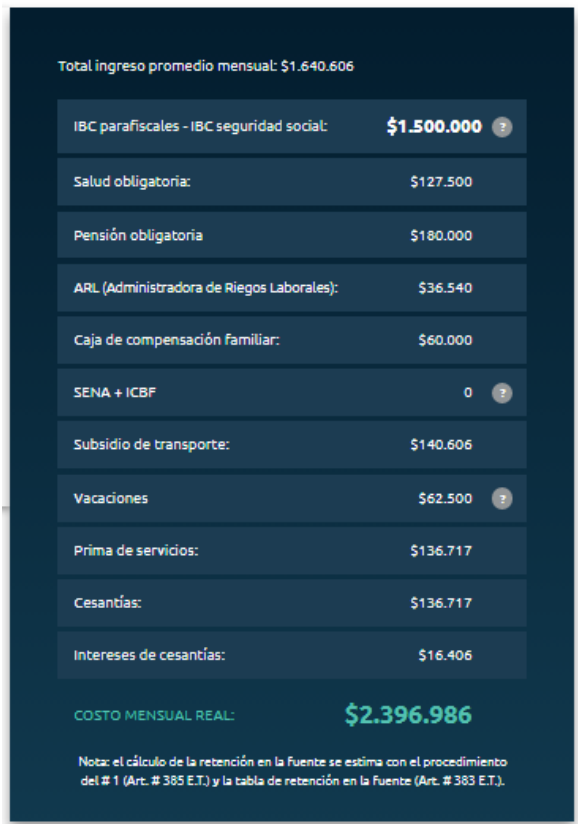
Para realizar un apoyo logístico en todo lo que respecta a movimientos de materiales y maquinarias para el proceso, se hace prioritario el apoyo de un montacargas con una capacidad de cinco toneladas, que se utilizara durante una jornada de ocho horas por un valor de 120 mil pesos colombianos la hora.

El costo total de la nueva distribución de las máquinas en la línea de producción es de \$138'680,000,00, los cuales pueden ser cubiertos por medio de un capex de inversión desde la casa matriz de la compañía (Guala Closures Italia), ya que, por políticas internas de la compañía, no se permite solicitar recursos a entidades financieras.

El retorno de la inversión contemplando la reubicación de dos personas que realizan las tareas de traslado de los materiales entre las máquinas de decoración, corte y ensamble, quienes tienen un ingreso salarial de \$ 1'500,000 es decir el costo para

Guala Closures es de \$ 2'396.986 por cada uno de ellos con todas las prestaciones de ley como se observa en la figura 6.

**Figura 6. Reubicación de dos operarios.**



**Fuente:** elemplo.com (2023).

Al suprimir de la línea de producción este personal se estable el monto mensual y anual por concepto de salarios, relacionados en la figura 7 y se plantea un retorno de la inversión a los 28 meses, detallado en la figura 8.

**Figura 7. Reubicación de dos operarios.**

Eliminacion de 2 operarios	\$ 4.793.972	\$ 57.527.664
	Mes	Año

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8. Amortización de la inversión.**

Mes	Amortización de la Inversión	Ganancia mensual
Mes 0	\$ 138.680.000	\$ -
Mes 1	\$ 133.886.028	\$ 4.793.972
Mes 2	\$ 129.092.056	\$ 4.793.972
Mes 3	\$ 124.298.084	\$ 4.793.972
Mes 4	\$ 119.504.112	\$ 4.793.972
Mes 5	\$ 114.710.140	\$ 4.793.972
Mes 6	\$ 109.916.168	\$ 4.793.972
Mes 7	\$ 105.122.196	\$ 4.793.972
Mes 8	\$ 100.328.224	\$ 4.793.972
Mes 9	\$ 95.534.252	\$ 4.793.972
Mes 10	\$ 90.740.280	\$ 4.793.972
Mes 11	\$ 85.946.308	\$ 4.793.972
Mes 12	\$ 81.152.336	\$ 4.793.972
Mes 13	\$ 76.358.364	\$ 4.793.972
Mes 14	\$ 71.564.392	\$ 4.793.972
Mes 15	\$ 66.770.420	\$ 4.793.972
Mes 16	\$ 61.976.448	\$ 4.793.972
Mes 17	\$ 57.182.476	\$ 4.793.972
Mes 18	\$ 52.388.504	\$ 4.793.972
Mes 19	\$ 47.594.532	\$ 4.793.972
Mes 20	\$ 42.800.560	\$ 4.793.972
Mes 21	\$ 38.006.588	\$ 4.793.972
Mes 22	\$ 33.212.616	\$ 4.793.972
Mes 23	\$ 28.418.644	\$ 4.793.972
Mes 24	\$ 23.624.672	\$ 4.793.972
Mes 25	\$ 18.830.700	\$ 4.793.972
Mes 26	\$ 14.036.728	\$ 4.793.972
Mes 27	\$ 9.242.756	\$ 4.793.972
Mes 28	\$ 4.448.784	\$ 4.793.972
Mes 29	-\$ 345.188	\$ 4.793.972
Mes 30	-\$ 5.139.160	\$ 4.793.972
Mes 31	-\$ 9.933.132	\$ 4.793.972
Mes 32	-\$ 14.727.104	\$ 4.793.972
Mes 33	-\$ 19.521.076	\$ 4.793.972
Mes 34	-\$ 24.315.048	\$ 4.793.972
Mes 35	-\$ 29.109.020	\$ 4.793.972
Mes 36	-\$ 33.902.992	\$ 4.793.972

**Fuente:** Elaboración propia.

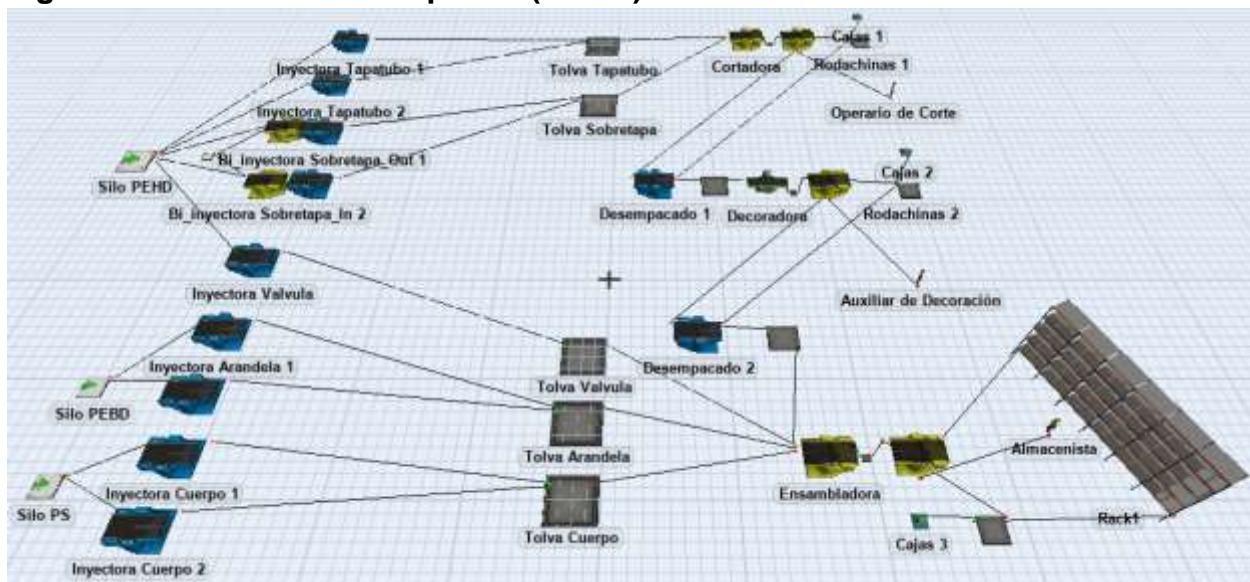
En relación con los costos variables, se contempla que los consumos de electricidad, agua y otros servicios están dentro de los márgenes establecidos para la operación de la planta en periodos de actividad, por lo tanto, no representarían un incremento en los promedios de consumo que afecten las finanzas de la compañía en lo que respecta a estos conceptos.

## Resultados y conclusiones

Desarrollar una simulación para determinar la posibilidad de llevar a cabo una redistribución de la planta, brinda una ventaja significativa al permitir la evaluación de los resultados de las modificaciones sugeridas, sin que esto requiera de una intervención física de las instalaciones.

Al respecto, se generó una simulación de la distribución de la planta, en la cual se contempla el orden de producción que presenta la línea en estos momentos, como se aprecia en la figura 9, las líneas de inyección proveen de material de forma constante a la máquina de corte y parcialmente a la máquina de ensamble, por otra parte, el producto saliente de la máquina de corte debe ser transportado por un operario hasta la tolva de la máquina de decorado, y el producto terminado de este proceso es llevado por otro operario a la máquina de ensamble, para que esta máquina cuente con los componentes necesarios para llevar a cabo su proceso.

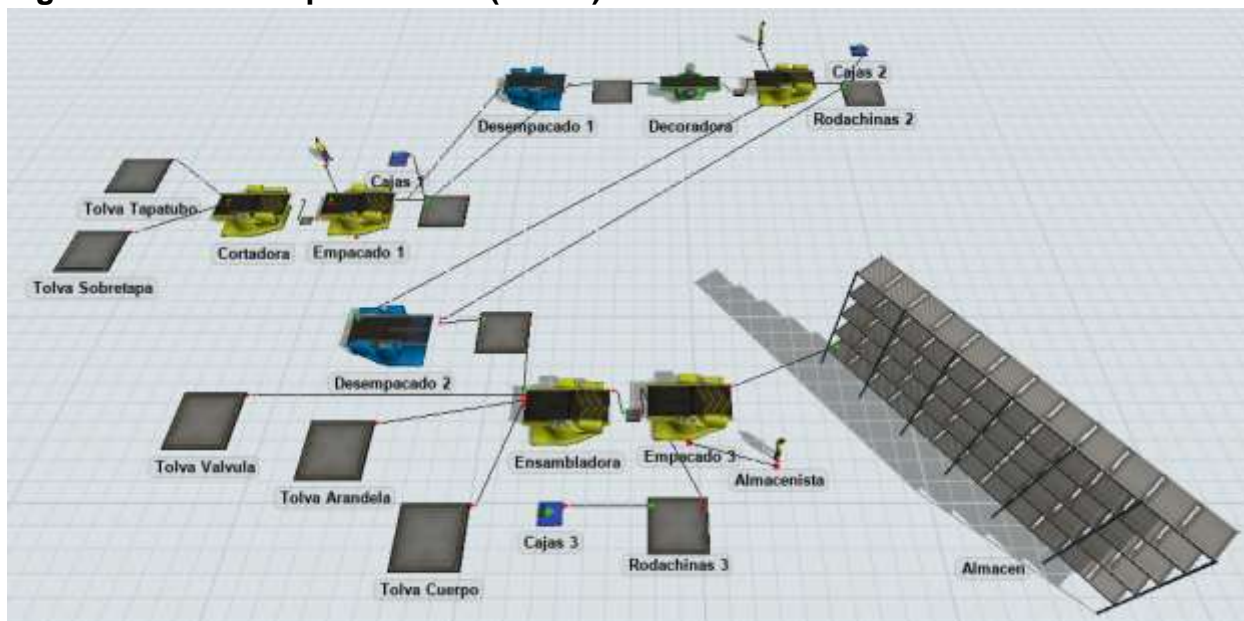
**Figura 9. Distribución de la planta (actual).**



**Fuente:** Elaboración propia.

Posteriormente nos enfocamos en la sección de la línea de producción donde se concentran los procesos de corte, decoración y ensamble, en esta parte del proceso, es donde se encuentran asignados dos operarios para el traslado de los componentes, como se aprecia en la figura 10, los operarios deben hacer varios recorridos entre cada una de las máquinas asignadas para realizar su labor, y no pueden ser destinados temporalmente a otra actividad para garantizar que alguna de las máquinas se quede sin producto y se detenga la producción.

**Figura 10. Línea de producción (actual).**



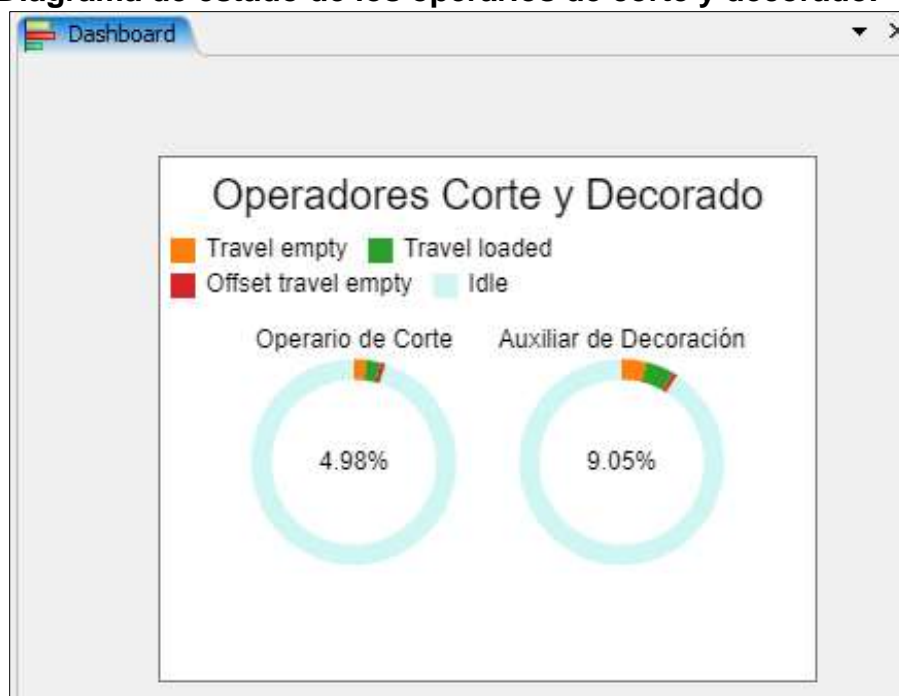
**Fuente:** Elaboración propia.

Al ejecutar la simulación se observa que la cantidad de producto terminado (tapas de seguridad) en una hora es de 12001 unidades, esto coincide con el estimado de producción establecido por la compañía en sus registros, esto permite comprobar que el modelo refleja las condiciones actuales de la línea de producción.

En línea con lo anterior, se procede a utilizar la herramienta de análisis estadístico del software de simulación con el objetivo de evaluar el rendimiento de los operarios de corte y decorado, quienes fueron incorporados al proceso al momento de adaptar la línea

de producción ante los requerimientos efectuados por el cliente respecto al producto, al analizar los resultados en el *Dashboard* se toma como referencia el diagrama que refleja el estado (*state*) de los operadores durante una hora de funcionamiento de la línea de producción, resultados que se aprecian en la figura 11.

**Figura 11. Diagrama de estado de los operarios de corte y decorado.**



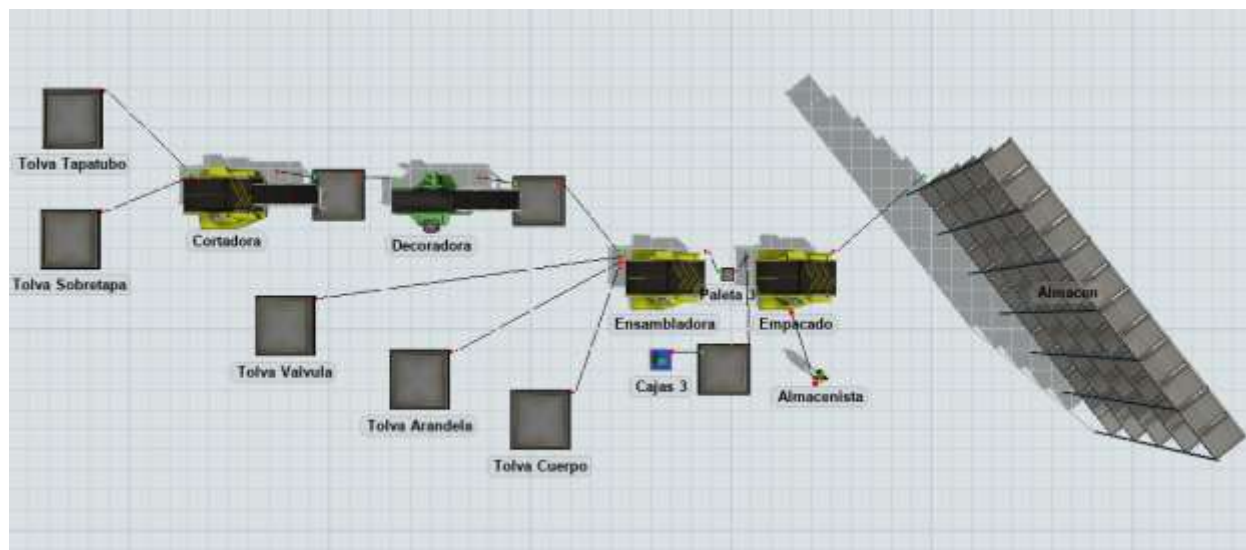
**Fuente:** Elaboración propia.

Al revisar los resultados tras simular una hora del proceso de producción, se observa que el operario de corte permanece inactivo el 95% del tiempo, en el caso del auxiliar de decoración, este permanece aproximadamente un 91% igualmente inactivo. Estos resultados destacan la baja eficiencia de este recurso durante el proceso. Además, mediante la aplicación de técnicas de simulación y análisis de datos, se identificaron los cuellos de botella y áreas de mejora en la línea de producción. Se observó que dos operarios eran asignados al traslado de componentes entre las máquinas, lo que generaba recorridos repetitivos y una baja eficiencia en el uso del personal. La

permanente presencia de estos operarios para garantizar el adecuado funcionamiento de la línea de producción impedía que fueran destinados a realizar otras actividades al interior de la planta durante los periodos de inactividad.

Por último, se desarrolla la simulación del proceso con la distribución sugerida para la nueva configuración de la línea de producción, incorporando las bandas transportadoras y suprimiendo los procesos de empaque (1 y 2), desempaque (1 y 2) y los operarios de corte y decorado como se observa en la figura 12, lo que nos permite comprobar que con la redistribución de las máquinas e incorporación de las bandas transportadoras, el proceso cumple con las estimaciones de producción (12001 tapas) pero con unos costos de producción más bajos, lo que representa una optimización de la línea y una mejora en la eficiencia.

**Figura 12. Línea de producción (sugerida).**



**Fuente:** Elaboración propia.

Es importante destacar la utilidad y funcionalidad de las herramientas de simulación en los procesos de producción, debido a que permiten realizar análisis detallados de cada una de las fases del proceso y evaluar oportunidades de mejora sin

alterar o influir directamente en el desarrollo de la producción. Así mismo, este tipo de investigaciones brindan herramientas de análisis y evaluación aplicables a otros procesos productivos, los cuales pueden replicar la metodología aquí desarrollada y proponer mejoras en una o varias fases del proceso.

## Referencias

- Alcaldía de Bogotá, (2023). Permiso de uso temporal de espacio público administrado por el IDU en Bogotá D.C. Sitio Web. <https://bogota.gov.co/servicios/guia-de-tramites-y-servicios/permiso-de-uso-temporal-de-espacio-publico-administrado-por-el-idu-en-bogota-d-c>
- Avilés, A., (2019) Diseño y Distribución en Planta Para la empresa Reencavi Compañía Anónima. Universidad Politécnica Salesiana sede cuenca (Cuenca Ecuador). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18295/1/UPS-CT008668.pdf>
- Barón, A., & Zapata, J. (2021). Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil. Sitio web. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/75757/1/propuesta\\_redistribucion\\_planta.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/75757/1/propuesta_redistribucion_planta.pdf)
- Converso, G., Gallo, M., Murino, T., & Vespoli, S. (2023). Predicting Failure Probability in Industry 4.0 Production Systems: A Workload-Based Prognostic Model for Maintenance Planning. Applied Sciences, 13(3), 1938. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/app13031938>
- Ecoplast (2020). Industria del plástico. Sitio web. <https://ecoplas.org.ar/industria-del-plastico/#:~:text=La%20Industria%20Transformadora%20pl%C3%A1stica%20se,Empresas%2C%20y%20tambi%C3%A9n%20compa%C3%B1as%20grandes.>
- empleo.com (2023). Calculadora salarial. Casa Editorial El Tiempo. Recuperado de <https://www.empleo.com/cross/calculadora-laboral-salario-neto-mensual>

- Febres, J., & Ochoa, R., (2010). Propuestas de mejora del proceso productivo en la empresa Press Forja SA utilizando el software FlexSim Manufacturing como herramienta para la toma de decisiones. Universidad Politécnica Salesiana, Cueca. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3316>
- Fontalvo, T., De la Hoz, E., & Morelos, J., (2018). La productividad y sus factores. Incidencia en el mejoramiento organizacional. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6233008.pdf>
- Freivalds, A., & Niebel, B. W. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (13a. ed. --.). México D. F. McGraw-Hill. [https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_M%C3%A9todos\\_Est%C3%A1ndares\\_y\\_Dise%C3%B1o\\_del\\_Trabajo\\_Benjamin\\_W\\_Niebel\\_12\\_Edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa_Industrial_M%C3%A9todos_Est%C3%A1ndares_y_Dise%C3%B1o_del_Trabajo_Benjamin_W_Niebel_12_Edici%C3%B3n)
- González, N., (2004). Propuesta Para El Mejoramiento De Los Procesos Productivos De La Empresa Servioptica Ltda. Repositorio Pontificia Universidad Javeriana <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7118>
- Greinacher, S., Overbeck, L., Kuhnle, A., Krahe, C., & Lanza, G. (2020). Multi-objective optimization of lean and resource efficient manufacturing systems. *Production Engineering: Research and Development*, 14(2), 165–176. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1007/s11740-019-00945-9>
- Guala Closures S.p.A (2014). Unidos por la pasión. Empresa. Sitio Web. <https://www.gualaclosures.com/es/category/empresa/>
- Hamrol, A., & Grabowska, M. (2020). Assessment of adequacy of tools and measures applied by enterprises for production process improvement. *Production and*

Manufacturing Research, 8(1), 388-405. Retrieved from  
<http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2020.1854884>

Jacobs, F., Chase, R., Torres, J., & Gómez, C., (2022). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (13a ed.). McGraw-Hill / Education.

<https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=>

Kliment, M., Trebuna, P., Pekarcikova, M., Straka, M., Trojan, J., & Duda, R. (2020). Production efficiency evaluation and products' quality improvement using simulation. *International Journal of Simulation Modelling*, 19(3), 470-481.

<https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-3-528>

Lista, A., Tortorella, G., Bouzona, M., Mostafad, S., & Romeroe, D. (2021). Lean layout design: A case study applied to the textile industry. *Production*, 31. Retrieved from

<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20210090>

Lugo, S., Márquez, A., Guarín, O., Rubio & W. Ernst Eder (2016) Modular redesign methodology to improve plant design, 27:1-3, 50-74, DOI: 10.1080/09544828.2015.1103843

<https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1080/09544828.2015.1103843>

Manrique, A., (2008) *Diseño De Un Plan De Producción Y Distribución En Planta Para Una Empresa Del Sector De Fabricación De Productos De Plásticos*. Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá D.C., Colombia)

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7269/Tesis257.pdf?sequence=3>

Muñoz, E., Villamil, S., (2020) Propuesta De Implementación De Una Distribución En Planta En La Empresa Estefan & Cía. Ltda. Universidad Santo Tomás (Bogotá D.C., Colombia).

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30318/2020danielamunoz.pdf>

Ondov, M., Rosova, A., Sofranko, M., Feher, J., Cambal, J., & Feckova Skrabulakova, E. (2022). Redesigning the Production Process Using Simulation for Sustainable Development of the Enterprise. *Sustainability*, 14(3), 1514. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su14031514>

Orozco, E., & Cervera, J., (2013). Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 1(1).

<https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.17081/invinno.1.1.2066>

Parra, P., (2022). Diseño de un sistema de gestión de calidad basado en la norma ARCSA-DE-067-2015-GGG para optimizar los procesos productivos en la planta de lácteos NANTÚ de Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16318>

Peña, I., y Santa Cruz, R. (2001). Modelo de Planeación de la Producción para una Empresa Agroindustrial. *Acta Nova*, 1(2), 181-189. Recuperado en 03 de abril de 2023, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892001000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892001000200005&lng=es&tlng=es).

Quiroga, R., (2013). Implementación de la distribución en planta en la manufacturera de artículos de seguridad KADIS E.U. Repositorio Universidad Libre.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9433/IMPLEMENTACION%20DE%20LA%20DISTRIBUCION%20EN%20PLANTA%20KADIS%20EU.pdf?sequence=1>

Render, B., Murrieta Murrieta, J. E., & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones* (Novena edición). Pearson Educación. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=>

Rizqi, Z. U., & Aulia, R. (2019). Evaluation of redesign layout using discrete event simulation (DES). In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (pp. 3203-3211).

Roark, G., Chiodi, F., Petesch, G., Pastore, E., & dos Santos, C., (2019). Modelaje y simulación computacional con FlexSim de un proceso de despacho y expedición en una industria cementera argentina.

[http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2019\\_TN\\_STO\\_292\\_1648\\_38325](http://dx.doi.org/10.14488/ENEGEP2019_TN_STO_292_1648_38325)

Scholpp, (2023). Movimiento de Maquinaria Industrial. Sitio Web. Recuperado de <https://www.scholpp.es/movimiento-de-maquinaria/>

Serrano, L., & Ortiz, N., (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño.

[https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/1524/pdf](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/1524/pdf)

Smaili, F., Ibishi, H., Mehmeti, X., & Gjelaj, A. (2020). Utilization of FlexSim Software to Identify the Suitable Layout Planning of Production Line.

- Stadnicka, Dorota & Antonelli, Dario. (2015). Application of Value Stream Mapping and Possibilities of Manufacturing Processes Simulations in Automotive Industry. *FME Transactions*. 43. 279-286. 10.5937/fmet1504279S.
- Stîngă, F., Severin, I., Mitrache, I. A., & Lascu, E. (2020). Redesign of the Curing Area of the Tire Manufacturing Process. *Sustainability*, 12(17), 6909. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su12176909>
- Sujova, E., Bambura, R., & Cierna, H. (2020). Case study of real manufacturing system improving through simulation models. *MM Science Journal*, 2020(March), 3779-3783. [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2020\\_03\\_2019123](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2020_03_2019123)
- Utku, D. H. (2023). The Evaluation and Improvement of the Production Processes of an Automotive Industry Company via Simulation and Optimization. *Sustainability*, 15(3), 2331. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su15032331>.