



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS
PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN LA
EMPRESA DE SUELAS DE ZAPATILLAS “BRPLAST”.**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Kevin Alexander Nuñez Santamaria

TUTOR: Ing. Christian Ismael Ortiz Saillema, Mg.

Ambato - Ecuador

agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN LA EMPRESA DE SUELAS DE ZAPATILLAS “BRPLAST”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Kevin Alexander Nuñez Santamaria, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, agosto 2024.



Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN LA EMPRESA DE SUELAS DE ZAPATILLAS “BRPLAST” es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2024.



Kevin Alexander Nuñez Santamaria

C.C. 180434197-0

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2024.



Kevin Alexander Nuñez Santamaria

C.C. 180434197-0

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Kevin Alexander Nuñez Santamaria, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN LA EMPRESA DE SUELAS DE ZAPATILLAS “BRPLAST”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, agosto 2024.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR URRUTIA
URRUTIA**

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**DAYSI MARGARITA
ORTIZ GUERRERO**

Ing. Daysi Ortiz Guerrero, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**JEANETTE DEL PILAR
UREÑA AGUIRRE**

Ing. Jeanette del Pilar Ureña Aguirre, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Jaime y Alexandra, cuyo apoyo incondicional y amor inquebrantable han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino académico. A pesar de la distancia, siempre estuvieron ahí para brindarme su aliento y orientación. A mis hermanos, Lizbeth y Jonathan, por su cariño y compañía constante, que llenaron de luz y alegría mis días más difíciles. A mis abuelos, por su sabiduría y amor infinito, que siempre me han guiado con su ejemplo y consejos llenos de experiencia. Y a mis amigos, cuya amistad sincera y apoyo incondicional han sido pilares fundamentales en este recorrido, animándome y celebrando cada pequeño logro conmigo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a Dios, por darme la fuerza y la sabiduría necesarias para completar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Jaime y Alexandra, gracias por su sacrificio y apoyo inquebrantable. Su amor y respaldo económico me han permitido enfocarme plenamente en mis estudios. A mis hermanos, Lizbeth y Jonathan, por su amor y constante compañía, que fueron un refugio en los momentos difíciles. Su presencia ha sido vital para alcanzar este logro.

A mis abuelos, por su cariño incondicional y sus consejos llenos de experiencia y amor, que han sido un pilar fundamental en mi vida.

A mis amigos, cuya amistad ha sido una fuente de inspiración y apoyo incondicional. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida.

A la empresa BRPLAST, quiero expresar mi profundo agradecimiento por abrirme las puertas y permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones.

Además, quiero agradecer a los ingenieros que he conocido durante mi carrera, cuyo conocimiento y ejemplo me han guiado y ayudado a crecer profesionalmente. En especial, al Ingeniero Christian Ortiz, cuya ayuda invaluable en la elaboración de esta tesis ha sido crucial.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes investigativos	3
1.3 Fundamentación teórica	5

1.3.1 Teorías relevantes.....	5
1.3.2 Modelos y enfoques	15
1.4 Objetivos	24
1.4.1 Objetivo general	24
1.4.2 Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	25
2.1 Materiales.....	25
2.2 Métodos.....	26
2.2.1 Modalidad de la investigación	26
2.2.2 Población y muestra	26
2.2.3 Recolección de información.....	26
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos	32
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	34
3.1.1 Análisis de situación inicial	34
3.1.2 Principales productos y servicios.....	35
3.1.3 Estructura organizativa.....	44
3.1.4 Mapa de distribución de BRPlast S.A.....	45
3.1.5 Proceso de producción	47
3.1.6 Diagrama del proceso.....	54

3.1.7 Diagrama de recorrido actual	60
3.1.8 Diagrama de proximidad.....	60
3.1.9 Identificación de los cuellos de botella en los procesos de producción de BRPlast.....	68
3.1.10 Control de inventario	70
3.2 Diagrama del proceso propuesto.....	78
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
4.1 Conclusiones	85
4.2 Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de materiales utilizados en la investigación.....	25
Tabla 2. Detalle del número de personas de trabajo.....	26
Tabla 3. Recolección de información.....	27
Tabla 4. Información básica de BRPlast S.A.....	34
Tabla 5. Diagrama de proceso de suelas de PVC expandido.....	55
Tabla 6. Resumen de proceso de PVC expandido monocolor.....	56
Tabla 7. Diagrama de proceso de suelas de PVC expandido bicolor.....	57
Tabla 8. Resumen de PVC expandido bicolor.....	58
Tabla 9. Diagrama de proceso de suelas de TPU ultraboost.....	59
Tabla 10. Resumen de TPU ultraboost.....	60
Tabla 11. Tabla resumen de proximidad	66
Tabla 12. Análisis de cuello de botella.....	68
Tabla 13. Análisis de inventario ABC.....	71
Tabla 14. Formulación de peletizadora de PVC expandido monocolor.....	73
Tabla 15. Demanda individual de reactivos.....	74
Tabla 16. Cálculo del costo de pedido.....	75
Tabla 17. Cálculo del costo de mantenimiento.....	76
Tabla 18. Punto de reorden de reactivos.....	77
Tabla 19. Lead time de pedido.....	78
Tabla 20. Diagrama de proceso propuesto de suelas de PVC expandido	79

Tabla 21. Resumen de proceso propuesto de PVC expandido monocolor.....	80
Tabla 22. Diagrama de proceso propuesto de suelas de PVC expandido bicolor.....	81
Tabla 23. Resumen de proceso propuesto de PVC expandido bicolor	82
Tabla 24. Diagrama de proceso propuesto de suelas de TPU ultraboost.....	83
Tabla 25. Resumen de proceso propuesto de TPU ultraboost.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del proceso	5
Figura 2. Etapas del proceso productivo.	6
Figura 3. Modelo de producción just in time.	20
Figura 4. Ubicación de la empresa BRPlast S.A.....	35
Figura 5. Análisis modular de Suelas de PVC expandido unicolor.	37
Figura 6. Análisis modular de Suelas de PVC expandido bicolor.	39
Figura 7. Análisis modular de Suelas de PVC expandido personalizadas.....	41
Figura 8. Análisis modular de Suelas de TPU con tecnología Ultraboost.	43
Figura 9. Diagrama organizacional de BRPlast S.A.	44
Figura 10. Mapa de distribución de BRPlast S.A.	46
Figura 11. Almacenamiento de materia prima.	47
Figura 12. Formulación de PVC.	48
Figura 13. Mezcladora de formulación.	49
Figura 14. Peletización.....	49
Figura 15. Inyección.	50
Figura 16. Inyección Bicolor.	51
Figura 17. Moldaje.....	51
Figura 18. Desmoldaje.	52
Figura 19. Repisas de enfriamiento.....	53

Figura 20. Paquetes.	53
Figura 21. Almacenaje.	54
Figura 22. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de PVC expandido monocolor.	61
Figura 23. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de PVC expandido bicolor.	62
Figura 24. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de TPU ultraboost	63
Figura 25. Diagrama de proximidad de actividades.	65
Figura 26. Diagrama de CHITEFOL Actual.....	67
Figura 27. Clasificación de inventario por el método ABC.....	72
Figura 28. Formulación de PVC expandido.....	74
Figura 29. Contraste entre la demanda anual el punto de reorden de pedido.	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Entrevista para el trabajo de investigación.....	91
Anexo B. Medición de tiempos.....	95
Anexo C. Cantidades para la formulación básica para suelas de PVC.....	96
Anexo D. Precios para la formulación básica.....	97
Anexo E. Fotografías adicionales.....	98

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se centra en optimizar los procesos productivos y la gestión de inventarios en BRPlast, una empresa dedicada a la fabricación de suelas deportivas ultraboost de PVC expandido y TPU. Se identifica como problema central la falta de optimización en los procesos y la deficiente coordinación entre áreas, afectando la eficiencia operativa y la competitividad de la empresa. El objetivo del proyecto es diagnosticar la situación actual, identificar cuellos de botella y proponer mejoras para reducir los tiempos de producción.

La metodología utilizada combina observación directa, entrevistas y análisis documental, apoyada en herramientas como Microsoft Word, Excel, Visio y AutoCAD, junto con dispositivos de captura de datos en tiempo real. Se evalúa la productividad multifactorial y se utilizan matrices de caracterización de procesos industriales para identificar áreas de mejora. Los resultados resaltan la eficiente estructura de las líneas de producción, con procesos semiautomáticos que minimizan retrasos y una distribución ergonómica que evita cuellos de botella.

El análisis de inventarios revela que las suelas de PVC expandido monocolor son el producto más vendido, clasificado como clase A en el método ABC de control de inventarios. Se establecen puntos de pedido diferenciados para asegurar la disponibilidad oportuna de las materias primas. Finalmente, se destaca la importancia de continuar mejorando la eficiencia operativa y la gestión estratégica de inventarios para mantener y fortalecer la competitividad de BRPlast en el mercado de suelas deportivas.

Palabras clave: Estudio de tiempos, producción de suelas, gestión de inventario, optimización de procesos.

ABSTRACT

The present study focuses on optimising production processes and inventory management at BRPlast, a company dedicated to manufacturing ultraboost sports soles made from expanded PVC and TPU. The central problem identified is the lack of process optimisation and poor coordination between areas, which affects the operational efficiency and competitiveness of the company. The project's objective is to diagnose the current situation, identify bottlenecks, and propose improvements to reduce production times.

The methodology used combines direct observation, interviews, and document analysis, supported by tools such as Microsoft Word, Excel, Visio, and AutoCAD, along with real-time data capture devices. Multifactor productivity is evaluated, and industrial process characterisation matrices are used to identify areas for improvement. The results highlight the efficient structure of the production lines, with semi-automatic processes that minimise delays and an ergonomic layout that avoids bottlenecks.

The inventory analysis reveals that single-colour expanded PVC soles are the best-selling product, classified as class A in the ABC inventory control method. Differentiated reorder points are established to ensure the timely availability of raw materials. Finally, the importance of continuing to improve operational efficiency and strategic inventory management is highlighted to maintain and strengthen BRPlast's competitiveness in the sports soles market.

Keywords: Time study, sole production, inventory management, process optimisation.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

Estudio de tiempos y métodos para la optimización de los procesos productivos y la gestión de inventario en la empresa de suelas de zapatillas “BRPlast”.

1.1.1 Planteamiento del problema

El planeta se encuentra en el punto crítico de cambio si queremos salvar nuestros recursos más importantes como el agua y el oxígeno por lo que optimizar los procesos industriales son de suma importancia en la lucha contra la contaminación ambiental, los esfuerzos por mejorar apenas logran contrarrestar el daño ambiental y parecen insuficientes para garantizar la salud y la integridad de nuestro entorno. Establecer un equilibrio sostenible para las generaciones futuras se presenta como un desafío monumental y sin garantías de éxito [1].

La industria del calzado deportivo a nivel mundial enfrenta uno de sus más grandes desafíos en la historia esto debido a que se ha catalogado a la industria que gravita alrededor de la vestimenta humana como la segunda más contaminante por debajo solo de la industria automotriz. Este sombrío panorama se configura debido a la abrumadora cantidad de desperdicio que la industria vierte en el medio ambiente, planteando interrogantes críticos sobre su sostenibilidad a largo plazo y generando preocupaciones sustanciales sobre el impacto negativo que podría tener en la salud global de nuestro planeta [2].

The Fast Fashion caracterizada por la producción de ropa en tendencia a bajo costo a expensas de la calidad de sus insumos, utiliza materiales de baja calidad y escasa reciclabilidad para reducir costos. Este enfoque, centrado en la premisa de la rapidez y la accesibilidad económica, suscita preocupaciones considerables sobre la sostenibilidad a largo plazo de la industria del calzado y la ropa en general. Este modelo no solo afecta la calidad de los productos, sino que también tiene consecuencias adversas para la salud ambiental [3].

Las empresas dedicadas a la fabricación de calzado deportivo en América latina no suelen darle la importancia necesaria a la optimización de procesos esto debido a la poca valoración de la mano de obra calificada que realiza estos procesos ya que los cambios no suelen dar resultados inmediatos como si los da la adquisición de franquicias con sistemas definidos. Esta actitud, marcada por la preferencia de soluciones más inmediatas y preestablecidas, plantea desafíos considerables en cuanto a la eficiencia operativa y la competitividad a largo plazo de estas empresas, generando así un impacto negativo en su capacidad de adaptación y mejora continua [4].

Según la cámara de comercio de Ambato de la provincia de Tungurahua se encuentra dentro de las provincias con mayor crecimiento económico del país sin embargo los procesos productivos en esta provincia se basan en conocimiento adquirido de generación en generación sin darle apertura a las nuevas tecnologías que cada vez son más dominantes en la era de la información. Esta resistencia a la modernización y la falta de apertura hacia las innovaciones tecnológicas emergentes plantean preocupaciones sobre la capacidad de sostenibilidad y competitividad a largo plazo en un contexto económico global que demanda una rápida adaptación a las nuevas tendencias [5].

“BRPlast” como empresa en la producción de suelas de zapatillas, enfrenta una situación crítica caracterizada por la necesidad urgente de mejorar la eficiencia operativa y abordar los imperativos de sostenibilidad en un mercado altamente dinámico. Los desafíos que enfrenta la empresa van más allá de la optimización de procesos y la gestión de inventarios, afectando su capacidad para mantenerse competitiva y sostenible en este entorno [6].

En "BRPlast", la interconexión de los procesos de producción constituye un desafío significativo debido a la falta de optimización en el flujo de materiales y la coordinación deficiente entre áreas. Estos problemas afectan negativamente la eficiencia en la manufactura de suelas de zapatillas. La empresa enfrenta cuellos de botella que obstaculizan el rendimiento y la productividad, lo que resalta la necesidad de mejorar la comunicación interdepartamental y la sincronización de actividades para optimizar los flujos de trabajo y aumentar la eficacia en la producción de suelas de alta calidad [7].

La imperativa necesidad de enfocarse en la capacitación y compromiso del personal en la implementación de nuevos procedimientos revela una carencia crítica en “BRPlast”. Los empleados, aunque se les considera actores cruciales, enfrentan desafíos significativos en comprender y adoptar eficazmente los cambios necesarios. La gestión del cambio, en lugar de ser una solución fluida, emerge como un factor esencial marcado por dificultades. La provisión de formación adecuada y las medidas para preparar a los miembros del equipo para nuevas responsabilidades no garantizan una transición suave, sino que enfrentan obstáculos que impactan negativamente en la eficacia y aceptación de los cambios en “BRPlast”.

1.2 Antecedentes investigativos

Mediante la exploración de datos documentales utilizando gestores de búsqueda, se ha reconocido un conjunto de fuentes relacionadas con el análisis de tiempos y métodos; es de esta manera que se exponen los siguientes antecedentes investigativos:

Por una parte, con el título: “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos productivos de la empresa CALZADO LIWT”. Para esto se toma en cuenta los diferentes problemas de la empresa, entre ellos los cuellos de botella, tiempos muertos y movimientos innecesarios ya sea de maquinaria o de operarios en el área de producción de la empresa. La empresa tiene la necesidad de determinar un estándar de tiempo para el producto de mayor demanda, el análisis cuidadoso de los diversos movimientos al ejecutar una operación, el número de operarios necesarios, con el propósito de incrementar la productividad y satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos [8].

En la investigación "Estudio de tiempos y movimientos en la elaboración de suelas para calzado en la empresa PREPLAST", se busca analizar detalladamente los tiempos y movimientos en el proceso de inyección para aumentar la producción de suelas. Actualmente, la empresa no tiene un estudio previo que establezca tiempos estándar de producción, identifique períodos improductivos, determine tiempos de ciclo y optimice el rendimiento de la maquinaria. Este análisis se realizará mediante un estudio detallado de tiempos y movimientos, esencial para entender los intervalos asociados con las diversas actividades del proceso de inyección [9].

Además, genera una investigación titulada “Propuesta de mejoramiento al sistema de producción de sanitarios One Piece Smart mediante herramientas de Lean Manufacturing y de estudio de métodos y tiempos en la empresa Corona S.A.S Planta Madrid”. El propósito fundamental de este proyecto es realizar un exhaustivo análisis del sistema de fabricación de los sanitarios One Piece Smart, producidos por la empresa Corona S.A.S en la planta ubicada en Madrid, Cundinamarca. En el que se orienta a identificar, analizar y optimizar aquellas actividades dentro del proceso de producción que generan desperdicios o no aportan valor [10].

Por otra parte en el “Estudio de tiempos y su relación con la productividad”, manifiesta que los factores que influyen en la eficiencia productiva suelen variar en cada sector industrial. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue proponer estrategias específicas para mejorar la productividad en el área de despacho de una fábrica de cemento en Bolivia, basándose en un análisis detallado de los tiempos operativos. Este estudio, de enfoque relacional, se sustentó en la interconexión entre la productividad (desempeño de los trabajadores y eficiencia de las máquinas) y los lapsos de operación, las condiciones laborales y el mantenimiento. Las técnicas empleadas incluyeron observación participante, revisión de literatura, entrevistas y cronometraje [11].

Además, desarrolla la investigación, “Determinación de prácticas de mejora continua en los procesos de producción para el sector de calzado del municipio de Bucaramanga-Santander”. La cual, se enfoca en identificar las condiciones de operación y producción en el sector del calzado en el municipio de Bucaramanga. Subsecuentemente, se pretende determinar prácticas de mejora continua en los procesos. El desarrollo de la investigación consta de tres fases respaldadas por la revisión de fuentes secundarias, con el propósito de determinar las fortalezas y debilidades de los procesos de producción en el sector calzado. Se lleva a cabo un diagnóstico de los factores que inciden en el tiempo de producción y, al final, se proponen acciones de mejora para optimizar la ejecución de los procesos productivos en el sector del calzado [12].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Teorías relevantes

a. *Teorías de procesos productivos*

- **Procesos.** Los procesos son fundamentales en cualquier actividad, representando una serie organizada de pasos hacia un objetivo específico. Estas secuencias pueden variar desde tareas simples hasta operaciones complejas en diferentes ámbitos, incluyendo el empresarial y la vida cotidiana. La esencia de los procesos radica en transformar insumos en resultados, canalizando recursos, información o esfuerzos para generar salidas deseadas. En el ámbito empresarial, los procesos optimizan operaciones, permitiendo eficiencia en la producción, gestión de recursos humanos y financieros, y la entrega de productos o servicios de calidad [13].

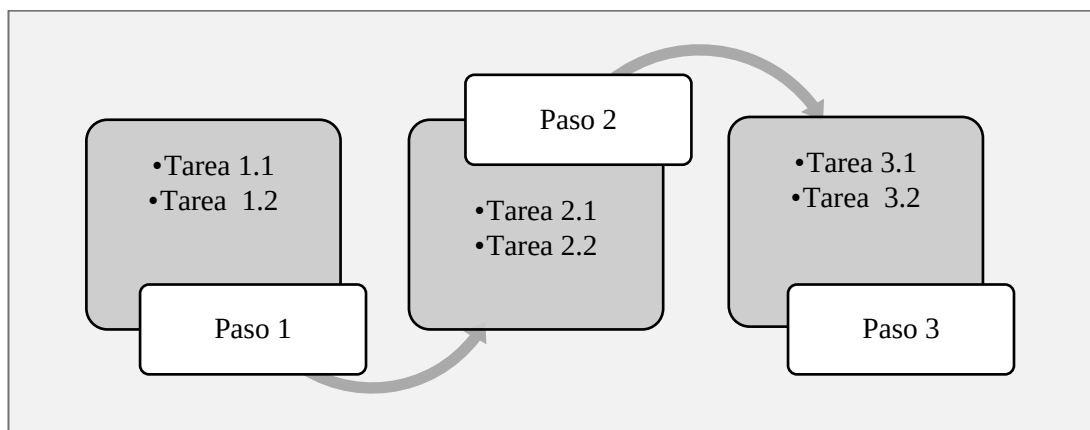


Figura 1. Elementos del proceso [13]

- **Importancia de los procesos.** La planificación, ejecución y seguimiento de procedimientos son esenciales para la eficacia empresarial, buscando resultados consistentes y mejoras continuas que impulsen el crecimiento y la competitividad. En el entorno industrial, los procesos garantizan una manufactura y producción eficiente de bienes. Desde la cadena de montaje hasta los sistemas de control de calidad, cada etapa es crucial para obtener productos finales que cumplan con estándares específicos, asegurando su funcionalidad y satisfacción del cliente. La organización de pasos y pruebas lleva a la creación de nuevos productos, descubrimientos científicos o mejoras tecnológicas que transforman el entorno [14].

- **Evolución de los procesos.** Los procesos son caminos que se recorren de manera frecuente en cualquier organización, estos, constituidos por las etapas de inicio, desarrollo y conclusión, no representan únicamente una secuencia lineal de tareas, sino más bien un circuito dinámico de aprendizaje y perfeccionamiento continuo. La repetición constante y la revisión minuciosa de cada paso no solo garantizan resultados estables, sino que también actúan como oportunidades doradas para afinar, ajustar y transformar cada elemento. De manera similar, los procesos permiten reconstruir, renovar y descubrir constantemente nuevos enfoques y estrategias para alcanzar estándares cada vez más elevados. Esta evolución constante impulsa hacia la cima de la eficiencia, la calidad y el éxito en cualquier ámbito en el que se apliquen.

- **Procesos productivos.** El proceso productivo es la columna vertebral de la creación y distribución de bienes y servicios en la economía, es una secuencia meticulosamente planificada de pasos y actividades diseñados para convertir materias primas, recursos o insumos en productos terminados que tienen un valor económico palpable. Este flujo estructurado se despliega en una variedad de sectores, desde la manufactura y la agricultura hasta la tecnología y los servicios, adaptándose a las necesidades específicas de cada industria. En la esencia, el proceso productivo se divide en distintas fases, cada una con un propósito definido, se inicia con la adquisición de materias primas o insumos esenciales para la producción, como se evidencia en la Figura 2. Estos elementos pueden ser tangibles, como materiales físicos, o intangibles, como información crucial y habilidades laborales especializadas, todos fundamentales para iniciar el proceso de transformación [15].



Figura 2. Etapas del proceso productivo [15]

- **Fases del proceso productivo.** La etapa de transformación es el núcleo del proceso, donde las materias primas son sometidas a procedimientos específicos, este paso implica una variedad de actividades, desde la fabricación y el ensamblaje en la industria manufacturera hasta el cultivo y refinado en la agricultura, donde se aplican técnicas y destrezas para convertir los insumos en productos acabados, listos para el uso o consumo. Una vez desarrollada la dinámica previamente descrita, los productos terminados pasan a la etapa de distribución. Aquí, se despliegan estrategias logísticas para llevar los bienes al mercado o a los consumidores, esto implica procesos de almacenamiento, transporte y gestión que aseguran que los productos estén disponibles y accesibles donde y cuando se necesiten [16].

- **Cierre del ciclo productivo.** La venta y el consumo representan el último eslabón del proceso productivo, donde los productos se ofrecen al público a través de tiendas físicas, plataformas en línea o servicios especializados. Los consumidores cierran el ciclo adquiriendo y utilizando los productos. La evolución tecnológica ha optimizado estos procesos mediante la automatización, la gestión de la cadena de suministro y el control de calidad, mejorando la eficiencia y reduciendo costos. Es crucial comprender que el proceso productivo no concluye con la venta; la retroalimentación del mercado y los consumidores impulsa mejoras continuas en productos, procesos y estrategias empresariales, fomentando un ciclo de mejora continua y éxito sostenido [8].

b. Teorías de gestión de inventario

- **Gestión.** En su papel esencial dentro de cualquier entorno organizativo, la gestión se erige como el arte y la ciencia de dirigir recursos hacia metas específicas. En un entorno dinámico, cumple la función de brújula para la toma de decisiones, la optimización de procesos y la coordinación del talento. Desde la planificación estratégica hasta la supervisión continua, facilita la adaptación y promueve la prosperidad en entornos cambiantes. Reconocida como la columna vertebral del éxito, resalta por su capacidad para optimizar recursos, posibilitando la asignación eficiente de elementos fundamentales como tiempo, dinero, personal y tecnología [13].

- **Enfoque estratégico en la gestión.** En su enfoque estratégico, no solo busca maximizar el rendimiento individual, sino también lograr sinergias para resultados globales óptimos. Juega un papel esencial al facilitar la definición clara de metas y la planificación estratégica. La toma de decisiones informadas reduce riesgos y destaca oportunidades estratégicas. Además, promueve la mejora continua mediante la revisión constante de procesos para identificar áreas de optimización y eficiencia [14].
- **Coordinación de equipos para la eficiencia en la gestión.** De manera sinérgica, la gestión coordina equipos, fomentando colaboración y eficacia en la consecución de objetivos comunes, esencial para el funcionamiento armonioso de cualquier entidad. En un entorno dinámico, destaca por adaptarse proactivamente al cambio, identificando desafíos y realizando ajustes estratégicos para la viabilidad a largo plazo. Este enfoque impulsa eficiencia operativa, mejora procesos y contribuye al cumplimiento de normativas legales y estándares de calidad, fundamentales para la reputación y sostenibilidad organizativa [15].
- **Fomento de la innovación y resolución de problemas en la gestión.** No solo orientada a la eficiencia operativa, la gestión promueve un entorno propicio para la innovación y creatividad, generando estructuras que fomentan la exploración de nuevas ideas. Además, se posiciona como herramienta esencial para la resolución de problemas al proporcionar enfoques y herramientas efectivas, minimizando riesgos y mitigando impactos negativos. Así, se erige como cimiento estratégico que aporta dirección, eficiencia y estructura a las organizaciones en todos los proyectos, contribuyendo significativamente al éxito y sostenibilidad a largo plazo.
- **Gestión de inventarios.** En el contexto empresarial, la gestión de inventarios desempeña un papel esencial en la planificación estratégica y la ejecución eficiente de operaciones. Enfocándose en el proceso de reaprovisionamiento y ordenación, implica tomar decisiones críticas sobre cuándo y cuánto reabastecer para mantener niveles óptimos. Este enfoque no solo requiere una gestión hábil de pedidos, sino también una coordinación efectiva con proveedores para garantizar una cadena de suministro fluida. El seguimiento y control continuo de los niveles de inventario son cruciales en un entorno empresarial dinámico para evitar escasez que afecte al servicio al cliente y exceso de existencias que genere costos adicionales de almacenamiento [17].

- ***Integración de tecnologías para la gestión de inventarios.*** La integración de tecnologías como sistemas de código de barras y software especializado de gestión de inventarios simplifica el proceso, mejorando la precisión y agilidad en la toma de decisiones. La rotación de inventarios se centra en utilizar primero los productos más antiguos o cercanos a la fecha de caducidad, minimizando pérdidas por obsolescencia y manteniendo la frescura de los productos. La clasificación de inventarios proporciona un marco organizativo para asignar recursos de manera estratégica, permitiendo una gestión focalizada y eficiente [18].
- ***Optimización de costos y eficiencia en la gestión de inventarios.*** La búsqueda del equilibrio entre mantener niveles apropiados de inventario y minimizar costos es esencial para la rentabilidad a largo plazo. La precisión en el registro, respaldada por datos actualizados, facilita la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica. En entornos empresariales volátiles, el pronóstico forecasting es imprescindible para anticipar la demanda futura, optimizando la gestión de costos y la eficiencia operativa [19].
- ***Vinculación entre gestión de inventarios y cadena de suministro.*** Ajustar los niveles de inventario es esencial para anticipar cambios en el mercado y mantener una cadena de suministro eficiente. La colaboración efectiva con proveedores garantiza la disponibilidad oportuna de productos y establece términos beneficiosos para ambas partes. Una gestión eficaz de inventarios reduce costos operativos, mejora el servicio al cliente, previene pérdidas por obsolescencia y maximiza la eficiencia en la cadena de suministro. Así, la gestión de inventarios es fundamental para equilibrar oferta y demanda, asegurando continuidad operativa y satisfacción del cliente en un mercado competitivo [20].
- ***Mejora continua y eficiencia operativa en la gestión de inventarios.*** La gestión de inventarios, enfocada en la eficiencia y efectividad, garantiza que una organización tenga la cantidad adecuada de productos o materias primas disponibles al menor costo posible. Define niveles óptimos de inventario, equilibrando disponibilidad y costos de mantenimiento, y considera la demanda basándose en pronósticos mediante modelos matemáticos y estadísticos [18].

- ***Gestión estratégica de inventarios para la rentabilidad a largo plazo.*** La teoría de gestión de inventarios se centra en establecer políticas de reaprovisionamiento, como el punto de pedido, para evitar la escasez de productos. Considera los costos asociados al mantenimiento de inventarios, incluyendo almacenamiento, capital y oportunidad. La clasificación de inventarios según importancia y valor ayuda a priorizar la gestión y aplicar estrategias específicas. Se busca maximizar la rotación de inventario para evitar la obsolescencia de productos [21]. La gestión de inventarios, esencial en la optimización de costos, se apoya en tecnologías como los sistemas ERP y la automatización para un seguimiento preciso. Busca constantemente optimizar niveles de inventario sin sacrificar disponibilidad [22].

- ***Liberación de capital y planificación estratégica en la gestión de inventarios.*** Está vinculada estrechamente con la gestión de la cadena de suministro, donde una cadena eficiente reduce riesgos y costos. Implica establecer controles y procedimientos para mantener niveles deseados, asegurando eficiencia y precisión en los procesos. La teoría de gestión de inventarios es crucial en diversas industrias, permitiendo a las organizaciones minimizar costos de retención, como almacenamiento, capital y obsolescencia. Mantener niveles adecuados asegura la disponibilidad oportuna de productos. Una gestión eficiente mejora la eficiencia operativa, evitando interrupciones en la producción o distribución debido a la falta de inventario. Gestionar inventarios adecuadamente reduce el riesgo de incumplimiento de plazos de entrega o incapacidad para satisfacer la demanda, disminuyendo también el riesgo de obsolescencia [23].

- ***Cumplimiento normativo y sostenibilidad en la gestión de inventarios.*** Una gestión eficiente de inventarios libera capital y mejora el flujo de efectivo, permitiendo a las organizaciones invertir en otros aspectos del negocio y ofrecer precios competitivos en mercados disputados. Facilita la planificación estratégica al anticipar la demanda y tomar decisiones informadas sobre producción, compras y distribución. Reduce desperdicios al minimizar la obsolescencia de productos y pérdida de materiales perecederos, cumpliendo normativas y regulaciones en industrias específicas. Al liberar recursos mediante una gestión eficiente, las organizaciones pueden centrarse en innovación y crecimiento, promoviendo la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental en la producción y distribución [24].

c. Teorías de métodos y tiempos

- ***Métodos y tiempos.*** Los métodos encapsulan la esencia de la organización y estructura en la consecución de tareas específicas, ya sea en ciencia, tecnología, artes o negocios. Representan directrices sistemáticas que guían la ejecución de actividades de manera ordenada y efectiva. En entornos empresariales, estos métodos pueden incluir estrategias de gestión y enfoques operativos, todos diseñados para maximizar la eficiencia y calidad en la consecución de metas específicas. En este sentido, cualquier actividad o tarea en el entorno empresarial se sustenta en un método o forma de hacer las cosas para lograr los objetivos [25].
- ***Gestión del tiempo en procesos productivos.*** Desde una perspectiva práctica, el tiempo emerge como un recurso valioso que debe gestionarse con precisión, especialmente en actividades con plazos y secuencias temporales críticos. En la gestión, el tiempo se convierte en un factor trascendental, y su monitoreo cuidadoso garantiza la eficiencia en la completitud de tareas y el logro de objetivos dentro de los límites temporales establecidos. Dado que es un recurso no renovable con un costo empresarial significativo, su control adecuado es esencial para evitar afectaciones en el producto final [26].
- ***Relación entre métodos y tiempo.*** La intrincada conexión entre métodos y tiempo revela cómo los métodos están cuidadosamente diseñados para optimizar el uso eficiente de este recurso escaso. En la gestión, los métodos son herramientas estratégicas que van más allá de simples procedimientos; son marcos estructurados que guían la planificación, organización y ejecución de tareas en un marco temporal específico. Esta relación simbiótica destaca la importancia de una sincronización entre la estructura proporcionada por los métodos y la constante presión temporal en muchas actividades humanas. En el núcleo de esta relación está la capacidad de los métodos para responder a las demandas temporales, evaluándose su eficacia en la capacidad para cumplir con los requisitos temporales establecidos, siendo un medidor crítico de su utilidad práctica [11].

- ***Sincronización de métodos y tiempo en la gestión de procesos productivos.*** Los métodos eficientes no solo garantizan calidad y eficiencia en la consecución de tareas, sino que también demuestran habilidad para respetar y aprovechar al máximo el tiempo disponible. Los métodos bien diseñados no solo ofrecen un enfoque estructurado para abordar tareas específicas, sino que también reconocen la importancia de la gestión del tiempo en el logro de resultados efectivos [27].
- ***Optimización del uso del tiempo en procesos productivos.*** La capacidad de un método para sincronizarse con el ritmo del tiempo, adaptándose a plazos y restricciones, se convierte en un indicador clave de su relevancia y aplicabilidad. En un mundo donde el tiempo es un recurso no renovable y a menudo limitado, la habilidad para optimizar su uso se convierte en un diferenciador crucial. La intrincada dinámica entre métodos y tiempo destaca la necesidad de enfoques estructurados y estratégicos en la realización de tareas, asegurando no solo eficacia y eficiencia, sino también una gestión astuta del recurso temporal. Los métodos eficientes no solo son guías para la acción, sino aliados hábiles en la constante carrera contra el reloj, garantizando que cada paso dado esté alineado con el compás del tiempo disponible. La teoría de métodos y tiempos, también conocida como estudio de tiempos y movimientos, es un enfoque utilizado en la gestión de operaciones y la mejora de procesos. Se centra en el análisis sistemático de actividades laborales, movimientos y tiempos necesarios para llevar a cabo tareas o procesos específicos. Implica descomponer la tarea o proceso en componentes individuales para comprender mejor su ejecución.
- ***Eficiencia temporal en métodos de producción.*** Métodos estandarizados se emplean para medir el tiempo de cada tarea, determinando el tiempo promedio necesario y estableciendo estándares de rendimiento. El objetivo es identificar y eliminar movimientos innecesarios o ineficientes para optimizar la productividad. Los resultados del estudio de tiempos y movimientos se emplean para rediseñar procesos y tareas, buscando la máxima eficiencia. Los estándares de tiempo y métodos sirven para evaluar el desempeño y asegurar el cumplimiento de objetivos de producción, así como para controlar la calidad y consistencia en la ejecución de tareas. Estos estándares y métodos eficientes son fundamentales para la formación del personal, garantizando el seguimiento correcto de procedimientos [28].

- ***Mejora continua y eficiencia temporal en procesos productivos.*** Al eliminar movimientos ineficientes y optimizar los tiempos de trabajo, las organizaciones reducen costos operativos y fomentan una cultura de mejora continua. El estudio de tiempos y movimientos ayuda a identificar prácticas laborales inseguras y a minimizar riesgos para los trabajadores. Implementar métodos más eficientes y eliminar movimientos ineficientes incrementa la productividad y facilita el uso efectivo de los recursos disponibles, especialmente en entornos de producción y fabricación. Esta disciplina es crucial en diversos sectores, permitiendo identificar y mejorar la eficiencia en la ejecución de tareas [29].
- ***Gestión estratégica del tiempo en procesos productivos.*** Esto se traduce en un uso más eficiente de recursos como tiempo y mano de obra. Al eliminar movimientos innecesarios y optimizar métodos de trabajo, las organizaciones reducen costos operativos, especialmente vital en entornos empresariales competitivos. La optimización resulta en un aumento de la productividad, permitiendo producir más con los mismos recursos o requerir menos recursos para producir la misma cantidad [30].
- ***Optimización de métodos y tiempo en la gestión de inventarios.*** Contribuye al control de calidad al estandarizar métodos, asegurando consistencia en la ejecución de tareas. Proporciona pautas claras para el desempeño laboral, facilitando la evaluación y establecimiento de objetivos realistas. Una gestión eficiente de métodos y tiempos impacta positivamente en la cadena de suministro al garantizar tareas a tiempo y eficientemente, reduciendo cuellos de botella y mejorando el flujo de trabajo
- ***Eficiencia operativa y control de calidad en la gestión de inventarios.*** Esta teoría fomenta una cultura de mejora continua, constantemente en búsqueda de formas de optimizar procesos y métodos de trabajo. Al eliminar movimientos y prácticas laborales inseguras, la teoría de métodos y tiempos contribuye a la seguridad de los trabajadores y la prevención de accidentes laborales. Sirven como base para la capacitación de empleados, garantizando que todos sigan los procedimientos correctos. La estandarización de métodos y tiempos facilita la adaptación a cambios en la demanda o procesos, esencial en entornos empresariales cambiantes. La gestión eficiente contribuye a la sostenibilidad al reducir el desperdicio de recursos y la energía utilizada en tareas innecesarias [31].

- ***Aplicación de teorías de métodos y tiempos en procesos de recepción y almacenamiento.*** La teoría de métodos y tiempos emerge como una herramienta valiosa para identificar procesos ineficientes en la recepción y almacenamiento de productos, impactando directamente la gestión de inventarios. Al optimizar estos procesos, se reduce el tiempo entre la recepción de productos y su disponibilidad en inventario. Al medir con precisión el tiempo requerido para tareas y procesos, la teoría proporciona datos más precisos para establecer puntos de pedido en la gestión de inventarios, asegurando la realización oportuna de pedidos. La estandarización y la reducción de movimientos ineficientes mejoran la precisión de los registros de inventario en la recepción y almacenamiento de productos [32].

- ***Mejora continua y sostenibilidad en la gestión de inventarios.*** La aplicación de la teoría de métodos y tiempos puede ser fundamental para establecer procedimientos efectivos de control de calidad en la recepción de productos, evitando la entrada de productos defectuosos o dañados al inventario. La eficiencia en el uso del espacio de almacenamiento se vuelve trascendental en la gestión de inventarios, contribuyendo al diseño de un layout de almacén más eficiente y al uso óptimo del espacio disponible. La estandarización y optimización de métodos y tiempos en la recepción y almacenamiento pueden reducir los tiempos de ciclo, acelerando la disponibilidad de productos en inventario. La información precisa sobre tiempos de procesamiento facilita la planificación de la producción y compras, evitando la sobreproducción o la falta de productos en inventario [33].

- ***Eficiencia en la cadena de suministro mediante métodos y tiempos.*** La gestión de inventarios eficiente, respaldada por la teoría de métodos y tiempos, disminuye los costos asociados al mantenimiento de inventarios, como los costos de almacenamiento y obsolescencia. Esta teoría también puede aplicarse en la recolección de pedidos y la preparación de productos para su envío, mejorando así la eficiencia en el proceso de cumplimiento de pedidos. Esta interacción aporta beneficios al mejorar la eficiencia de los procesos relacionados con la recepción, el almacenamiento y la gestión de productos, resultando en una mayor precisión en el control de inventarios, una reducción de costos y una mayor eficiencia en la cadena de suministro. La combinación de ambas teorías puede conducir a una gestión de inventarios más efectiva y optimizada.

1.3.2 Modelos y enfoques

a. Generalidades

En el contexto empresarial, el término "modelo" se refiere a una representación simplificada de un sistema, proceso o concepto, que puede adoptar diversas formas, como representaciones gráficas, matemáticas o descripciones verbales. Estas representaciones son herramientas conceptuales utilizadas para comprender, analizar o simular la realidad de manera más manejable. La consideración de un modelo en el ámbito empresarial es esencial, ya que encapsula una representación simplificada pero estructurada de elementos clave dentro de una organización. Estos modelos pueden materializarse desde representaciones gráficas que visualizan flujos de procesos hasta modelos matemáticos que cuantifican relaciones financieras. En esencia, estos modelos actúan como herramientas conceptuales destinadas a ofrecer una comprensión más clara y manejable de la complejidad inherente a las operaciones comerciales [34].

En la práctica empresarial, la aplicación de modelos abarca diversas áreas, como la planificación estratégica, la gestión de recursos humanos y la toma de decisiones financieras. Estos modelos ofrecen una comprensión más profunda de las dinámicas internas y externas que afectan a la organización. Al emplear representaciones simplificadas pero precisas, los líderes empresariales cuentan con herramientas para analizar patrones, identificar tendencias y simular posibles escenarios futuros. Esta capacidad es especialmente valiosa en un entorno empresarial dinámico, donde la toma de decisiones informada y ágil se vuelve esencial para el éxito [35].

En el dinámico mundo empresarial, los enfoques son fundamentales para la toma de decisiones y la implementación efectiva de cambios estratégicos. Van más allá de simples pasos, representando métodos y perspectivas que guían a las organizaciones hacia el logro de objetivos específicos. Estos enfoques pueden incluir desde filosofías fundamentales hasta tácticas prácticas, adaptándose a los desafíos únicos que enfrenta cada empresa. En la gestión empresarial, estos enfoques estratégicos definen cómo una empresa aborda sus metas y desafíos, evolucionando continuamente en respuesta a cambios ambientales, avances tecnológicos y preferencias del consumidor [36].

La diversidad de enfoques en la gestión empresarial refleja la complejidad y la variabilidad del entorno comercial, desde enfoques centrados en la eficiencia operativa hasta estrategias basadas en la diferenciación de productos, cada enfoque busca ofrecer a la empresa una ventaja competitiva en su sector. La elección del enfoque correcto depende de factores como la industria, la posición en el mercado, los recursos disponibles y las metas a largo plazo. Los enfoques estratégicos no solo abarcan decisiones a nivel ejecutivo, sino que también influyen en la cultura organizativa y en cómo se implementan los cambios en todos los niveles de la empresa. Un enfoque que promueva la agilidad y la adaptabilidad es esencial en un mercado que evoluciona rápidamente, mientras que enfoques más conservadores son adecuados en entornos más estables.

b. Relación entre modelos y enfoques

La relación entre modelos y enfoques se establece como una colaboración esencial para abordar y resolver problemas en diversos contextos. Los modelos, al actuar como representaciones simplificadas y estructuradas de la realidad, funcionan como herramientas conceptuales valiosas que facilitan la comprensión de fenómenos complejos o sistemas empresariales. Estos modelos pueden adoptar diferentes formas, proporcionando una manera manejable de interpretar y analizar información. Los modelos son como mapas que guían la comprensión, pero su verdadera eficacia radica en cómo se integran en los enfoques estratégicos. Los enfoques representan la estrategia o filosofía adoptada para resolver problemas específicos, siendo los marcos que determinan la aplicación y uso práctico de los modelos. Así, un enfoque estratégico dicta la selección y aplicación de modelos particulares en función de los objetivos y desafíos empresariales específicos [37].

La sinergia entre modelos y enfoques impulsa la resolución efectiva de problemas empresariales al integrar modelos como herramientas críticas dentro de un enfoque estratégico más amplio. Los modelos proporcionan la base conceptual y visual, mientras que los enfoques dirigen estratégicamente su aplicación. La elección y aplicación estratégica de modelos y enfoques son fundamentales para el éxito en la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas, destacando la importancia de su integración efectiva.

- ***Modelos de procesos productivos.*** Los modelos de procesos productivos son como mapas detallados que guían a través del complejo territorio de la producción, estas representaciones no solo delinear las etapas constituidas por tareas involucradas en la creación de bienes y servicios, sino que también proporcionan una visión panorámica de la manera en que cada pieza encaja en el rompecabezas general de la eficiencia y la productividad empresarial. El hecho de ofrecer una visión estructurada, permiten una comprensión más profunda de las interconexiones entre diferentes procesos, además de la manera en que estos interactúan y se impactan. Estos modelos no solo se limitan a ser esquemas estáticos; son dinámicos y adaptables. Permiten la identificación de cuellos de botella, la optimización de flujos de trabajo, la anticipación de posibles problemas y la implementación de mejoras continuas [38].
- ***Toma de decisiones estratégicas y anticipación en procesos productivos.*** Los modelos de procesos productivos facilitan la toma de decisiones estratégicas, ya que proporcionan una base sólida para evaluar y modificar procesos con el objetivo de aumentar la eficiencia y reducir costos. En el epicentro de la utilidad de estos, se encuentra la capacidad de anticipar y prever, los modelos de procesos productivos sirven como herramientas predictivas, brindando información valiosa sobre la demanda futura, los posibles desafíos y las áreas en las que se pueden implementar cambios para optimizar la producción. Esta capacidad de pronóstico ayuda a las empresas a adaptarse rápidamente a cambios en el mercado, a nuevas tecnologías y a las demandas de los clientes [39].
- ***Modelo en línea de ensamblaje en la producción industrial.*** En el desarrollo productivo, muchas empresas han optado por el modelo en línea de ensamblaje, este es un enfoque fundamental en la producción industrial que se asemeja a una coreografía meticulosa donde cada estación de trabajo desempeña un papel crucial en la creación de un producto, como se muestra en la Figura 3. Esta metodología se basa en una disposición secuencial de estaciones, cada una designada para llevar a cabo una tarea específica en el proceso de fabricación. Desde la adquisición de los componentes hasta la creación del producto final, cada estación se especializa en una función particular, optimizando así la eficiencia y la productividad [40].

- **Especialización y sincronización en el modelo en línea de ensamblaje.** Cada estación se enfoca en una tarea específica, permitiendo que el producto avance de manera fluida y sin interrupciones a lo largo de la línea, este modelo facilita la producción continua, reduciendo los tiempos de inactividad y maximizando la eficiencia al minimizar el movimiento de los productos entre diferentes áreas de trabajo.
- **Modelo de producción en masa y economías de escala.** La clave de este modelo radica en la especialización y la sincronización, cada estación se convierte en un experto en la tarea asignada, lo que resulta en una mayor velocidad y precisión en la ejecución de esa tarea en particular. Además, al mantener un flujo constante y secuencial, se reduce el tiempo de espera entre etapas, optimizando así el tiempo de producción total. La aplicabilidad radica en la capacidad para garantizar una producción eficiente y rápida, minimizando costos y maximizando la salida de productos terminados en un tiempo óptimo. En otra línea de ideas, se conoce el modelo de producción en masa, el cual, representa un paradigma en la manufactura que impulsa la eficiencia mediante la producción a gran escala de productos uniformes y estandarizados. Este enfoque se basa en la premisa de economías de escala, donde la producción masiva de un artículo reduce los costos unitarios al distribuir los gastos fijos entre un mayor número de unidades producidas.
- **Estandarización y control de calidad en la producción en masa.** Esta estrategia se emplea principalmente en bienes de alta demanda, donde la uniformidad y la velocidad de producción son esenciales para satisfacer las necesidades del mercado. La eficiencia y rapidez son fundamentales en este modelo, al estandarizar componentes y procesos, se minimiza el tiempo requerido para fabricar cada unidad. Esta estandarización permite que las máquinas y los trabajadores se especialicen en tareas específicas, optimizando así el proceso de producción, la producción en masa no solo se trata de la cantidad; también implica una meticulosa planificación para mantener altos estándares de calidad. Se implementan estrictos controles de calidad en diferentes puntos de la línea de producción para asegurar que cada artículo cumpla con los requisitos establecidos. La optimización constante de las técnicas y maquinaria también es fundamental para mantener la eficiencia y reducir los tiempos de inactividad.

- **Modelo de producción por lotes.** El modelo de producción por lotes representa una estrategia de fabricación donde los productos se elaboran en conjuntos o lotes discretos, siguiendo un proceso completo desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto finalizado. A diferencia de la producción en masa, donde se enfatiza la uniformidad y la producción continua, el modelo por lotes se orienta hacia la flexibilidad y la capacidad de ofrecer productos personalizados o con características específicas. Esta metodología permite ajustar la producción según la demanda, los pedidos específicos de los clientes, ofreciendo una variedad de productos frescos y personalizados. Este enfoque es común en la industria alimentaria, donde la frescura y la personalización son clave, pero también se aplica en la fabricación de productos a medida o de alta calidad, como muebles, prendas de vestir personalizadas o dispositivos electrónicos especializados [41].

- **Flexibilidad y control de calidad en la producción por lotes.** La producción por lotes maximiza la eficiencia al permitir la adaptación a diferentes requisitos de los clientes sin sacrificar la calidad, aunque puede requerir cambios en la configuración de la línea de producción entre lotes, este modelo ofrece la versatilidad necesaria para satisfacer demandas variables y específicas del mercado. Además, este enfoque se encuentra acompañado de un control riguroso de calidad en cada lote producido, cada serie se somete a inspecciones y pruebas para garantizar que cumpla con los estándares establecidos, asegurando así la consistencia y excelencia en cada producto final. Por lo que, el modelo de producción por lotes destaca por la flexibilidad para adaptarse a la demanda variable y a los requerimientos específicos de los clientes, permitiendo la entrega de productos personalizados o especializados, manteniendo al mismo tiempo altos estándares de calidad y satisfaciendo las expectativas del mercado.

- **Modelo de producción Just-in-Time (JIT).** El modelo de producción Just-in-Time (JIT) se centra en minimizar el inventario manteniendo un flujo constante de producción. A diferencia de acumular grandes existencias, este enfoque se basa en adquirir y ensamblar componentes y materiales justo en el momento necesario para cumplir con la demanda del cliente. Esto reduce costos asociados al almacenamiento prolongado y el riesgo de obsolescencia, optimizando el espacio de almacenamiento y mejorando la eficiencia operativa [42].



Figura 3. Modelo de producción just in time [43]

- **Optimización de procesos y calidad en el modelo JIT.** El JIT también está estrechamente relacionado con la optimización de los procesos y la calidad. Al reducir la cantidad de inventario almacenado, los problemas y defectos se detectan más rápidamente, lo que permite abordarlos de manera inmediata y evitar la producción de productos defectuosos en grandes cantidades. Esta mentalidad de mejora continua y enfoque en la calidad se alinea con los principios del JIT, ya que cualquier problema puede impactar rápidamente en la cadena de producción y en la satisfacción del cliente. Este modelo no se limita solo a la fabricación, también se aplica en sectores como la distribución, logística y gestión de inventarios, donde se busca minimizar el tiempo de espera y el almacenamiento para mejorar la eficiencia en la cadena de suministro [43].
- **Modelos de gestión de inventarios.** Existen varios modelos de gestión de inventarios que las organizaciones utilizan para optimizar el control y la gestión de sus inventarios. Estos modelos se eligen en función de las necesidades y las características específicas de la organización. Dentro de los que se pueden considerar el modelo cantidad económica de pedido (EOQ), este modelo se utiliza para determinar la cantidad óptima que una organización debe pedir de un artículo en inventario en cada pedido. El objetivo es minimizar los costos totales de inventario, que incluyen costos de pedido y costos de mantenimiento de inventario [44].

- **Modelo de revisión continua (Q, R).** En el modelo de revisión continua (Q, R), en este modelo, se establece un nivel de inventario de revisión (R) y se realiza un pedido cuando el inventario cae por debajo de ese nivel. La cantidad del pedido (Q) se determina utilizando el modelo EOQ. Este enfoque garantiza que el inventario se reponga antes de agotarse. Por otra parte, el modelo de revisión periódica (P, T), los pedidos se realizan a intervalos fijos de tiempo (T). La cantidad del pedido (P) se determina para satisfacer la demanda esperada durante ese período. Este modelo es útil cuando se necesita una programación más regular de pedidos [45].
- **Modelos de demanda independiente y dependiente.** El modelo de demanda independiente se utiliza para gestionar productos que tienen demanda independiente, es decir, la demanda de un artículo no está relacionada con la de otros. el modelo se basa en pronósticos de demanda y puede incluir políticas de revisión continua o periódica. El modelo de demanda dependiente se utiliza para gestionar productos con demanda dependiente, lo que significa que la demanda de un artículo está relacionada con la demanda de otro artículo o componente. El enfoque se centra en la planificación de la producción y la gestión de la cadena de suministro. El modelo ABC (Análisis ABC), clasifica los productos en inventario en función de su importancia o valor. Los productos se dividen en categorías A, B y C, donde los productos A son los más importantes y los C los menos importantes. Esto permite asignar recursos de manera más efectiva [46].
- **Modelo just in time (JIT) y planificación de requerimientos de materiales (MRP).** El modelo justo a tiempo (JIT), los productos se entregan y se producen justo cuando se necesitan, lo minimiza los niveles de inventario y reduce los costos asociados. El modelo planificación de requerimientos de materiales (MRP), se utiliza en la gestión de inventarios de componentes y materiales en empresas manufactureras. El MRP se basa en la planificación de la demanda y permite programar la producción en función de las necesidades de los productos finales. En situaciones de escasez, el modelo de reparto de escasez asigna una cantidad limitada de productos a diferentes clientes o departamentos de manera equitativa o basada en ciertos criterios.

- ***Modelo de inventario de seguridad (Safety Stock).*** El modelo de seguridad (Safety Stock), incluye la determinación de niveles de inventario de seguridad para protegerse contra la incertidumbre en la demanda o en los plazos de entrega. Este modelo se utiliza para evitar la falta de inventario en situaciones imprevistas. La elección del modelo de gestión de inventarios adecuado depende de la naturaleza de los productos, la demanda, la disponibilidad de datos, los objetivos de la organización y otros factores específicos [47].
- ***Técnicas de medición de tiempos y procesos.*** Existen diversas técnicas de medición de tiempos y procesos que se utilizan para analizar y evaluar el rendimiento de las actividades y tareas dentro de una organización. Estas técnicas son esenciales para la mejora de la eficiencia y la productividad. Dentro de las que se pueden considerar el cronometraje manual, en esta técnica, un observador registra manualmente el tiempo que lleva realizar una tarea. Se utilizan relojes o cronómetros para medir los tiempos y se registran en hojas de control. Además, se puede considerar el cronometraje por video, en el que se graba un video de la ejecución de una tarea y luego se analiza en busca de tiempos y movimientos, lo que permite una revisión detallada y la identificación de ineficiencias [27].
- ***Cronometraje de observación continua y estudio de tiempos predeterminados.*** El cronometraje de observación continua permite que un observador siga continuamente al trabajador durante la realización de la tarea y registra los tiempos de inicio y finalización de cada subactividad. En lo que respecta al estudio de tiempos predeterminados, se utilizan tablas predefinidas que contienen valores de tiempo estándar para diferentes movimientos o actividades. Se seleccionan los valores adecuados según la tarea y se suman para obtener el tiempo total. Cuando se realiza el muestreo del trabajo, se observa y mide el tiempo de una muestra representativa de tareas o actividades en lugar de medir cada actividad, los resultados se extrapolan al conjunto de actividades [48].

- ***Muestreo de tiempo y movimiento, y cronometraje con cronómetro múltiple.*** En el caso del muestreo de tiempo y movimiento, es similar al muestreo del trabajo, pero se enfoca en el tiempo de actividad y los movimientos involucrados en cada tarea. Al emplear el cronometraje con cronómetro múltiple, se utilizan varios cronómetros para medir simultáneamente diferentes actividades relacionadas en una tarea. Esto permite analizar la secuencia de actividades. De igual manera, se puede utilizar el estudio de frecuencia de observación que, en lugar de medir el tiempo exacto, se registra la frecuencia de ocurrencia de ciertos eventos o acciones en una tarea.
- ***Software de medición de tiempo y procesos, y cronometraje de movimientos o micromovimientos.*** Además, se puede emplear el software de medición de tiempo y procesos, en el que existen numerosos programas y aplicaciones que permiten registrar, analizar los tiempos de tareas y procesos de manera automatizada. Estos programas pueden incluir características como seguimiento de tiempo, generación de informes y análisis de datos. Al emplear el cronometraje de movimientos o micromovimientos, se mide el tiempo dedicado a movimientos específicos dentro de una tarea.
- ***Evaluación del trabajo de expertos.*** Otra alternativa es la evaluación del trabajo de expertos, en la que se consulta a trabajadores experimentados o expertos en una tarea para obtener estimaciones sobre los tiempos necesarios para realizarla. Esto se utiliza cuando no es práctico realizar mediciones directas. Por lo que se puede manifestar que, cada técnica tiene ventajas y limitaciones propias, la elección de la más adecuada depende de la naturaleza de la tarea, la disponibilidad de recursos y los objetivos del estudio. La medición de tiempos y procesos es básica para la mejora de la eficiencia, la identificación de ineficiencias, la toma de decisiones informadas en la gestión de operaciones y la optimización de procesos [49].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio de tiempos y métodos para la optimización de los procesos productivos y la gestión de inventario en la empresa de suelas de zapatillas “BRPlast”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de los procesos productivos y la gestión de inventario en la empresa de suelas de zapatillas “BRPlast”.
- Plantear un estudio de tiempos y métodos identificando los cuellos de botella en los procesos productivos y la gestión de inventario en la empresa “BRPlast”.
- Proponer un modelo de reducción de tiempos en el área de producción abordando el cuello de botella con mayor desperdicio en la empresa “BRPlast”.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En la Tabla 1, se presenta la lista de los materiales que fueron utilizados para dar cumplimiento al desarrollo de la presente investigación.

Tabla 1. Lista de materiales utilizados en la investigación

Material	Figura	Descripción
Computador		Dispositivo electrónico que permite la búsqueda, clasificación y desarrollo de la información pertinente para dar cumplimiento al proyecto.
Celular		Dispositivo empleado con la finalidad de poder realizar capturas fotográficas del desarrollo de los procesos dentro de la empresa.
Formato de Entrevistas Libre		Documento el cual nos permite la recolección de información adicional con respecto a la empresa permitiendo la comunicación de forma no estructurada con preguntas abiertas.
Cronometro		Dispositivo utilizado para medir el tiempo transcurrido desde un momento específico hasta que se detiene el dispositivo.
Microsoft Word		Software para procesar texto el mismo que será empleado en el desarrollo del informe.
Microsoft Excel		Software de procesamiento de datos mediante hojas de cálculo para organizar los históricos con referencia a tiempos.
Microsoft Visio		Programa de dibujo vectorial el cual permite la creación de diagramas, organigramas, planos de construcción, planos de planta, diagrama de flujo de procesos, modelado de procesos, etc.
AutoCAD		Herramienta empleada para crear dibujos y modelos en 2D y 3D en las industrias de arquitectura, ingeniería y diseño.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Se realizó un análisis exhaustivo de la situación actual en "BRPlast", fundamentando las recomendaciones en datos recopilados y técnicas de mejora continua para optimizar los procesos productivos.

En la fase de investigación de campo, fue imperativo analizar los fenómenos que ocurrieron en la línea de producción en tiempo real, tanto para la recopilación de datos como para la identificación de los puntos conflictivos en los puestos de trabajo. En la fase de investigación bibliográfica y documental, el investigador utilizó herramientas informáticas para buscar información en bases de datos y fuentes bibliográficas como libros, artículos científicos, tesis y revistas, entre otros recursos. Estos fueron fundamentales para enriquecer la comprensión del objeto de estudio y elaborar un enfoque que destacara los puntos clave de la investigación.

2.2.2 Población y muestra

Se trabajó con todo el personal de la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast" debido a que la población era bastante reducida. La totalidad de la población sujeta a estudio comprendía 7 empleados distribuidos en diversos procesos, abarcando incluso la parte administrativa, como se especificaba en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalle del número de personas de trabajo

Empresa	Personas
Administrativa	2
Operación	5
TOTAL	7

2.2.3 Recolección de información

La recopilación de la información se llevó a cabo mediante el uso de técnicas de recolección de datos para obtener una visión completa y detallada de los procesos productivos y la gestión de inventario detallado en la Tabla 3.

Tabla 3. Recolección de información

Objetivos de la investigación	Actividades de la investigación	Técnica/ Método	Instrumento o herramienta
Diagnosticar la situación actual en los procesos operativos de la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast"	Se recolectó la información acerca de la reseña histórica de la empresa.	• Observación directa. • Entrevista.	• Formato de entrevista libre. • Software Word.
	Se establecieron los principales productos y servicios que oferta la empresa.	• Observación directa.	• Catálogo. • Ficha de productos.
	Se reconoció la estructura organizativa de la empresa.	• Observación directa.	• Software Visio. • Hojas de datos del personal.
Desarrollar un estudio tiempo y métodos identificando cuellos de botella en los procesos productivos y gestión de inventario de la empresa "BRPlast"	Se realizó el análisis de tiempos.	• Observación directa. • Cronometraje	• Cronómetro. • Registro de observaciones.
	Se realizó un estudio de métodos.	• Observación directa. • Análisis de Procesos.	• Lista de verificación. • Diagrama de flujo.
	Se identificaron cuellos de botella en la producción y gestión de inventario.	• Análisis de Flujo de trabajo y proceso.	• Diagramas de proceso. • Diagramas de recorrido.
Proponer medidas concretas optimizando los procesos productivos y gestión de inventario en la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast"	Se revisaron los resultados del análisis de tiempos métodos.	• Evaluación de datos recopilados.	• Informes de análisis de tiempos y métodos.
	Se identificaron áreas de mejora en los procesos productivos y gestión de inventario	• Análisis comparativo.	• Matrices de evaluación • Gráficos de resultados.
	Se propusieron medidas específicas para la optimización	• Entrevistas estructuradas con el personal.	• Revisión de Propuestas.

a. Observación

El método de observación se distinguió como un enfoque fundamental para recabar información de manera sistemática, involucrando directamente a los representantes de los procesos y aprovechando la experiencia acumulada tanto del personal colaborador como del investigador. Esta metodología permitió una comprensión profunda de las dinámicas de trabajo, identificando no solo cómo se realizan las tareas, sino también revelando aspectos menos visibles como la interacción entre los miembros del equipo y la adaptabilidad a cambios inesperados. Al posibilitar una inmersión en el contexto real en el que los procesos ocurrían, el investigador pudo capturar detalles cruciales que podrían haber pasado desapercibidos mediante otros métodos [50].

La aplicación del método de observación en entornos colaborativos fomentó un análisis detallado de las operaciones, facilitando la identificación de áreas de mejora y la compilación de soluciones basadas en prácticas efectivas ya existentes dentro de la organización. Este enfoque subrayó la importancia de la experiencia personal y colectiva, sirviendo como un puente entre la teoría y la práctica. Al observar directamente a los individuos en su ambiente laboral, se favoreció una perspectiva más holística que abarcó tanto aspectos técnicos como humanos de la ejecución de procesos [51].

Además, este método promovió un diálogo continuo entre el investigador y los participantes, permitiendo una retroalimentación inmediata que enriqueció el proceso investigativo. La observación no fue meramente pasiva; involucró una participación activa y consciente por parte del observador, quien estuvo preparado para adaptar su enfoque según la información que iba emergiendo. Esta interacción cercana aseguró que la recolección de datos estuviera alineada con las necesidades reales de la organización, allanando el camino para implementaciones exitosas que se sustentaron en una comprensión auténtica de las prácticas laborales.

b. Análisis

El método de análisis de calidad implicó una evaluación exhaustiva de los datos recopilados, que posteriormente se utilizaron para llevar a cabo análisis de productividad multifactorial. Este enfoque permitió a la organización examinar cómo distintos factores, como la mano de obra, el capital y la tecnología, contribuían conjuntamente a la producción y eficiencia general. Al analizar de manera detallada estas variables, la empresa pudo identificar áreas de mejora, optimizar sus recursos y aumentar su productividad de manera integral.

La productividad total de los factores fue una métrica avanzada que iba más allá de la simple medición de la producción basada en la cantidad de insumos individuales utilizados, como el trabajo o el capital. En cambio, este análisis incluyó una combinación de diversos recursos e insumos, evaluando cómo su interacción y complementariedad afectaban el nivel de salida. Gracias a este enfoque holístico, fue posible obtener una imagen más precisa y completa sobre la eficiencia con la que una organización utilizaba todos sus recursos para generar productos o servicios.

Para implementar con éxito estos análisis, la organización empleó métodos estadísticos y de recolección de datos rigurosos, asegurándose de que la información fuera exacta y relevante. La tecnología jugó un papel crucial en este proceso, facilitando la recolección y el análisis de grandes volúmenes de datos con mayor rapidez y precisión. A través del uso de software especializado y técnicas avanzadas de análisis de datos, las empresas desentrañaron conocimientos valiosos sobre su operación, lo que les permitió tomar decisiones más informadas para impulsar su competitividad en el mercado. En última instancia, el análisis de calidad y la evaluación de la productividad multifactorial se convirtieron en herramientas esenciales para cualquier organización que buscaba mejorar su eficiencia y sustentar un crecimiento a largo plazo.

c. Matrices de caracterización

La matriz de caracterización de procesos industriales fue una herramienta utilizada por la empresa para analizar y comprender de manera profunda los distintos procesos que se llevaban a cabo en la producción. Este análisis contribuyó a la identificación de áreas de mejora, optimización de recursos, y aseguramiento de la calidad del producto final. La matriz permitió clasificar y evaluar cada proceso según diversos criterios relevantes, lo que facilitó la toma de decisiones estratégicas y operativas.

Una matriz de este tipo contiene los siguientes elementos:

- **Nombre del proceso:** Cada proceso fue identificado claramente.
- **Objetivo del proceso:** Se buscaba alcanzar con este procedimiento.
- **Entradas del proceso:** Los recursos necesarios fueron utilizados para realizar el proceso, como materias primas, información, energía, entre otros.
- **Salidas del proceso:** Se esperaban productos o resultados luego de la finalización del proceso.
- **Parámetros de control:** Variables clave debieron ser monitoreadas para asegurar la calidad y eficiencia del proceso.
- **Indicadores de desempeño:** Métricas cuantitativas o cualitativas permitieron evaluar la eficacia y eficiencia del proceso.
- **Responsables:** Las personas o equipos se encargaron de la ejecución, supervisión y mejora continua del proceso.
- **Herramientas y tecnología necesaria:** Equipamiento, software o metodologías se consideraron clave para la realización del proceso.
- **Riesgos asociados:** Potenciales problemas o desviaciones pudieron surgir durante el proceso.
- **Medidas de mitigación:** Estrategias o acciones previstas enfrentaron los riesgos identificados.

Al completar y analizar esta matriz, las organizaciones obtuvieron una visión integral y detallada de sus operaciones, lo cual fue fundamental para mejorar continuamente y mantenerse competitivas en el mercado.

d. Diagrama de operación del proceso

El diagrama de operación de un proceso industrial, también conocido como diagrama de flujo de procesos (DFP), era una herramienta esencial en la ingeniería de procesos y en la industria en general. Este diagrama proporcionaba una visión clara y detallada de las operaciones implicadas en la producción de un producto o en la realización de un servicio, desde la materia prima hasta el producto final. Representaba gráficamente las secuencias de pasos, las decisiones que se debían tomar, y cómo fluían los materiales e información a través de las diversas etapas del proceso [52].

- ***Recolección de datos***
 - **Observación Directa:** Esta técnica implicaba ir a la planta de producción y observar el proceso mientras se llevaba a cabo. Era útil para entender el flujo de trabajo real, identificar cuellos de botella y detectar oportunidades de mejora.
 - **Entrevistas y Encuestas:** Conversar con los operadores, supervisores y otros empleados involucrados en el proceso proporcionaba insights importantes. Ellos podían ofrecer detalles sobre pasos específicos, desafíos operativos y sugerencias de mejoras.
 - **Revisión de Documentos:** Los manuales de operación, procedimientos estándar de operación (SOPs), especificaciones de producto y registros de producción existentes eran fuentes ricas de información para entender el proceso.
- ***Análisis preliminar.*** Se realizó un análisis preliminar para entender la complejidad del proceso, identificar las fases principales y delimitar el alcance del diagrama.

- **Selección del tipo de diagrama.** Dependiendo del objetivo y del nivel de detalle requerido, se escogió el tipo de diagrama de flujo más adecuado. Esto podía variar desde diagramas de bloque simples hasta diagramas de flujo de procesos detallados que incluían parámetros operativos, equipos y flujos de materiales e información.
- **Esquematización.** Con la información recopilada, se inició la esquematización del proceso. Usualmente, se comenzó con una versión de borrador que luego se fue refinando. Fue clave definir y estandarizar los símbolos utilizados para representar los diferentes elementos del proceso, como equipos, válvulas, flujos de materiales, etc.
- **Validación.** Antes de finalizar el diagrama, fue crítico validar la información y el flujo propuesto con el equipo de trabajo y otros stakeholders involucrados. Esto aseguró que el diagrama reflejara fielmente el proceso y fuera útil para su propósito.
- **Herramientas de software.** Aunque era posible dibujar un diagrama de flujo a mano, especialmente en las fases preliminares, el uso de software especializado como AutoCAD, Microsoft Visio, Lucidchart, entre otros, permitió crear diagramas más precisos, fáciles de modificar y profesionales.

El diagrama de operación de un proceso industrial fue un recurso valioso para la comprensión, mejora y comunicación de los procesos industriales. Permitió identificar ineficiencias, optimizar flujos de trabajo y facilitar la capacitación de los empleados. Su desarrollo requería un enfoque sistemático y detallado para capturar todas las facetas del proceso de manera efectiva [50].

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos mediante las técnicas de recolección de información se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Se reconoció la situación inicial de la empresa mediante la identificación de cada uno de los procesos operativos.
- Se diagnosticó la situación actual en los procesos operativos de la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast".

- Se analizó minuciosamente un punto crítico en el flujo operativo, que abarcó desde la recepción de la materia prima hasta la entrega al siguiente puesto.
- Se realizó un estudio detallado de tiempo y métodos para analizar los problemas específicos relacionados con los procesos operativos de la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast".
- Se inició el registro de tiempos esenciales para las modificaciones en la planta, justificando mediante la recopilación de tiempos en diferentes días y evitando interferencias.
- Se propusieron medidas de optimización en los procesos operativos para mejorar la eficiencia y reducir los costos en la empresa de suelas de zapatillas "BRPlast".

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Análisis de situación inicial

a. Reseña histórica

La empresa de producción de suelas deportivas, BRPlast S.A., fue fundada en 2018 con el objetivo de satisfacer la creciente demanda en el mercado de elaboración de calzado deportivo en la provincia de Tungurahua. Desde sus inicios, la compañía se destacó por su compromiso con la calidad, la innovación y el desarrollo profesional técnico. A lo largo de los años, logró consolidarse como un referente en la industria, manteniendo siempre un enfoque en la mejora continua y la satisfacción del cliente. Los datos más relevantes de la empresa se detallaron en la Tabla 4 [51].

Tabla 4. Información básica de BRPlast S.A

Información	
Nombre	BRPlast S.A.
Representante legal	Ing. Fernando Valarezo
Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Actividad económica	Producción de suelas de calzado deportivo
RUC	1254796714001
Teléfono	0999979820
Dirección:	Parroquia Santa Rosa Av. Las moras y García Moreno
Longitud	1°17'20.3" S
Latitud	78°39'03.8" W
Producto ofertado	Suelas de calzado deportivo.



Figura 4. Ubicación de la empresa BRPlast S.A

3.1.2 Principales productos y servicios

La empresa BRPlast S.A. ofrecía una amplia gama de suelas para calzado deportivo. Entre los principales productos que ofrecían se encontraban:

a. Suelas de PVC expandido unicolor

La caracterización de un proceso para la fabricación de suelas de zapatos deportivos de PVC (policloruro de vinilo) expandido unicolor implicaba varios pasos esenciales para obtener un producto final de alta calidad, duradero y estéticamente agradable. A continuación, se describían los pasos clave en este proceso.

- **Diseño y desarrollo del producto.** Primero, se determinan las especificaciones del producto, incluyendo dimensiones, propiedades físicas deseadas y estética. Se realiza un diseño personalizado dependiendo de los últimos estándares de moda, para modelar la suela y realizar ajustes antes de la producción en masa.

Para las suelas de zapatos deportivos, se selecciona un tipo de PVC expandido adecuado que cumple con los requisitos de comodidad, flexibilidad, resistencia al desgaste y peso ligero. El PVC expandido, conocido por su capacidad para ser moldeado en diversas formas y su durabilidad, es ideal para este tipo de aplicaciones [53].

Se prepara la mezcla de PVC junto con plastificantes, estabilizadores, colorantes y otros aditivos necesarios para obtener las propiedades deseadas del producto final. Esta mezcla se homogeneiza para asegurar la uniformidad del color y las propiedades físicas en todas las suelas producidas.

El método utilizado para fabricar suelas de zapatos deportivos de PVC expandido es el moldeo por inyección. La mezcla preparada se inyecta en moldes preformados bajo alta presión. Estos moldes están diseñados según las especificaciones del producto y pueden variar en detalle dependiendo del diseño de la suela.

Una vez inyectado en el molde, el PVC se expande y llena el espacio, tomando la forma definitiva de la suela. El proceso de curado sigue, donde la suela se enfría y solidifica. Durante este proceso, se controlan cuidadosamente las condiciones de temperatura y tiempo para garantizar que la suela alcance las propiedades mecánicas y físicas deseadas.

Después del curado, la suela se retira del molde. El producto puede requerir pasos de acabado adicionales, como el recorte de rebabas, pulido o la adición de texturas o patrones superficiales específicos, para mejorar la apariencia y la funcionalidad [54].

Antes de su empaquetado y distribución, cada suela se somete a pruebas de calidad para asegurar que cumpla con los estándares definidos. Esto incluye pruebas de resistencia al desgaste, flexibilidad, color y otras propiedades físicas y estéticas relevantes.

Las suelas de PVC expandido finalmente están listas para ser empaquetadas y distribuidas a los fabricantes de calzado deportivo. Este proceso integral asegura que las suelas de zapatos deportivos de PVC expandido no solo cumplan con los requisitos funcionales y de rendimiento, sino que también sean visualmente atractivas y cómodas para el usuario final como se muestra en la Figura 5.

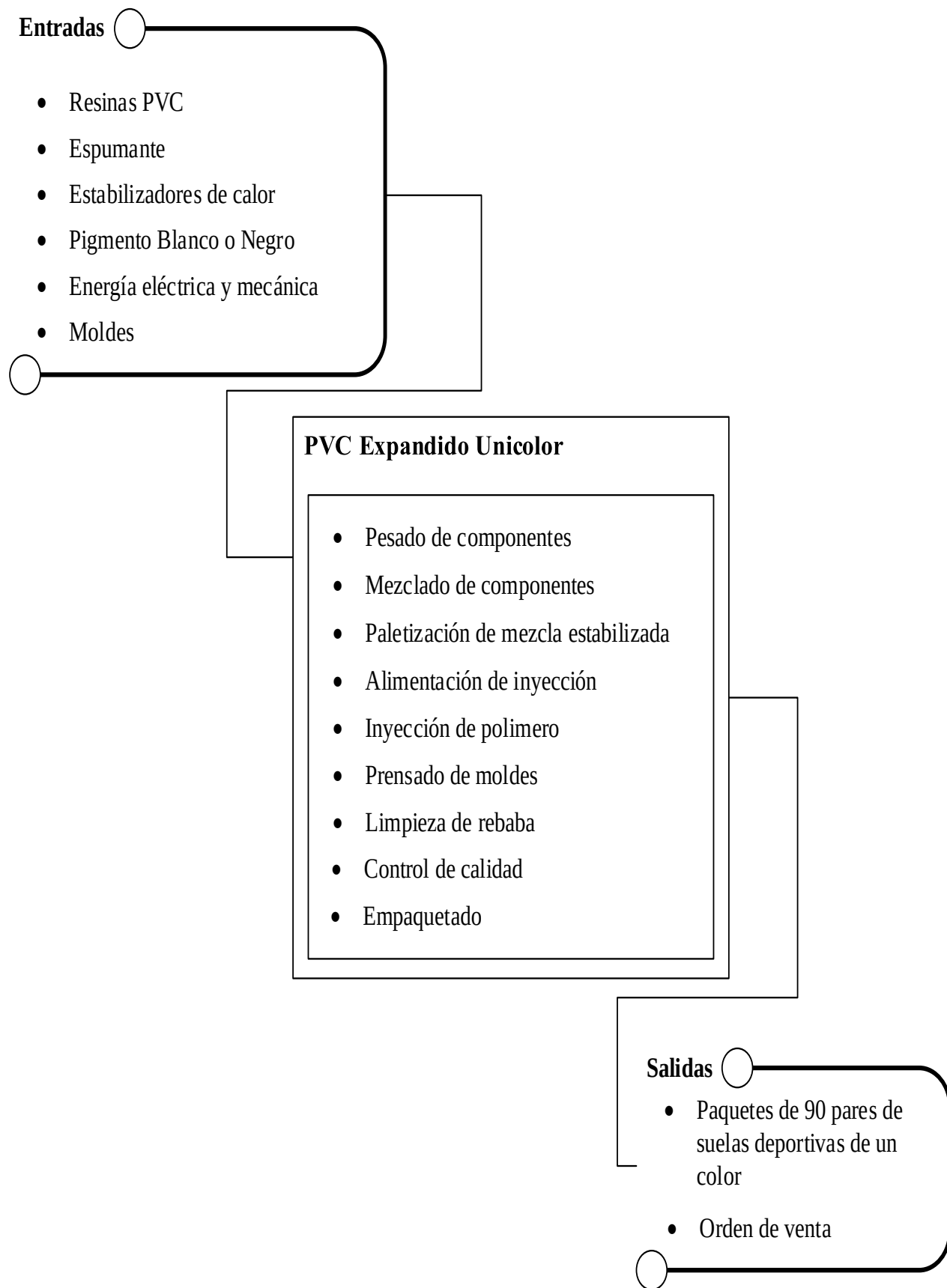


Figura 5. Análisis modular de Suelas de PVC expandido unicolor

b. Suelas de PVC expandido bicolor

La fabricación de suelas para zapatos deportivos a partir de PVC expandido bicolor implicaba un proceso técnico y creativo detallado. Este proceso se caracteriza por varias etapas esenciales, desde el diseño hasta la producción final, utilizando técnicas específicas para trabajar con PVC, un material popular por su durabilidad, flexibilidad y capacidad de ser coloreado de diversas maneras. A continuación, se describen los pasos clave para la caracterización de este proceso.

- ***Diseño y desarrollo del producto.*** El proceso comienza con la fase de diseño, en la que se conceptualiza la apariencia de la suela, incluyendo su forma, patrones de tracción y colores. Basándose en el diseño, se fabrica un molde específico para la suela. Este molde se caracteriza por tener divisiones que permiten la inyección del PVC en dos colores distintos. La precisión en la fabricación del molde es crucial para asegurar la calidad y el ajuste correcto de la suela.

El PVC expandido se prepara en dos colores. La expansión del PVC se logra mediante la incorporación de agentes espumantes que se activan durante el proceso de calentamiento, creando una estructura celular dentro del material que resulta en su característico aspecto expandido y ligereza.

El proceso de inyección es donde el PVC expandido se introduce en el molde precalentado. Este proceso se realiza en dos etapas para permitir la bicoloración: primero se inyecta uno de los colores en áreas específicas del molde, y luego se completa el proceso con el segundo color. Se controlan cuidadosamente la temperatura y la presión para asegurar una distribución homogénea y evitar defectos.

Una vez inyectado el PVC y formada la suela, el conjunto se enfría para solidificar el material. El enfriamiento debe ser lo suficientemente lento para evitar tensiones internas, pero lo suficientemente rápido para mantener una producción eficiente. Después, las suelas se extraen del molde [55].

Cada una de estas etapas tiene sus propios desafíos técnicos y creativos, desde el diseño inicial hasta la producción final como se muestra en la Figura 6.

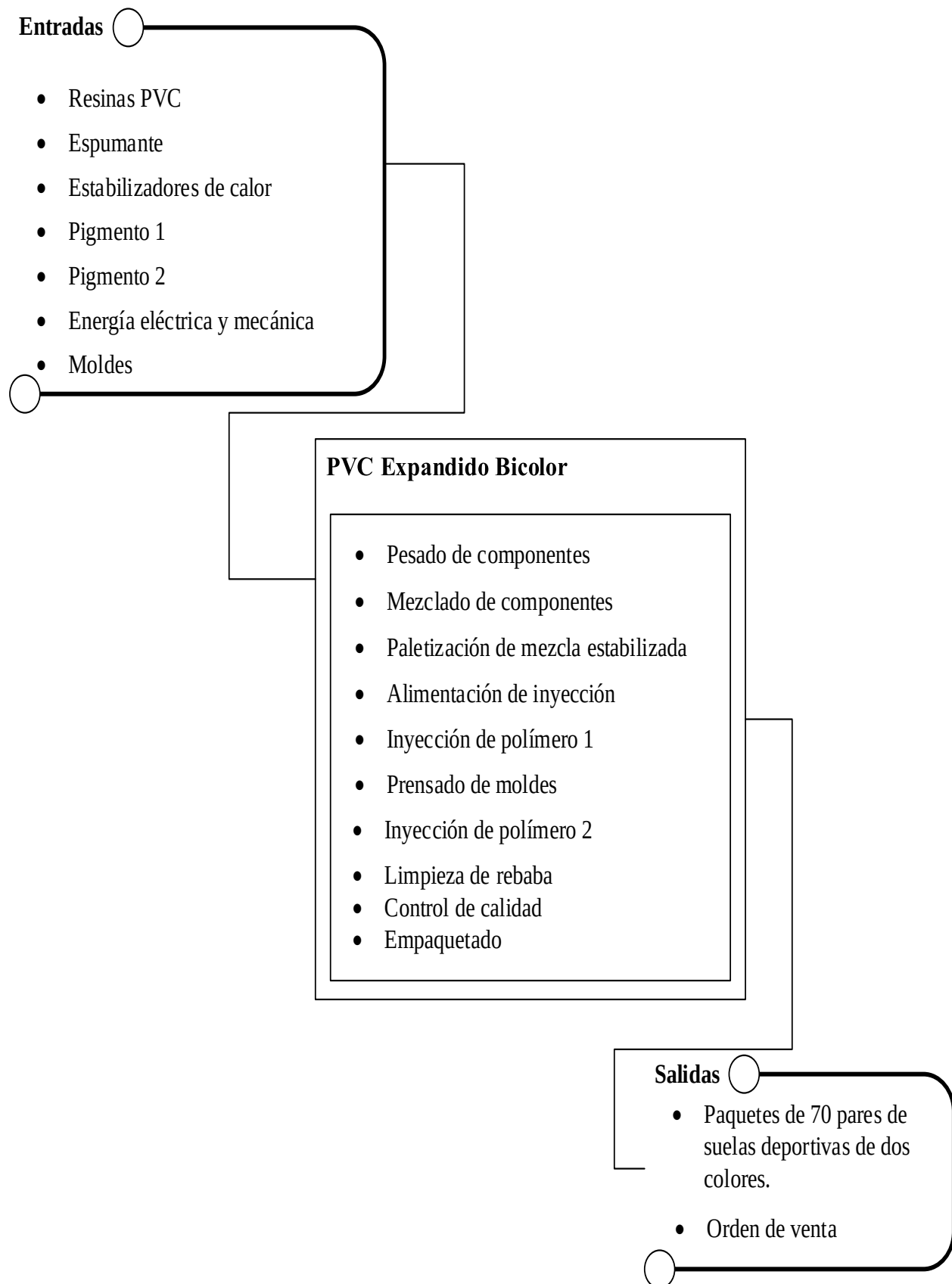


Figura 6. Análisis modular de Suelas de PVC expandido bicolor

c. Suelas de PVC expandido personalizadas

La caracterización de un proceso para la fabricación de suelas de zapatos deportivos de PVC expandido personalizadas implicó varios pasos detallados, enfocados en asegurar que el producto final cumpliera con los requisitos específicos tanto de calidad como de personalización demandados por el cliente. Aquí se describió un esquema general del proceso.

- ***Diseño y personalización.*** Primero se determinan las especificaciones del cliente, como las dimensiones del pie, preferencias en diseño, nivel de amortiguación deseado, patrones de uso (tipo de deporte o actividad), etc. Utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD), se crea un modelo digital de la suela personalizada. Este paso es crucial para asegurar la precisión en el ajuste y la funcionalidad deseada.

Dependiendo de las características deseadas (color, resistencia a la abrasión, flexibilidad), se escogen aditivos específicos para incorporar en el PVC expandido. Se pesan con precisión el PVC y los aditivos según la formulación diseñada. Luego, se mezclan homogéneamente para garantizar una composición uniforme.

Se fabrican moldes de acero o aluminio basados en el diseño CAD, tomando en cuenta las contracciones del material durante el enfriamiento. El PVC expandido es inyectado o comprimido en el molde caliente. El método de moldeo por inyección es más común para producciones a gran escala, mientras que el moldeo por compresión puede ser preferido para series cortas o detalles más intrincados.

Una vez solidificada la suela, se desmolda y se deja enfriar. Luego se realizan operaciones de acabado, como el corte de excesos, pulido o la aplicación de texturas adicionales según se requiera.

Después se realizan pruebas para verificar las dimensiones, densidad, dureza, flexibilidad y adhesión del material, asegurando que la suela cumpla con los estándares de calidad y con los requisitos del cliente.

Finalmente, el producto terminado se empaqueta y se distribuye de acuerdo con las especificaciones del cliente. Este proceso de caracterización puede variar ligeramente

dependiendo de las tecnologías específicas y capacidades del fabricante, así como de los requisitos particulares del cliente.

La clave del éxito reside en la precisión del diseño, la calidad de los materiales y el control continuo a lo largo de todo el proceso de fabricación como se muestra en la Figura 7.

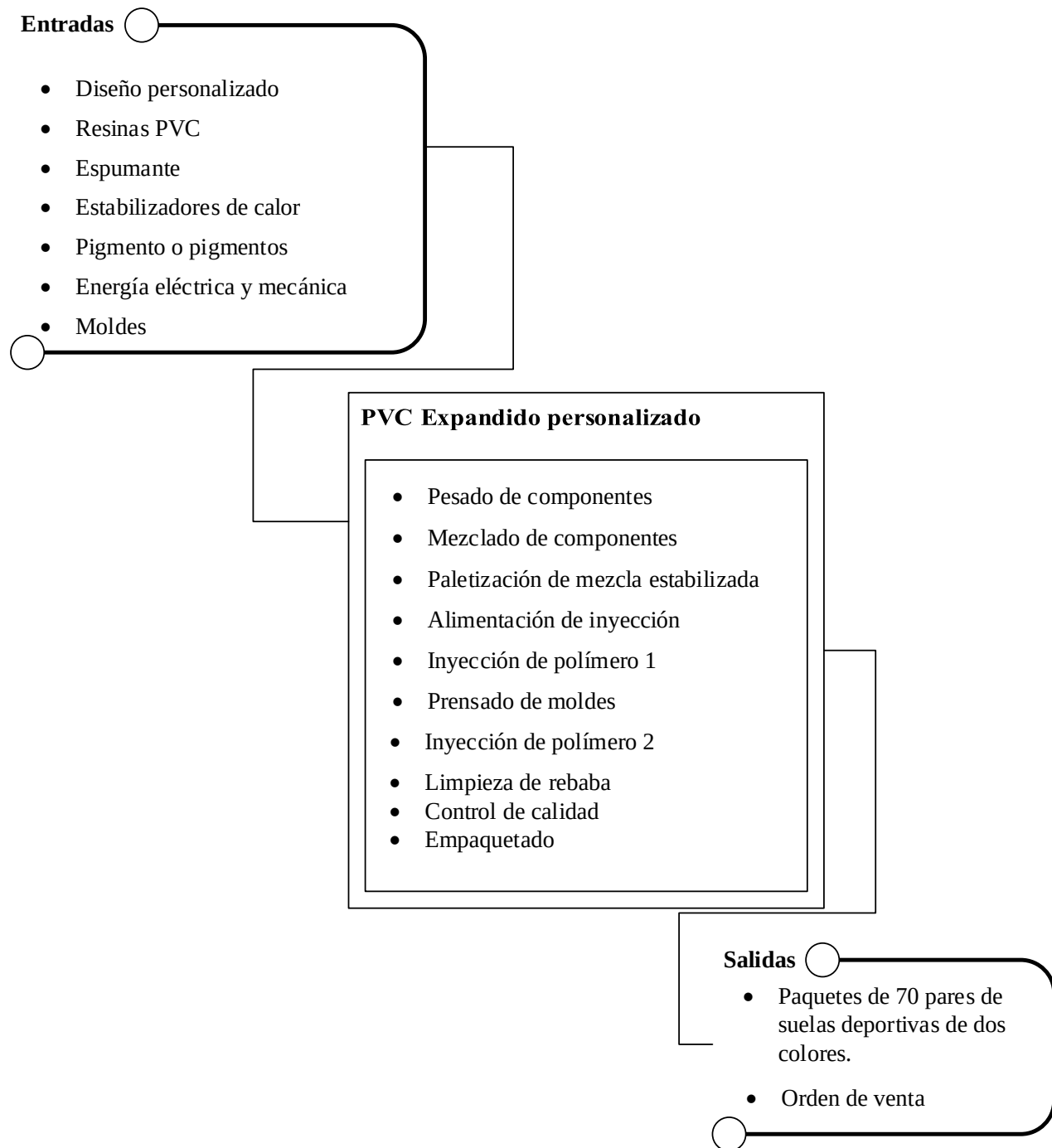


Figura 7. Análisis modular de Suelas de PVC expandido personalizadas

d. Suelas con tecnología ultraboost

La fabricación de suelas de zapatos deportivos, especialmente cuando se incorporó tecnología como ultraboost, implicó una serie de pasos detallados de caracterización y proceso para garantizar no solo el confort y el rendimiento, sino también la durabilidad y la eficacia energética en la pisada. La caracterización de este proceso se describió en varias fases clave. [55].

- ***Diseño y desarrollo del producto.*** Una vez establecidas las necesidades y requisitos, se procede al diseño de la suela. Este proceso utiliza software avanzado de diseño asistido por computadora (CAD) para modelar la suela de acuerdo con los parámetros de desempeño deseados. Se presta especial atención a la distribución y forma de las cápsulas de energía (en el caso de ultraboost, son miles de pequeñas cápsulas de poliuretano termoplástico, TPU) que son fundamentales para brindar el retorno de energía característico de esta tecnología.

Para ultraboost, se utiliza un TPU especial que ofrece alto rendimiento en términos de elasticidad, resistencia y durabilidad. Este material también permite una buena manufactura y es consistente en diferentes condiciones de uso y temperaturas.

El proceso de fabricación de la suela ultraboost emplea una técnica llamada expansión de vapor, también conocida como moldeo por inyección de vapor. Esta técnica permite crear miles de mini cápsulas de TPU que luego se fusionan para formar la suela. Este proceso se controla cuidadosamente para asegurar que cada cápsula tenga el tamaño y la consistencia correctos [55].

El desarrollo y la fabricación de suelas de zapatos deportivos con tecnología ultraboost implican un complicado equilibrio entre innovación tecnológica, precisión ingenieril y una comprensión profunda de las necesidades de los usuarios finales. La caracterización de este proceso destaca la importancia de la investigación, el diseño meticuloso, la selección de materiales avanzados y rigurosas pruebas para lograr un producto que redefine las expectativas de rendimiento y confort en el calzado deportivo como se muestra en la Figura 8 [55].

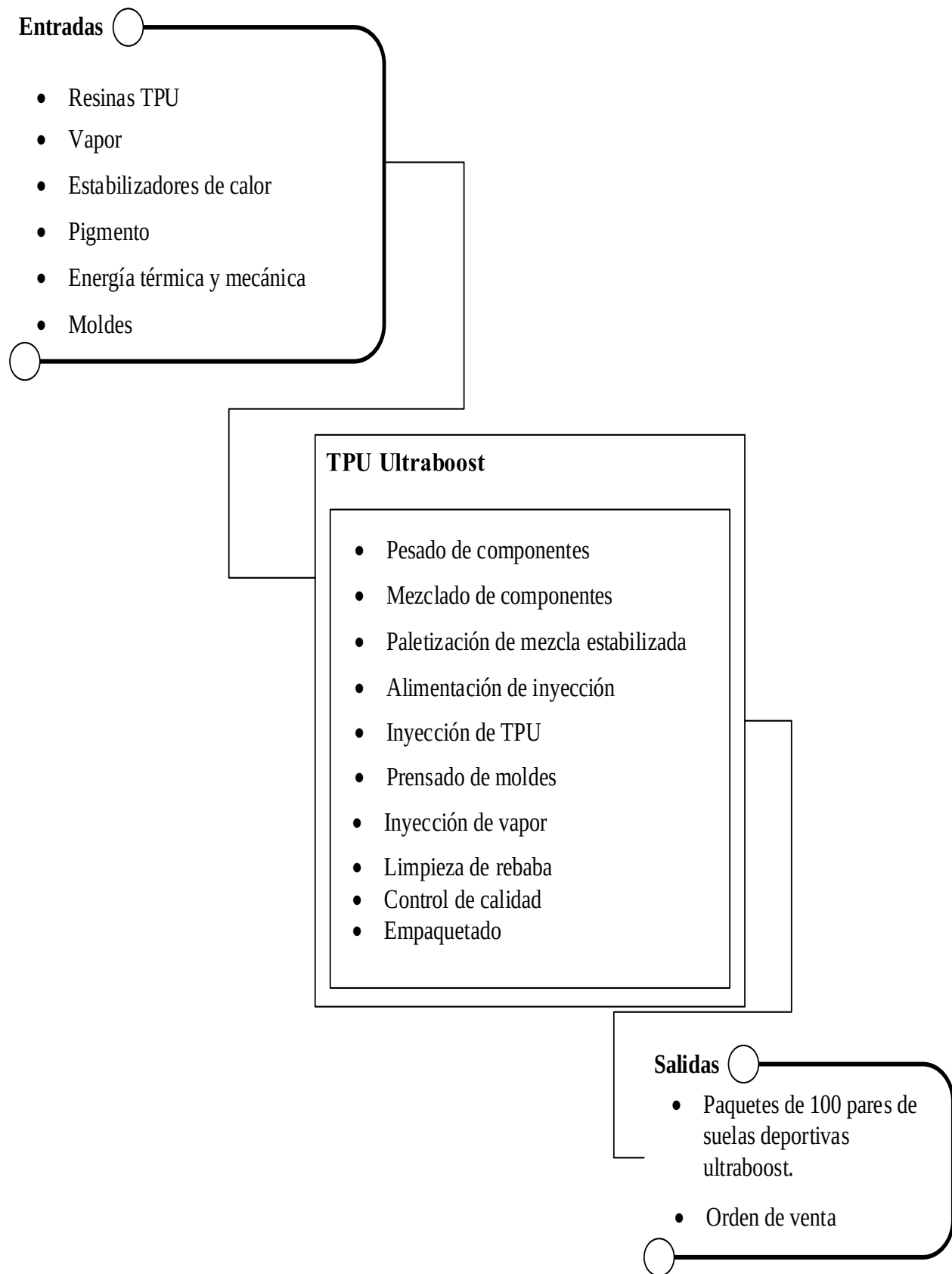


Figura 8. Análisis modular de Suelas de TPU con tecnología ultraboost

Además de la producción de plásticos, la empresa también brindó servicios de diseño personalizado de moldes, asesoramiento técnico y soporte postventa a sus clientes para garantizar la satisfacción total y el éxito en sus proyectos.

3.1.3 Estructura organizativa

La estructura organizativa de la empresa BRPlast S.A. se caracteriza por su división en diversas áreas funcionales, cada una desempeñando roles específicos que contribuían al logro de los objetivos comerciales y operativos de la compañía. Esta estructura organizativa proporciona una base sólida para la coordinación eficiente de actividades y la optimización de procesos. A continuación, se detalla las principales áreas y sus funciones, destacando el papel fundamental que desempeñan en el funcionamiento integral de la empresa en la Figura 9.

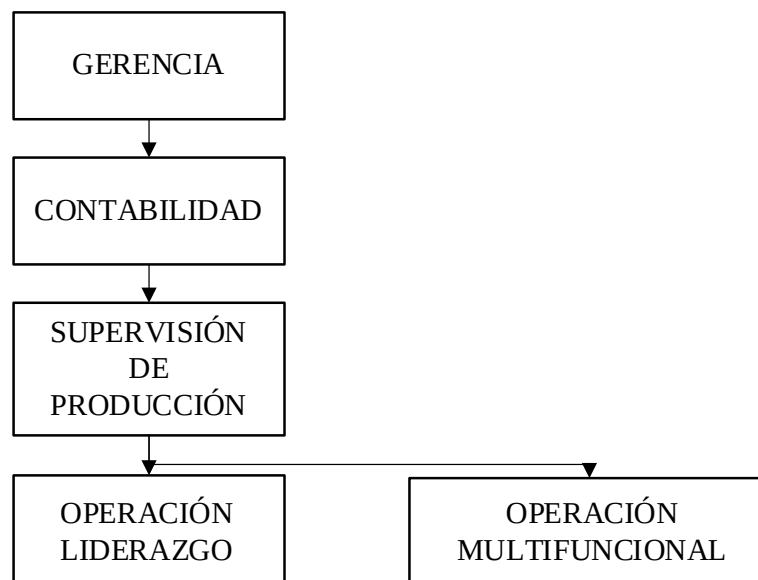


Figura 9. Diagrama organizacional de BRPlast S.A

La estructura organizativa de BRPlast S.A. se caracteriza por su enfoque en la eficiencia, la comunicación fluida entre las diferentes personas involucradas en el proceso de producción de suelas deportivas y la búsqueda constante de la excelencia en todos los procesos y actividades desarrolladas [51].

3.1.4 Mapa de distribución de BRPlast S.A

La distribución de la nave industrial de BRPlast S.A, representada en la Figura 10, reflejaba la disposición estratégica del equipo y las áreas de trabajo dentro de la instalación. Esta distribución estaba cuidadosamente planificada para optimizar la eficiencia operativa y maximizar la productividad de la empresa. En este entorno, la empresa había incorporado equipos de última generación, provenientes de fuentes confiables como China, lo que garantizaba la calidad y el rendimiento óptimo en sus procesos de fabricación.

Destacando la capacidad productiva, la máquina de PVC unicolor tenía la capacidad de producir hasta 1800 pares de suelas de PVC expandido, mientras que cada máquina de PVC expandido bicolor podía producir hasta 1400 pares. Además, la empresa contaba con una máquina de tecnología Ultraboost que tenía una capacidad aún mayor, siendo capaz de producir hasta 3000 pares de suelas. Esta distribución y capacidad de producción demostraban el compromiso de BRPlast S.A. con la excelencia operativa y la satisfacción del cliente.

En el área de empaquetado y entrega, ubicada estratégicamente para facilitar la logística diaria, los productos terminados de BRPlast S.A. eran preparados para su envío al distribuidor. Aquí, los pares de suelas eran cuidadosamente apilados y embalados en pilas de 10 kilogramos, cada una conteniendo aproximadamente 90 pares de suelas destinadas al calzado deportivo. Este proceso de empaquetado garantizaba que los productos estuvieran listos para su transporte y llegaran en óptimas condiciones al destino final, cumpliendo con los estándares de calidad y satisfaciendo las necesidades de los clientes.

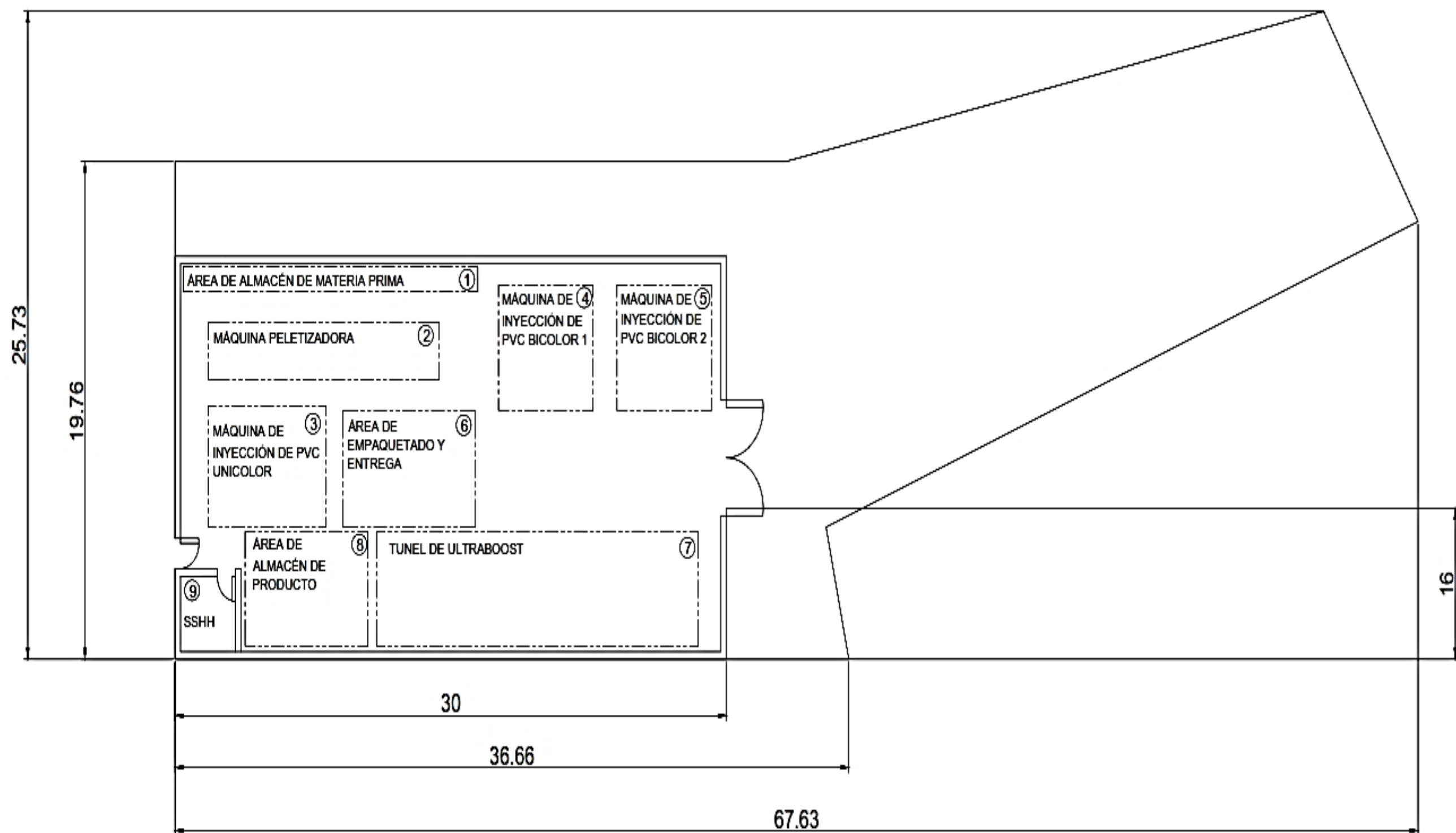


Figura 10. Mapa de distribución de BRPlast S. A

3.1.5 Proceso de producción

Para obtener una comprensión más completa y detallada del proceso de fabricación, era esencial desglosar y analizar minuciosamente cada una de las operaciones presentes en el mismo. Este enfoque nos permitía no solo visualizar el flujo general del proceso, sino también entender las etapas específicas involucradas y la interconexión entre ellas. Al examinar en detalle cada operación, podíamos identificar los pasos clave, los puntos críticos y las áreas de mejora potencial, lo que a su vez nos proporcionaba una base sólida para la optimización y la eficiencia del proceso en su conjunto:

a. Almacenamiento de materia prima

La materia prima se almacenaba en la esquina superior izquierda de la nave industrial, aislada del suelo mediante pelets y protegida de agentes externos. Este aislamiento era crucial para mantener la calidad del material, evitando contaminaciones y daños que pudieran afectar el producto final. La disposición cuidadosa y el manejo de la materia prima aseguraban que los componentes estuvieran siempre en condiciones óptimas para el proceso de producción posterior, como se indica en la Figura 11.



Figura 11. Almacenamiento de materia prima

b. Formulación

La formulación de PVC (policloruro de vinilo) podía adquirir distintas densidades y presentaciones. Este proceso se realizaba con el uso de balanzas electrónicas calibradas, que garantizaban la precisión en la medida de cada componente. Cada fórmula respondía al tipo de PVC necesario en la fábrica, ajustándose a las especificaciones del producto final como se muestra en la Figura 12. La formulación exacta era esencial para lograr las propiedades físicas y mecánicas deseadas en el producto.

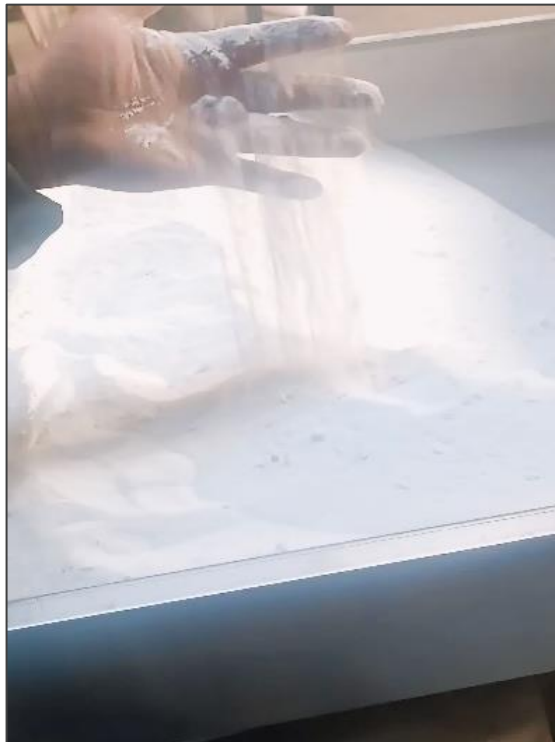


Figura 12. Formulación de PVC

c. Mezclado

Una vez formulado el tipo de PVC necesario, los reactivos alimentaron una máquina mezcladora misma que se muestra en la Figura 13. Esta máquina homogeneizó la fórmula, asegurando que todos los componentes estuvieran uniformemente distribuidos antes de alimentar la máquina inyectora. La homogeneización fue un paso crítico para evitar inconsistencias en el producto final, asegurando una calidad uniforme en cada lote producido.



Figura 13. Mezcladora de formulación

d. Peletización

En la siguiente etapa, se observó la máquina extrusora principal en la Figura 14, que se encarga de preparar el material previo a la inyección en moldes. Esta máquina se alimentaba con una mezcla homogénea de PVC, que al recibir presión y temperatura se expandía levemente, resultando en pequeños pelets de PVC. Estos pelets, al derretirse, adquirirían la forma del molde deseado, facilitando la manipulación y el control del material en etapas posteriores.



Figura 14. Peletización

e. Inyección

En este proceso, se realizaba la inyección de los pelets previamente extruidos mediante la máquina mostrada en la Figura 15 para dar cualquier forma que tuviera el molde, cumpliendo con la demanda del mercado. La precisión en la inyección era crucial para asegurar que cada producto tuviera las dimensiones y características específicas requeridas. La tecnología y el control en esta etapa garantizaban la producción eficiente y de alta calidad.



Figura 15. Inyección

f. Inyección bicolor

La máquina mostrada en la Figura 16 tenía la misma finalidad que la anterior, con la diferencia de que estaba calibrada para recibir dos colores de tolvas distintas. Al igual que el proceso anterior, se alimentaba de pelets previamente extruidos, permitiendo la creación de productos con combinaciones de colores específicas. Esta capacidad era especialmente importante para productos que requerían un diseño estético particular.



Figura 16. Inyección Bicolor

g. Moldaje

Se ubica y calibra los moldes de las distintas tallas y formas como se muestra en la Figura 17 según el mercado requería en su momento. Estos moldes estaban diseñados en dos caras divididas por un plano asimétrico con alimentación superior. La calibración precisa de los moldes era esencial para garantizar que cada producto cumpliera con las especificaciones exactas, asegurando consistencia y calidad en la producción.



Figura 17. Moldaje

h. Desmoldaje

En esta etapa, se remueven las rebabas producto de la inyección de material expandido y se retira el producto del molde. Posteriormente, el producto fue sometido a una inspección para asegurar que cumplía con los estándares de calidad establecidos. La eliminación de rebabas y la inspección fueron pasos críticos para garantizar que los productos estuvieran libres de defectos y listos para el uso final como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Desmoldaje

i. Enfriamiento

En esta sección del proceso, se dejaron reposar las suelas terminadas e inspeccionadas para que, al ser empaquetadas, no perdieran la forma. El enfriamiento adecuado fue vital para asegurar que los productos mantuvieran su integridad estructural y dimensional. Las repisas de enfriamiento estaban diseñadas para proporcionar un ambiente controlado que optimizaba este proceso como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Repisas de enfriamiento

j. Empaquetado

Una vez que las suelas adquirieron la temperatura ambiente, fueron empaquetadas en lotes de 50 pares de suelas de cada talla solicitada como muestra la Figura 20. El empaquetado cuidadoso protegió los productos durante el transporte y almacenamiento, asegurando que llegaran al cliente en perfectas condiciones. Este paso también facilitó la gestión logística y la distribución eficiente de los productos.



Figura 20. Paquetes

k. Almacenaje

El producto terminado se almacenaba en el centro de la fábrica, agrupándolos de manera que el camión que retiraba los pedidos diariamente pudiera llevarlos al fabricante de calzado deportivo como se muestra en la Figura 21. El almacenamiento adecuado aseguraba que los productos estuvieran organizados y accesibles, facilitando una logística eficiente y reduciendo los tiempos de espera.



Figura 21. Almacenaje

3.1.6 Diagrama del proceso

Más adelante, en el diagrama del proceso en la Tabla 5, se describe detalladamente cada etapa del proceso de producción. Este diagrama utiliza una simbología adecuada para representar cada paso del procedimiento y está acompañado del tiempo específico necesario para completar cada parte de este. La representación gráfica del proceso no solo facilita la comprensión de las operaciones, sino que también permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de producción, asegurando así que cada etapa del proceso se realizara de manera óptima y en el menor tiempo posible.

Tabla 5. Diagrama de proceso de suelas de PVC expandido

Diagrama del Proceso															
Método actual	X								Fecha:	20/02/2024					
Método propuesto									Hecho por:	Nuñez Kevin					
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de PVC expandido								Diagrama:						
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.									Hoja:	1 de 1					
Departamento:		Producción													
Unidad Considerada	Simbolos del Diagrama					Nº	Dist.	Tiempo Tipo (min)					Descripción del Proceso		
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje			
-	○	➡	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación		
-	○	➡	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor		
-	●	➡	□	D	▽	1	-	5.03	-	-	-	-	Mezclado de formulación		
-	●	➡	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido		
-	●	➡	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC		
-	○	➡	□	D	▽	2	2.50	-	2.02	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC monocolor		
-	○	➡	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	2.03	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor		
-	○	➡	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de inyectora.		
-	●	➡	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyectora		
-	●	➡	□	D	▽	5	-	5.02	-	-	-	-	Colocación de moldes		
-	●	➡	□	D	▽	6	-	1.01	-	-	-	-	Calibración de moldes		
-	○	➡	■	D	▽	1	-	-	-	0.10	-	-	Revisión de suelas de PVC expandido		
-	●	➡	□	D	▽	7	-	0.35	-	-	-	-	Limpieza de rebaba de molde		
-	●	➡	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje		
-	○	➡	□	D	▽	4	2.40	-	1.12	-	-	-	Desde máquina inyectora hacia almacenamiento de pares		
-	○	➡	□	D	▼	3	-	-	-	-	-	720.37	Área de almacenaje de pares terminados		
-	○	➡	□	D	▽	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.		
-	●	➡	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares		
-	●	➡	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares		
-	●	➡	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares		
-	○	➡	■	D	▽	2	-	-	-	5.02	-	-	Control de peso de empaque		
-	○	➡	□	D	▼	4	-	-	-	-	-	480.48	Almacenaje de producto terminado		
Total:							18.20	90.09	10.38	5.12	0.00	1207.89			
Total:									1313.47						

Por ende, se procedió a detallar minuciosamente cada una de las operaciones, comenzando con los tiempos específicos asignados a cada una. Inicialmente, el área de almacenaje de la materia prima se utilizó durante un lapso de cinco minutos. Además, se estableció que la distancia entre el área de almacenamiento y el punto de pesaje era de aproximadamente 2.5 metros, con un tiempo de transporte estimado en 1.133 minutos. De esta manera, se continuó desglosando cada proceso, incluyendo transporte, almacenaje e inspección, todos ellos cruciales en el desarrollo del proceso de fabricación de suelas de PVC expandido monocolor. Este análisis detallado se resumió en la Tabla 6, donde se registraron las diferentes operaciones, la cantidad de productos implicados, las distancias recorridas en metros y los tiempos empleados en minutos para cada etapa del proceso.

Para resumir de manera simbólica los diversos procesos involucrados, se presentó en la Tabla 6 una representación de las operaciones fundamentales, incluyendo operación , transporte , inspección , demora  y almacenaje . Cada uno de estos procesos se evaluó tanto en términos de tiempo como de distancia, proporcionando una visión clara y concisa de la secuencia y la duración de cada etapa en el proceso de fabricación de suelas de PVC expandido monocolor.

Tabla 6. Resumen de proceso de PVC expandido monocolor

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	90.09
	5	18.20	10.38
	2	-	5.12
	0	-	0.00
	4	-	1207.89
	22	18.20	1313.47

La fábrica contó con tres procesos que le permitieron ofrecer una amplia variedad de productos a sus clientes. Por lo tanto, se analizaron minuciosamente cada uno de estos procesos, lo que condujo al desarrollo de la Tabla 7, donde se presentaron los resultados específicos del proceso de PVC expandido bicolor.

Tabla 7. Diagrama de proceso de suelas de PVC expandido bicolor

Diagrama del Proceso													
Método actual	X						Fecha:	20/02/2024					
Método propuesto							Hecho por:	Nuñez Kevin					
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de PVC expandido bicolor						Diagrama:						
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.							Hoja:	1 de 1					
Departamento	Producción												
Unidad Considerada	Simbolos del Diagrama					Nº	Dist.	Tiempo Tipo (min)					Descripción del Proceso
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
-	○	⇒	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación
-	○	⇒	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor
-	●	⇒	□	D	▽	1	-	5.03	-	-	-	-	Mezclado de formulación
-	●	⇒	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido
-	●	⇒	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC
-	○	⇒	□	D	▽	2	2.50	-	2.02	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC monocolor
-	○	⇒	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	2.03	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor
-	○	⇒	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de inyectora.
-	●	⇒	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyectora 1
-	●	⇒	□	D	▽	5	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyección 2
-	●	⇒	□	D	▽	6	-	1.01	-	-	-	-	Colocación de moldes
-	○	⇒	■	D	▽	7	-	0.35	-	-	-	-	Calibración de moldes
-	●	⇒	□	D	▽	1	-	-	-	0.33	-	-	Revisión de suelas de PVC expandido bicolor
-	●	⇒	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje
-	○	⇒	□	D	▽	4	12.25	-	3.25	-	-	-	Desde máquina inyectora hacia almacenamiento de pares
-	○	⇒	□	D	▼	3	-	-	-	-	-	720.37	Área de almacenaje de pares terminados
-	○	⇒	□	D	▽	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.
-	●	⇒	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares
-	●	⇒	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares
-	●	⇒	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares
-	○	⇒	■	D	▽	2	-	-	-	5.02	-	-	Control de peso de empaque
-	○	⇒	□	D	▼	4	-	-	-	-	-	480.48	Almacenaje de producto terminado
Total:							28.05	145.37	12.52	5.35	0.00	1207.89	
Total:								1371.13					

Por lo tanto, se detallaron minuciosamente todas las operaciones, junto con sus respectivos tiempos. En primer lugar, el área de almacenaje de materia prima se utilizó durante un lapso de cinco minutos, mientras que la distancia entre el lugar de almacenamiento y el área de pesaje se estimó en 2.5 metros, con un tiempo de transporte aproximado de 1.133 minutos. De esta manera, se procedió a desglosar cada proceso, transporte, almacenaje e inspección inherentes al proceso de suelas de PVC expandido bicolor.

A modo de síntesis simbólica, se presentó en la Tabla 8 un resumen detallado de los distintos procesos, incluyendo operación , transporte , inspección , demora  y almacenaje . Cada uno de estos elementos se encontró meticulosamente medido en términos de tiempo y distancia, según correspondiera a su naturaleza y función dentro del proceso de producción de suelas de PVC expandido bicolor.

Tabla 8. Resumen de PVC expandido bicolor

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	145.37
	5	28.05	12.52
	2	-	5.5
	0	-	0.00
	4	-	1207.89
	22	28.05	1371.13

La fábrica dispuso de tres procesos fundamentales que le permitieron ofrecer una amplia gama de productos a sus clientes. En consecuencia, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de cada uno de estos procesos, lo que condujo al desarrollo detallado de la Tabla 9. Esta tabla presentó los resultados específicos obtenidos del proceso de fabricación de suelas de TPU ultraboost, ofreciendo una visión clara y precisa de su rendimiento y eficiencia en términos de tiempo, calidad y producción.

Tabla 9. Diagrama de proceso de suelas de TPU ultraboost

DIAGRAMA DEL PROCESO													
Método actual	X							Fecha:	20/02/2024				
Método propuesto								Hecho por:	Nuñez Kevin				
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de TPU ultraboost							Diagrama:					
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.								Hoja:	1 de 1				
Departamento	Producción												
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					Nº	Dist.	TIEMPO TIPO (min)					DESCRIPCION DEL PROCESO
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
-	○	⇨	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación
-	○	➡	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor
-	●	⇨	□	D	▽	1	-	10.21	-	-	-	-	Mezclado de formulación
-	●	⇨	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido
-	●	⇨	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC
-	○	➡	□	D	▽	2	2.50	-	2.02	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC
-	○	⇨	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	2.03	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor
-	○	➡	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de túnel ultraboost
-	●	⇨	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de túnel
-	●	⇨	□	D	▽	5	-	2.15	-	-	-	-	Calibración de banda transportadora
-	●	⇨	□	D	▽	7	-	-	-	0.10	-	-	Calibración de temperatura
-	○	⇨	■	D	▽	1	-	0.35	-	-	-	-	Revisión de suelas de PVC Ultraboost
-	●	⇨	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje
-	●	⇨	□	D	▽	4	22.50	-	1.12	-	-	-	Desde Túnel ultraboost hacia almacenamiento de pares
-	○	➡	□	D	▽	3	-	-	-	-	-	720.37	Área de almacenaje de pares terminados
-	○	⇨	□	D	▼	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.
-	○	➡	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares
-	●	⇨	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares
-	●	⇨	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares
-	●	⇨	□	D	▽	2	-	-	-	5.02	-	-	Control de peso de empaque
-	○	⇨	■	D	▽	4	-	-	-	-	-	480.48	Almacenaje de producto terminado
-	○	⇨	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación
Total:							38.30	91.39	10.38	5.12	0.00	1207.89	
Total:								1314.78					

Por tanto, se detallaron cada una de las operaciones con los diferentes tiempos. En primer lugar, el área de almacenaje de materia prima se utilizó por cinco minutos, mientras que la distancia entre el lugar de almacenamiento y el área de pesaje fue de 2.5 metros. El transporte tardó 1.133 minutos, y así se detallaron cada proceso, transporte, almacenaje e inspección presentes en el proceso de suelas de PVC expandido bicolor, dando como resultado el análisis resumido en la siguiente Tabla 9.

A manera de resumen simbólico, en la Tabla 10 se encontraron los procesos como operación , transporte , inspección , demora  y almacenaje , medidos en tiempo y distancia donde correspondía.

Tabla 10. Resumen de TPU Ultraboost

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	91.39
	5	38.30	10.38
	2	-	5.12
	0	-	0.000
	4	-	1207.89
	22	38.3	1314.78

3.1.7 Diagrama de recorrido actual

Después de comprender la situación actual, se procedió a presentar el diagrama de recorrido para analizar la distribución de las actividades en la empresa. En este sentido, se apoyaron en el diagrama de Chitefol, un método basado en el vocablo CHITEFOL para recordar las formas de las plantas. Cada letra de este vocablo representa una forma específica de planta: C, H, I (una nave recta), F, E, T, O (rectangular) y L. Esta una herramienta que permitió visualizar la proximidad de los puestos de trabajo y la interacción entre ellos. El diagrama ofreció una representación gráfica detallada de la disposición física de las áreas de trabajo como se muestran en las Figuras 22, 23 y 24, lo que facilitó la identificación de posibles cuellos de botella, áreas de congestión o ineficiencias en el flujo de trabajo. Con esta información, se pudieron tomar decisiones informadas para mejorar la distribución de las actividades y optimizar el rendimiento general de la empresa.

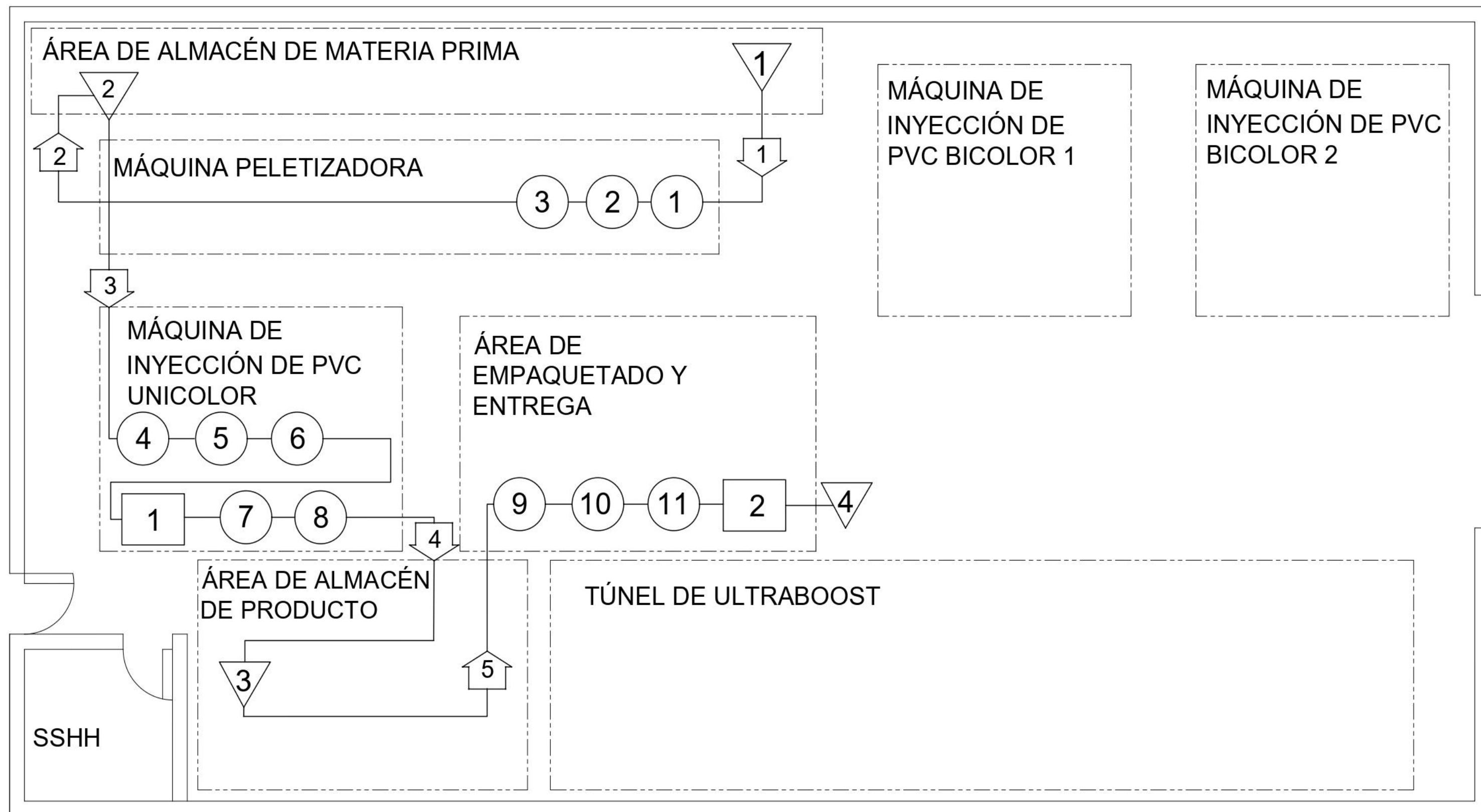


Figura 22. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de PVC expandido monocolor

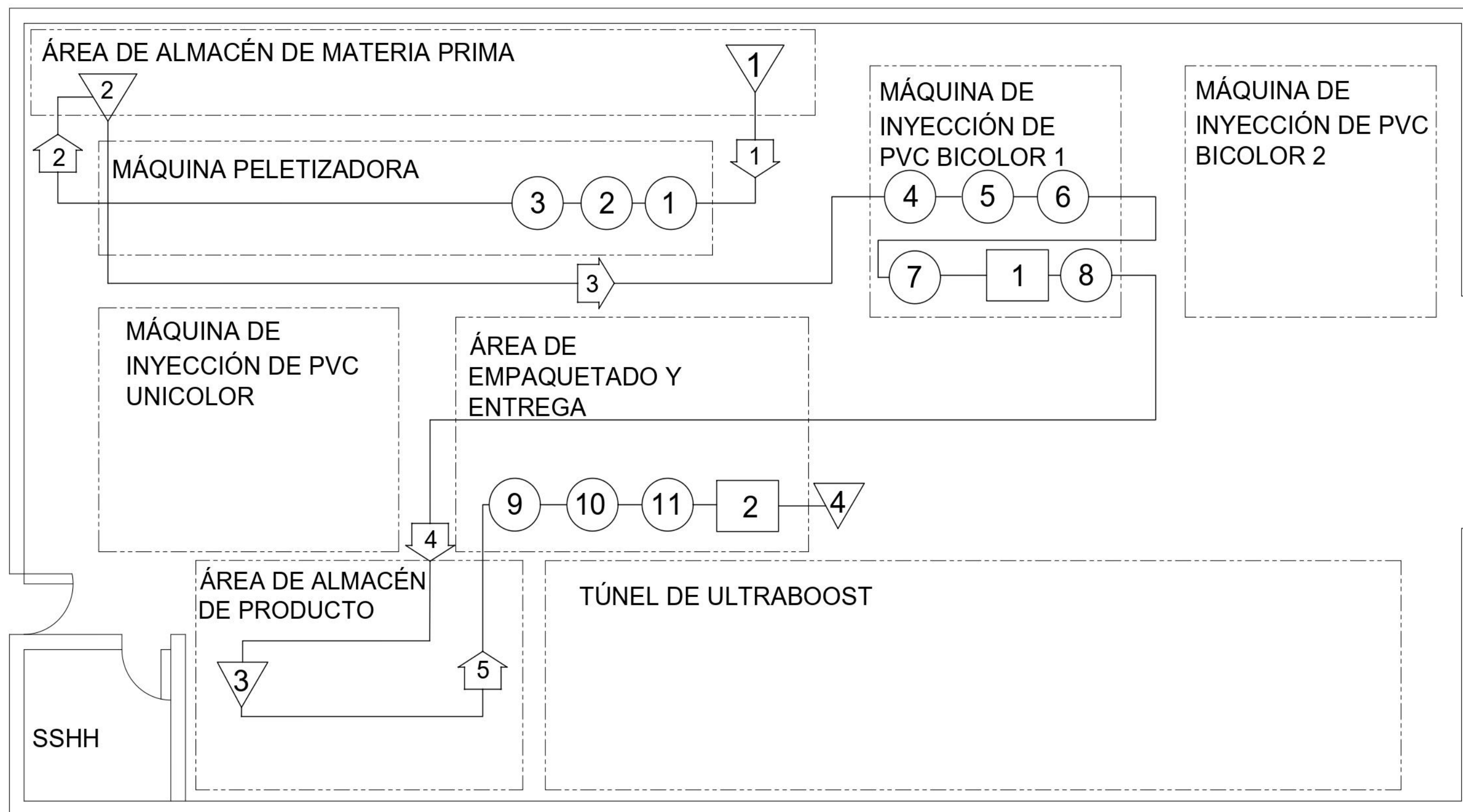


Figura 23. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de PVC expandido bicolor

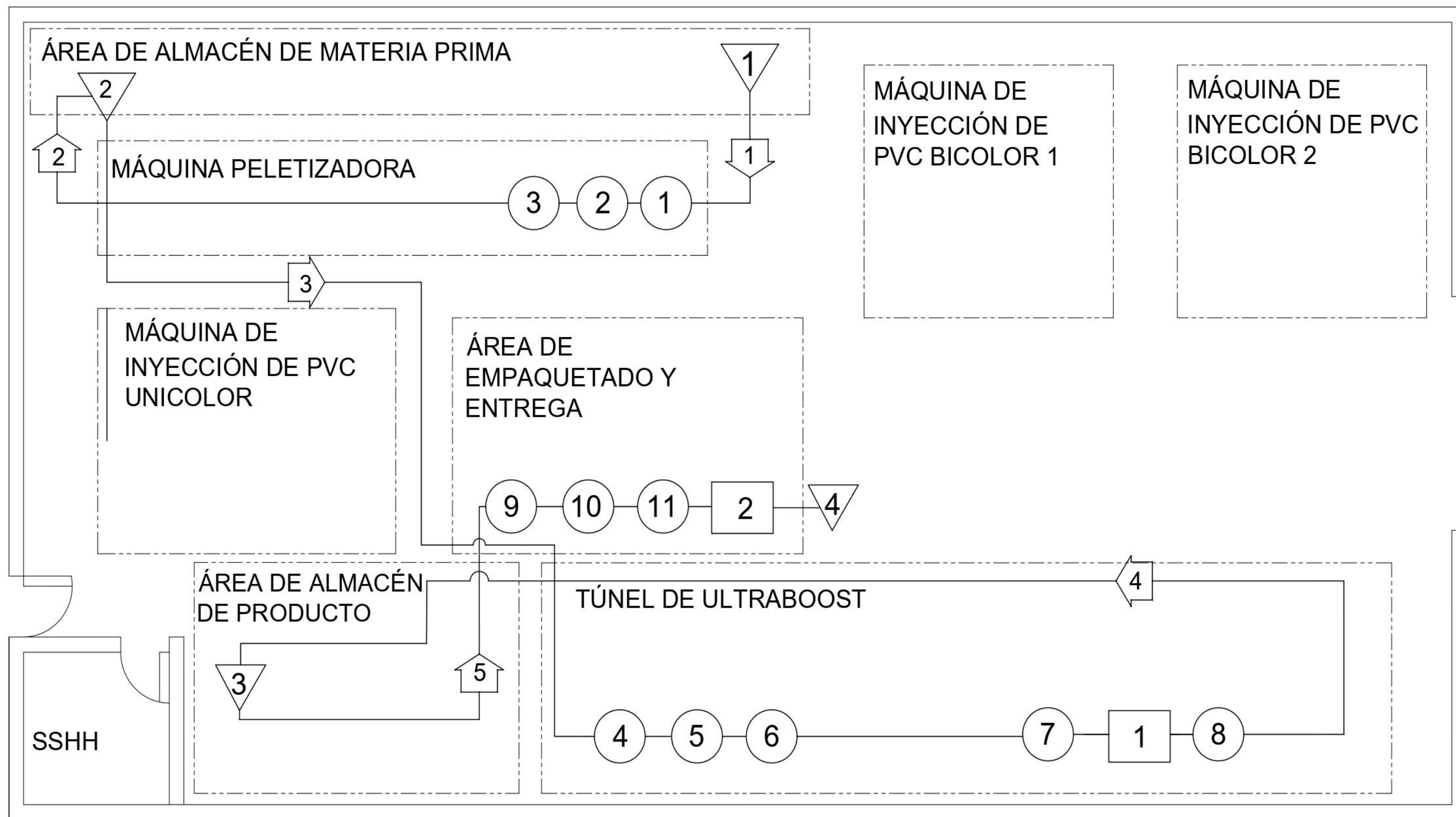


Figura 24. Diagrama de recorrido de producción suelas deportivas de TPU ultraboost

3.1.8 Diagrama de Proximidad

Una vez entendido el funcionamiento de la planta, se analizó el comportamiento de la misma con el diagrama de proximidad de Chitefol, el cual ayudó a ubicar qué procesos estaban más próximos a otros y así poder plantear una solución óptima tanto en el desarrollo de las actividades normales de la fábrica como en el bienestar de los trabajadores. En la Figura 26 se mostró la distribución de los puestos de trabajo que, de acuerdo con la proximidad existente entre cada uno de ellos, generaba una planta en forma de F, una de las letras del vocablo CHITEFOL [55].

En la Figura 26, se evidenció que la cercanía entre las actividades esenciales para llevar a cabo los procesos de manufactura en la nave industrial de producción de suelas deportivas presentaba una disposición de tipo I. Esta configuración sugería que la producción se mantenía de manera lineal [54].

Adicionalmente, fue importante considerar el diagrama de Chitefol, el cual proporcionaba una metodología valiosa para optimizar estos procesos. Este diagrama era una herramienta analítica que facilitaba la identificación de las relaciones espaciales y funcionales entre las diferentes actividades y equipos dentro de la instalación de BRPlast. Mediante el uso del diagrama de Chitefol, era posible visualizar y planificar la disposición ideal de los elementos, asegurando un flujo continuo y eficiente de la producción.

La aplicación del diagrama de Chitefol permitió mejorar la eficiencia en la distribución de la planta, minimizar el tiempo de desplazamiento entre estaciones de trabajo y maximizar la utilización del espacio disponible. Esta herramienta fue fundamental para detectar cuellos de botella y redundancias en el proceso, facilitando la toma de decisiones informadas para realizar ajustes que optimizaran la productividad y redujeran los costos operativos.

En la Figura 25 se muestra como las áreas de la nave industrial de BRPlast interactúan entre si para poder cumplir con la cadena de producción de esta, lo cual permite evidenciar como están distribuidas las actividades.

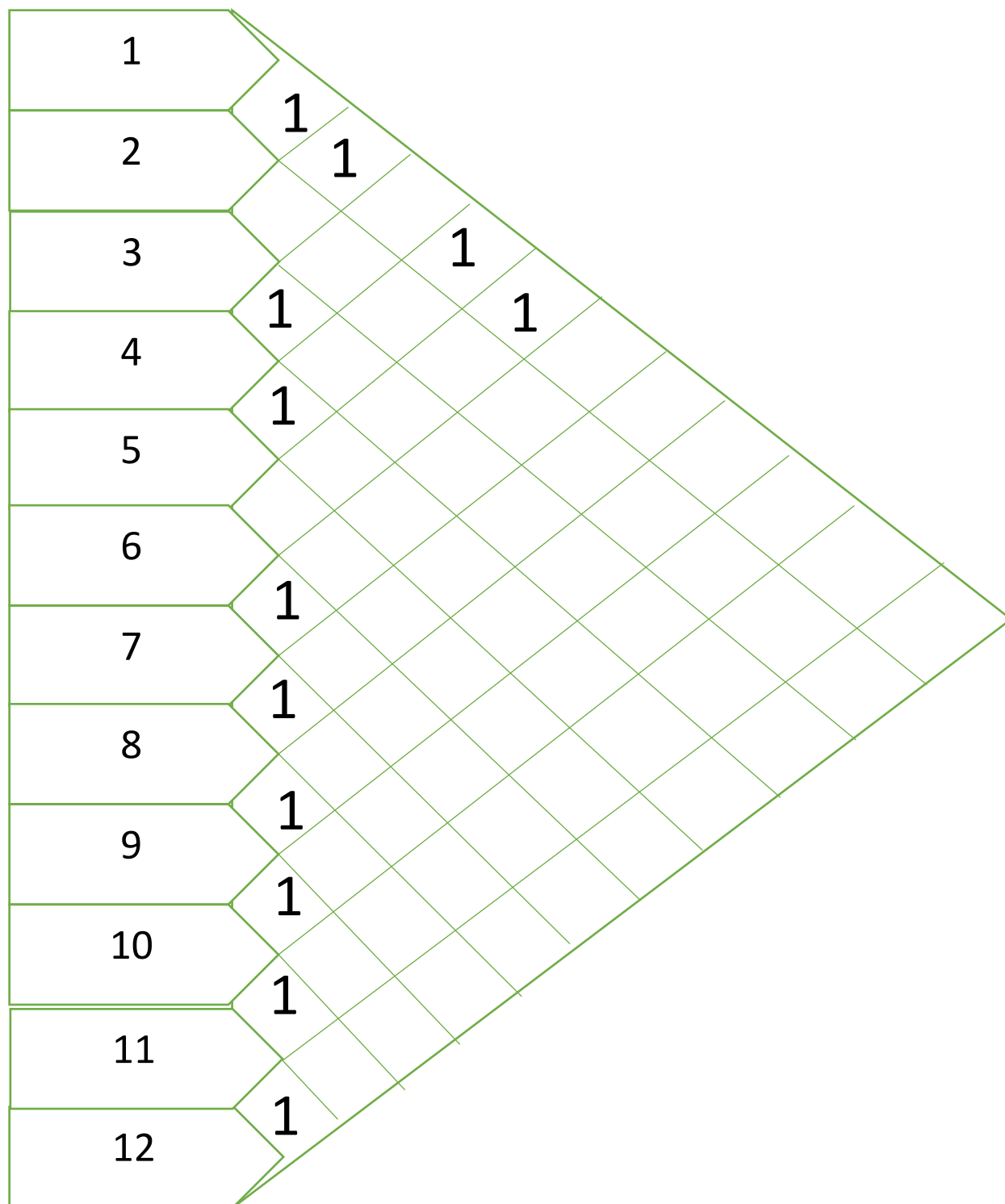


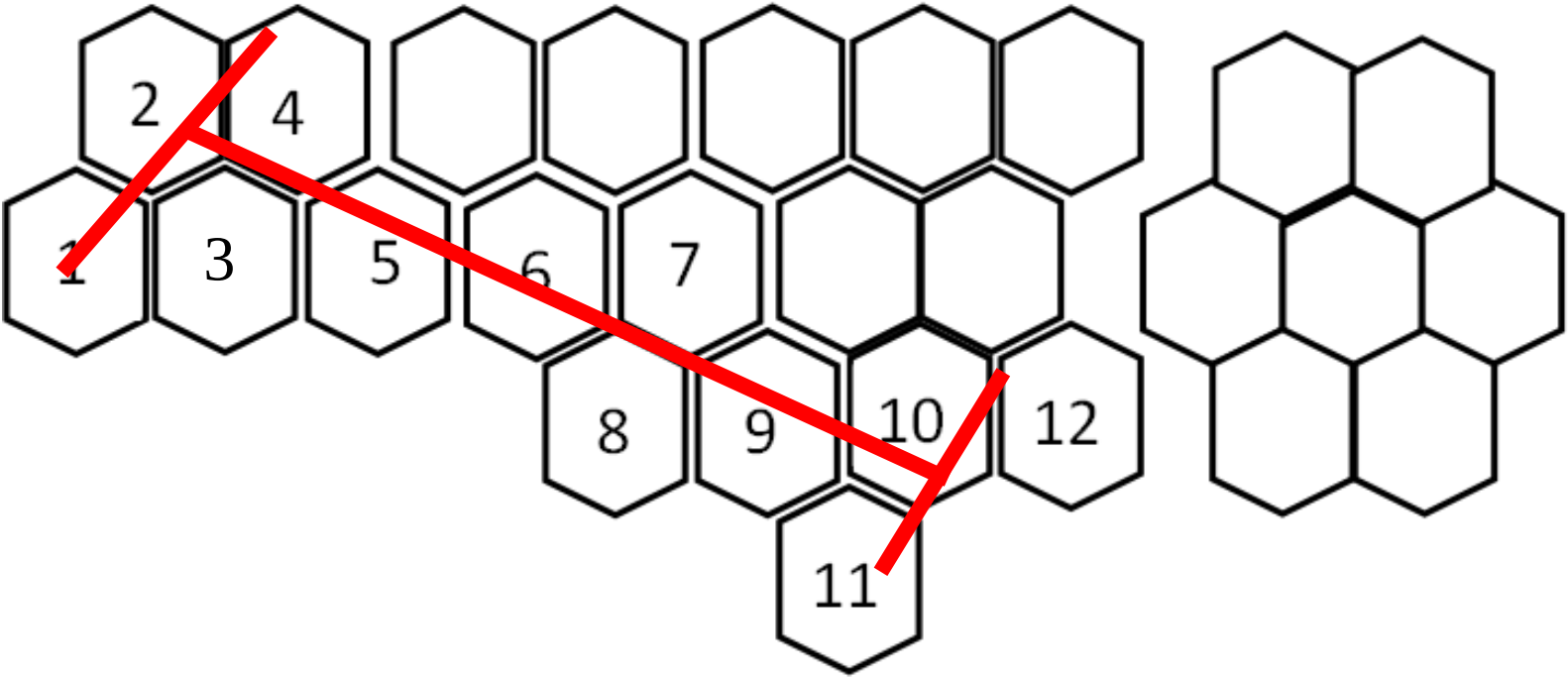
Figura 25. Diagrama de proximidad de actividades

Para mostrar de manera numérica como está la distribución de las actividades de BRPlast en la nave industrial, además, se muestra en la Tabla 11 la ponderación porcentual de las mismas.

Tabla 11. Tabla resumen de proximidad

Nº	Relación	Movimientos	%
1	1_2	1	8.30
2	1_3	1	8.30
3	3_4	1	8.30
4	4_5	1	8.30
5	5_1	1	8.30
6	1_6	1	8.30
7	6_7	1	8.30
8	7_8	1	8.30
9	8_9	1	8.30
10	9_10	1	8.30
11	10_11	1	8.30
12	11_12	1	8.30
		12	100.00

DIAGRAMA DEL PROCESO			
Método actual	X	Fecha:	10/05/2024
Método propuesto		Hecho por:	Kevin Núñez
Departamento	Producción	Diagrama:	



Número	Puesto de trabajo
1	Materia Prima
2	Pesaje de reactivos
3	Alimentación de peletizadora
4	Peletizado
5	Ensacado de PVC expandido
6	Alimentación de maquina inyectora
7	Inyección y moldeo
8	Desmoldaje de suelas
9	Limpieza de rebaba
10	Enfriamiento
11	Empaquetado
12	Almacén

Figura 26. Diagrama de CHITEFOL Actual

3.1.9 Identificación de los cuellos de botella en los procesos de producción de BRPlast

Tomando en cuenta la información mostrada en los diagramas y mapas anteriormente mostrados en el desarrollo de la situación actual de BRPlast se identificaron los siguientes cuellos de botella

La Tabla 12 muestra los cuellos de botella identificados en las etapas de inyección y desmoldaje del proceso de producción de suelas de PVC expandido en la empresa BRPlast. Se incluyen los tiempos actuales, los procesos, las distancias recorridas, y el tiempo estimado que se podría optimizar.

Tabla 12. Análisis de cuello de botella

Proceso	Distancia (m)	Tiempo Actual (min)	Tiempo Optimizable (min)	Alternativa
Almacenaje de químicos	-	5.01	0.50	Mejora en la organización y acceso a materiales.
Transporte a mezcladora	2.50	1.13	0.20	Implementación de transportadores automáticos.
Mezclado de formulación	-	5.03	0.50	Uso de mezcladoras más rápidas y eficientes.
ensacado de pelets	-	0.53	0.10	Automatización del ensacado.
Transporte a almacenaje	2.50	2.02	0.30	Uso de transportadores automáticos.
Almacenaje de pelets	-	2.03	0.30	Optimización del espacio de almacenaje.
Transporte a tolva	6.30	1.08	0.30	Uso de transportadores automáticos.
Alimentación de tolva	-	60.30	10.00	Automatización de la alimentación de tolvas.
Colocación de moldes	-	5.02	1.00	Uso de sistemas de cambio rápido de moldes.

Proceso	Distancia (m)	Tiempo Actual (min)	Tiempo Optimizable (min)	Alternativa
Calibración de moldes	-	1.01	0.20	Automatización de la calibración.
Desmoldaje	-	0.35	0.10	Automatización del desmoldaje.
Limpieza de rebaba	-	0.35	0.10	Implementación de sistemas automatizados de limpieza.
Transporte a almacenamiento de pares	2.40	1.12	0.30	Uso de transportadores automáticos.
Almacenaje de pares	-	720.37	30.00	Mejor organización y optimización del espacio.
Transporte a empaquetado	4.50	5.03	1.00	Uso de transportadores automáticos.
Clasificación de pares	-	1.18	0.20	Automatización de la clasificación.
Apilado de pares	-	15.13	2.00	Uso de apiladoras automáticas.
empacado de pares	-	1.17	0.20	Automatización del empacado.
Control de peso de empaque	-	5.02	0.50	Implementación de sistemas automáticos de control.
Almacenaje de producto terminado	-	480.48	20.00	Optimización del espacio de almacenamiento.

Posteriormente se procede a la optimización de inventario el cual contribuirá en la optimización de tiempos de los procesos productivos de BRPlast, dando así la capacidad a la empresa de reducir hasta 50.3 minutos de proceso.

3.1.10 Control de inventario

El control de inventario en la adquisición de materia prima es crucial porque tenía un impacto directo en varios aspectos esenciales de cualquier negocio. En primer lugar, facilitaba la eficiencia operativa, asegurando que siempre hubiera suficiente inventario para la producción y evitando así paradas costosas, lo cual garantizaba un flujo de trabajo ininterrumpido [55].

Además, un buen control de inventario permitía minimizar los costos de almacenamiento y reducir desperdicios, mejorando significativamente la rentabilidad de la empresa. Por otro lado, mantener niveles óptimos de inventario se traducía en la entrega puntual de los productos finales, lo que a su vez elevaba la satisfacción del cliente. Finalmente, disponer de datos precisos sobre el inventario permitía tomar decisiones informadas sobre compras y producción, lo que facilitaba adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda. En conjunto, un control de inventario eficiente no solo optimizaba los recursos, sino que también potenciaba la capacidad de respuesta y la competitividad de la empresa [55].

a. Métodos de control de inventarios

El control de inventario era crucial para cualquier negocio, especialmente en la adquisición de materia prima, ya que aseguraba que siempre hubiera suficientes recursos para mantener la producción sin interrupciones. A continuación se describe algunos métodos clave:

- ***Método FIFO (First in, first out)***. Este método aseguraba que los productos que entraron primero fueran los primeros en salir. Era especialmente importante para materias primas perecederas o productos con fecha de caducidad, ya que minimizaba el riesgo de desperdicio y obsolescencia.
- ***Método ABC***. Las materias primas fueron clasificadas en tres categorías: A, B y C, según su importancia y valor. Los productos "A" eran los más valiosos y necesitaban un control más riguroso, mientras que los "C" eran menos críticos. Este método ayudaba a centrar los esfuerzos en los elementos que más afectaban los costos y la producción [56].

La Tabla 13, que representó un análisis de inventario ABC, ofreció una valiosa perspectiva sobre la importancia relativa de cada producto en función de la cantidad de pedidos recibidos en la línea de producción durante el último semestre. Este análisis clasificó los productos en tres categorías principales: Clase A, Clase B y Clase C, según su contribución al valor de consumo total y su impacto en la rentabilidad general del negocio.

Al observar los datos, se destacó que el PVC monocolor fue el producto más demandado, representando más del 50% del valor de consumo total. Por lo tanto, se clasificó como Clase A, lo que indicó su importancia crítica para la operación. El PVC bicolor y el TPU Ultraboost, aunque también fueron productos importantes, se situaron en las categorías de Clase B y Clase C, respectivamente, en función de su contribución al valor de consumo. Estas clasificaciones fueron fundamentales para la gestión de inventarios, ya que permitieron priorizar los recursos y la atención en función de la importancia de cada producto.

Tabla 13. Análisis de inventario ABC

Producto	Unidades ventas	Costo Unitario (\$)	Valor de consumo (\$)	%	Clase
PVC monocolor	22176.00	2.40	53222.40	53.46	Clase A
PVC bicolor	12232.00	2.56	31313.92	31.46	Clase B
TPU Ultraboost	4400.00	3.24	14256.00	14.32	Clase C
Personalizados	148.00	5.12	757.76	0.76	

Además, se incluyó detalles importantes como las unidades vendidas, el costo unitario y el valor de consumo, proporcionando una visión más completa de la dinámica del inventario. Este análisis ayudó a identificar oportunidades para optimizar el inventario, mejorar la eficiencia operativa y maximizar la rentabilidad global del negocio.

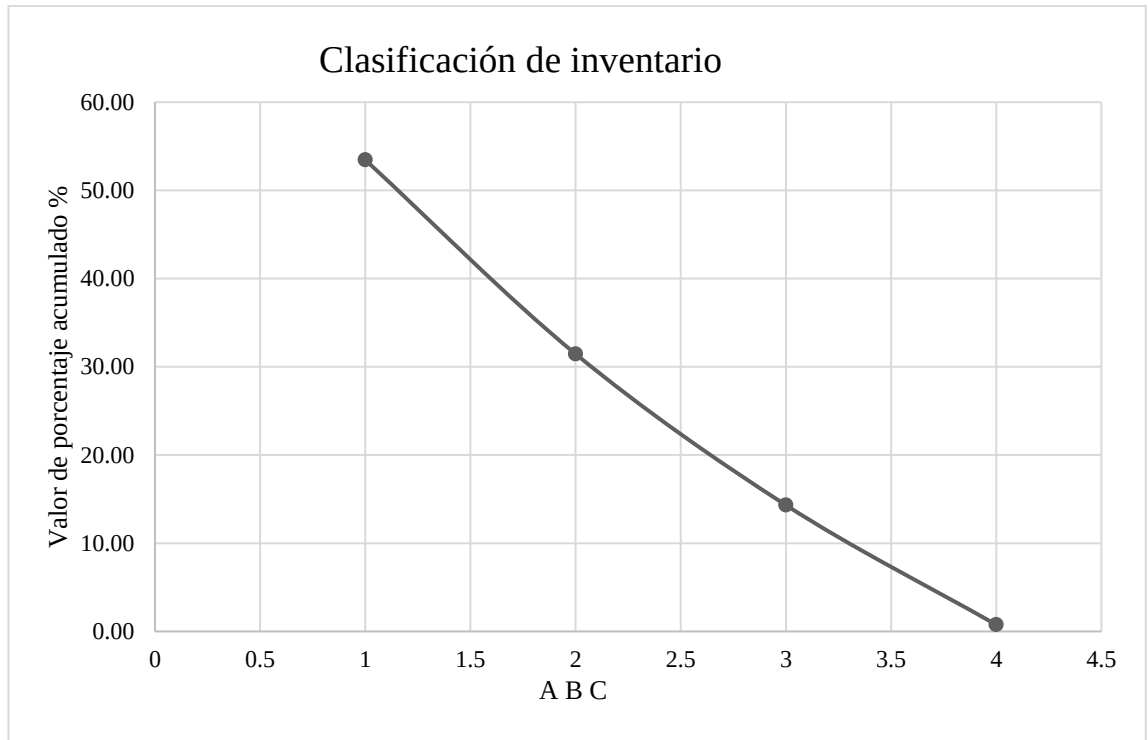


Figura 27. Clasificación de inventario por el método ABC

- **Método Economic Order Quality (EOQ).** Técnica de control de inventarios diseñada para minimizar los costos totales asociados con la adquisición y mantenimiento de inventarios. Se utilizó para determinar la cantidad óptima de pedido que minimizara estos costos, incluidos los costos de pedido y los costos de mantenimiento de inventarios [56].

La fórmula básica del EOQ se expresó como:

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Donde:

Q: La cantidad económica del pedido.

D: La demanda anual de la materia prima.

K: El costo de realizar un pedido.

H: El costo anual de mantener una unidad en inventario.

Para aplicar el Método EOQ en la adquisición de materia prima para suelas de zapatillas en BRPlast, se siguieron los siguientes pasos:

- **Determinar la Demanda Anual (D).** Se calculó la cantidad total de materia prima (reactivos) que se necesitaba en un año.

La línea de producción de BRPlast se dividía en tres ramas distintas, cada una con su propia formulación específica. Tras un riguroso monitoreo en campo, se había podido determinar que cada una de estas ramas consumía un promedio diario de 40 sacos de 25 kg de materia prima. Era importante destacar que la empresa operaba principalmente bajo pedido en las líneas de PVC expandido Bicolor y tecnología Ultraboost. Por lo tanto, la utilización de cada reactivo se ajustaba según las necesidades y especificaciones de cada pedido en particular, garantizando así un uso eficiente de los recursos y una producción personalizada según las demandas del cliente.

La Tabla 14 proporcionaba una descripción detallada del peso de los reactivos utilizados en la línea de producción de PVC expandido monocolor. Estos reactivos eran alimentados a la máquina de inyección, que requería 40 unidades de formulación para su funcionamiento óptimo [56].

Tabla 14. Formulación de peletizadora de PVC expandido monocolor

Reactivo	Pesos (Kg)	Peso diario (Kg)
Resina de PVC	12.50	500.00
Plastificante (DOP/Diociel Ftalato)	5.00	200.00
Estabilizador	2.50	100.00
Expancel (Agente espumante)	3.75	150.00
Pigmento	1.25	50.00
Total	25.00	1000.00

La Figura 28 ilustraba, en porcentajes, la cantidad requerida de cada reactivo en la formulación diaria para mantener la línea de producción funcionando durante una jornada de 12 horas. Esto permitía evaluar la importancia del suministro adecuado de cada reactivo para mantener la eficiencia y la continuidad en el proceso de producción.

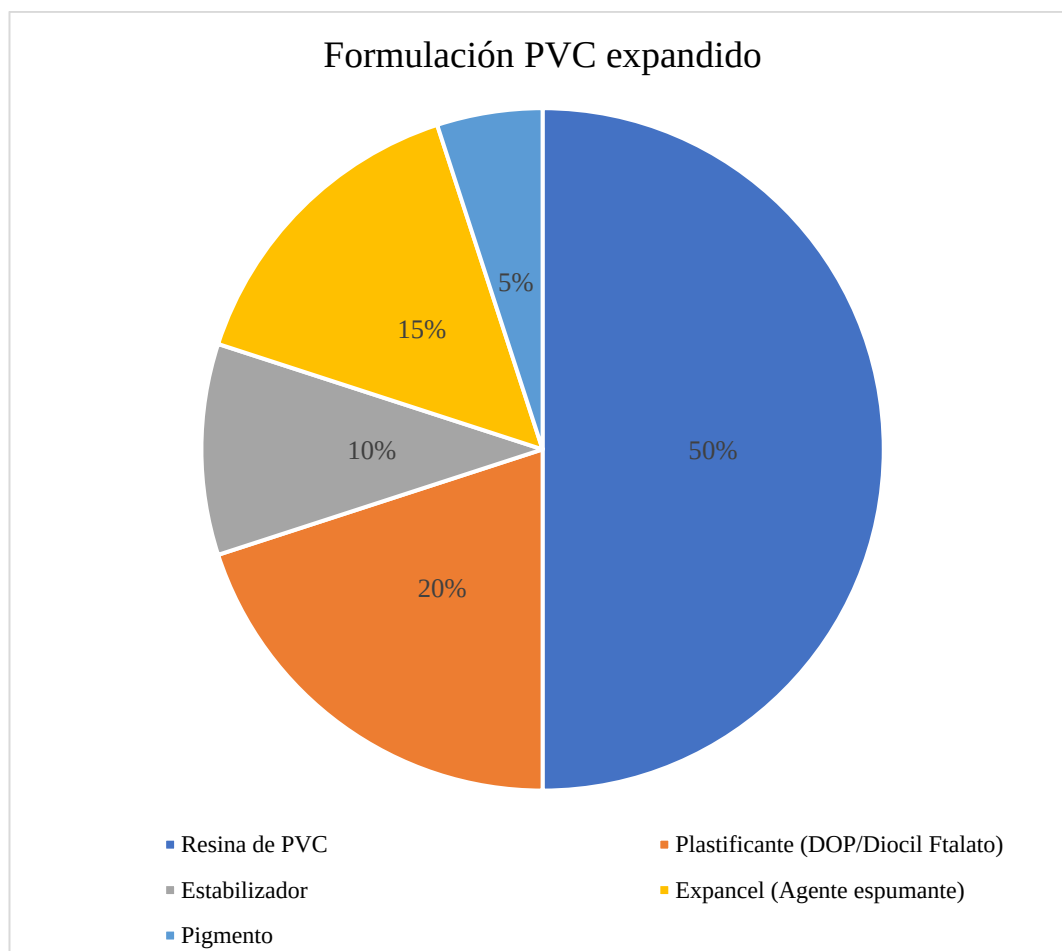


Figura 28. Formulación de PVC expandido

Una vez determinada la cantidad necesaria de materia prima en la línea de producción por jornada laboral, se calculó su demanda anual. Esto se realizó considerando que se trabajaba 22 días al mes y 264 días al año, de acuerdo con los rangos de trabajo permitidos según la reforma laboral de 2018 aplicada al sector industrial. La Tabla 15 presentaba la demanda individual de cada reactivo.

Tabla 15. Demanda individual de reactivos

Reactivo	Demanda diaria (25 Kg)	Demanda anual (25 Kg)
Resina de PVC	20.00	5280.00
Plastificante (DOP/Diociil Ftalato)	8.00	2112.00
Estabilizador	4.00	1056.00
Expancel	6.00	1584.00
Pigmento	2.00	528.00

- **Calcular los Costos de Pedido (K).** Para calcular el costo de pedido, se cotizaron cada uno de los reactivos con el proveedor de BRPlast.

Estos cálculos fueron esenciales para determinar los costos totales asociados con la adquisición y mantenimiento de inventarios, lo que contribuyó a una gestión eficiente de los recursos y a la optimización de los costos operativos. Los resultados se presentaron en la Tabla 16.

Tabla 16. Cálculo del costo de pedido

Reactivo	Demanda anual (25Kg)	Demanda anual (Kg)	Precio unitario (\$)	Precio total anual (\$)
Resina de PVC	5280.00	132000.00	1.45	191400.00
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	2112.00	52800.00	1.75	92400.00
Estabilizador	1056.00	26400.00	3.00	79200.00
Expancel (Agente espumante)	1584.00	39600.00	27.50	1089000.00
Pigmento	528.00	13200.00	37.50	495000.00
Total	10560.00	264000.00	71.20	1947000.00

El costo de pedido anual ascendió a 1947000\$, correspondiente a la materia prima de la categoría A del inventario. Esta categoría fue fundamental para BRPlast, ya que representó más del 50% de las ventas anuales de la empresa. Por lo tanto, fue imperativo garantizar un suministro constante de estos materiales para mantener la producción sin interrupciones y satisfacer la demanda del mercado de manera efectiva.

- **Calcular los Costos de Mantenimiento (h).** Era crucial considerar una variedad de factores, que iban desde los impuestos hasta los servicios básicos y el mantenimiento de las instalaciones. En la Tabla 17 se detallaron estos costos asociados con el inventario de BRPlast.

Tabla 17. Cálculo del costo de mantenimiento

Costo (\$)	Servicio
500.00	Impuesto predial anual
750.00	Electricidad mensual
75.00	Agua y alcantarillado mensual
35.00	Recolección mensual
333.50	Mantenimiento mensual
14822.00	Costo de inventario

Estos costos representaban una parte significativa de los gastos operativos de BRPlast y se tenían en cuenta al determinar los costos totales asociados con el mantenimiento de inventarios.

- **Aplicar la Fórmula EOQ.** Se realizaron los cálculos sustituyendo los valores de D, K y h en la ecuación para calcular la cantidad óptima de pedido. Para el caso de la Resina PVC, se mostraron los siguientes resultados:

Resina PVC

$$Q = \sqrt{\frac{2(191400\$)(132000 \text{ Kg})}{14822\$}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2(191400\$)(132000 \text{ Kg})}{14822\$}}$$

$$Q = 1846.37 \text{ Kg}$$

Para determinar el punto de reorden de cada reactivo, se aplicó la misma fórmula EOQ para calcular la cantidad óptima de pedido. Una vez obtenida esta cantidad, se estableció el punto de reorden para iniciar el proceso de pedido de manera oportuna y garantizar un suministro continuo de materias primas. Para la Resina de PVC, el punto de reorden se estableció cuando el inventario alcanzaba los 1847 Kg, equivalente a tener un mínimo de 74 sacos de 25 Kg disponibles. Aplicando este proceso para cada reactivo, se obtuvieron los siguientes resultados en la Tabla 18.

Tabla 18. Punto de reorden de reactivos

Reactivo	Demanda anual (Kg)	Precio total anual (\$)	Q (Kg)	Cantidad de sacos
Resina de PVC	132000.00	191400.00	1846.37	74.00
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	52800.00	92400.00	811.36	33.00
Estabilizador	26400.00	79200.00	531.16	22.00
Expancel (Agente espumante)	39600.00	1089000.00	2412.25	97.00
Pigmento	13200.00	495000.00	938.97	38.00

- **Establecer el Punto de Reorden.** Se calculó el punto en el que se debía realizar un nuevo pedido antes de que se agotara el inventario. Generalmente, este punto se calculaba teniendo en cuenta el tiempo de espera o lead time y el consumo promedio durante ese tiempo. Como resultado de la operación para cada reactivo, se establecieron los siguientes puntos de reorden, los cuales fueron expuestos en la Figura 29 con respecto a la demanda anual.

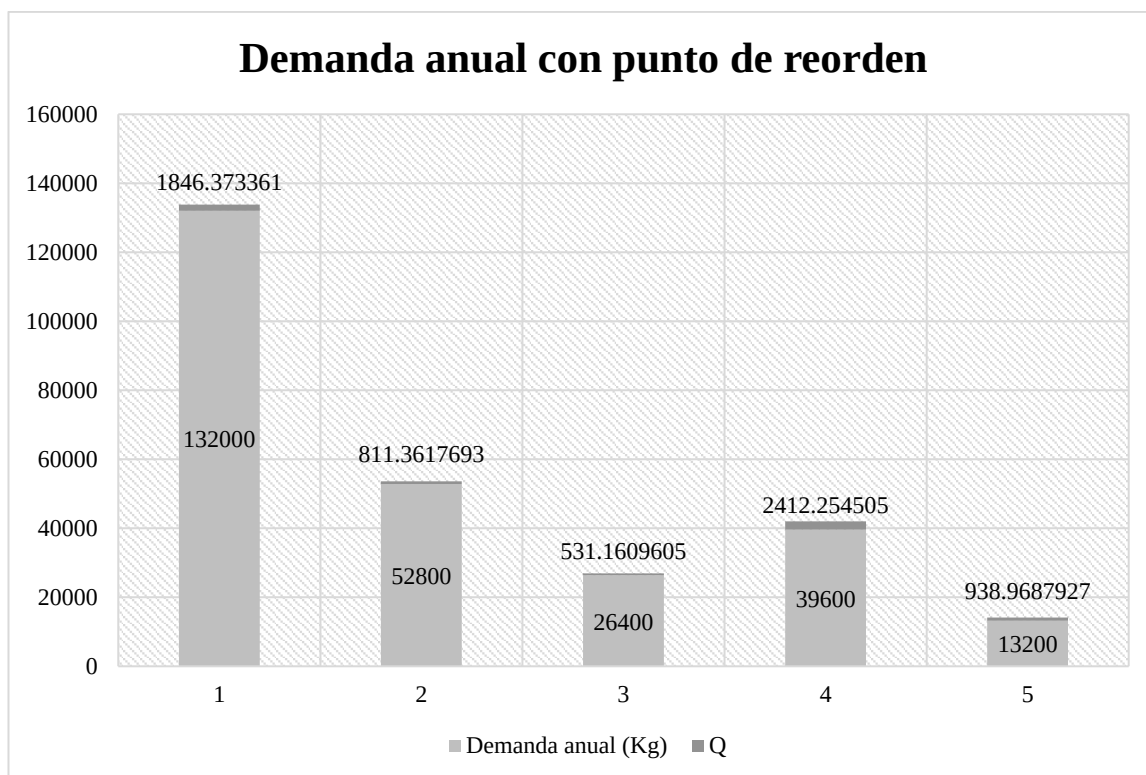


Figura 29. Contraste entre la demanda anual el punto de reorden de pedido

Para calcular el lead time entre el punto de reorden de pedido y la llegada del mismo, se consideraba la demanda diaria de cada reactivo. Esto conducía a diferentes puntos de reorden para cada uno de ellos. Los resultados se presentaron en la Tabla 19.

Tabla 19. Lead time de pedido

Reactivo	Demanda diaria	Cantidad de sacos	Tiempo de pedido (Días)
Resina de PVC	20.00	74.00	4.00
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	8.00	32.00	4.00
Estabilizador	4.00	21.00	5.00
Expancel (Agente espumante)	6.00	96.00	16.00
Pigmento	2.00	38.00	19.00

Como resultado del análisis de inventario, se estableció el tiempo en el cual se debía realizar el pedido de materia prima para la elaboración de suelas de PVC expandido unicolor.

3.2 Diagrama del proceso propuesto

Más adelante, en el diagrama del proceso en la Tabla 20, se describe detalladamente cada etapa del proceso de producción. Este diagrama utiliza una simbología adecuada para representar cada paso del procedimiento y está acompañado del tiempo específico necesario para completar cada parte de este. La representación gráfica del proceso no solo facilita la comprensión de las operaciones, sino que también permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de producción, asegurando así que cada etapa del proceso se realizara de manera óptima y en el menor tiempo posible.

Tabla 20. Diagrama de proceso propuesto de suelas de PVC expandido

DIAGRAMA DEL PROCESO														
Método actual								Fecha:	20/02/2024					
Método propuesto	X							Hecho por:	Nuñez Kevin					
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de PVC expandido							Diagrama:						
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.								Hoja:	1 de 1					
Departamento:	Producción													
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					Nº	Dist.	TIEMPO TIPO (min)					DESCRIPCION DEL PROCESO	
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje		
-	○	⇒	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación	
-	○	⇒	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor	
-	●	⇒	□	D	▽	1	-	5.03	-	-	-	-	Mezclado de formulación	
-	●	⇒	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido	
-	●	⇒	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC	
-	○	⇒	□	D	▽	2	2.50	-	2.02	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC monocolor	
-	○	⇒	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	1.73	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor	
-	○	⇒	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de inyectora.	
-	●	⇒	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyectora	
-	●	⇒	□	D	▽	5	-	5.02	-	-	-	-	Colocación de moldes	
-	●	⇒	□	D	▽	6	-	1.01	-	-	-	-	Calibración de moldes	
-	○	⇒	■	D	▽	1	-	-	-	0.10	-	-	Revisión de suelas de PVC expandido	
-	●	⇒	□	D	▽	7	-	0.35	-	-	-	-	Limpieza de rebaba de molde	
-	●	⇒	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje	
-	○	⇒	□	D	▽	4	2.40	-	1.12	-	-	-	Desde máquina inyectora hacia almacenamiento de pares	
-	○	⇒	□	D	▼	3	-	-	-	-	-	690.37	Área de almacenaje de pares terminados	
-	○	⇒	□	D	▽	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.	
-	●	⇒	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares	
-	●	⇒	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares	
-	●	⇒	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares	
-	○	⇒	■	D	▽	2	-	-	-	5.02	-	-	Control de peso de empaque	
-	○	⇒	□	D	▼	4	-	-	-	-	-	460.48	Almacenaje de producto terminado	
Total:							18.20	90.09	10.38	5.12	0.00	1157.59		
Total:								1263.17						

Si se compara el tiempo del proceso de la situación actual de la Tabla 5 con el proceso propuesto de la Tabla 20 se hay una diferencia de 50.3 min que representa el 3.8% de tiempo optimizado con la organización del inventario, un resumen se presenta la Tabla 21.

Tabla 21. Resumen de proceso propuesto de PVC expandido monocolor

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	90.09
	5	18.20	10.38
	2	-	5.12
	0	-	0.00
	4	-	1157.59
	22	18.20	1263.17

La fábrica cuenta con tres procesos que le permiten ofrecer una amplia variedad de productos a sus clientes. Por lo tanto, al analizar minuciosamente cada uno de estos procesos y adjuntado el tiempo que se busca optimizar da como resultado la Tabla 22. Para el proceso de PVC expandido bicolor.

Tabla 22. Diagrama de proceso propuesto de suelas de PVC expandido bicolor

DIAGRAMA DEL PROCESO														
Método actual								Fecha:	20/02/2024					
Método propuesto	X							Hecho por:	Nuñez Kevin					
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de PVC expandido bicolor							Diagrama:						
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.								Hoja:	1 de 1					
Departamento	Producción													
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					Nº	Dist.	TIEMPO TIPO (min)					DESCRIPCION DEL PROCESO	
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje		
-	○	➡	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.010	Área de almacenaje de químicos de formulación	
-	○	➡	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor	
-	●	➡	□	D	▽	1	-	5.03	-	-	-	-	Mezclado de formulación	
-	●	➡	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido	
-	●	➡	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC	
-	○	➡	□	D	▽	2	2.50	-	2.02	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC monocolor	
-	○	➡	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	1.73	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor	
-	○	➡	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de inyectora.	
-	●	➡	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyectora 1	
-	●	➡	□	D	▽	5	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de inyección 2	
-	●	➡	□	D	▽	6	-	1.01	-	-	-	-	Colocación de moldes	
-	○	➡	■	D	▽	7	-	0.35	-	-	-	-	Calibración de moldes	
-	●	➡	□	D	▽	1	-	-	-	0.33	-	-	Revisión de suelas de PVC expandido bicolor	
-	●	➡	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje	
-	○	➡	□	D	▽	4	12.25	-	3.25	-	-	-	Desde máquina inyectora hacia almacenamiento de pares	
-	○	➡	□	D	▼	3	-	-	-	-	-	690.37	Área de almacenaje de pares terminados	
-	○	➡	□	D	▽	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.	
-	●	➡	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares	
-	●	➡	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares	
-	●	➡	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares	
-	○	➡	■	D	▽	2	-	-	-	5.016	-	-	Control de peso de empaque	
-	○	➡	□	D	▼	4	-	-	-	-	-	460.48	Almacenaje de producto terminado	
Total:							28.05	145.37	12.52	5.35	0.00	1157.59		
Total:							1320.83							

Si se compara el tiempo del proceso de la situación actual de la Tabla 7 con el proceso propuesto de la Tabla 22 se hay una diferencia de 50.3 min que representa el 3.7% de tiempo optimizado con la propuesta de organización del inventario. A continuación se presenta la Tabla 23 donde se resume los tiempos de operación del diagrama de proceso propuesto.

Tabla 23. Resumen de proceso propuesto de PVC expandido bicolor

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	145.37
	5	28.05	12.52
	2	-	5.35
	0	-	0.00
	4	-	1166.59
	22	28.05	1329.83

La fábrica cuenta con tres procesos que le permiten ofrecer una amplia variedad de productos a sus clientes. Por lo tanto, al analizar minuciosamente cada uno de estos procesos y adjuntado el tiempo que se busca optimizar da como resultado la Tabla 24. Para el proceso de PVC Ultraboost.

Tabla 24. Diagrama de proceso propuesto de suelas de TPU ultraboost

DIAGRAMA DEL PROCESO															
Método actual	X								Fecha:	20/02/2024					
Método propuesto									Hecho por:	Nuñez Kevin					
Sujeto del diagrama:	Producción de suela de TPU ultraboost								Diagrama:						
El diagrama empieza en el área de almacenamiento de químicos de formulación y termina en la zona de despacho de producto.									Hoja:	1 de 1					
Departamento	Producción														
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					Nº	Dist.	TIEMPO TIPO (min)					DESCRIPCION DEL PROCESO		
							(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje			
-	○	⇨	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación		
-	○	➡	□	D	▽	1	2.50	-	1.13	-	-	-	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor		
-	●	⇨	□	D	▽	1	-	10.21	-	-	-	-	Mezclado de formulación		
-	●	⇨	□	D	▽	2	-	0.01	-	-	-	-	Extrucción de pelets PVC expandido		
-	●	⇨	□	D	▽	3	-	0.53	-	-	-	-	Ensacado de pelets de PVC		
-	○	➡	□	D	▽	2	2.50	-	2.07	-	-	-	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC		
-	○	⇨	□	D	▼	2	-	-	-	-	-	1.73	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor		
-	○	➡	□	D	▽	3	6.30	-	1.08	-	-	-	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de túnel ultraboost		
-	●	⇨	□	D	▽	4	-	60.30	-	-	-	-	Alimentación de tolva de túnel		
-	●	⇨	□	D	▽	5	-	2.15	-	-	-	-	Calibración de banda transportadora		
-	●	⇨	□	D	▽	7	-	-	-	0.10	-	-	Calibración de temperatura		
-	○	⇨	■	D	▽	1	-	0.35	-	-	-	-	Revisión de suelas de PVC Ultraboost		
-	●	⇨	□	D	▽	8	-	0.35	-	-	-	-	Desmoldaje		
-	●	⇨	□	D	▽	4	22.50	-	1.17	-	-	-	Desde Túnel ultraboost hacia almacenamiento de pares		
-	○	➡	□	D	▽	3	-	-	-	-	-	690.37	Área de almacenaje de pares terminados		
-	○	⇨	□	D	▼	5	4.50	-	5.03	-	-	-	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque.		
-	○	➡	□	D	▽	9	-	1.18	-	-	-	-	Clasificación de pares		
-	●	⇨	□	D	▽	10	-	15.13	-	-	-	-	Apilado de pares		
-	●	⇨	□	D	▽	11	-	1.17	-	-	-	-	Empacado de pares		
-	●	⇨	□	D	▽	2	-	-	-	5.02	-	-	Control de peso de empaque		
-	○	⇨	■	D	▽	4	-	-	-	-	-	460.48	Almacenaje de producto terminado		
-	○	⇨	□	D	▼	1	-	-	-	-	-	5.01	Área de almacenaje de químicos de formulación		
Total:							38.30	91.39	10.38	5.12	0.00	1157.59			
Total:								1264.48							

Si se compara el tiempo del proceso de la situación actual de la Tabla 9 con el proceso propuesto de la Tabla 24 se hay una diferencia de 50.3 min que representa el 3.7% de tiempo optimizado con la propuesta de organización del inventario. A continuación se presenta la Tabla 25 donde se resume los tiempos de operación del diagrama de proceso propuesto.

Tabla 25. Resumen de proceso propuesto de TPU ultraboost

Operación	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)
	11	-	91.39
	5	38.30	10.38
	2	-	5.12
	0	-	0.00
	4	-	1157.59
	22	38.30	126.48

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis de la situación inicial en la empresa de suelas de zapatillas BRPlast permitió evidenciar que la empresa cuenta con tres líneas de producción diferenciadas con procesos individuales, pero con una misma entrada de materia prima.
- El análisis de situación inicial evidenció que durante el año no se encuentran operativas todas las líneas de producción, ya que la empresa aún funciona bajo pedido de los clientes.
- El análisis de métodos evidenció que las áreas operativas están dispuestas a una distancia prudente y ergonómica para los operarios, evitando que la carga sea forzada. Las distancias máximas entre áreas son de aproximadamente 3 metros, lo que indica que no existen cuellos de botella en las líneas de producción.
- El análisis de tiempos mostró que no existen demoras entre las operaciones realizadas en cada línea de producción, debido a que la mayor parte de los procesos son semiautomáticos.
- El estudio de inventario realizado a los productos ofertados por BRPlast mostró que las suelas de PVC expandido monocolor es el producto insignia de la empresa, ya que este representa más del 50% de las ventas anuales, catalogándolo como clase A para el método de control ABC.
- El estudio de inventario realizado a la materia prima de la empresa permitió determinar puntos de pedido diferenciados para cada tipo de reactivo usado en el proceso de PVC expandido, estableciendo un tiempo de cuatro días para realizar el pedido y que este llegue con la finalidad de no perder tiempo por falta de materia prima.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio de seguridad y salud ocupacional en la empresa BRPLAST, esto debido a que existen riesgos evidentes en las líneas de producción que deben ser considerados.
- Se recomienda adaptar un cuarto para el almacenaje de la materia prima de BRPLAST, ya que en el empaque de los reactivos se advierte sobre la exposición al ambiente de los mismos.
- Se recomienda delimitar las áreas de las líneas de producción ya que se evidenció que algunas veces los operarios corren riesgos que podrían ser mitigados con la respectiva señalización.
- Se recomienda implementar un programa de capacitación continua para los operarios, enfocado en las mejores prácticas de seguridad y en la correcta utilización de los equipos de protección personal. Esto ayudará a minimizar accidentes y aumentar la conciencia sobre los riesgos laborales.
- Se recomienda instalar sistemas de ventilación adecuados en todas las áreas de producción para asegurar que los empleados no estén expuestos a niveles peligrosos de sustancias químicas o polvo. Una buena ventilación puede mejorar considerablemente la calidad del aire y reducir problemas de salud a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Climate Reality Project, "Del cuidado del planeta depende el futuro de la humanidad," 2024.
- [2] E. Alulema, "¿Cuánto diseño hay en el diseño de calzado? Análisis de la transformación de la cultura de diseño en cadenas de valor en pequeñas y medianas empresas manufactureras de calzado en la provincia de Tungurahua-Ecuador (1995-2021)," Tesis de Doctorado en Diseño, no. 40, May 2024.
- [3] D. Lobo, "Fast fashion y el cambio climático: la importancia de adoptar un modelo sostenible," 2022.
- [4] M. Guajala, C. Abril, E. Jiménez, y D. Sánchez, "Las empresas del sector calzado. Camino a la eficiencia," Revista Científica Hermes, 2022.
- [5] El Comercio, "¿Cuáles son las ciudades y provincias de Ecuador que más vendieron?," 2022.
- [6] A. González, "El papel de la gestión de compras en las entidades hospitalarias públicas de Colombia. Una revisión sistémica de literatura," 2022.
- [7] G. Salazar, S. Asesor, M. Sandro y R. Valle, "Análisis de las experiencias de gestión de inventarios para la optimización de recursos en las empresas industriales durante los últimos diez años. Una revisión de la literatura," Universidad Privada del Norte, 2022.
- [8] F. Javier y L. Orozco, "Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos productivos de la empresa CALZADO LIWI," 2018.
- [9] O. Llumitasig y J. Paredes, "Estudio de tiempos y movimientos en la elaboración de suelas para calzado en la empresa Preplast," 2019.
- [10] E. Corona, "Propuesta de mejoramiento al sistema de producción de sanitarios One Piece Smart mediante herramientas de Lean Manufacturing y de estudio de métodos y tiempos en la empresa Corona S.A.S Planta Madrid," Universitaria Agustiniana, 2020.
- [11] A. Muñoz, "Estudio de tiempos y su relación con la productividad," Revista Enfoques, vol. 5, no. 17, pp. 40–54, 2021.
- [12] A. Arias, "Determinación de prácticas de mejora continua en los procesos de producción para el sector de calzado del municipio de Bucaramanga-Santander," 2022.
- [13] A. Medina, "Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo," Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 27, no. 2, pp. 328–342, 2019.
- [14] H. Cabrera, "Modelo para la mejora de procesos en contribución a la integración de sistemas," Ingeniería Industrial, 2018.

- [15] Y. Rivera, “Influencia de la innovación en el proceso productivo,” *Revista Científica Estelí*, 2020.
- [16] T. Digital, “Transformación digital empresarial: modelos y mecanismos para su adopción,” *Revista Cubana de Transformación Digital*, 2021.
- [17] A. Ingeniare, “Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 28, no. 1, pp. 133–142, 2020.
- [18] D. Diaz, “Sistema de gestión de inventario basado en la teoría de inventarios y control de producción utilizando tecnología QR, para mejorar la gestión del inventario en la,” 2019.
- [19] J. Cardona, “Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados,” *Revista eia*, 2018.
- [20] A. Stefany, “Importancia de la gestión de inventario en empresa de Manufactura,” *Boletín de innovación, logística y operaciones*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [21] Caribeña Ciencias Sociales, “Inventarios en empresas comercializadoras,” 2018.
- [22] J. Ojeda, “Gestión de inventarios en las empresas del sector retail,” 2020.
- [23] N. Martinez, “Gestión de inventarios de repuestos considerando el riesgo,” *Revista espacios*, 2018.
- [24] M. Avendaño y J. Tomás, “Formulación de un modelo para la gestión de inventarios de la Empresa Flowserve Colombia,” *Universidad Santo Tomás*, 2018.
- [25] A. Andrade, “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado,” *Información tecnológica*, vol. 30, no. 3, pp. 83–94, 2018.
- [26] E. Rodríguez, “De la conciliación a la corresponsabilidad en el tiempo de trabajo: un cambio de paradigma imprescindible para conseguir el trabajo decente,” *Lex Social: Revista de derechos sociales*, 2021.
- [27] C. Cuevas, “Importancia de un estudio de tiempos y movimientos,” *Inventó*, pp. 2448–9026, 2020.
- [28] R. Jiménez, “Teorías clásicas de las organizaciones y el Gung Ho,” *Visión de futuro*, 2018.
- [29] K. Silva, “Métodos de trabajo para mejorar la competitividad del sistema de uva de mesa sonoreense,” *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo*, 2018.
- [30] D. Santiago, “Análisis de los tiempos de preparación para la reducción de desperdicios en el proceso de troquelado. Caso aplicado industria de calzado,” *Revista*, vol. 3, no. 10, pp. 149–160, 2018.
- [31] R. Belloso, “Análisis de los cuellos de botella en la logística internacional de las Pymes de confecciones en Colombia,” *Telos*, 2018.

- [32] K. Arroyo, "Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas," Observatorio de la economía latinoamericana, 2018.
- [33] E. Saucedo, "Aplicación de ingeniería de métodos para el mejoramiento de operaciones en una empresa manufacturera de equipos de audio," Ergonomía, Investigación y Desarrollo, vol. 3, no. 1, pp. 105–115, 2021.
- [34] T. Bolivia, "Importancia del modelo de gestión empresarial para las organizaciones modernas," Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES, vol. 4, pp. 272–283, 2020.
- [35] M. Acosta, "Modelo de gestión empresarial del Ecuador," Revista Científica FIPCAEC, 2020.
- [36] C. Pereira, "Actualidad de la gestión empresarial en las pymes (Current Business Management in SMEs)," Benezit Dictionary of Artists, 2019.
- [37] M. Delgado, "Enfoque y métodos para la innovación en la Administración Pública y Empresarial," 2019.
- [38] L. Dueñas, "Retos y propuestas para la regulación del trabajo en los procesos productivos de las plataformas digitales," Cuadernos de Relaciones Laborales, vol. 37, no. 1, 2021.
- [39] S. M. Buitrago-Romero and J. A. Romero Coca, "Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad," Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, vol. 26, no. 1, 2018.
- [40] A. López y A. González, "Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura," Ingeniería, investigación y tecnología, vol. 20, no. 1, pp. 15-26, 2019.
- [41] J. Díaz y J. Huertas, "Modelo de programación de la producción por lotes de múltiples productos con tiempo continuo," Ingeniería e Investigación, vol. 38, no. 1, pp. 96–104, 2018.
- [42] J. Quiroz y P. Ríos, "Modelo de Producción en la Industria Acuícola Peruana," Especial, vol. 7, pp. 590–611, 2022.
- [43] H. Díaz, "Análisis de la implementación método JIT en la compañía Bavaria de Colombia.," 2023.
- [44] C. Juca, C. Narváez, J. Álvarez y K. Altamirano, "Modelo de gestión y control de inventarios para la determinación de los niveles óptimos en la cadena de suministros de la Empresa Modesto Casajoana Cía. Ltda.," Digital Publisher CEIT, 2019.
- [45] A. González y A. González, "Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva," Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 28, no. 1, pp. 133–142, 2020.

- [46] O. Rivadeneira, J. Cueva y G. Cárdenas, "Revisión de la Literatura sobre Gestión de Inventario en la Industria Textil," *revistas.une.edu.pe*, 2022.
- [47] V. Jiménez, "Factores del proceso de producción que mejoran el nivel de servicio de entrega al cliente de las PyMEs manufactureras del sector automotriz en Nuevo León," 2021.
- [48] I. Dueñas, R. Jhoselyn, y B. Rodríguez, "Procedimiento para la actualización de las normas de trabajo en el proceso de restauración.," 2021.
- [49] G. Lozada, "Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de Guayusa Ecocampo," 2018.
- [50] J. Pichardo, G. Contreras y J. Peña, "Proporción y distribución de erratas en publicaciones científicas," *Investigación bibliotecológica*, vol. 33, no. 78, pp. 190-206, 2019.
- [51] J. Lozano, M. Bustos e Y. Meneses, "Mercado laboral de los Contadores Públicos recién egresados en Villavicencio-Meta y la teoría del cuadrante de flujo de dinero," *El Ágora USB*, vol. 22, no. 1, pp. 109-132, 2022.
- [52] C. Valencia, E. Fabián, R. Granja y E. David, "Reingeniería e implantación de maquinaria semiautomatizada para la microempresa de helados tropical salcedo.," 2016.
- [53] ACNUR "Alto comisionado de las naciones unidas para los refugiados," 2023.
- [54] B. Brigitte, R. Corrales, I. Martin y A. Delgado, "Propuesta de implementación de un MRP y un sistema de gestión de inventario para la reducción de los costos operativos de una curtiembre," *Universidad Privada del Norte*, Jul. 2020.
- [55] D. Buede y W. Miller, "The engineering design of systems: models and methods," 2024.
- [56] J. Izar, C. Cortés y E. Zermeño, "Calculation of reorder point when lead time and demand are correlated," *Contaduría y administración*, vol. 60, pp. 864–873, 2015.

ANEXOS

Anexo A. Entrevista para el trabajo de investigación



FORMATO DE ENTREVISTA

Nombre del entrevistado: Sr. Bolívar Fabricio Vallesteros Bustillos.

Cargo: Presidente

Fecha: 24 de abril del 2024.

Una entrevista sobre el funcionamiento de una línea de producción industrial se centra en comprender las operaciones diarias, la calidad del producto, la capacitación del personal, la satisfacción del cliente y la gestión general:

- Aprender cómo se maneja la compañía ayudará en la toma de decisiones.
- La presente no tendrá repercusiones en la percepción del trabajador.
- La presente entrevista tiene fines netamente académicos.

Sección 1: Métodos

1. ¿Qué métodos de producción de suelas de zapatillas se utilizan actualmente en BRPlast?

En BRPlast, actualmente se utilizan métodos de inyección directa al molde para la producción de suelas de zapatillas. Este método permite una producción eficiente y de alta calidad.

2. ¿Se realizan análisis de métodos para identificar oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de suelas de zapatillas?

Sí, en BRPlast se realizan análisis mensuales de los métodos de producción para identificar oportunidades de mejora. Estas mejoras se implementan en respuesta a las tendencias de la moda y las exigencias del mercado, asegurando que la producción se mantenga actualizada y competitiva.

3. ¿Considera que los métodos de producción actuales son eficientes en términos de tiempo y recursos?

Los métodos de producción actuales en BRPlast son considerados eficientes en términos de tiempo y recursos. La empresa se basa principalmente en la producción automatizada por máquinas, lo que reduce la dependencia de la mano de obra y aumenta la consistencia y velocidad de producción.

4. ¿Se llevan a cabo entrenamientos o capacitaciones para el personal en relación con los métodos de producción utilizados en la fábrica?

BRPlast lleva a cabo entrenamientos y capacitaciones para su personal, especialmente cuando se necesita aumentar la producción. Estas capacitaciones se programan de acuerdo con las temporadas y las demandas del mercado, asegurando que el personal esté bien preparado para las variaciones en la carga de trabajo.

5. ¿Qué medidas se toman para garantizar la calidad y consistencia de las suelas de zapatillas producidas mediante los métodos actuales?

Para garantizar la calidad y consistencia de las suelas de zapatillas, BRPlast implementa varios métodos de control de calidad. Estos incluyen pruebas de abrasión y flexión, donde las suelas deben soportar un millón de flexiones en dos minutos. Además, se realizan muestreos regulares para evaluar la durabilidad de las suelas en condiciones reales de uso.

Sección 2: Tiempos

1. ¿Se realiza un seguimiento detallado de los tiempos de producción de las suelas de zapatillas en cada etapa del proceso?

En BRPlast no se realiza un seguimiento detallado de los tiempos de producción de las suelas de zapatillas en cada etapa del proceso. Esto se debe a que la producción se centra en un solo tipo de modelo, lo que simplifica el proceso y elimina la necesidad de cambios frecuentes en la línea de producción.

2. ¿Qué herramientas o técnicas se utilizan para medir y analizar los tiempos de producción en la fábrica?

Para medir y analizar los tiempos de producción, BRPlast utiliza contadores instalados en las máquinas. Estos contadores registran la producción diaria, proporcionando datos precisos sobre la cantidad de suelas producidas.

3. ¿Se han identificado cuellos de botella o tiempos muertos en el proceso de fabricación de suelas de zapatillas?

Se han identificado cuellos de botella en el proceso de fabricación, principalmente debido a cortes de energía eléctrica o retrasos en el empaque. Estos factores pueden afectar la eficiencia de la producción.

4. ¿Qué estrategias se implementan para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de producción en la fabricación de suelas de zapatillas?

Para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de producción, BRPlast implementa estrategias como aumentar la velocidad de las máquinas y aumentar la capacidad de personal para un empaque más rápido. También se trabaja para minimizar los desperdicios de suelas, lo que contribuye a mantener un flujo de producción constante.

5. ¿Cómo se gestionan los tiempos extra de producción o las situaciones de urgencia en la fábrica?

En situaciones de urgencia o cuando se necesita aumentar la producción, BRPlast gestiona los tiempos extras mediante la asignación de horas extras al personal. Estas horas extras se compensan adecuadamente para motivar a los empleados y asegurar que se cumplan los objetivos de producción.

Sección 3: Gestión de Inventarios

1. ¿Qué tipo de sistema de gestión de inventarios se utiliza en la fábrica para las materias primas necesarias en la fabricación de suelas de zapatillas?

BRPlast utiliza un sistema de gestión de inventarios basado en el stock de materia prima. Este sistema se ajusta a las necesidades de producción de la planta, asegurando que siempre haya suficiente materia prima disponible para evitar interrupciones en la producción.

2. ¿Se lleva a cabo un control exhaustivo de los niveles de inventario de materias primas y productos terminados en la fábrica?

Se lleva a cabo un control exhaustivo de los niveles de inventario tanto de materias primas como de productos terminados. Este control es crucial debido a que la mayoría de la materia prima es importada, lo que requiere una planificación cuidadosa para mantener un stock adecuado.

3. ¿Se han identificado problemas de exceso o falta de inventario en el proceso de producción de suelas de zapatillas?

BRPlast no ha identificado problemas significativos de exceso o falta de inventario en su proceso de producción. Esto se debe a la implementación efectiva de su sistema de gestión de inventarios.

4. ¿Qué medidas se toman para optimizar los niveles de inventario y reducir costos asociados?

Para optimizar los niveles de inventario y reducir los costos asociados, BRPlast mantiene un equilibrio cuidadoso entre el stock disponible y las necesidades de producción. Esta optimización permite reducir los costos de almacenamiento y asegurar la disponibilidad de materias primas.

5. ¿Se utilizan herramientas de pronóstico de demanda para planificar los niveles de inventario de manera más efectiva?

Actualmente, BRPlast no utiliza herramientas de pronóstico de demanda para planificar los niveles de inventario. La planificación se basa en la experiencia y el conocimiento del mercado, ajustando los niveles de stock según las temporadas y las demandas de producción.

Anexo B. Medición de tiempos

Proceso	Descripción del proceso	Tiempos (HH: MM: SS)										Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Elaboración de suelas de zapatillas	Área de almacenaje de químicos de formulación.	00:05:02	00:04:50	00:04:53	00:05:04	00:04:48	00:05:06	00:04:57	00:05:32	00:04:59	00:05:45	00:05:06
	Desde el área de almacenaje de formulación hacia mezcladora de polímero monocolor.	00:01:02	00:00:58	00:01:17	00:01:11	00:01:13	00:01:03	00:01:16	00:01:19	00:00:57	00:01:03	00:01:08
	Mezclado de formulación.	00:04:53	00:04:52	00:05:14	00:04:57	00:05:27	00:05:05	00:04:56	00:04:55	00:05:07	00:04:54	00:05:02
	Extrucción de pellets PVC expandido.	00:00:07	00:00:05	00:00:06	00:00:07	00:00:05	00:00:07	00:00:06	00:00:05	00:00:04	00:00:05	00:00:06
	Ensacado de pellets de PVC (25kilos).	00:00:35	00:00:29	00:00:33	00:00:31	00:00:34	00:00:33	00:00:28	00:00:32	00:00:36	00:00:33	00:00:32
	Desde la extrusora de PVC hacia almacenaje de pelets PVC monocolor.	00:02:03	00:02:06	00:01:59	00:01:58	00:02:03	00:02:04	00:01:57	00:01:59	00:01:55	00:02:04	00:02:01
	Área de almacenaje de pelets PVC expandido monocolor.	00:01:56	00:02:07	00:01:56	00:02:03	00:02:05	00:02:04	00:02:05	00:02:07	00:01:59	00:01:58	00:02:02
	Desde el área de almacenaje de pelets PVC monocolor hacia tolva de alimentación de inyectora.	00:01:07	00:01:09	00:01:11	00:00:54	00:01:01	00:01:04	00:00:56	00:01:13	00:01:09	00:01:04	00:01:05
	Alimentación de tolva de inyectora (50 kilos).	01:00:35	01:01:38	00:59:45	00:59:22	01:00:56	01:00:21	00:59:34	01:00:16	01:00:41	00:59:54	01:00:18
	Colocación de moldes.	00:05:03	00:04:57	00:04:52	00:05:07	00:04:51	00:04:58	00:04:59	00:05:11	00:04:55	00:05:14	00:05:01
	Calibración de moldes.	00:01:02	00:00:54	00:01:20	00:01:17	00:01:03	00:01:16	00:01:04	00:01:06	00:00:58	00:01:03	00:01:06
	Revisión de suelas de PVC expandido.	00:00:03	00:00:07	00:00:05	00:00:06	00:00:07	00:00:07	00:00:05	00:00:06	00:00:05	00:00:07	00:00:06
	Limpieza de rebaba de molde.	00:00:23	00:00:18	00:00:21	00:00:19	00:00:23	00:00:22	00:00:20	00:00:21	00:00:18	00:00:22	00:00:21
	Desmoldaje.	00:00:23	00:00:18	00:00:21	00:00:19	00:00:23	00:00:22	00:00:20	00:00:21	00:00:18	00:00:22	00:00:21
	Desde máquina inyectora hacia almacenamiento de pares.	00:01:04	00:00:57	00:01:23	00:01:14	00:01:00	00:01:13	00:01:07	00:01:09	00:00:59	00:01:08	00:01:07
	Área de almacenaje de pares terminados.	12:00:58	11:59:35	12:01:07	11:59:54	12:01:04	11:59:14	11:59:45	12:01:04	11:59:56	12:01:04	12:00:22
	Desde área de almacenaje de pares terminados hacia área de empaque (50 pares).	00:05:01	00:04:55	00:04:58	00:05:03	00:04:56	00:04:52	00:04:57	00:05:16	00:04:59	00:05:20	00:05:02
	Clasificación de pares.	00:01:14	00:00:58	00:01:33	00:01:01	00:01:05	00:01:23	00:01:05	00:01:12	00:00:56	00:01:18	00:01:11
	Apilado de pares (25 pares).	00:15:05	00:14:53	00:15:24	00:15:12	00:15:00	00:15:09	00:15:17	00:15:09	00:14:57	00:15:16	00:15:08
	Empacado de pares.	00:01:02	00:00:55	00:01:25	00:01:17	00:01:03	00:01:16	00:01:10	00:01:11	00:00:58	00:01:18	00:01:10
	Control de peso de empaque.	00:05:06	00:04:58	00:04:56	00:05:09	00:04:57	00:04:54	00:04:51	00:05:16	00:04:53	00:05:08	00:05:01
	Almacenaje de producto terminado.	08:00:12	08:00:28	08:00:37	08:00:23	08:00:31	08:00:13	08:00:48	08:00:29	08:00:26	08:00:43	08:00:29

Anexo C. Cantidades para la formulación básica para suelas de PVC

Formulación Básica para Suelas de PVC Expandido Unicolor		
Químicos	Pesos (Kg)	Pesos (Kg)
Resina de PVC	12.5	500
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	5	200
Estabilizador	2.5	100
Expancel (Agente espumante)	3.75	150
Pigmento	1.25	50
Total	25	1000

Formulación Básica para Suelas de PVC Expandido Bicolor		
Químicos	Pesos (Kg)	Pesos (Kg)
Resina de PVC	12	480
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	4.5	180
Estabilizador	3	120
Expancel (Agente espumante)	3.75	150
Pigmento	1.75	70
Total	25	1000

Formulación Básica para Suelas con Tecnología Ultraboost		
Químicos	Pesos (Kg)	Pesos (Kg)
Resina de PVC	10	400
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	5	200
Estabilizador	2.5	100
Expancel (Agente espumante)	5	200
Aditivos Especiales (e.g., agentes de expansión adicionales, modificadores de impacto)	2.5	100
Total	25Kg	1000

Anexo D. Precios para la formulación básica

Componentes	
Químicos	Precio (\$)
Resina de PVC	\$1.20 a \$1.70 por kg.
Plastificante (DOP/Diocil Ftalato)	\$1.50 a \$2.00 por kg.
Estabilizador	\$2.50 a \$3.50 por kg.
Expancel (Agente espumante)	\$20.00 a \$35.00 por kg.
Pigmento	\$6.00 a \$60.00 por kg.
Aditivos Especiales	\$15.00 a \$60.00 por kg.
Otros	Precio (\$)
Impuesto predial anual	\$500 a \$1,000
Electricidad mensual	\$400 a \$600
Agua y Alcantarillado mensual	\$50 a \$100
Recolección de Basura y Otros Servicios mensuales	\$20 a \$50
Mantenimiento mensual	\$167 a \$500

Anexo E. Información adicional

Información adicional de la empresa “BRPlast”	
	
La producción se limitaba exclusivamente a la cantidad solicitada por el cliente.	De esta manera, cada una de las suelas se organizaba en el área de almacenamiento.
	
Cada uno de los lotes de almacenamiento se recogía diariamente por una camioneta.	Cada trabajador desempeñaba su labor.
	
Cada uno de los moldes estaba identificado para determinar cuáles se utilizarían cada día.	Desde este panel de control se podía monitorear el avance de la producción.
	
En caso de desperdicio, cada una de las máquinas descomponía el producto para reutilizarlo.	