



POSGRADOS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, MENCIÓN GESTIÓN DE PROYECTOS

RPC-SO-30-NO.502 -2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y
TECNOLÓGICAS AVANZADAS

TEMA:

PROPUESTA DE REDISTRIBUCION
DE LA PLANTA DE POLIMEROS
"VULCANO"

AUTOR:

JUAN ANDRÉS LOZANO MÉNDEZ

DIRECTOR:

SILVIA JANNETH VELECELA ROJAS

CUENCA – ECUADOR
2024



Autor:**Juan Andrés Lozano Méndez**

Ingeniero Mecatrónico.

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

jlozanom@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Silvia Janneth Velecela Rojas**

Ingeniera Industrial.

Máster en Ingeniería Avanzada de Producción,
Logística y Cadena de Suministro.

svelecela@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

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

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

JUAN ANDRÉS LOZANO MÉNDEZ

Propuesta de redistribucion de la planta de polimeros “Vulcano”

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Saúl, Narcisa, cuyo amor, sacrificio y constante apoyo han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro en mi vida. Gracias por creer en mí, por inspirarme a alcanzar mis sueños y por estar siempre a mi lado en cada paso del camino.

También dedico este trabajo a la memoria de mi abuelita Guillermina Reinoso, quien siempre fue una fuente de inspiración, aprendizaje y sabiduría para mí. Una guía, ejemplo y apoyo fueron fundamentales en mi desarrollo académico y personal.

A todas las personas que han dejado una huella en mi vida y han contribuido de alguna manera a mi crecimiento y aprendizaje, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora, Silvia Velecela por su guía experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus comentarios y sugerencias han sido invaluable para mejorar este trabajo.

También deseo agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por proporcionar los recursos necesarios y el ambiente de investigación propicio para llevar a cabo este estudio.

Agradezco de corazón a mi familia y un agradecimiento especial a mi tía Nanci por su amor incondicional, comprensión y aliento durante todos estos años de estudio. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso que he dado.

Quiero reconocer el apoyo y la amistad de mis compañeros de clase, quienes compartieron conmigo los desafíos y las alegrías de este viaje académico.

Agradezco a mis amigos y seres queridos por estar siempre ahí, brindándome ánimo y motivación en los momentos más difíciles.

¡A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento!

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	12
Abstract	14
1. Introducción	16
1.1. Situación Problemática.....	16
1.2. Formulación del Problema.	17
1.3. Justificación teórica	18
1.3.1. Antecedentes.....	19
1.3.2. Delimitación.....	20
1.3.3. Justificación práctica.....	20
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos	22
2. Marco teórico referencial.....	23
3. Materiales y metodología.....	51
3.1. Unidad de análisis.....	51
3.2. Población	51
3.3. Métodos a emplear.	52
3.4. Identificación de las necesidades de información. Fuentes primarias y secundarias.....	55
3.5. Técnicas de recolección de datos ¿Cuáles y para qué?.....	55
3.6. Herramientas utilizadas para el análisis e interpretación de la información.	57
4. Resultados y discusión.....	59
4.1. Procesos y diagramas de flujo.	59
4.1.1. Análisis de la producción de la empresa.	59
4.1.2. Listado de equipos.....	60
4.1.3. Etapas de los Procesos.	61
4.1.4. Análisis de las áreas de trabajo.	65
4.1.5. Estandarización de Tiempos.....	71
4.2. Propuesta de Redistribución.	87
4.2.1. Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades.....	88
4.2.2. Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios.....	91

4.2.3. Escenarios para determinar su factibilidad.....	94
4.3. Propuestas de mejora en base a los resultados de la simulación.....	95
4.4. Fases para la puesta en practica.....	101
4.5. Validación del modelo.....	107
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	109
5.1 Recomendaciones.....	110
Referencias	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la empresa	20
Figura 2 Principios básicos en una distribución en planta.....	25
Figura 3 Ejemplo de distribución en cadena.	26
Figura 4 Ejemplo de distribución por procesos	27
Figura 5 Distribución en planta por células de trabajo.	28
Figura 6 Distribución celular en forma de U.....	29
Figura 7 Sistemática del método SLP.....	37
Figura 8 Clasificación de suplementos de la IOT.....	42
Figura 9 Producción de la empresa	47
Figura 10 Distribución Actual de la empresa Vulcano Plástico.....	49
Figura 11 Distribución Actual de la empresa Vulcano Plástico.....	50
Figura 12 Pasos para simular en FlexSim.	54
Figura 13Proceso de recolección de datos.....	57
Figura 14 Producción mensual de Vulcano Plástico.	60
Figura 15 Proceso de producción para Inyección.....	62
Figura 16 Proceso de producción para Extrusión.....	64
Figura 17 FlexSim Distribución de Planta Vulcano Plástico	65
Figura 18 Tiempos de recorrido del proceso de inyección poliestireno y polipropileno.	66
Figura 19 Recorrido en el proceso de inyección	67
Figura 20 Distancias en el proceso de inyección.....	68
Figura 21 Flujo del proceso de extrusión.	69
Figura 22 Recorrido en el proceso de extrusión.....	70
Figura 23 Distancias en el proceso de extrusión.	71
Figura 24 Simulación ExpertFit estadísticos molino 1.....	77
Figura 25 Simulación ExpertFit estadísticos molino 2.....	78
Figura 26 Simulación ExpertFit estadísticos pulverizadora.	78
Figura 27 Simulación ExpertFit estadísticos secadora.	79
Figura 28 Simulación ExpertFit estadísticos extrusora 1.	79
Figura 29 Simulación ExpertFit estadísticos mezcladora.....	80
Figura 30 Simulación ExpertFit estadísticos inyectora.....	80

Figura 31 Dashboards obtenidos mediante la simulación de la situación actual de la empresa.....	83
Figura 32 Dashboard simulación situación actual de producción.	84
Figura 33 Dashboard simulación situación actual de producción.	84
Figura 34 Dashboard simulación situación actual de producción.	85
Figura 35 Dashboard simulación situación actual de producción.	85
Figura 36 Dashboard simulación situación actual de producción.	86
Figura 37 Dashboard simulación situación actual de producción.	86
Figura 38 Relación de actividades.....	90
Figura 39 Relación entre actividades.....	90
Figura 40 Distribución de planta propuesta 1.....	91
Figura 41 Distribución de planta propuesta 2.....	92
Figura 42 Distribución de planta propuesta 3.....	93
Figura 43 Distribución de planta propuesta 4.....	93
Figura 44 Distribución de planta propuesta 5.....	94
Figura 45 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	97
Figura 46 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	98
Figura 47 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	98
Figura 48 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	99
Figura 49 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	99
Figura 50 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.....	100
Figura 51 Propuesta de distribución software FlexSim.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de K para diferentes tipos de industrias	31
Tabla 2 Escala de valoración británica.	39
Tabla 3 Tabla General Electric número de observaciones.	40
Tabla 4 Suplementos de la OIT.	42
Tabla 5 Suplementos porcentaje.	43
Tabla 6 Escala de valorización Westinghouse.	44
Tabla 7 Tamaño de la empresa según el número de trabajadores.	46
Tabla 8 Productos obtenidos de la línea de producción	47
Tabla 9 Operarios	51
Tabla 10 Características de relevancia	53
Tabla 11 Producción (toneladas/mes) de la empresa Vulcano Plástico.	59
Tabla 12 Listado de equipos de Vulcano Plástico.	60
Tabla 13 Numero de observaciones en la inyección usando el criterio general electric. 72	
Tabla 14 Numero de observaciones en la inyección usando el criterio general electric. 72	
Tabla 15 Numero de observaciones en la extrusión usando el criterio general electric. 73	
Tabla 16 Tiempos ciclo de la producción de la extrusión.	73
Tabla 17 Tiempos ciclo de la producción de la inyección poliestireno.	74
Tabla 18 Tiempos ciclo de la producción de la inyección.	75
Tabla 19 Tiempos de ciclo de producción.	76
Tabla 20 Análisis de productividad situación actual	76
Tabla 21 Funciones de probabilidad de la extrusora.	81
Tabla 22 Funciones de probabilidad de la inyectora materia prima poliestireno.	81
Tabla 23 Funciones de probabilidad de la inyectora materia prima polipropileno.	82
Tabla 24 Análisis de productividad situación actual.	87
Tabla 25 Superficie de la maquinaria empleada en los procesos.	88
Tabla 26 Análisis Producto-Cantidad “P-Q”	88
Tabla 27 Rango de intervalos de actividades.	89
Tabla 28 Análisis flujo de actividades.	89
Tabla 29 Tabla escenarios para ver su factibilidad.	95
Tabla 30 Tabla distancias recorridas empresa.	97

Tabla 31 Tabla de comparación de la propuesta de distribución frente a la situación actual.....	100
Tabla 32 Beneficio de la propuesta de distribución	101
Tabla 33 Tabla de los datos de entrada.	102
Tabla 34 Tabla de los datos de configuraciones de las herramientas de FlexSim.....	102
Tabla 35 Propuesta de distribución software FlexSim.	106
Tabla 36 Configuraciones por cada nivel para el FlexSim.....	106
Tabla 37 Control y seguimiento de cada proceso.....	106
Tabla 38 Tabla verificación del error relativo en planta y en simulación.	107

PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE POLÍMEROS “VULCANO”

AUTOR:

JUAN ANDRÉS LOZANO MÉNDEZ

Resumen

El proyecto se enfoca en una propuesta de redistribución de planta para la fábrica "Vulcano Plástico", que se especializa en la transformación de polímeros mediante procesos de extrusión e inyección con fines comerciales. La finalidad principal es mejorar la eficiencia operativa y la productividad de la empresa. Para lograr este objetivo, se empleará la simulación a través del software FlexSim para evaluar diferentes escenarios de distribución de la planta.

La primera fase del proyecto implica la recopilación de datos de las bases internas de la organización, lo que proporcionó información detallada sobre los procesos existentes, los flujos de trabajo y los cuellos de botella en la producción. Esta información sirvió como base para identificar áreas de mejora y definir los objetivos específicos de la redistribución de la planta.

Posteriormente, se llevó a cabo estudios teóricos para explorar diferentes metodologías de diseño de distribución de planta. Estos estudios se centraron en revisar los principios y pasos de cada método, con el fin de seleccionar el enfoque más adecuado para las necesidades y características específicas de "Vulcano Plástico". Se consideró aspectos como la optimización del flujo de trabajo, la minimización de distancias de transporte, la maximización del uso del espacio.

Una vez seleccionado el enfoque metodológico apropiado, se diseñó y modela las nuevas distribuciones de planta utilizando el software FlexSim. Se crearon modelos virtuales que simularán el flujo de materiales y la operación de la planta bajo diferentes configuraciones. Estas simulaciones permitirán evaluar el desempeño de cada diseño en términos de producción, tiempos de ciclo, utilización de recursos y otros indicadores clave de rendimiento.

Finalmente, se comparan los resultados de las simulaciones con la situación actual de la empresa para validar la efectividad de las propuestas de redistribución de planta. En

resumen, el proyecto aborda de manera integral el desafío de mejorar la distribución de planta en "Vulcano Plástico", utilizando una combinación de enfoques metodológicos, análisis de datos y simulaciones virtuales para optimizar la eficiencia y la competitividad de la empresa en el mercado.

PALABRAS CLAVE: Distribución de planta, metodología SLP, simulador, FlexSim, ExpertFit.

Abstract

The project focuses on a plant redistribution proposal for the "Vulcano Plástico" factory, which specializes in the transformation of polymers through extrusion and injection processes with commercial fines. The main purpose is to improve the operational efficiency and productivity of the company. To achieve this objective, simulation will be used through the FlexSim software to evaluate different plant layout scenarios.

The first phase of the project involves collecting data from the organization's internal databases, which provided detailed information on existing processes, workflows, and bottlenecks in production. This information served as a basis to identify areas for improvement and define the specific objectives of the plant redistribution.

Subsequently, theoretical studies were carried out to explore different plant layout design methodologies. These studies focused on reviewing the principles and steps of each method, to select the most appropriate approach for the specific needs and characteristics of "Vulcano Plástico". Aspects such as optimizing workflow, minimizing transportation distances, and maximizing the use of space were considered.

Once the appropriate methodological approach was selected, the new plant layouts were designed and modeled using FlexSim software. Virtual models were created that will simulate the flow of materials and the operation of the plant under different configurations. These simulations will allow the performance of each design to be evaluated in terms of production, cycle times, resource utilization and other key performance indicators.

Finally, the results of the simulations are compared with the current situation of the company to validate the effectiveness of the plant redistribution proposals. In summary, the project comprehensively addresses the challenge of improving plant layout at "Vulcano Plástico", using a combination of methodological approaches, data analysis

and virtual simulations to optimize the company's efficiency and competitiveness in the market.

KEYWORDS: Plant layout, SLP methodology, simulator, FlexSim, ExpertFit.

1. Introducción

1.1. Situación Problemática.

Un proceso clave para la gestión de la producción y el diseño de fábricas es la distribución de planta industrial, esta tiene como objetivo maximizar la productividad y la eficiencia de una instalación, minimizando los costos de producción y procurando que el flujo de trabajo se optimice, la distribución de planta es una base para la implementación de procedimientos, hojas de tiempo, diagramas de flujo y demás instrumentos que beneficien la productividad de la planta.

Un diseño empresarial, también conocido como distribución o layout, definido y adecuado, facilita el análisis e identificación tanto de los flujos de trabajo como de los procesos productivos, esto puede ayudar a mejorar la eficiencia y a la vez reducir los costos de producción. Una distribución correcta puede incluso mejorar la seguridad de los espacios de trabajo, además de la calidad de los productos y la satisfacción al cliente. Un mal diseño de distribución de planta puede afectar a la colaboración entre los operarios y departamentos, además de dificultar la comunicación, esto perjudica a la toma de decisiones y de manera general al desempeño de la empresa.

La productividad y la eficiencia de la empresa están ligados directamente con el Layout de la empresa, pues el diseño de la planta también puede influir en la forma en que las actividades y las operaciones son realizadas incluyendo desde la recepción de materiales, hasta la entrega de productos terminados, el diseño e implementación de un sistema organizado debe tomar en cuenta la optimización de los recursos humanos, la ubicación de la maquinaria y la optimización de la disponibilidad del equipo productivo.

1.2. Formulación del Problema.

A nivel local se han encontrado iniciativas sobre el tema el cual ya se han realizado diferentes propuestas de redistribuciones mejorando tanto en la calidad, el factor tiempo y los costos haciendo que todo esto repercuta entre muchas empresas que requieren de los mismos cambios por lo que la meta en la vanguardia de cada empresa se pone al frente de la competencia. Actualmente a nivel local hay empresas que se cuenta con maquinarias apropiadas, pero no modernas para la fabricación de productos, La empresa "VULCANO" misma que se dedica a la fabricación de productos plásticos. Se pudo observar con el estudio realizado que: existen tiempos productivos altos, desperdicio de materia prima y desgaste físico de los obreros. La propuesta de redistribución de planta pretende evitar estos inconvenientes para incrementar la productividad, incrementado así la producción y la reducción de mano de obra; todo esto redunda en un aumento de la productividad. (Palacios Cesar, 2011).

Como se ha mencionado la empresa se dedica a la fabricación de diversos productos, también realiza proceso de pintura al horno para ciertos productos que ofrecen en el mercado. La principal línea de productos en el mercado de la empresa se centra en la inyección y extrusión de accesorios para el ensamblaje de aluminio, dado que estos son los más demandados y relevantes para el sustento y la operatividad de la compañía. Por lo tanto, este trabajo se enfoca exclusivamente en esta línea de producción

Debido a que la empresa es relativamente nueva en la industria, actualmente sus procesos productivos son empíricos y hasta cierto punto artesanales; si bien, posee maquinaria y equipos, existen diversos aspectos que generan inconvenientes durante el proceso de producción, como la estructura y secuencia de operaciones, la distribución de áreas y equipos, el almacenamiento de materia prima, desperdicios y producto final, tampoco se consideran tiempos de producción. Este último aspecto es de vital importancia pues los estudios de tiempos y movimientos son de gran relevancia para la programación de las actividades y para el mejoramiento de los procedimientos. Las razones expuestas anteriormente generan múltiples problemas como: Tiempos no estandarizados, flujo inadecuado de los procesos, desperdicios de materiales y materia

prima entre otros; resultando importante establecer mejoras y estándares en el proceso de producción que permitan una evaluación de eficiencia en la productividad.

1.3. Justificación teórica

Según (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008) en su libro Administración de operaciones, menciona que las distribuciones se encuentran en todas las áreas de las empresas, pues las distribuciones adecuadas ayudan a la coordinación entre las líneas de departamentos y define los límites entre las áreas funcionales, además los procesos de una instalación necesitan ser diseñados con determinación.

Así mismo menciona que los planes de distribución conllevan que las decisiones generales tengan un efecto importante sobre las prioridades competitivas, estrategias de procesos, calidad y capacidad de procesos en disposiciones físicas de espacio, equipo y personal. También es necesario al momento de la distribución de la planta tener consideraciones como el movimiento de paso del producto de una estación a otra, los factores de comportamiento, el número de modelos producidos y los tiempos de ciclo.

Concuerda con esto (Chase & Jacobs, 2019) quien menciona que la distribución de línea flexible resulta ideal para la optimización de tiempo y espacio, en donde se puede dar en forma de U en donde un operario puede ayudar al otro e incluso se puede incrementar un tercer operario, también se pueda dar en forma lineal en donde los operarios están ubicados de manera cercana y pueden intercambiar elementos de trabajo, en este caso es posible aumentar o disminuir operarios, estos pueden balancearse en distintos ritmos de producción.

Es por ello que se ha elegido este tema de investigación, pues según los aportes de los diversos autores, se afirma que una distribución adecuada de planta, permite que se dé una optimización tanto en el tiempo de trabajo como en los niveles de producción, además se minimizan desperdicios y tiempos muertos. Por lo que la aplicación de las metodologías de tipo de flujo de procesos dentro de la empresa Vulcano Plástico, tendrá resultados beneficioso para la optimización de sus recursos.

1.3.1. Antecedentes.

La planta de inyección y extrusión “Vulcano” comenzó en el año 2009 cuando el Sr. Saul Vinicio Lozano Reinoso dueño de pequeña maquinaria para la matricería se dedicaba a realizar estructuras de aluminio, posteriormente comienza con la idea de fabricar accesorios a base de polímeros para el ensamblaje de aluminio y complementar su servicio.

Consecutivamente generan también productos de caucho como accesorios para las estructuras de las ventanas con distintos sistemas tales como: fijas, corredizas y proyectables; agrupando así una extensa gama de productos de accesorios para las distintas estructuras de aluminio, manteniéndose con dos líneas de producción una para polímeros y otra para caucho que cuentan con maquinaria semiautomatizadas. Es así como la empresa lleva más de 10 años en la creación y comercialización de estos accesorios a nivel nacional.

Al tener dos líneas de producción la empresa se distribuye en áreas como la inyección y la de extrusión, gradualmente ésta ha adquirido maquinaria con toda la tecnología para estar a nivel del mercado y demanda, sin tomar en consideración la distribución que esta supondría al agregar más maquinaria y generar nuevos procesos para estos productos. Existe una dificultad de movilidad de los operarios como la de la materia prima en las áreas entre pasillos. Esto implica consecuencias en el flujo de materiales, entendiendo por flujo de materiales el movimiento de personas, materiales, documentación, etc.

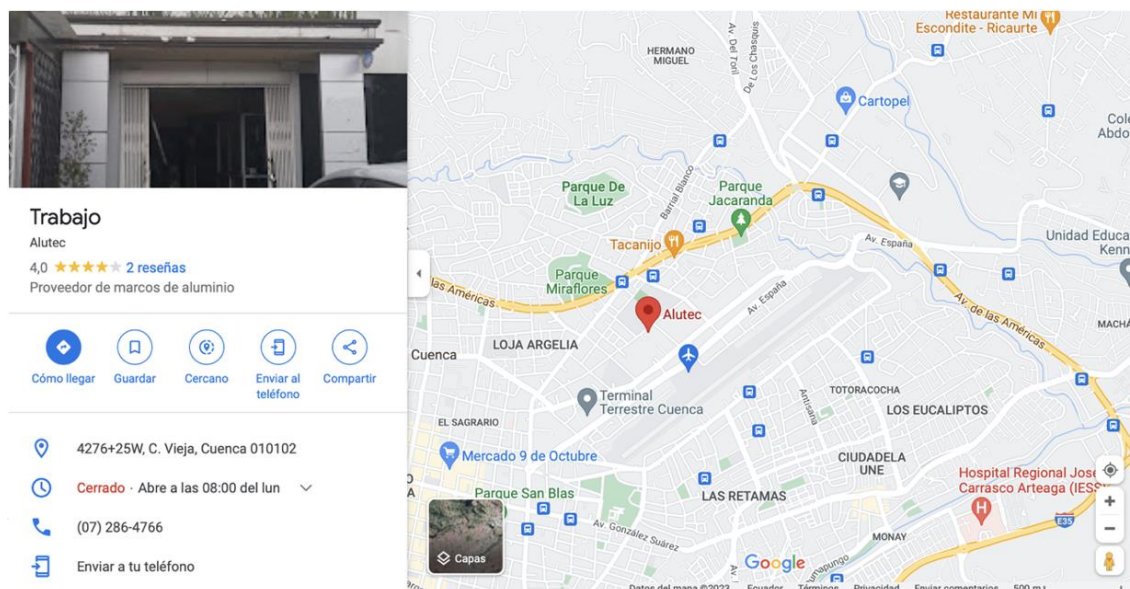
Al relacionarlo con el contexto mencionado, podemos observar que actualmente la empresa carece de una distribución eficiente en su planta de producción, lo cual representa un problema significativo. Esto se traduce en pérdidas tanto en términos de materia prima como de capital, y también obstaculiza el desarrollo industrial de la empresa debido a la ineficiencia y la falta de productividad en las máquinas, puestos de trabajo, procesos e inclusive tiempos que retienen y congestionan el flujo de los productos, retardando en las áreas operativas repercutiendo inclusive al personal.

1.3.2. Delimitación

Vulcano Plástico está ubicado en las calles: Vieja y Elia Liut, cerca del parque industrial siendo esta una excelente ubicación para la distribución de la mercadería.

La delimitación del trabajo de distribución de una empresa se centra en la logística, los servicios de entrega y el transporte de los productos desde la planta de producción hasta los clientes finales. También incluye la gestión de los almacenes de la empresa y la planificación las cuales serán simuladas en el software FlexSim. Dentro del alcance del trabajo de distribución de una empresa se abarca todas las actividades relacionadas con la adquisición, almacenamiento, preparación, empaque y entrega de productos. Estas actividades incluyen la selección de proveedores, el diseño de la red de logística, la selección y gestión de los almacenes, la planificación de los embarques, la gestión de la cadena de suministro, el seguimiento de los inventarios, la preparación de documentación aduanera, la gestión de los transportistas, la gestión de la entrega y la gestión de las devoluciones.

Figura 1 Ubicación geográfica de la empresa



Nota. La figura representa la ubicación geográfica de la empresa Vulcano Plástico. Elaborado por: El Autor, 2024.

1.3.3. Justificación práctica

La distribución en una empresa es un elemento muy importante que gestiona todos los procesos de producción inclusive de administración, se aplicará a la empresa que no posee una correcta distribución de toda su planta productiva, con el fin de aprovechar la capacidad productiva la cual mejoraría efectivamente en las características más importante de la planta; como son el tiempo de proceso, el tiempo de flujo y el tiempo de ciclo de dichas máquinas. Las frecuencias de uso de cada maquinaria son importantes ya que se mejorará la eficiencia dentro de las fracciones de tiempo que usualmente se pierden debido a la incapacidad del proceso de producción estas deben ser consistentes y bajo control (Palacios Cesar, 2011).

Por otra parte, Fuente García D, (2005) habla que uno de los principales objetivos es que una distribución en planta de la disposición de elementos sea eficiente y que se realice de tal forma que se contribuya satisfactoriamente a la consecución de los fines fijados por la empresa. A través de una correcta distribución de la maquinaria y procesos se espera mejorar el ahorro de tiempo, la reducción de costos y la productividad (Juárez et al., 2012).

Una vez analizado y correlacionado con varios autores se puede decir que una correcta distribución en planta es fundamental dentro de una empresa, debido a que se consigue un mejor funcionamiento de las instalaciones, contribuyendo a la disminución de los costos de fabricación, además de determinar la eficiencia. Mediante la distribución en planta se busca organizar integralmente los medios de producción en una unidad racional, equilibrada y rentable, utilizar correctamente el espacio tanto horizontal como vertical, obtener el máximo aprovechamiento de la maquinaria, mano de obra y servicios, brindar flexibilidad para posteriores cambios y ajustes en el diseño de productos, métodos de fabricación, redistribución o cambio de equipo y expansión de la empresa, lograr instalaciones estéticas que eleven la moral y satisfacción del personal, hacer mínimos pero fáciles los movimientos de materiales y personal.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General

Propuesta de redistribución de la planta de producción “VULCANO PLASTICO” a través de un análisis un modelo de distribución para mejorar la eficiencia y productividad.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la situación actual de la empresa mediante el software de simulación.
- Proponer la mejor redistribución para elevar la productividad a través de la metodología más adecuada.
- Evaluar a través de escenarios simulados mediante un software la eficiencia y productividad de la propuesta.

2. Marco teórico referencial

Procesos

Un proceso se define como el conjunto de actividades que pueden ser paralelas o no, mismas que tienen una secuencia y se realizan por una persona sobre un insumo específico para agregarle valor, el cual después será ofrecido a los clientes, es decir, es una transformación que involucra operaciones y métodos que pretenden satisfacer necesidades y expectativa del cliente a través de productos, servicios o información (Benavídez, Segarra, & Colina, 2019)

Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo aportan información sobre los procesos, constituyen una herramienta que ayuda a que el equipo de trabajo pueda consensuar respecto a los distintos elementos del flujo, en un diagrama de flujo es importante tener símbolos que brinden un significado adecuado y claro cuando se utilizan, para esto es necesario los símbolos de diagramación, los más importantes están definidos por la Organización Internacional de Estandarización, ISO (Fincowsky, 2009).

El levantamiento de la información es crucial para la elaboración de un diagrama de flujo, inicialmente es necesario tener un contacto cercano con las personas que desarrollan los procesos dentro de la fábrica, de tal manera que se pueda determinar la forma en que se llevan a cabo las actividades relevantes, los recursos y los resultados. Para el procesamiento de la información es necesario elementos gráficos, inicialmente se puede partir de un mapa general de procesos, donde se establezca claramente los procesos importantes, el mapa debe contemplar los procesos que se relacionan con empresas externas.

El elemento central de la gestión de los procesos es la descripción de estos, constan de una área gráfica y área descriptiva y debe contener los recursos o input, las actividades con un orden cronológico y las respectivas tareas, los protagonistas o actores que

desarrollan las actividades, la salida o output que es el resultado del proceso, el destinatario que recibe la salida del proceso, los indicadores que permiten hacer un seguimiento del cumplimiento de los objetivos del proceso y finalmente el diagrama de flujo de proceso que es la expresión gráfica del proceso (Pepper, 2011).

Distribución de Planta

La distribución de la planta incluye la disposición física de los factores que intervienen en el proceso de producción de la empresa tales como la distribución del aire, la determinación del espacio en metros, la disposición de las distintas partes y la forma. El objetivo principal de la distribución de la planta es determinar una disposición efectiva de los factores para así lograr las metas planteadas (Palacios, 2016).

Importancia de una correcta Distribución en Planta

La descomposición exacta de las fábricas es de importancia básica en la empresa porque se ha logrado el mejor trabajo de los establecimientos, ayudando a reducir los costos de producción, además de determinar su efectividad (Cautrecasas, 2012). Debido a la distribución de fábricas, los productos que han sido producidos se integran con una unidad razonable, rentable y sostenible, uso preciso del espacio vertical y horizontal, uso máximo de fuerza laboral y maquinaria, métodos, cambio de equipo o redistribución y empresas ampliadas.

Principios básicos de la distribución en planta.

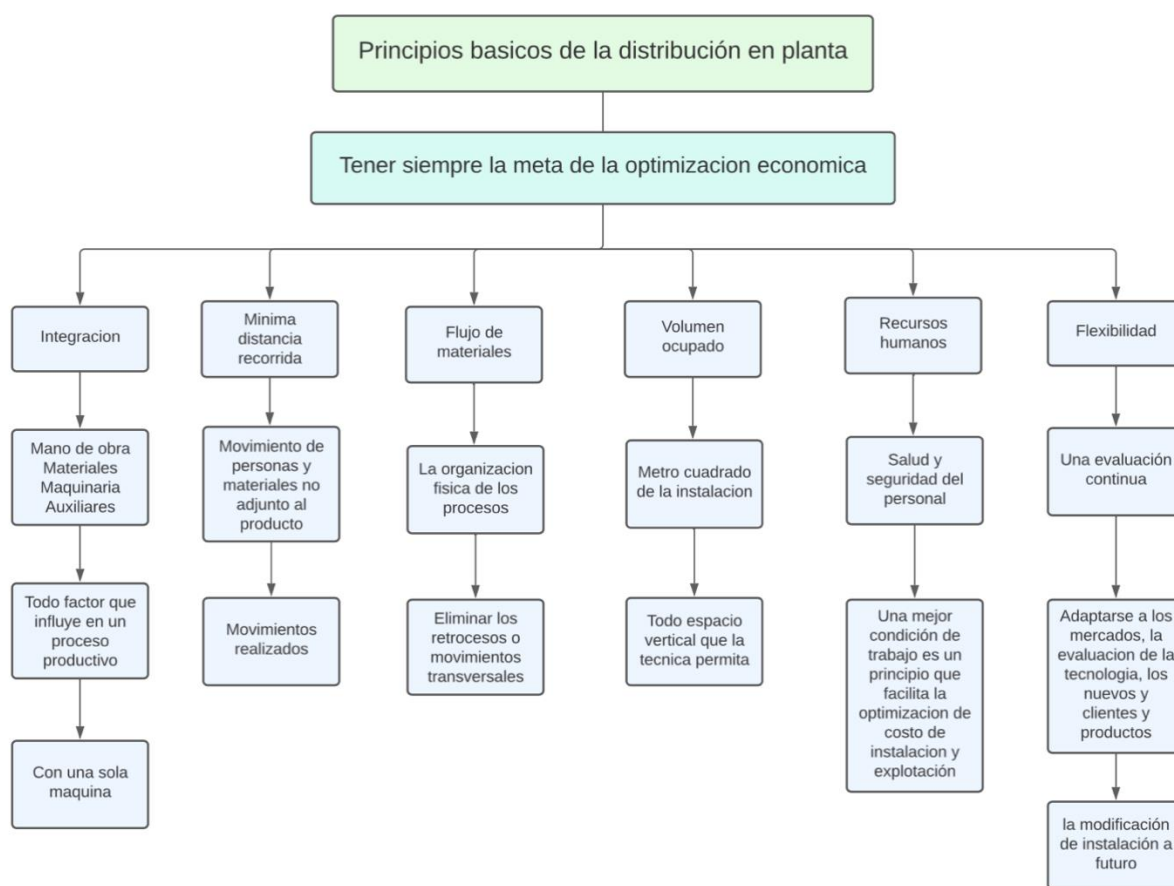
Según Peña F, 2016. Dice que necesario establecer principios para una correcta distribución, y los cuales son:

- **Integración de conjunto.** La mejor distribución es la que integra hombres, materiales, máquinas y métodos para lograr coordinación entre ellos.
- **Mínima distancia recorrida entre operaciones.** Todo movimiento sólo le agrega costo al producto.
- **Circulación y flujo de materiales y personas ordenados.**
- **Uso del espacio.** Reduce costos de construcción.

- **Condiciones ambientales.** Con luz, ruido y temperatura apropiados, sin contaminantes para lograr la seguridad, eficiencia y satisfacción del personal.
- **Flexibilidad.** Que permita ajustes y reordenamientos sin paradas de equipos a costos económicos.

En el gráfico 2, se indican los principios básicos para una correcta distribución de planta, teniendo en cuenta la optimización económica y seguridad operacional.

Figura 2 Principios básicos en una distribución en planta.



Nota. Principios básicos en una distribución en planta. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tipo de distribución en planta

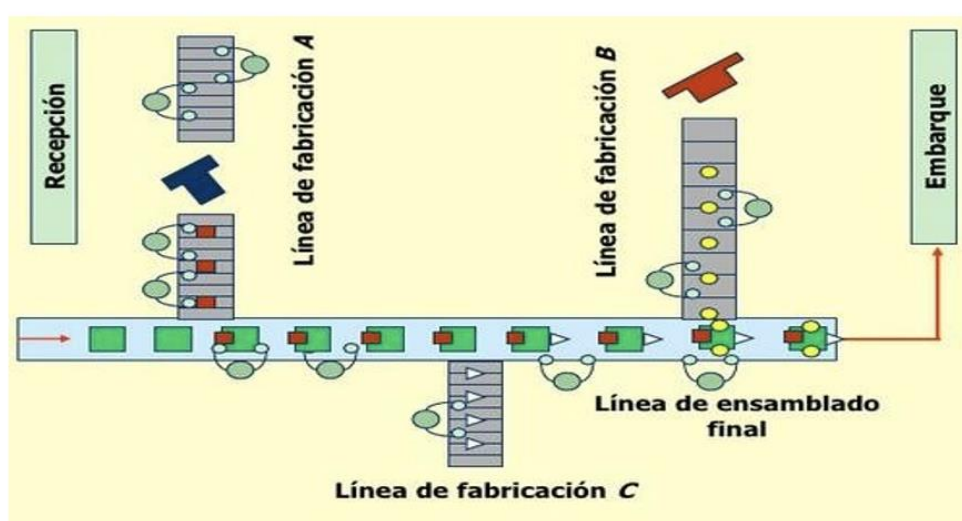
Para hacer un análisis de la distribución de la planta es necesario tomar en cuenta que la producción es causada debido a la intervención de los factores mecánicos, humanos

y los materiales requeridos, estos trabajan en conjuntos para cambiar la forma o las propiedades de los materiales con el fin de convertirlos en un producto terminado (García J. , 2020).

Distribución por producto, lineal o cadena

La distribución por producto, lineal o cadena se basa en el principio de la división del trabajo y la especialización de este. Este es un método que se empleó por primera vez en la línea de ensamblaje de Ford Motor Company a inicios del siglo XX, lo que revolucionó la forma en que se realizaban los trabajos, esto permitía reducir considerablemente los tiempos de producción requerida y así se aumentaba la producción. A este proceso también se lo conoce como producción en masa, se relaciona a la configuración repetitiva o continua en una organización de fabricación. Durante este proceso el material está en continuo movimiento en los distintos procesos (Figura 5) los dispositivos que participan en el proceso se deben ordenar y colocar de manera cercana al dispositivo anterior según la secuencia operativa. Este es un tipo de proceso que se adapta a un número de productos reducido o a un solo producto, pero en lotes de producción grandes (Heizer & Render, 2009)

Figura 3 Ejemplo de distribución en cadena.

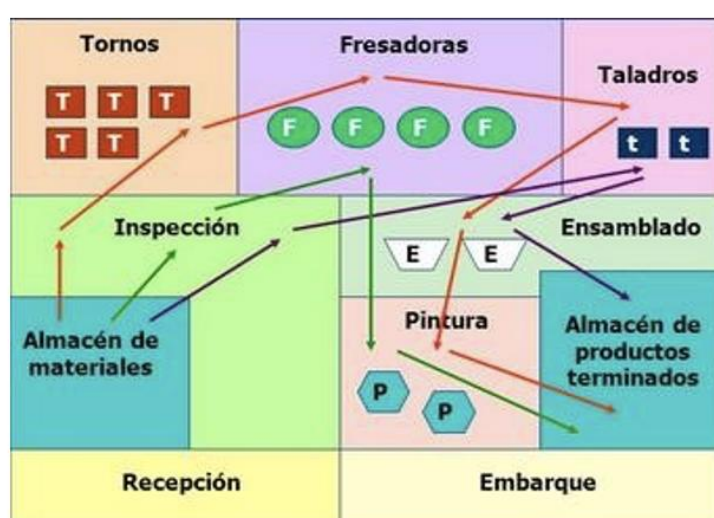


Nota. Esta figura indica un ejemplo de distribución en cadena. Elaborado por: Heizer & Render, 2009.

Distribución por proceso

La distribución por procesos se da especialmente cuando la empresa produce por lotes, según esta distribución se deben agrupar las maquinas por su función específica como soldar, tornear, pintar, etc. (Heizer & Render, 2009).

Figura 4 Ejemplo de distribución por procesos



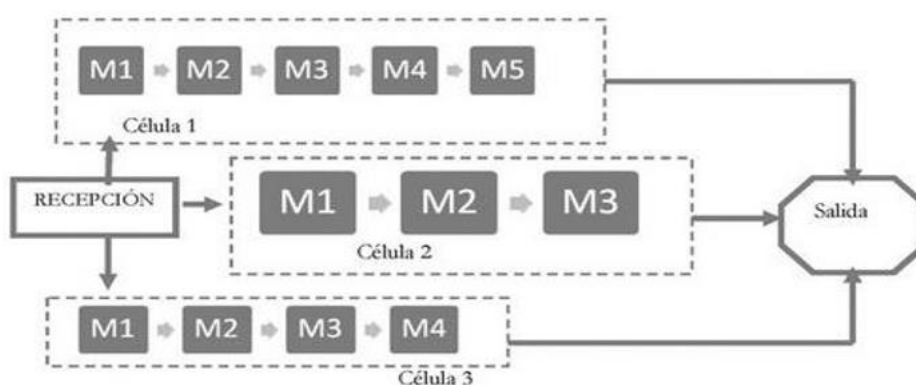
Nota. La figura representa un ejemplo de distribución por procesos. Elaborado por: Heizer & Render, 2009.

El principal objetivo de la distribución por procesos es minimizar los movimientos de materiales, usualmente se emplea este tipo de distribución cuando la empresa tiene una amplia gama de productos o cuando existen pedidos pequeños, esto genera una necesidad flexible en cuanto a recursos humanos y de equipos que están involucrados en el proceso. Una ventaja de este proceso es que el flujo no se interrumpe en el caso de que exista una falla en una máquina, pues el proceso es continuado por otra maquina similar (Suñe , Gil, & Arcusa, 2004).

Distribución celular

La distribución celular es una combinación de distribución de procesos y productos, está creada por células de trabajo al asignar grupos de máquinas y trabajadores para que sea posible producir productos que tengan características similares (Figura 5). Esta distribución tiene por objetivo combinar la eficiencia de la entrega de productos y la flexibilidad de los procesos de distribución (Machuca, 1995).

Figura 5 Distribución en planta por células de trabajo.

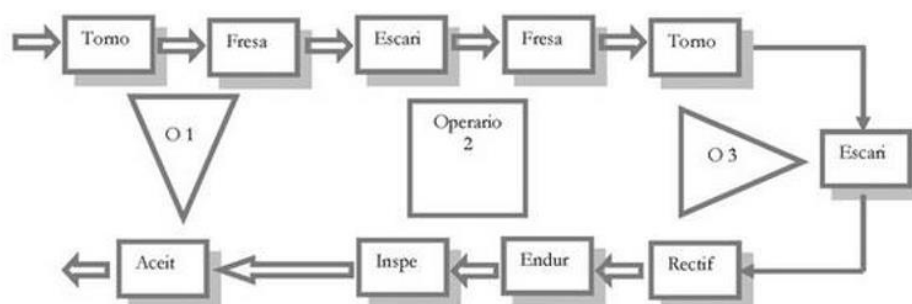


Nota. La figura hace referencia a la distribución en planta por células. Elaborado por: Machuca, 1995.

Distribución celular en forma de U

Las empresas comúnmente producen diversos tipos de productos con demanda de tipo independiente, lo que permite diferenciar la demanda de los bienes cuando algunos bienes aumentan y los otros disminuyen. Esto perjudica al balance de mano de obra y a la productividad de la empresa, esto implica que la cantidad de la mano de obra asignada a la producción de la empresa va a disminuir en la misma medida dependiendo de la demanda. Donde las empresas fabrican en base a la demanda fluctuante, se necesita lograr flexibilidad, por lo que es fundamental implementar la distribución en fábrica con personal altamente calificado y versátil. El diseño de la fábrica, adecuado para la producción de pedidos únicos, la producción en masa y la demanda variable, es un diseño de fábrica en forma de U, cuya característica principal son las posiciones de entrada y salida de las cadenas paralelas y a menudo procesadas (Ospina, 2016) (Figura 6).

Figura 6 Distribución celular en forma de U.



Nota. Esta figura de indica la distribución celular en forma de U. Elaborado por: Ospina, 2016.

Este diseño de planta está diseñado para brindar una máxima flexibilidad, pues cada planta se organiza como una combinación de líneas que dan una forma de U, lo que genera un proceso continuo que involucra a las células productoras (Ospina, 2016). Esta disposición en forma de U presentan ventajas como:

- Reduce la distancia entre las maquinas o equipos de trabajo, lo que facilita al trabajador el acceso de manera simultánea a las mismas, esto proporciona que exista flexibilidad para adaptarse a los cambios de la demanda.
- Brinda facilidad para el control de los desequilibrios que se pueden producir en el momento de la producción.
- Mejora la comunicación y cooperación entre trabajadores.
- Disminuyen los tiempos de preparación de los equipos.

Factores Involucrados En La Distribución En Planta

Los factores involucrados y que a su vez afectan la distribución en planta son: edificación, movimiento, recurso humano, cambio, material, servicio, espera y maquinaria.

- **Factor material y Factor Maquinaria.**

Los factores asociados son: empaque o embalaje, chatarra, aluminio como materia prima, producto rechazado para recuperación, desperdicio, aluminio en aluminio en proceso de transformación y producto terminado. Afectan este factor: cambios cuantitativos del producto, características del producto, calidad constante y propiedades fisicoquímicas. Ocasionalmente la empresa recibe un pedido grande, lo que genera la decisión de adquirir gran cantidad de materias primas, en donde el espacio destinado de almacenamiento de materias primas se ve afectado por no cumplir con la cantidad de insumos, lo que da como resultado un almacenamiento de materias primas en lugares de obstrucción temporal con el proceso de producción. Por otro lado, para el factor maquinaria tenemos factores del mecanismo necesario: formas, medición y comparaciones. (Calibración, escala), equipo de producción, factores de gestión del material. (carro, contenedor), muestras, muestras y ensamblaje, equipo de mantenimiento (torno, amoladora, fresadora, soldadora). En este factor encontramos el espacio requerido para colocar la maquina lo cual permite obtener libre movimiento de materiales y trabajadores, manteniendo en cuenta la seguridad, Por esto se utiliza el método Gersche, que ayuda a proporcionar los parámetros que permiten obtener el área requerida para albergar la máquina. (Niebel & Freivalds, 2009)

Superficie estática (Ss): Superficie correspondiente a las dimensiones físicas de la máquina.

Superficie de gravitación (Sg): Superficie alrededor de la máquina utilizada por el operario.

$$S_g = S_g \cdot N$$

Siendo N el número de lados por las que se puede operar la máquina.

Superficie de evolución (Se): Superficie que se debe reservar entre los diferentes puestos de trabajo destinados para el desplazamiento del personal y mantenimiento de la maquinaria.

$$Se = (Ss + Sg) * K$$

Donde K es un valor recomendado de seguridad que varía entre 0.05 y 3, según el tipo de trabajo que se realice dentro de la empresa dichos valores son reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1 Valores de K para diferentes tipos de industrias

GRAN INDUSTRIA, ALIMENTACIÓN	0.05 – 0.15
TRABAJO EN CADENA CON TRANSPORTADOR MECÁNICO	0.10 – 0.25
TEXTIL - HILADO	0.05 – 1.00
TEXTIL – TEJIDO	0.50 – 1.00
RELOJERÍA, JOYERÍA	0.75 – 1.00
PEQUEÑA MECÁNICA	1.50 – 2.00
INDUSTRIA MECÁNICA	2.00 – 3.00

Nota. Esta tabla contiene los valores de K para diferentes tipos de industrias. Elaborado por: Niebel & Freivalds, 2009.

- **Factor recurso humano.**

Las personas son consideradas dentro de una empresa como el elemento más flexible frente a cualquier material o máquina. Pueden prepararse en nuevas divisiones de trabajo, operaciones o distribuciones ya que es capaz de adaptarse a cualquier tipo de distribución. Reconocidos también como un factor importante de producción (Arbos, 2012). Al ser una empresa relativamente pequeña, Vulcano emplea solo 15 empleados en la planta, tres jefes (socios) y un hombre de mantenimiento. Los trabajadores de la fábrica se rigen a un sistema de rotación, laborando 8 horas al día. Las consideraciones personales buscan centrarse principalmente en su seguridad, de la siguiente manera: no hay trabajadores por encima o por debajo de las áreas peligrosas, pisos libres de obstáculos y antideslizantes, no hay operadores cerca de los componentes de la maquinaria que no están debidamente asegurados, las señales no están colocadas correctamente en la fábrica, las salidas de emergencia son inconvenientes y los primeros auxilios, los botiquines están al alcance del personal (Arbos, 2012).

- **Factor movimiento**

Este factor considera los procesos en los procedimientos y su incidencia radica en: uso de equipo adecuado, transporte de productos y materiales, manejo de materiales referente a la reducción de tiempos y resistencia de paredes y piso (Arbos, 2012).

- **Factor espera**

Toma en cuenta los siguientes elementos: herramientas y equipos, almacén de embalaje, almacén de producto terminado, almacén de materia prima, almacén de consumibles, almacén de trabajo en proceso y área de recepción de material de entrada. Incluyen los siguientes elementos: Los factores a considerar en el proceso incluyen: equipo de almacenamiento y método de almacenamiento (Arbos, 2012).

- **Factor servicios**

Dentro de este factor se comprenden los servicios para el personal como son: servicios de seguridad, sanitarios, servicios relativos a la maquinaria (talleres de mantenimiento) y oficinas. A través de este factor la empresa tiene una buena relación con clientes debido al buen trabajo desempeñado con anterioridad, mediante el cual se evitaron retrasos en entrega y el producto otorgado de calidad. (Arbos, 2012).

- **Factor edificio.**

Considere su disposición física y otras características como la forma del cultivo, la altura del techo, la resistencia del suelo, los enchufes eléctricos, la ubicación de los postes, los desagües, el número de pisos, las escaleras, etc. (Peña F. D., 2016). Por otro lado, la infraestructura de la empresa se encuentra precisamente dividida en zonas, siendo la primera compuesta por vestuarios, oficinas, y almacenes, la segunda se dedica al mantenimiento de equipos y una tercera área para proceso y mantenimiento. Existe la posibilidad de que se genere un corte de energía dentro del edificio debido a que está demasiado cerca del alto horno, lo cual es muy peligroso. Si fuese necesario ampliar la obra, se puede hacer porque el terreno lo permite.

- **Factor cambio.**

Este factor se proyecta a una entrega que sea adaptable dentro de límites realistas y a su vez razonables, considerando su futura escalabilidad y diversos factores, de la misma manera teniendo la necesidad de asegurar que la redistribución pueda desarrollar el proceso productivo (Peña F. D., 2016). No hay necesidad de muchas máquinas porque

la fábrica actual es suficiente, esto se debe a que la empresa opera según el proceso. El layout en planta debe adaptarse a los cambios teniendo en cuenta la posibilidad de que el proceso implique la incorporación de una nueva máquina al proceso

Herramientas Exploratorias

- **Diagrama de Pareto**

Herramienta utilizada para medir métricas definidas en una empresa, es decir, las ordena en una distribución acumulativa decreciente, y que, a su vez, identifica áreas que necesitan atención e intervención facilitar la construcción de consensos y las prioridades de las personas (Salazar, 2005).

- **Diagrama de Ishikawa**

También conocido como diagrama de causa y efecto o diagrama de peces. Esta herramienta es utilizada para identificar el problema principal, en donde se describen todas las posibles causas y efectos, y como resultado se obtiene la cabeza del pez, la cual indica la ocurrencia de un evento o problema indeseable, con respecto a los elementos que componen su estructura, estos se denominan causantes, es decir, las espinas unido a las vértebras y la cabeza del pez (Salazar, 2005).

Herramientas De Registro Y Análisis

- **Gráfica del proceso operativo**

Este diagrama de flujo operativo exhibe la secuencia cronológica de todas las actividades, los materiales utilizados en un proceso comercial o de producción, controles, y tiempos permitidos, desde el momento en el que se recibe las materias primas hasta el cierre del paquete del producto terminado. Para construir el diagrama de flujo operativo se utilizan dos símbolos: cuadrado pequeño para inspección y círculo pequeño para operación (Gutierrez, 2006).

- **Diagrama de flujo del proceso**

Este tipo de diagrama presenta información más detallada que un diagrama de flujo y es particularmente útil para documentar costos ocultos no productivos, como la demora, el almacenamiento temporal y la distancia recorrida, que requieren varios símbolos, con una flecha pequeña para el envío y una D mayúscula, equilátero los triángulos se paran sobre él, las letras representan latencia, los vértices representan almacenamiento, etc. (Gutierrez, 2006).

- **Diagrama de flujo o recorrido**

Representación gráfica de la distribución de los edificios y los pisos, mediante el cual se presenta la ubicación de todas las actividades a través del diagrama de flujo de proceso, cada actividad es identificada mediante números y símbolos en donde cada uno corresponde a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso, la dirección del flujo está dada por pequeñas flechas colocadas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo y se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte (Gutierrez, 2006).

Metodologías de Distribución de planta.

Método de Immer

Se considerará a Immer como uno de los pioneros del método de distribución de planta ya que en 1950 elabora su propia técnica, la cual consistía en tres etapas o procesos:

1. Plantear correctamente el problema a resolver.
2. Detallar las líneas de flujo.
3. Convertir las líneas de flujo en líneas de materiales.

Este método radica en únicamente al principio de flujo de materiales y se aplica a los problemas de reordenación o ajustes menores a distribuciones ya existentes. (Jhon R Immer, 2000).

Análisis o secuencia Buffa.

Este método fue utilizado por Buffa en 1955, tiene muchas similitudes con otros métodos y tiene como objetivo desarrollar esquemas que permitan un análisis gráfico del flujo de productos en la fábrica, es decir, la secuencia o distribución de las áreas de trabajo (materiales, almacenamiento, equipos, líneas de producción, etc. Tiene diferentes etapas como el método Immer, etc.

Etapas 1: proceso de investigación mediante la recopilación de datos.

Etapas 2: Determinar la secuencia de acciones

Etapas 3: Determinar las cargas de transporte mensuales para los distintos departamentos.

Etapas 4. Colocar un cronograma para todos los departamentos. Estas divisiones están representadas por círculos y conectadas por líneas que representan el transporte o flujo de materiales. Su objetivo es reducir los cruces de líneas.

Etapas 5: Cree un diagrama esquemático ideal en un diagrama de bloques donde diferentes departamentos ocupen las áreas correspondientes y donde relaciones interdisciplinarias.

Etapas 6: Desarrollo de un esquema detallado que define los sistemas de mantenimiento, los sistemas de almacenamiento, los sistemas de producción asociados y finalmente define la distribución para su implementación final. (Buffa, 2012)

Método de Índice de desempeño

Para el cálculo de un Índice de Desempeño del Layout (IDL), se considera que vamos a evaluar el desempeño de la distribución espacial de sistemas de producción para su mejora. Este indicador se lo aplica para que permita determinar el posicionamiento del layout bajo un análisis entre el escenario ideal y no ideal, todo esto basado en el comportamiento simultáneo de factores cuantitativos y cualitativos que van de acuerdo con el contexto práctico específico del sistema productivo considerado. (Bozer, Y. A., Meller, R. D., & Erlebacher, S. J, 1994)

Método SLP

El método Systematic Layout Planning o SLP fue diseñado por Richard Muther, sirve como una guía para la planeación de la distribución de la planta, este es uno de los métodos más usados por las fábricas para la resolución de conflictos de distribución dentro de la planta, este se basa en criterios de carácter cuantitativo con el fin de que se aumente la productividad y se puedan reducir los costos (Quispe, Takahashi, & Carvallo, 2021)

Este modelo es beneficioso para la reducción de los costos en las diversas áreas de los procesos, por lo que este método no solo se enfoca en brindar soluciones generales para el diseño de la planta, sino también a los procesos adicionales que tienen relación a esta, por lo que es necesario conocer cada detalle para evaluar la mejor opción. Si bien este método tiene que ver con la distribución adecuada de las maquinas, su enfoque está en brindar seguridad a los operarios (Alvarez , De Ávila, & Hurtado, 2022)

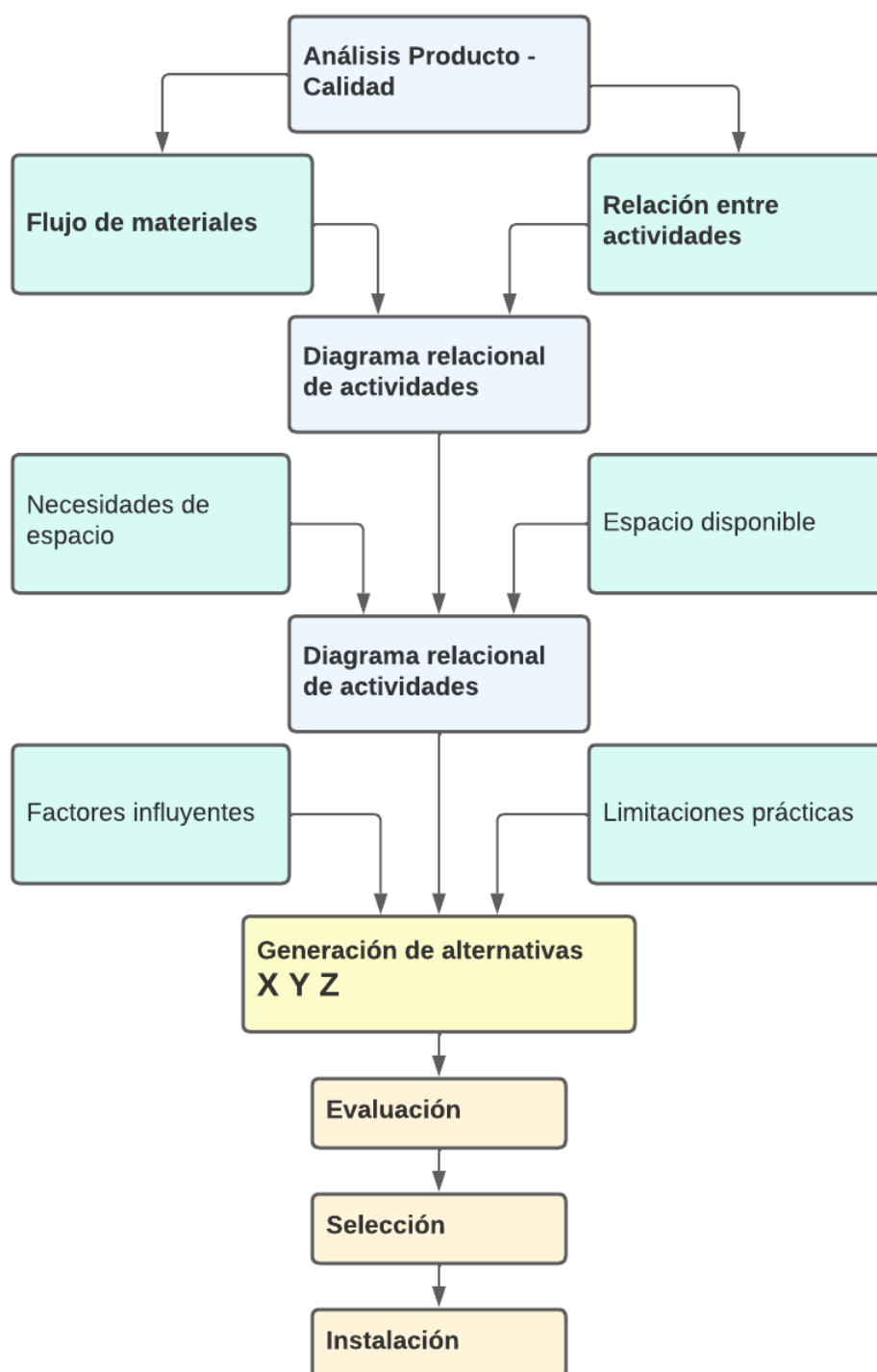
Fase I. La ubicación que describe la situación de las instalaciones existentes y no existentes considerará el cumplimiento de criterios importantes en el primer caso, mientras que en el segundo caso considerará la conservación o transferencia de locales.

Fase II. Distribución general de colecciones que describen procesos y flujos de producción, indicando contexto, tamaño y configuración más amplia de áreas, actividades o sectores

Fase III. El plano de distribución detallado es una descripción detallada de la distribución de la etapa anterior, es decir, la planificación de los puestos de trabajo preparatorios, colocación de equipos y máquinas.

Fase IV. Instalación, la etapa final, incluido el ajuste y el movimiento de acuerdo con la distribución planificada de cambios en la instalación de equipos mecánicos.

Figura 7 Sistemática del método SLP.



Nota. Esta tabla contiene la sistemática del método SLP. Fuente: Muther, (1968) Elaborado por: El Autor, 2024.

Método de gamas ficticias

Este método pretende encontrar un orden determinado para los puestos de trabajo que existen dentro de la planta, para conseguirlo usualmente es necesario desdoblar un puesto de trabajo o una sección en específico. Para definir el orden de los puestos es necesario determinar el número total de horas necesarias en cada puesto que se requieren para fabricar los productos y el número de puestos para cada clase, a partir de esta información se puede determinar si es posible que cada sección se pueda compartir con productos distintos, esto ayuda a determinar que estaciones de trabajo son estrictamente necesarias (Cabañero, Gimenez , & Lusa, 2021)

Método QAP

El método QAP o problema de asignación cuadrática fue uno de los primeros que se emplearon para modelar el problema que existía en cuanto a la distribución de la planta, fue creado por Koopmans y Beckmann. Este método busca minimizar costos debido al manejo de materiales que se ocasionan al ubicar uno de los centros de trabajo en más localizaciones posibles. Este método es utilizado debido a que permite adicionar funciones de desempeño y también restricciones como la capacidad, sin embargo, un problema latente de este método es que como su función objetivo no es lineal, suelen presentarse dificultades al momento de la resolución de problemas (Şahinkoç, 2021)

Análisis de tiempos ciclo de la producción de la extrusión.

Escala de valorización

Para poder comparar el ritmo de trabajo observado con el ritmo estándar hace falta una escala numérica que utilizamos para calcular. Debemos tener en cuenta que la variación se puede utilizar como factor, por el cual el tiempo es multiplicado para obtener el tiempo básico. En otras palabras, el tiempo que va a tardar en el realizar el elemento de ritmo estándar que tiene el trabajador. A continuación, se indica la tabla que es la valoración británica (OIT) donde obtendremos si es actividad nula y el ritmo.

Tabla 2 Escala de valoración británica.

0 – 100	Descripción del Desempeño	Velocidad de Marcha (Km/h)
0	Actividad Nula	
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido.	3,2
75	Constate, resuelto, sin prisa como obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado.	4,8
100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo.	6,4
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.	8,0
150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos, Actuación de virtuoso, solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	9,6

Nota. Esta tabla contiene la escala de valorización británica. Fuente: Muther, (1968) Elaborado por: El Autor, 2024.

La ejecución de la estandarización de tiempos para saber si están dentro de un favor correcto se la realiza en base a lo siguiente:

1. Definir los elementos a evaluar
2. Colocar los tiempos observados
3. Obtener el tiempo promedio de los tiempos observados

$$T_{promedio} = \frac{\sum n \text{ tiempos observados}}{n \text{ elemento del tiempo observado}}$$

4. Se calcula la valoración del ritmo de trabajo del operario tomando en cuenta que obtenemos este valor de acuerdo con la escala británica tabla 2.
5. Para obtener el tiempo básico aplicamos:

$$T_{basico} = \frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Valoracion del ritmo de trabajo}}$$

6. Se determina el % de suplemento en base a la tabla 33 de suplementos de la IOT.
7. Calculo los tiempos suplementos cada elemento.

$$\%Suplemento = \text{Tiempo Básico} * \%Suplemento$$

8. Hallar el tiempo

$$= \text{Tiempo Básico} + \text{Suplemento}$$

Para el cálculo de estas ecuaciones se las obtuvo de procedimiento (Salazar, s/f) luego usamos la tabla de general electric para argumentar el uso de los tiempos según su proceso con esto podemos definir las observaciones que tenemos que realizar.

Tabla 3 Tabla General Electric número de observaciones.

TIEMPO DEL CICLO (MIN)	OBSERVACIONES A REALIZAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1	30
2	20
4 a 5	15
5 a 10	10
10 a 20	8

20 a 40	5
MÁS de 40	3

*Nota. Esta tabla contiene el número de observaciones. Fuente: Niebel & Freivalds (1975).
Elaborado por: El Autor, 2024.*

Una vez conocida la tabla de GE podemos desarrollar la toma de tiempos en este caso será realizado con un cronometro, También podemos realizar lo que es la distribución de espacios.

Escala de valorización método de Westinghouse

El método analiza cuatro factores en cuanto a la calificación del ritmo de trabajo: Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Consistencia.

- **Habilidad:** Se define como aprovechamiento al seguir un método dado, los valores numéricos equivalen a los grados de libertad.
- **Esfuerzo:** Se define como la demostración de voluntad, representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad.
- **Condiciones:** Aquellas que afectan únicamente al operador y no a la operación, estos elementos afectan al operador tales como: iluminación, ruido, ventilación, temperatura.
- **Consistencia:** La variación en los tiempos que han transcurrido mínimos como máximos que se relacionan con la media, tomando en cuenta las características de las operaciones.

En la siguiente tabla podemos observar la escala de valoración con su respectiva cuantificación de los factores fundamentales.

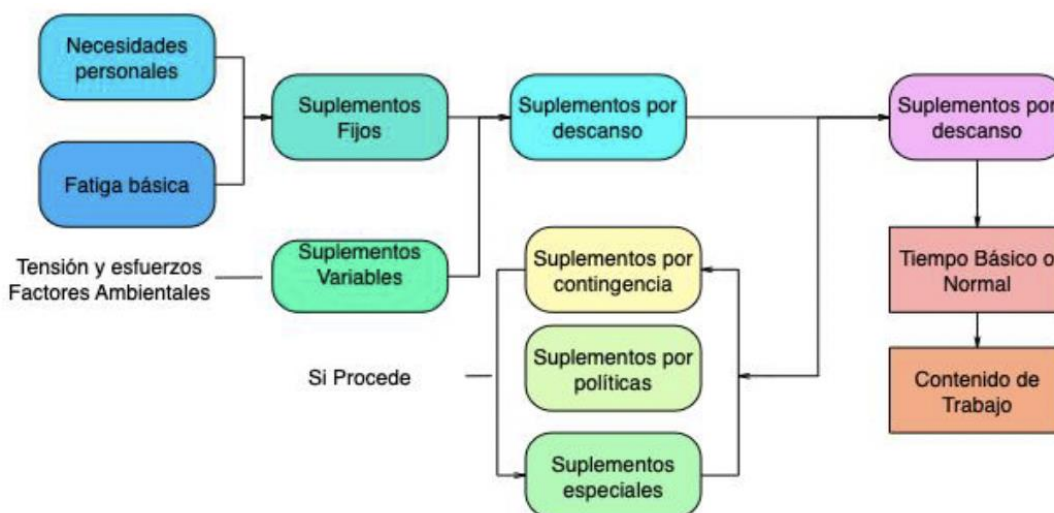
Suplementos

Los suplementos que se pueden encontrar en un estudio de tiempos estos se pueden clasificar en:

- Suplementos fijos (Necesidades personales)
- Suplementos Variables (Fatiga básica)

- Suplementos Especiales.

Figura 8 Clasificación de suplementos de la IOT



Nota. Esta tabla contiene los suplementos de la IOT. Fuente: Muther (1968). Elaborado por: El Autor, 2024.

Tal como observamos en la Figura 8, los suplementos por descanso son la única parte esencial del tiempo que añade valor al tiempo básico. Los demás que tenemos solo se aplican bajo ciertas condiciones y se los detalla en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4 Suplementos de la OIT.

Suplementos constantes	H	M	Suplementos variables	H	M
Necesidades personales	5	7	Iluminación		
Básicos por fatiga	4	4	Ligeramente por debajo.	2.0	2.0
			Bastante por debajo.	0.0	0.0
Trabajar de pie	2	4	Absolutamente insuficiente.	2.0	2.0
			Postura normal.		
Ligeramente incomodo.	0	1	Concentración Intensa.		
Inclinación de cuerpo.	2	3	Trabajado de cierta presión.	0.0	0.0
Cuerpo estirado.	7	7	Fatigoso.	2.0	2.0
Uso de energía kg. (levantar, empujar)			Muy Fatigoso.	5.0	5.0
			Ruidos		

2.50	0	1	Continuo	0.0	0.0
5.00	1	2	Intermitente y fuerte	2.0	2.0
7.50	2	3	Intermitente y muy fuerte	5.0	5.0
10.00	3	5	Estridente y fuerte	7.0	7.0
12.50	4	5	Tensión mental		
15.00	5	8	Proceso bastante complejo	1.0	1.0
17.00	7	10	Proceso complejo	4.0	4.0
20.00	9	13	Muy complejo	8.0	8.0
22.50	11	16	Monotonía		
25.00	13	20	Algo monótono	0.0	0.0
30.00	17		Bastante monótono	1.0	1.0
35.50	22		Muy monótono	4.0	4.0
Condiciones Atmosféricas			Tedio		
16.00	0	0	Algo aburrido	0.0	0.0
14.00	0	0	Aburrido	2.0	1.0
12.00	0	0	Muy aburrido	4.0	2.0
10.00	0.3	0.3			
8.00	1	1			
6.00	2.1	2.1			
5.00	3.1	3.1			
4.00	4.5	4.5			
3.00	6.4	6.4			
2.00	10	10			

Nota. Esta tabla contiene los suplementos de descanso de la IOT. Fuente: Muther (1968).

Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 5 Suplementos porcentaje.

N	Descripción del Suplemento	Suplementos determinados
1	Suplemento por descanso	
	Suplementos por fatiga básica, para compensar energías, es una cantidad igual a 4%.	4%
	Suplementos por necesidades por condiciones de trabajo son diferentes de las indicada.	5% a 7%
	Otros Suplementos	
2	Suplementos por contingencias o eventualidad que se sabe que son inevitables, debe ser menor al 5%.	Menor a 5%

Suplementos por política de empresa, es una cantidad que se puede ser añadida para que, en circunstancias excepcionales, a un nivel definido de desempeño corresponda a nivel satisfactorio de ganancias.

Suplementos especiales, pueden concederse a actividades que normalmente no forman parte del ciclo de trabajo, pero sin las cuales este no podría efectuarse debidamente.

Nota. Esta tabla contiene los suplementos de porcentaje. Fuente: Google Sites “Estudio del Trabajo 1. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 6 Escala de valorización Westinghouse.

Habilidad			Esfuerzo		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Regular
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Aceptable
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
Condiciones			Consistencia		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Nota. Esta tabla contiene la escala de valorización de Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Consistencia de Westinghouse. Fuente: Muther (1968). Elaborado por: El Autor, 2024.

Situación Actual de La Organización

Para una mejor comprensión del comportamiento productivo de la empresa según las variables temporales y espaciales, es importante comprender el contexto en relación con la filosofía de esta es decir la misión, visión y el plan organizacional, así se puede determinar el estado actual de la organización, en este caso particular se hará hincapié en el departamento de producción.

Para poder comprender profundamente el desempeño de los procesos y las maquinas empleadas en los diversos procesos y en la distribución de estos, a más de analizar los tiempos de producción estándar y tiempos de ciclo que establecen las capacidades de producción y productividad.

Asimismo, los tiempos de producción estándar y los tiempos de ciclo permitirán establecer capacidades de producción y productividad. A partir de los datos de producción se desarrolla una función de probabilidad para cada máquina que conforma el proceso.

Misión

La misión de la empresa es ofrecer a los clientes soluciones que resulten innovadoras mediante una amplia gama de productos de inyección de plástico de alta calidad a un precio competitivo en el mercado. La empresa está comprometida a brindar un servicio al cliente de buena calidad, el cual satisfaga las necesidades de los clientes y ayude a mejorar la marca.

Visión

La visión de la empresa es convertirse en la empresa líder en el mercado de inyección de plásticos a nivel nacional, están comprometidos en mejorar los productos y servicios continuamente, con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, además de mantener la vanguardia de la tecnología. La empresa está comprometida en convertirse

en un socio comercial de confianza para los clientes, donde se ofrezcan soluciones con un valor añadido para maximizar su satisfacción.

Tamaño de la empresa

El tamaño de la empresa puede ser expresado según las personas que trabajan en el establecimiento, un factor considerado en INEC, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 7 Tamaño de la empresa según el número de trabajadores.

TAMAÑO	NUMERO DE TRABAJADORES
<i>Grande</i>	Mayor a 250
<i>Mediana</i>	Entre 50 y 250
<i>Pequeña</i>	Menor a 50

Nota. Esta tabla contiene el tamaño y número de trabajadores según el instituto de estadísticas.

Fuente: INEC 2023. Elaborado por: El Autor, 2024.

La empresa tiene un total de 20 empleados por lo que califica en el tamaño de pequeña empresa

Política de calidad

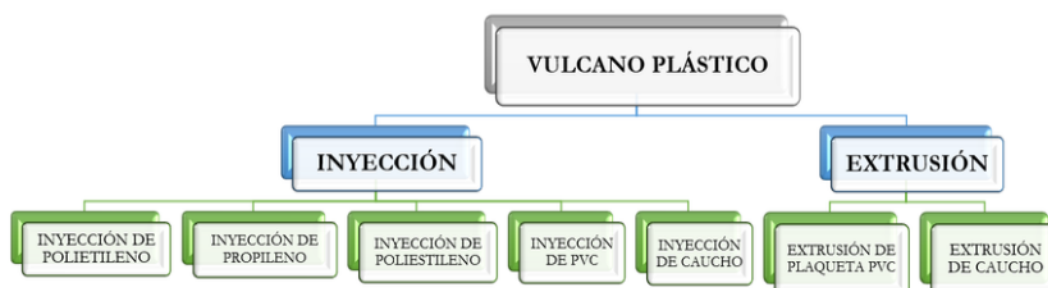
Vulcano plástico adopta como política, suministrar a sus clientes productos y servicios que satisfagan sus requisitos, a través de la gestión de sus procesos normalizados.

Producción de la empresa

La fábrica de Vulcano Plástico es una empresa que está dedicada a la producción de accesorios plásticos, los cuales intervienen en el proceso de montaje de estructuras de aluminio fabricadas con distintos polímeros. Para la producción de las piezas de plástico se requieren diversos equipos como extrusoras e inyectoras, mismos que serán analizados en este plan de redistribución. Para este propósito, la siguiente línea de

producción ha sido cuidadosamente diseñada como se muestra en la figura a continuación.

Figura 9 Producción de la empresa



Nota. La figura representa el organigrama de la empresa Vulcano Plástico según sus procesos de producción. Elaborado por: El Autor, 2024.

En la figura 9 se muestra las líneas de producción de la empresa a ser analizadas siendo dos líneas de producción, dentro del área de inyección encontramos cuatro subdivisiones que hacen referencia a las diferentes materias primas que pasan por el proceso de inyección, así también dentro de la línea de producción de extrusión encontramos dos subdivisiones de los diferentes materiales a extruir.

Tabla 8 Productos obtenidos de la línea de producción

PRODUCTOS INYECCIÓN	POLIETILENO	POLIESTIRENO	PRODUCTOS EXTRUSION	PVC
CODO PERDIDO	X		PERFIL FLEXIBLE VENTANA FIJA	X
TRICODO	X		PERFIL FLEXIBLE VENTANA CORREDIZA	X
VENTANA PROYECTABLE	X			
ESCUADRA	X			
PUERTA MALLA				
ANCLA BAJA	X			

ANCLA CHAPERA	X	X
GUIA PUERTA		X
CORREDIZA		

Nota. Esta tabla indica los productos obtenidos de la línea de producción de la empresa Vulcano.

Elaborado por: El Autor, 2024.

Es importante recordar que en los diferentes procesos de inyección y extrusión se usan polímeros (polietileno, polipropileno, poliestireno) de diferente dureza (Ramirez & Ramirez, 2016), teniendo diferentes clases de polietilenos, propilenos y poliestirenos para la elaboración de los productos. En el anexo I se mostrará los datos específicos de cada polímero usado en las líneas de producción de Vulcano Plástico.

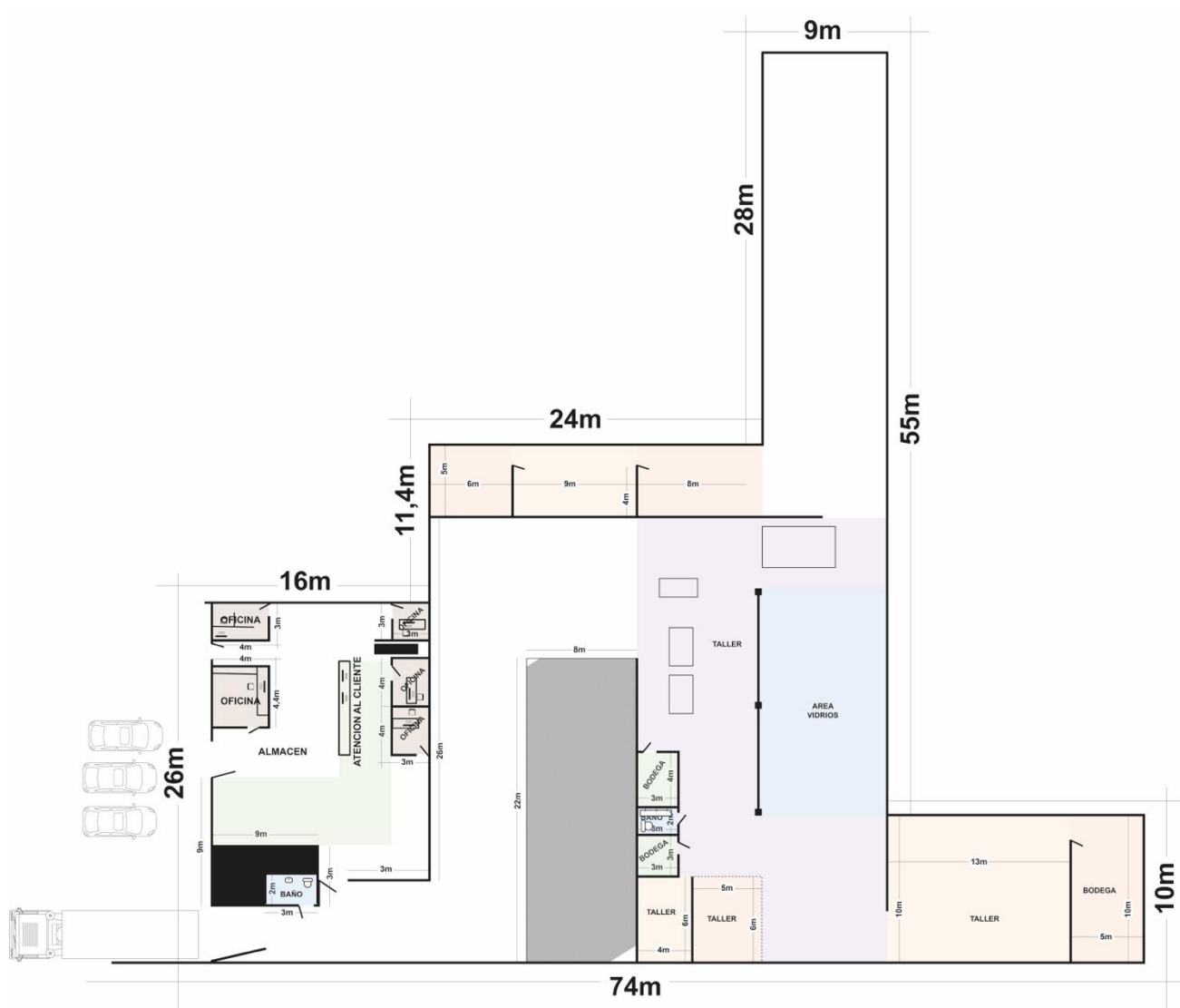
Ritmo de actividad

El ritmo de actividad en la empresa es continuo. Esto implica que la empresa opera de manera constante a lo largo de todo el año, manteniendo su producción. Los únicos paros que se producen cuando se lleva a cabo mantenimiento correctivo en sus máquinas, la empresa funciona de manera regular y está abierta a recibir pedidos en cualquier momento del año.

Distribución Actual de Espacios.

A continuación, se presenta la figura 8 que establece la distribución total de la organización incluyendo áreas administrativas y centros de comercio.

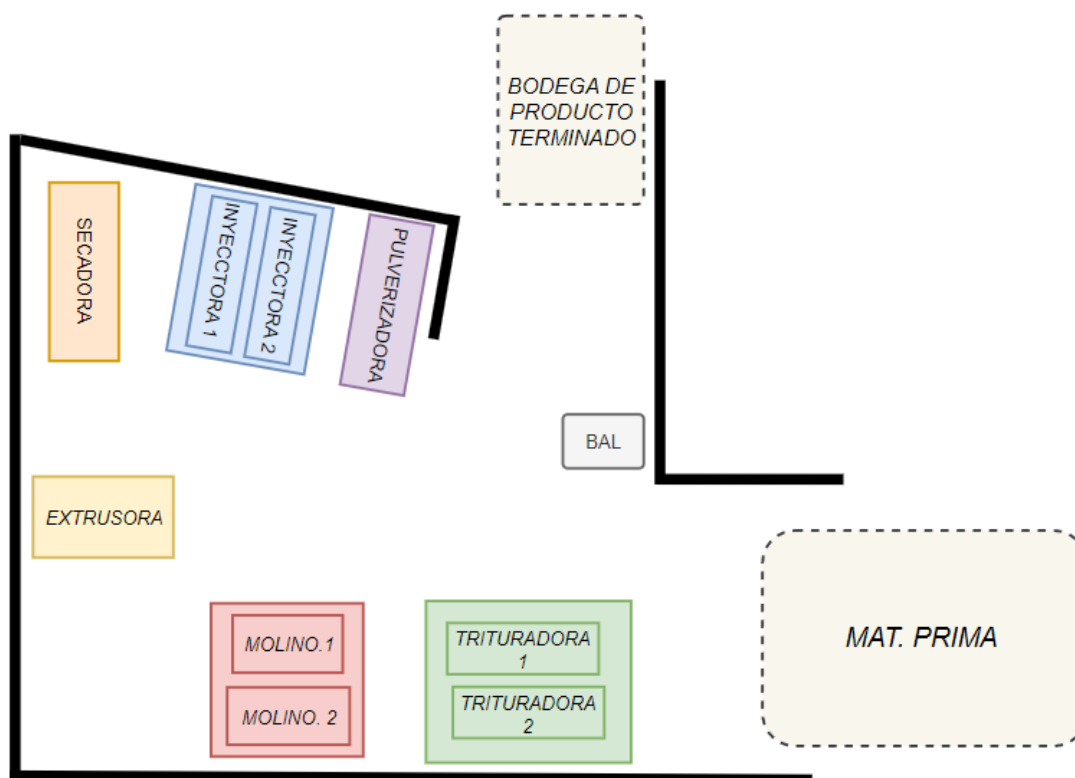
Figura 10 Distribución Actual de la empresa Vulcano Plástico



Nota. La figura representa la distribución Actual de la empresa incluyendo áreas administrativas de Vulcano Plástico. Elaborado por: El Autor, 2024.

En la siguiente imagen se establece la distribución del área productiva en la cual se ubica la maquinaria destinada para las operaciones de extrusión e inyección.

Figura 11 Distribución Actual de la empresa Vulcano Plástico.



Nota. La figura representa la distribución actual del área productiva Vulcano Plástico. Elaborado por: El Autor, 2024.

La imagen representa la situación actual de la empresa con respecto a los espacios que se manejan en el área de producción, se puede observar la maquinaria que disponen e intervienen en los procesos productivos. La empresa cuenta con 18 máquinas operativas, de las cuales solo se van a analizar 10 que intervienen directamente en el proceso, algunas necesitan de otras para su correcto funcionamiento como las extrusoras que depende de su respectiva máquina de avance para definir el producto que se desea obtener.

3. Materiales y metodología

3.1. Unidad de análisis.

La unidad de análisis se va a centrar en el área productiva, pues después del análisis de varios factores, se ha determinado que es necesario realizar una redistribución en la planta, la empresa se dedica a la realización de estructuras a base aluminio y otras a base de polímeros, también generan productos de caucho como accesorios para las estructuras de las ventanas, es por ello que cuenta con dos procesos productivos que dividen la producción, estos son la inyección y la extrusión.

3.2. Población

La empresa en su planta de producción tiene alrededor de 30 empleados de los cuales 6 personas son las que trabajan en los procesos de inyección y extrusión, y otras 2 destinadas para el transporte de los productos. Los operarios están distribuidos en las 10 máquinas del área de producción como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 Operarios según el área.

Operarios	Área	Maquina	N° Maquinas
Operario 1	Inyección	Inyectoras	2
Operario 2	Pulverización	Pulverizadoras	1
Operario 3	Extrusión	Extrusoras	1
Operario 4	Secado	Secadora	1
Operario 5	Trituración	Trituradoras	2
Operario 6	Molienda	Molinos	2
Operario 7 y 8	Logística interna	Bob cat	1

Nota. Esta tabla indica los operarios de la línea de producción de la empresa Vulcano Plástico.

Elaborado por: El Autor, 2024.

3.3. Métodos a emplear.

Esta investigación es de carácter cuantitativo, con un enfoque descriptivo-analítico pues se recolectó información de la empresa, con el fin de determinar la situación actual de la misma, para así determinar los parámetros principales de una redistribución de la planta según el flujo del proceso, las distancias y los tiempos, con esto se pretende que la empresa aproveche sus recursos eficientemente y tenga un desarrollo conveniente, además mediante FlexSim se simulará como es la situación actual de la empresa para poder contrastarla con la nueva distribución.

Para el levantamiento de la información se empleó la observación directa, pues los investigadores estuvieron en contacto con los operarios mientras realizaban sus labores, para así determinar los procesos que se realizan y el tiempo que toma, posterior a esto se procedió a validar la información tanto con los operarios como con los jefes encargados.

Así mismo se aplicó el método deductivo, donde partiendo de los hechos generales se pueden obtener conclusiones particulares. Esto se aplicó específicamente en la selección para el método de distribución de planta, donde a través del análisis de la situación específica que vive la empresa se determinó que la ubicación de las máquinas produce retrasos en la producción y desperdicio de materiales, es por ello por lo que es necesario una reubicación de la planta.

Una vez que se ha tenido los parámetros revisados de los métodos que se pueden emplear para una distribución de la empresa es posible tener los indicadores y analizamos a partir de la tabla 10. Donde podemos evidenciar con criterio que el método a emplear es el SLP, este método cumple con los requisitos necesarios para el procedimiento de trabajo y proporciona un orden detallado para el desarrollo de la investigación. Es importante destacar que el enfoque del método SLP se centra en el proceso, a diferencia del método de gamas ficticias, que se enfoca en el producto. También se analizó el método de Bufo, el cual se ajusta al modelo que buscamos aplicar en el desarrollo; sin embargo, su validez en la fase final se queda algo limitada ya que su

análisis en el flujo de los productos tiene una metodología diferente a la que se busca aplicar. Otros métodos que se lo pueden aplicar es el de índice de desempeño el cual considera la distribución espacial que tiene el sistema de producción, pero este método no considera los layout dentro de al menos 4 principios siendo esto algo sustancial para aplicar en nuestro modelo de redistribución. Tras revisar nuevamente la tabla de relevancia, se confirma que la metodología más adecuada sigue siendo el SLP, ya que se adapta perfectamente al logro de los objetivos planteados en el desarrollo del estudio. Para elegir el mejor método a desarrollar obedeciendo a la tabla de relevancia, se lo indicará con la siguiente tabla:

Tabla 10 Características de relevancia

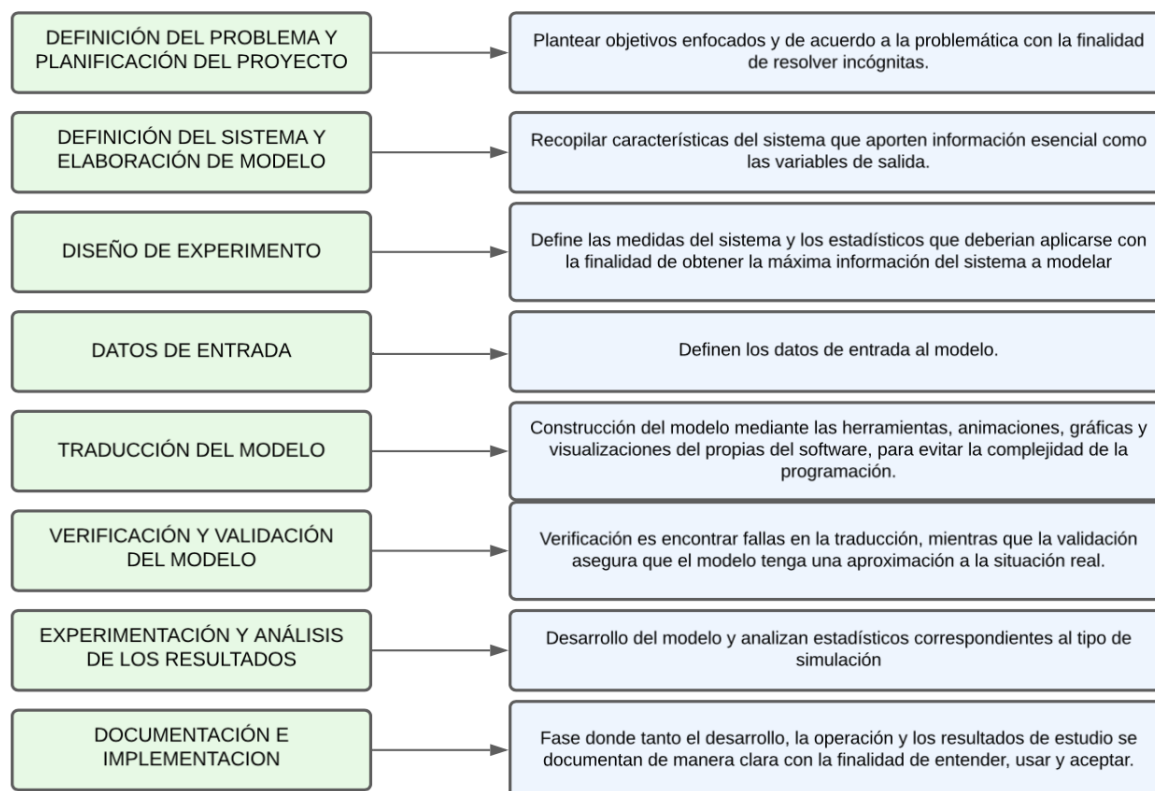
CARACTERÍSTICAS DE RELEVANCIA				
MÉTODOS	PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	ENFOQUE EN EL PROCESO	CONSIDERA MÍNIMO 4 PRINCIPIOS DE INCLUIR LAYOUT	INCLUYE MÍNIMO 4 FACTORES A CONSIDERAR EN LAYOUT
<i>Immer</i>	X	X		
<i>BUFFA</i>	X	X	X	X
<i>Índice de desempeño</i>	X	X		
<i>SLP</i>	X	X	X	X
<i>Gamas Ficticias</i>	X		X	

Nota. La tabla determina las características para definir el tipo de distribución que se puede emplear. Elaborado por: El Autor, 2024.

Simuladores Para la Distribución de Planta.

Además, para evaluar los escenarios simulados se empleó un software denominado FlexSim, para esto se detalla a continuación los pasos a seguir para obtener la simulación deseada.

Figura 12 Pasos para simular en FlexSim.



*Nota. La figura representa los 8 pasos para la simulación en FlexSim. Fuente: Urquia 2015
Elaborado por: El Autor, 2024.*

Estos pasos serán los que utilizamos para determinar y evaluar, por medio de estos se puede obtener la información para determinar el comportamiento del sistema así también como los cuellos de botella esto nos ayuda a validar el sistema.

3.4. Identificación de las necesidades de información. Fuentes primarias y secundarias

Las fuentes primarias de información son aquellas que contienen la información original, la cual no ha pasado por filtros, no ha sido evaluada o interpretada, resultan producto de una investigación y la información puede provenir directamente de hechos o investigaciones de campo (Universidad de Guadalajara, 2023) En este caso las fuentes de información primaria contemplaron los tiempos de las dos líneas de producción, el espacio que ocupan las maquinas, la capacidad de producción de las maquinas, todo esto sirvió como base para el análisis de distribución de la planta. Para esto se aplicó la observación directa, donde se pudo identificar directamente el funcionamiento de la planta

Así mismo las fuentes secundarias son aquellas que contiene información primaria, pero está ya ha sido sintetizada y reorganizada. Usualmente facilitan el acceso a los contenidos de las fuentes primarias, usualmente estas se emplean cuando no se puede acceder a la información primaria, además permite validar los hallazgos y ampliar los contenidos (Universidad de Guadalajara, 2023). Dentro de esta investigación las fuentes secundarias de información comprenden las revistas indexadas de fuentes confiables obtenidas de internet, en este caso se obtuvo información de revistas como Scopus y Redalyc, demás fuentes de internet y ciertos libros adicionales que contenga información que permiten sustentar este trabajo.

3.5. Técnicas de recolección de datos ¿Cuáles y para qué?

Para la recolección de datos fue necesaria la observación directa soportada por el estudio de tiempos de los operarios y las maquinarias durante el proceso de producción, con el objetivo de obtener información sobre los tiempos, márgenes y problemas de producción que se suscitan durante sus labores, esto facilitó la identificación de problemas y ayudó a determinar las necesidades de la empresa. La obtención de información es una técnica objetiva de recolección de datos, así se recopila información

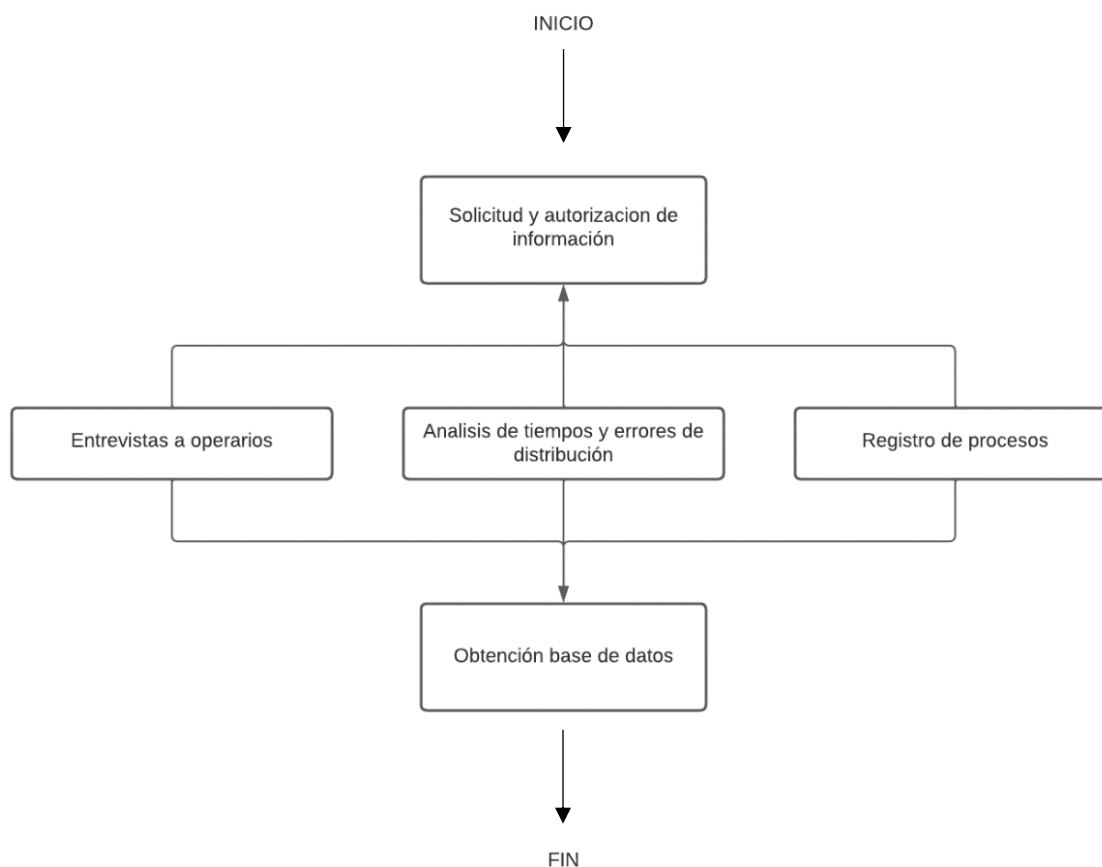
a pesar de que los empleados no la puedan otorgar o no tengan claros los procesos, esto es independiente de la capacidad o la veracidad de la persona por lo que resulta factible para este análisis.

Así también se aplicó la observación no estructurada, esta consiste en recoger la información en el momento preciso en que suceda un hecho, a pesar de no disponer una guía estructurada respecto a lo que se va a observar, esto ayuda al análisis de los sucesos poco comunes que afectan en la producción.

Para ello fue importante la participación directa del observador, quien estuvo en contacto con los operarios de la empresa, pudiendo definir así las actividades que se tiene planteadas y las que son requeridas para evitar pérdidas de tiempo e incluso desperdicio de material.

Todas estas técnicas son importantes para la recolección de información, pues así se puede obtener una base de datos para su posterior análisis que ayuda a la elaboración de la propuesta de distribución, por lo que el proceso de recolección de información fue:

Figura 13 Proceso de recolección de datos



Nota. Esta figura explica el proceso de recolección de información. Elaborado por: El Autor, 2024.

3.6. Herramientas utilizadas para el análisis e interpretación de la información.

Para la simulación de los escenarios tanto de la situación actual de la empresa como de la propuesta futura, se empleó un software llamado FlexSim, el cual genera una simulación en 3D, con efectos visuales que permiten analizar la situación de la manera más cercana a la realidad posible, también permite probar cambios y visualizar de las operaciones y los diversos procesos de logística que puede manejar la empresa tales como el manejo de materiales y la manufactura, esto evita los altos costos, los riesgos y desperdicio de tiempo. Todo esto beneficia para experimentar los cambios que se pueden aplicar en la realidad de la empresa, esto ayuda a que se analicen los resultados antes de realizar una inversión (FlexSim, 2023).

Expertfit nos da la posibilidad de asignar una distribución probabilística para cada uno de estos periodos, para esto es necesario emplear de Excel con los datos que se obtuvieron en la planta, es decir, es necesario tener los parámetros para ingresarlos tanto como valores de eficiencia como tiempos de máquina. Para esto se hizo observaciones bajo la estandarización según la GE para posteriormente desarrollarlo con Expertfit.

4. Resultados y discusión

4.1. Procesos y diagramas de flujo.

4.1.1. Análisis de la producción de la empresa.

En el análisis de la organización se mencionó las líneas de producción que posee Vulcano Plástico, estas líneas de producción producen al mes una cantidad de 65 a 70 toneladas mensuales. En la tabla a continuación se muestra la producción de cada una de las secciones.

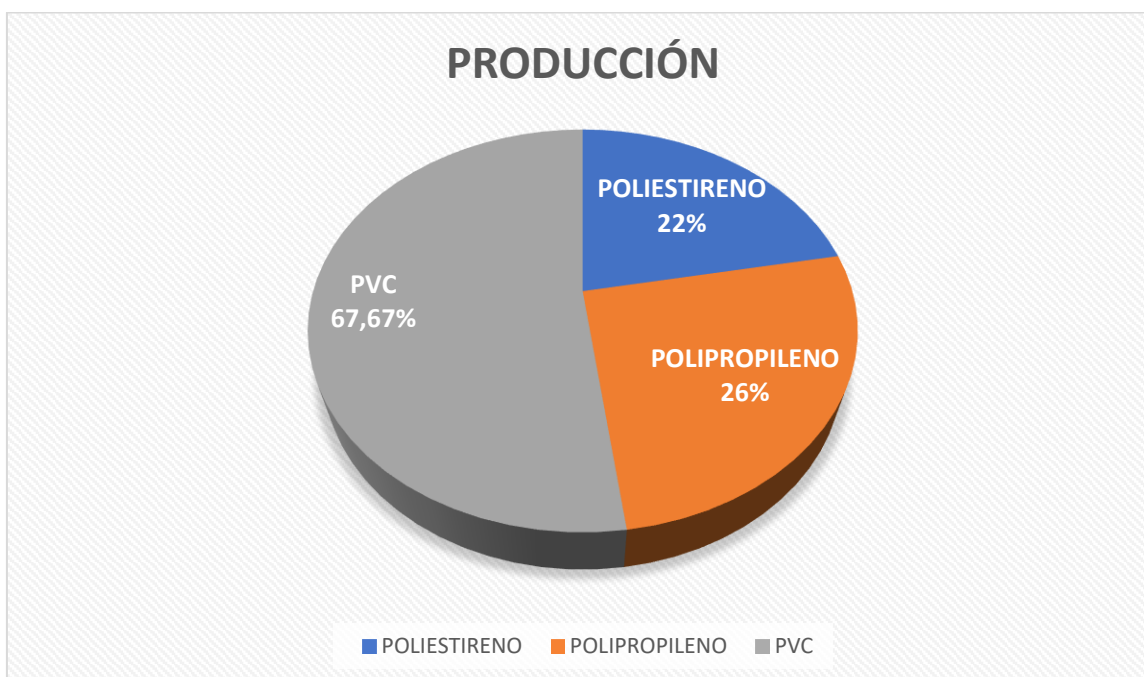
Tabla 11 Producción (toneladas/mes) de la empresa Vulcano Plástico.

SECCIÓN	PRODUCCION (TONELADAS/MES)	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN
<i>Inyección de poliestireno</i>	12.5	18.8
<i>Inyección de polipropileno</i>	9.0	13.53
<i>Extrusión de PVC</i>	45	67.67
TOTAL	68	100

*Nota. Esta tabla indica la producción según las toneladas por mes que produce la empresa
Elaborado por: El Autor, 2024.*

A continuación, se muestra gráficamente la producción mensual de las máquinas inyectora y extrusora:

Figura 14 Producción mensual de Vulcano Plástico.



Nota. Representa la producción total mensual de la empresa vulcano. Elaborado por: El Autor, 2024.

La línea de mayor producción es la de extrusión, con un volumen total de 45 toneladas, este proceso es realizado por las máquinas extrusoras que se analizarán en el FlexSim para poder validar la propuesta de redistribución, por otro lado, tenemos los procesos de inyección que tienen una producción total de 21,5 toneladas mensuales tanto ya para poliestireno y polipropileno.

4.1.2. Listado de equipos

Tabla 12 Listado de equipos de Vulcano Plástico.

PLANTA	ÁREA	EQUIPO
VULCANO PLÁSTICO	INYECCIÓN	Pulverizadora
		Mezcladora
		Inyectora 1 y 2
	EXTRUSIÓN	Trituradora
		Molino
		Pulverizadora
		Secadora
		Extrusora 1 y 2
	GENERAL	Balanza

Nota. Esta tabla contiene el listado de equipos de Vulcano Plástico según sus procesos. Elaborado por: El Autor, 2024.

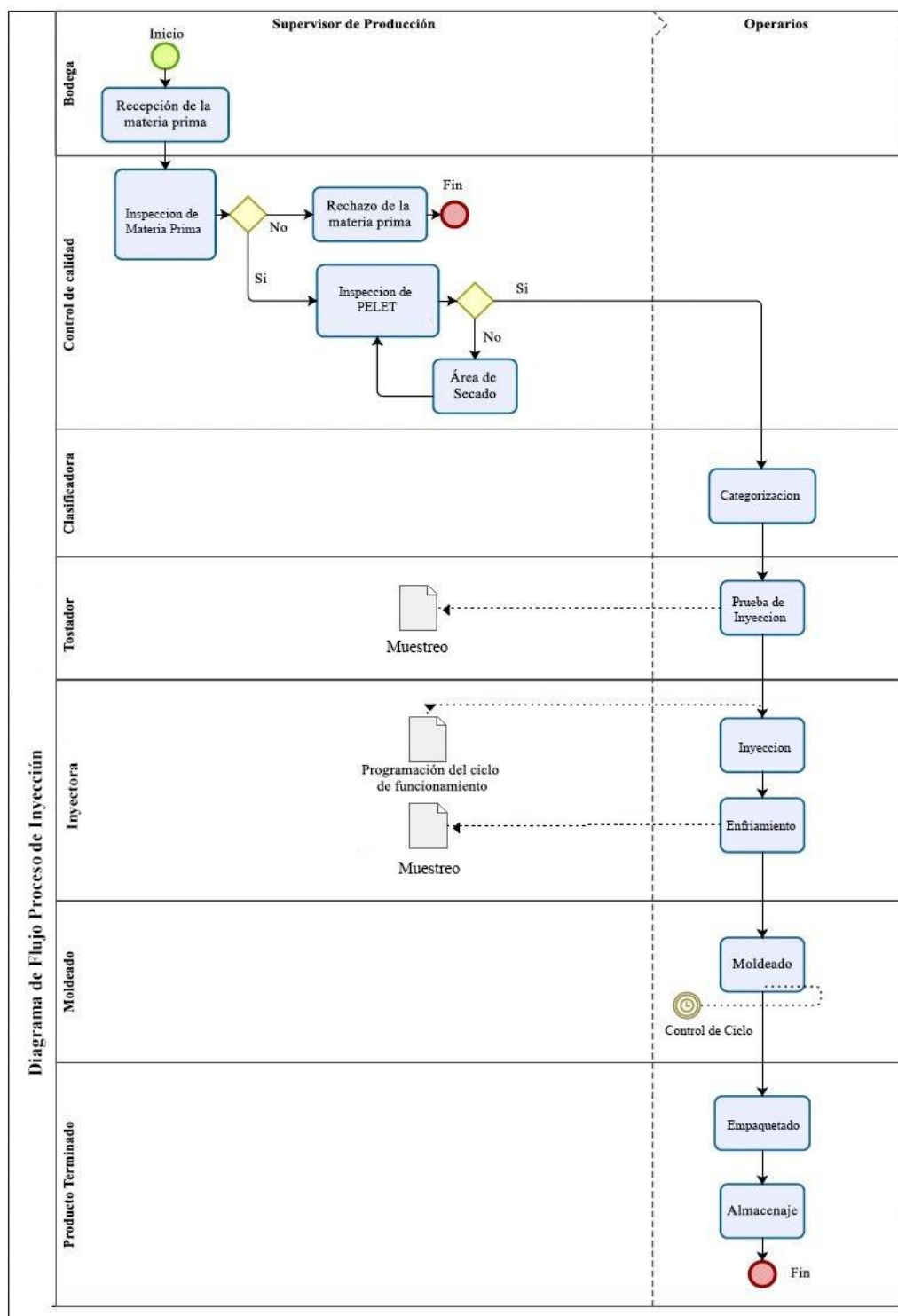
4.1.3. Etapas de los Procesos.

4.1.3.1. *Etapas del proceso de producción inyección*

El proceso de producción que se realiza en la empresa, está formado de diferentes etapas, desde que la fundición de la materia prima hasta la obtención de producto terminado y empacado.

Se inicia el proceso por la adquisición de la materia prima posterior a esto, la materia prima es ingresada a la inyectora, después se hace una lubricación en el molde en cada ciclo y de la cámara de inyección es un lubricante en base PTFE que proporciona altas prestaciones en moldes de inyección. Posee alta adherencia y una viscosidad óptima para evitar el goteo en las partes interiores del molde, seguido a esto el operario activa el sistema de cierre del molde pues esta es una maquina semi automática y así inicia el proceso la inyectora. Una vez que ha finalizado el tiempo de solidificación del polímero se abre el molde, se extrae la pieza y se la coloca en el recipiente de almacenaje que contiene agua donde las piezas se enfrían durante un tiempo. Después de asegurarse que las piezas se encuentran a una temperatura óptima para poder manipularlas. Finalmente se procede con el empaquetado, este es el encargado de envolver dicho envase, y tiene como objetivo preservar el producto para que éste se distribuya adecuadamente.

Figura 15 Proceso de producción para Inyección



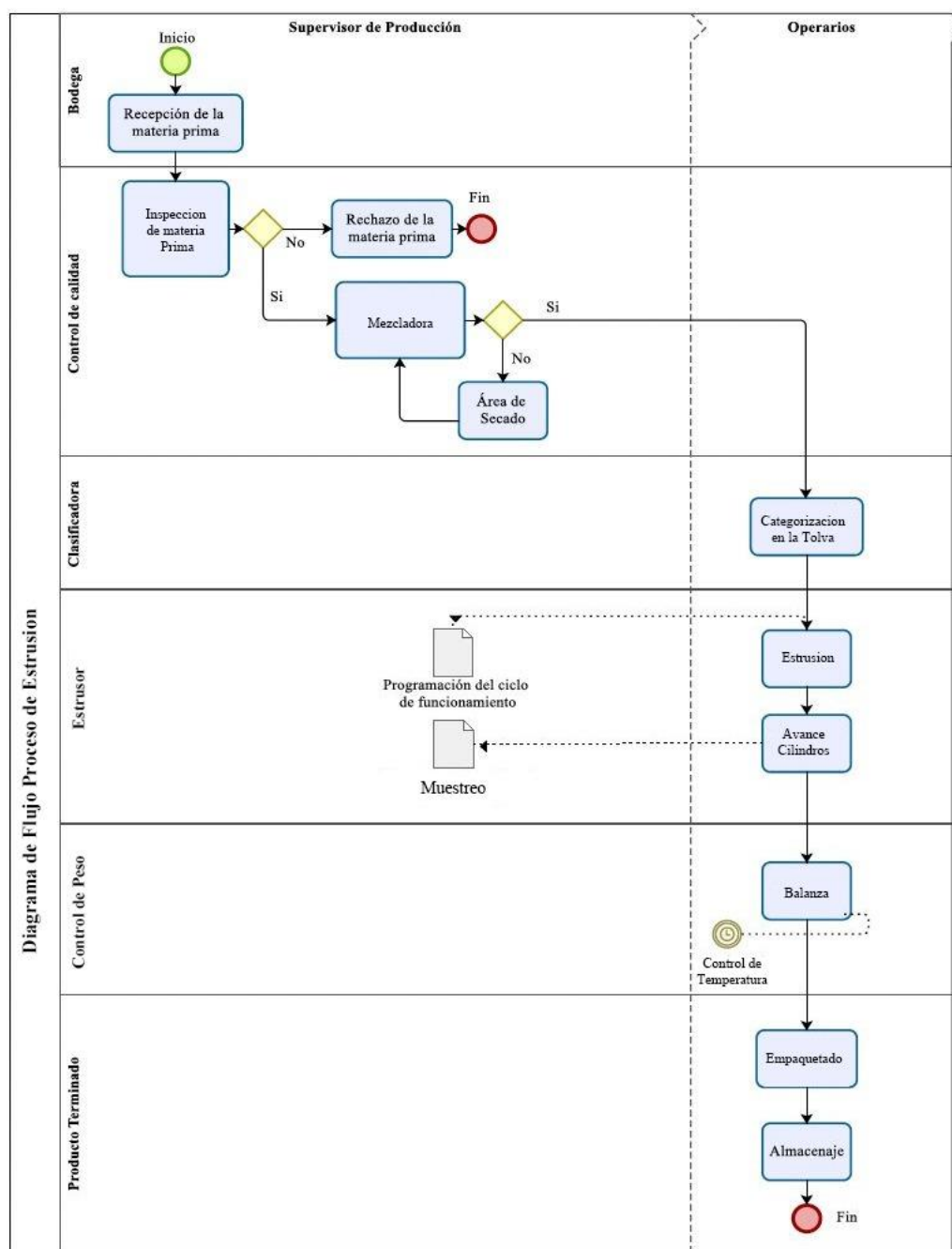
Nota. Esta figura indica el proceso por el que pasan los polímeros durante la inyección. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.1.3.2. *Etapas del proceso de producción extrusión.*

El proceso de producción que se realiza en la empresa, está formado de diferentes etapas, desde la preparación de la materia prima hasta la obtención de producto terminado y empaçado.

Este proceso inicia con la compra de materia prima, seguido de esto, la materia prima es ingresada a la inyectora. Implica el formado o moldeado de un producto por el paso forzado de materiales suaves o plastificables a través de dados con orificios (moldes), a fin de conseguir la estructura y características del producto deseado, finalmente se hace el empaque el cual es enrollado para su distribución.

Figura 16 Proceso de producción para Extrusión.



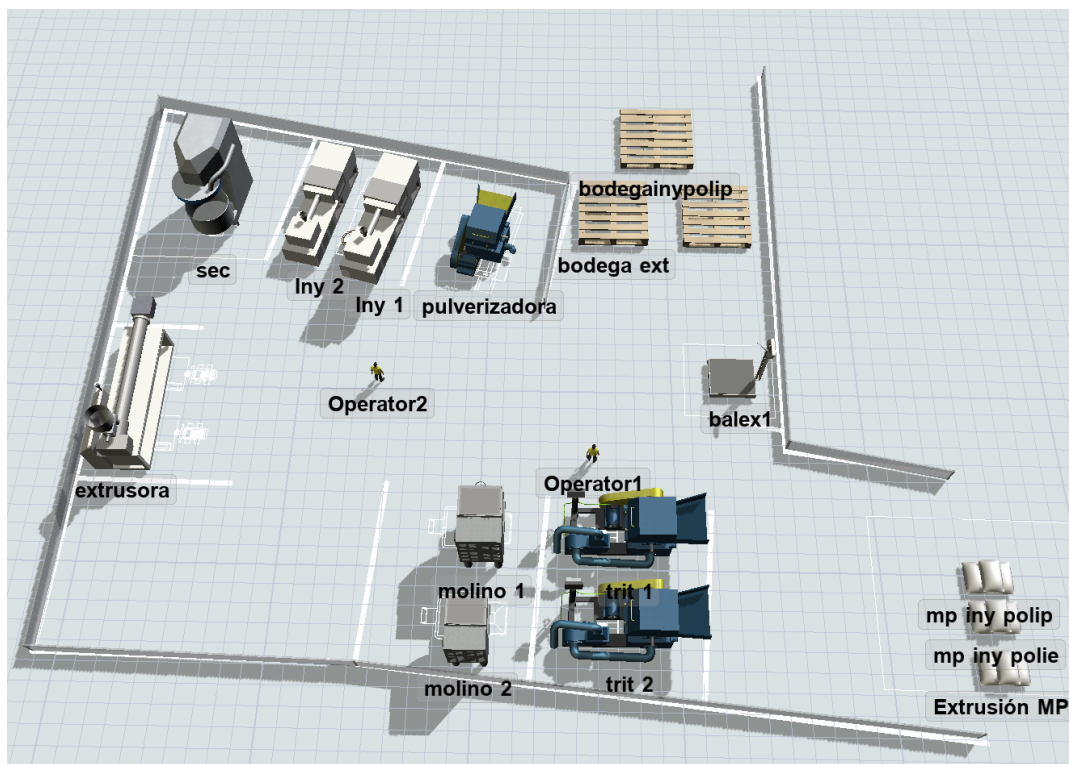
Nota. Esta figura indica el proceso por el que pasa la materia prima durante la extrusión.

Elaborado por: El Autor, 2024.

4.1.4. Análisis de las áreas de trabajo.

Se indica la distribución actual de la empresa y las áreas de trabajo en relación con la infraestructura y el espacio existente, de esta manera, las áreas de trabajo se agrupan en zonas para evaluar, delimitar y organizar mejor los espacios de trabajo.

Figura 17 FlexSim Distribución de Planta Vulcano Plástico



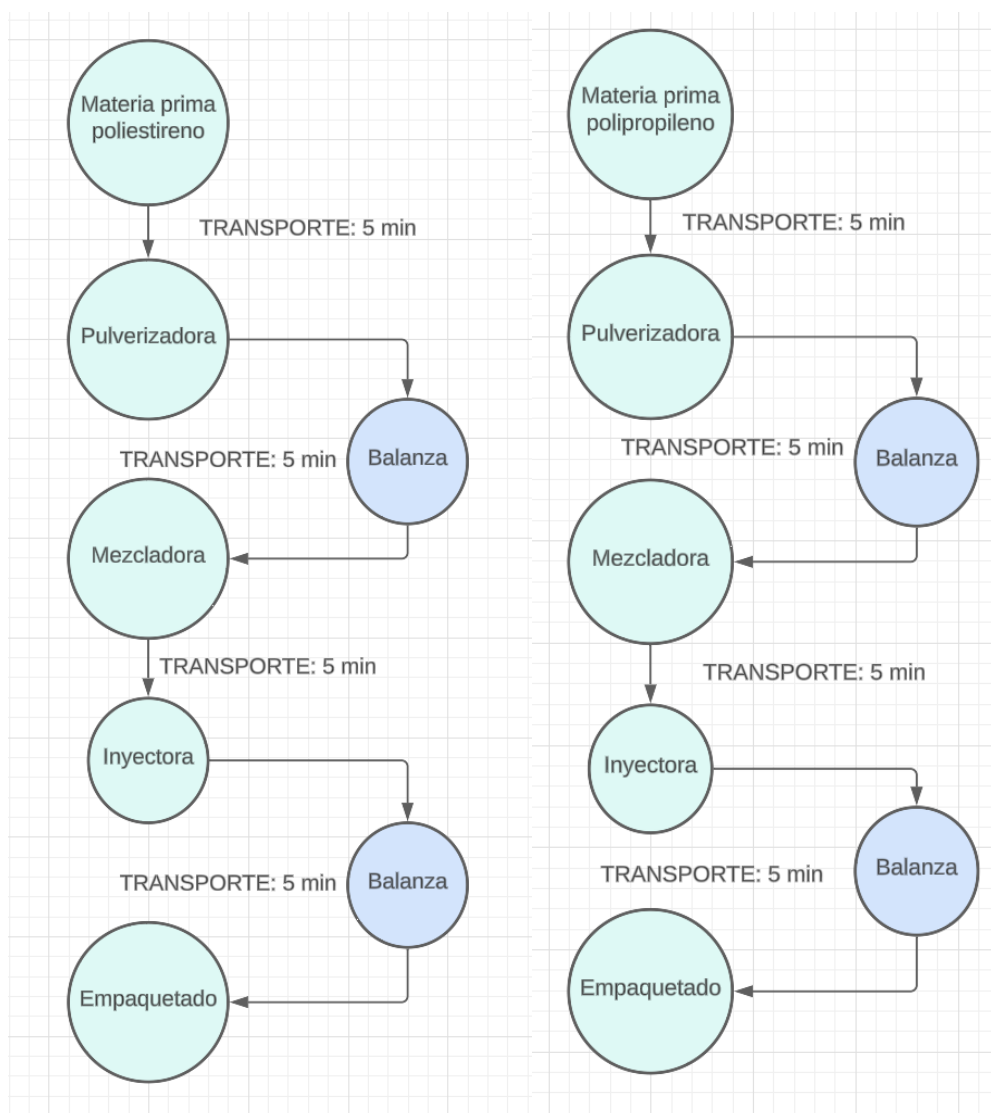
Nota. Esta figura indica la distribución de planta de Vulcano Plástico software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

La división en zonas permite distinguir de una mejor manera la disposición de la empresa con respecto a distribución en planta, la empresa tiene zona de producción, en la cual nos centraremos en este estudio, zona de mantenimiento, zona de oficina y vestidores y zona exterior.

4.1.4.1. Diagrama de flujo en el proceso de inyección.

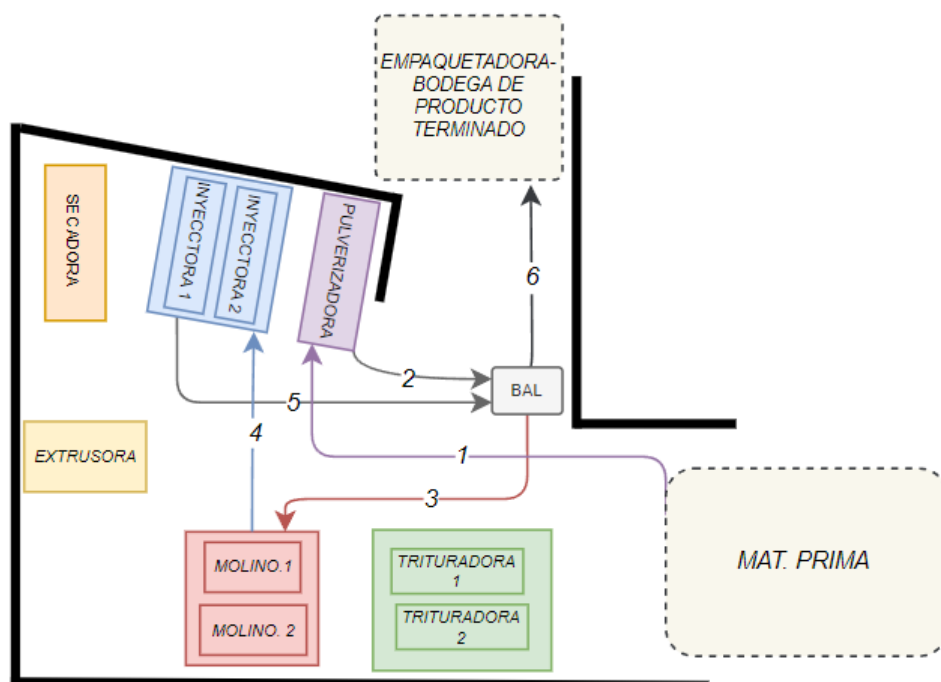
El flujo del proceso de inyección se detalla a continuación:

Figura 18 Tiempos de recorrido del proceso de inyección poliestireno y polipropileno.



Nota. Esta figura indica el flujograma que tienen el proceso de inyección tanto para el poliestireno y polipropileno. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 19 Recorrido actual en el proceso de inyección.



LEYENDA DE SECUENCIAS DE RECORRIDO DEL PROCESO DE INYECCION

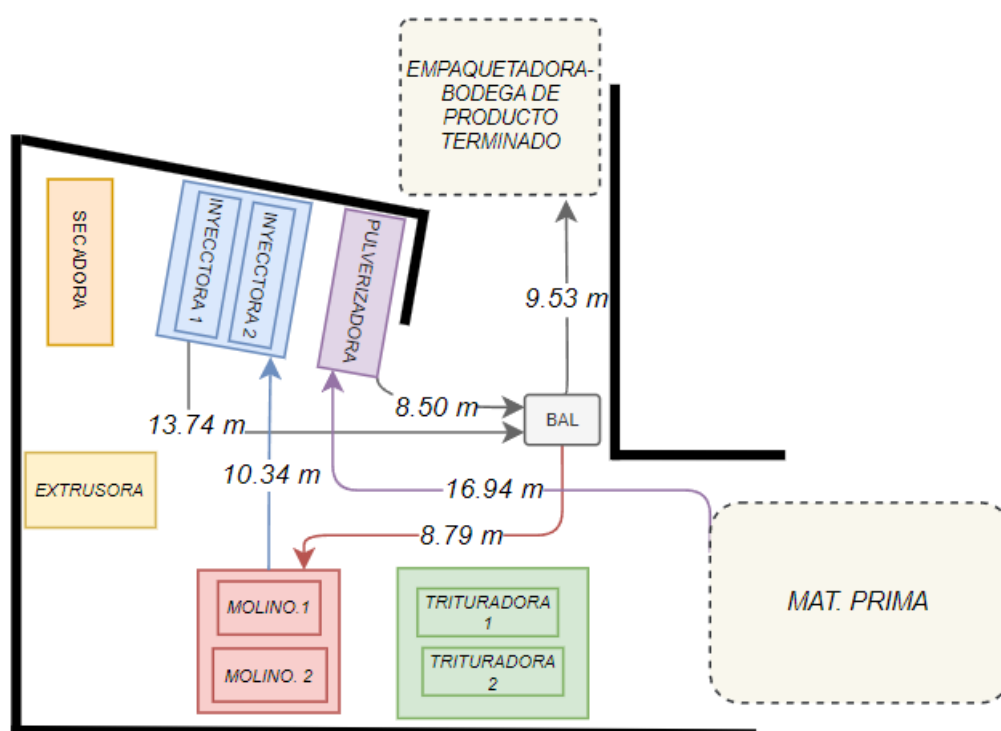
Simbología	Significado
—1—→	Transporte de materia prima a la Pulverizadora
—2—→	Transporte del producto pulverizado a la Balanza
—3—→	Transporte de material de la balanza hacia el Molino
—4—→	Transporte de material molido hacia la inyectora
—5—→	Transporte de material inyectado a la balanza
—6—→	Transporte de material pesado por segunda vez, a la bodega de materia terminada

Nota: Esquema de recorrido para el proceso de inyección. Elaborado Por: El Autor, 2024.

- 1) Los operadores encienden los tableros de potencia, los cuales se encargan de calentar las máquinas inyectoras. (tiempo estimado de calentamiento (30-40min)).
- 2) Los operadores trasladan la materia prima hacia la pulverizadora para que se genere su proceso luego de eso este material se traslada hacia la balanza y luego continua hacia los molinos.
- 3) Una vez listo el producto es llevado hacia las inyectoras para continuar con su proceso.

- 4) Los operadores preparan y recargan contenedores de materia prima, para sus plazas de trabajo. (20 min). Cabe recalcar que este proceso se repite, cuando los contenedores quedan vacíos.
- 5) El proceso de enfriamiento depende del gramaje y diseño de la pieza a enfriar mediante agua. Estipulamos un tiempo entre 5 hasta 35 segundos. Siendo 5 segundos una pieza pequeña y delgada, y 35 segundos una pieza robusta y concisa.
- 6) Una vez acabado el proceso de enfriamiento de las piezas y llenado un contenedor; son llevadas a bodega para su inspección y empaquetamiento.
- 7) Las piezas son empacadas y llevadas a la zona de embarque.
- 8) Trasladar materia prima de la bodega a la tolva de inyección.

Figura 20 Distancia actual en el proceso de inyección.

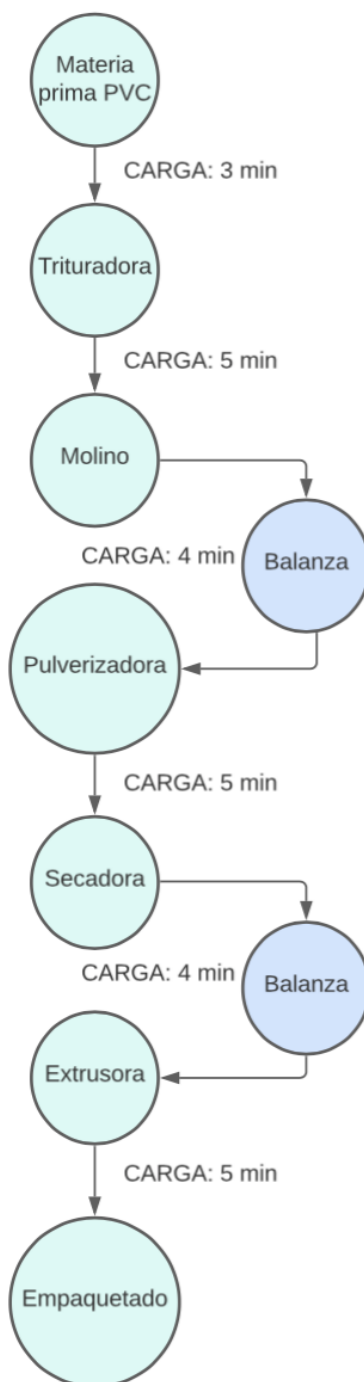


Nota: Distancia de recorrido para el proceso de inyección. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.1.4.2. Diagrama de flujo en el proceso de extrusión.

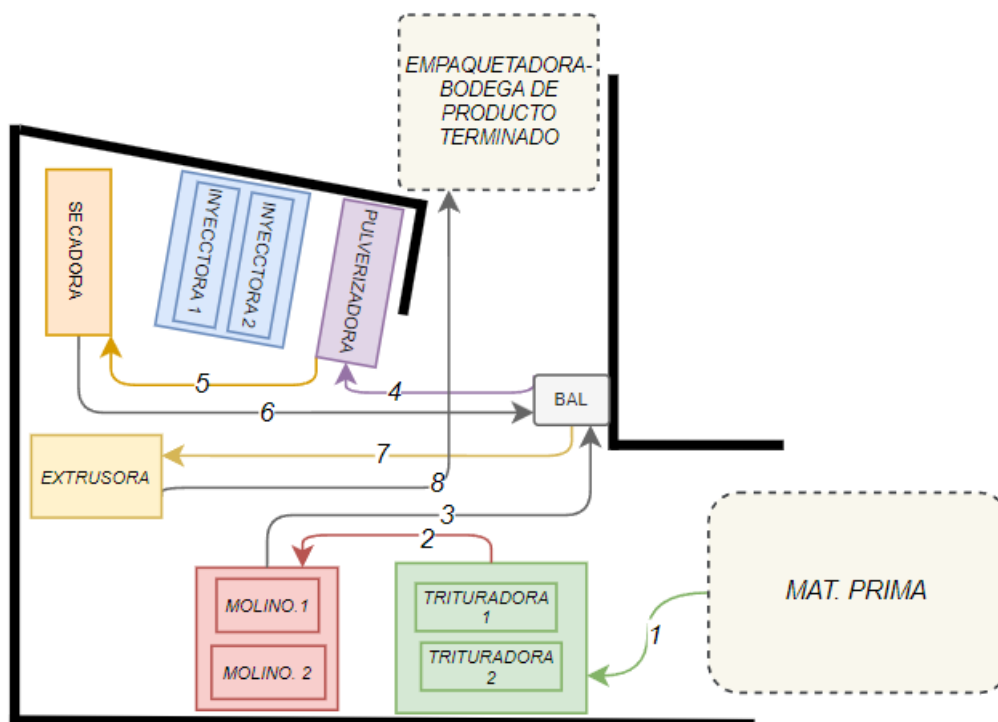
El flujo del proceso de la extrusión se detalla a continuación:

Figura 21 Flujo del proceso de extrusión.



Nota. Esta figura indica el flujograma y sus tiempos de carga en el proceso. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 22 Recorrido actual en el proceso de extrusión.



LEYENDA DE SECUENCIAS DE RECORRIDO DEL PROCESO DE EXTRUCCION

Simbología	Significado
1 →	Transporte de materia prima al área de Triturado.
2 →	Transporte del producto triturado al área de Molienda.
3 →	Transporte de material molido hacia la Balanza.
4 →	Transporte de material de balanza hacia la Pulverizadora.
5 →	Transporte de material pulverizado a la Secadora.
6 →	Transporte de material secado hacia la Balanza.
7 →	Transporte de material pesado a la Extrusora.
8 →	Transporte de material extruido hacia la bodega de producto terminado

Nota: Esquema de recorrido para el proceso de extrusión. Elaborado por: El Autor 2024.

- 1) Los operadores encienden los tableros de potencia, los cuales se encargan de calentar las maquinas extrusoras. (tiempo estimado de calentamiento (45-60min)
- 2) Los operadores se encargan de preparar todos los materiales necesarios, para un post proceso (2.1) de mezclado para la obtención de materia prima óptima para fabricar vinil de PVC (este proceso de mezclado dura 30-45 minutos, en la

primera mezcla, cuando el mixer está caliente este proceso dura 15-20 minutos).

(2.2) Este material es llevado a las maquinas extrusoras.

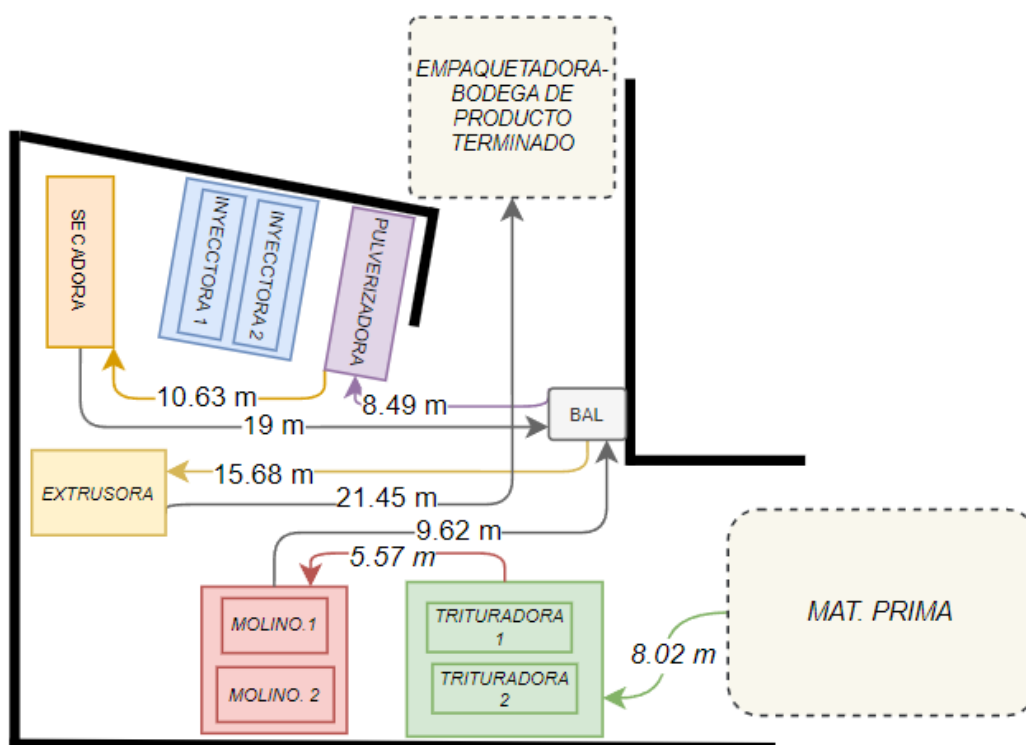
3) Obtenido el vinil de PVC es pesado y enrollado.

4) Los vinilos enrollados son llevados a bodega para su clasificación y almacenamiento.

5) Los vinilos requeridos serán llevados a la zona de embarque.

sin embargo, ya que existen tiempos de preparación de máquina que no se realizan con periodicidad, se analizara un flujo de procesos más simple sin tomar en cuenta preparaciones de maquinaria ni contratiempos de la materia.

Figura 23 Distancia actual en el proceso de extrusión.



Nota: Distancia de recorrido para el proceso de extrusión. Elaborado por: El Autor 2024.

4.1.5. Estandarización de Tiempos.

Tenemos que conocer cuál es el tiempo en el ciclo de producción que cumple cada uno de los procesos, así se podrá establecer las muestras de tiempos que se tienen que

tomar en la planta de producción aquí se analiza respecto a la tabla de general electric
siendo el método para determinar las observaciones siguientes:

Numero de Observaciones por Proceso

Tabla 13 Numero de observaciones en la inyección usando el criterio general electric.

INYECCIÓN POLIESTIRENO

PROCESO INYECCIÓN	Tiempo promedio de producción Vulcano Plástico (min)	Tiempo Estándar General Electric (min)	CICLOS PROMEDIO
Molino	40	20-40	5
Pulverizadora	20	10-20	8
Mezcladora	14	10-20	8
Inyectora	2	2	20
Enfriamiento	5	4-5	15
Empaquetadora	3	2-3	20

Nota. Esta tabla contiene el número de observaciones en la inyección de poliestireno. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 14 Numero de observaciones en la inyección usando el criterio general electric.

INYECCIÓN POLIPROPILENO

PROCESO INYECCIÓN	Tiempo promedio de producción Vulcano Plástico (min)	Tiempo Estándar General Electric (min)	CICLOS PROMEDIO
Molino	40	20-40	5
Pulverizadora	20	10-20	8
Mezcladora	14	10-20	8
Inyectora	2	2	20
Enfriamiento	5	4-5	15
Empaquetadora	3	2-3	20

Nota. Esta tabla contiene el número de observaciones en la inyección de polipropileno. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 15 Numero de observaciones en la extrusión usando el criterio general electric.

EXTRUSION DE PVC

PROCESO	Tiempo promedio de producción Vulcano Plástico (min)	Tiempo Estándar General Electric (min)	CICLOS PROMEDIO
Trituradora	40	20-40	5
Molino	20	10-20	8
Pulverizadora	14	10-20	8
Mezcladora	2	2	20
Secadora	5	4-5	15
Extrusora	3	2-3	20
Rodillos	2	2-3	20
Empaquetadora	3	2-3	20

Nota. Esta tabla contiene el número de observaciones en la extrusión. Elaborado por: El Autor, 2024.

En base al procedimiento, este paso es el que generamos las tablas con tiempos que se considera a evaluar cada proceso dentro de la empresa, tenemos que considerar que hay ciertos elementos los cuales son ritmos de trabajo y suplementos estos se cálculos son considerados en las ecuaciones en el software de Excel.

4.1.5.1. Estandarización de proceso de extrusión.

Tabla 16 Tiempos ciclo de la producción de la extrusión.

N	ELEMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	PROMEDIO	% VALORACION	T BASICO	SUPLEMENTO	ESTANDARIZACION
1	TRITURADORA	0:30	0:30	0:30	0:30	0:30																0:30:00	75	0:22	0:04:30	0:24:45
2	MOLINO	0:35	0:32	0:31	0:35	0:31																0:32:48	75	0:24	0,003416667	0:27:04
3	PULVERIZADORA	0:20	0:22	0:21	0:19	0:20	0:22	0:21	0:20													0:20:37	75	0:15	0,002148438	0:17:01
4	SECADORA	0:15	0:13	0:16	0:15	0:16	0:13	0:15	0:14													0:14:38	75	0:10	0,001523438	0:12:04
5	EXTRUSORA	0:05	0:06	0:05	0:05	0:06	0:05	0:05	0:06	0:05	0:05	0:05	0:06	0:05	0:05	0:06						0:05:20	75	0:04	0,000555556	0:04:24
																									TIEMPO CICLO	1:25:17

Nota. Esta tabla contiene la estandarización de tiempos de ciclo de la promoción de la extrusión. Elaborado por: El Autor, 2024.

Como se observa en la tabla 16 el tiempo de extrusión que tienen para concluir con una medida de 125 kg de producto es de 1h25, este tiempo se compone de una valorización que se estima en un 75% con las mismas condiciones de trabajo al igual que su valorización para los suplementos es de un 13% y en este caso no tenemos valores para las variables ya que tiene actividades que no forman parte del ciclo de trabajo las cuales son las de transporte y abasto para las tolvas, así como la circulación de material entre máquinas. Las cuales esta indicadas en el flujograma Figura 20. Estas áreas están bajo supervisión del jefe de área y esto los presiona a que no haya pérdidas de tiempo, pero tenemos el contratiempo dado por la forma en la que está distribuido la planta es que ellos no pueden superar ese tiempo para realizar sus actividades.

4.1.5.2. Análisis de tiempos ciclo de la producción del poliestireno.

Tabla 17 Tiempos ciclo de la producción de la inyección poliestireno.

N	ELEMENTOS	TIEMPOS OBSERVADOS																				PROMEDIO	% VALORACION	T BASICO	SUPLEMENTO	ESTANDARIZACION
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20					
1	PULVERIZADORA	0:30	0:31	0:30	0:31	0:32																0:30:48	75	0:23	0,003208333	0:25:25
2	MEZCLADORA	0:25	0:24	0:24	0:25	0:24	0:24	0:25	0:24													0:24:22	75	0:18	0,002539063	0:20:07
3	INYECTORA	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02:00	75	0:01	0,000208333	0:01:39
																								TIEMPO CICLO		0:47:10

Nota. Esta tabla contiene la estandarización de tiempos de ciclo de la producción de la inyección. Elaborado por: El Autor, 2024.

Como se observa en la tabla 17 el tiempo de extrusión que tienen para concluir con una medida de 100 kg de producto es de 0h47, este tiempo se compone de una valorización que se estima en un 75% con las mismas condiciones de trabajo al igual que su valorización para los suplementos es de un 12% y en este caso no tenemos valores para las variables ya que tiene actividades que no forman parte del ciclo de trabajo las cuales son las de transporte y abasto para las tolvas, así como la circulación de material entre máquinas. Las cuales esta indicadas en el flujograma Figura 17. Estas áreas están bajo supervisión del jefe de área y esto los presiona a que no haya pérdidas de tiempo, pero tenemos el contratiempo dado por la forma en la que está distribuido la planta es que ellos no pueden superar ese tiempo para realizar sus actividades.

4.1.5.3. Análisis de tiempos ciclo de la producción del polipropileno.

Tabla 18 Tiempos ciclo de la producción de la inyección.

N	ELEMENTOS	TIEMPOS OBSERVADOS																				PROMEDIO	% VALORACION	T.BASICO	SUPLEMENTO	ESTANDARIZACION
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20					
1	PULVERIZADORA	0:32	0:33	0:33	0:32	0:33															0:32:36	75	0:24	0,003395833	0:26:54	
2	MEZCLADORA 1	0:28	0:27	0:30	0:28	0:27	0:30	0:28	0:27												0:28:07	75	0:21	0,002929688	0:23:12	
3	INYECTORA	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03:00	75	0:02	0,0003125	0:02:29	
																									TIEMPO CICLO	0:52:34

Nota. Esta tabla contiene la estandarización de tiempos de ciclo de la producción polipropileno.

Elaborado por: El Autor, 2024.

Como se observa en la tabla 17 el tiempo de extrusión que tienen para concluir con una medida de 100 kg de producto es de 0h47, este tiempo se compone de una valorización que se estima en un 75% con las mismas condiciones de trabajo al igual que su valorización para los suplementos es de un 12% y en este caso no tenemos valores para las variables ya que tiene actividades que no forman parte del ciclo de trabajo las cuales son las de transporte y abasto para las tolvas, así como la circulación de material entre máquinas. Las cuales esta indicadas en el flujograma Figura 17. Estas áreas están bajo supervisión del jefe de área y esto los presiona a que no haya pérdidas de tiempo, pero tenemos el contratiempo dado por la forma en la que está distribuido la planta es que ellos no pueden superar ese tiempo para realizar sus actividades.

4.1.5.4. *Tiempos de Ciclos de Producción.*

Los tiempos de ciclos finales que se determinaron al realizar la suma de cada una de las máquinas y los tiempos de transporte que dan la transformación de la materia prima tales para la extrusión y la inyección, En la siguiente table evidenciamos todos los tiempos de producción de ciclo de todos procesos en la planta productiva.

Tabla 19 Tiempos de ciclo de producción.

TIEMPOS CICLOS DE PRODUCCION

PROCESO	DISTANCIAS (m)	Tiempo Estándar (h,min)	Tiempo Suplementario Recorrido de proceso a proceso (min, s)
Extrusión		1:25:17	5,02
TOTAL	98,46	1H30	
Inyección Poliestireno		0:47:10	5,1
TOTAL	71,84	0H52	
Inyección Polipropileno		0:52:34	5,12
TOTAL	71,84	0H57	

Nota. Esta tabla indica los tiempos en los ciclos de producción. Elaborado por: El Autor, 2024.

Así también se analizaron datos de producción de los cuales se analizaron los tiempos de producción donde cada unidad significa 125 Kg para la extrusión y 100Kg para la inyección estos valores están indicados en la tabla 20. Lo que nos permitió adaptar la simulación al estado actual de la organización y contrastar los resultados de la simulación con la planta productiva, donde se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 20 Análisis de productividad situación actual

Materia prima	Productividad		
	Planta productiva	Simulador	Error
POLIESTIRENO	68%	72%	3%
POLIPROPILENO	85%	68%	17%
PVC	41%	52%	11%

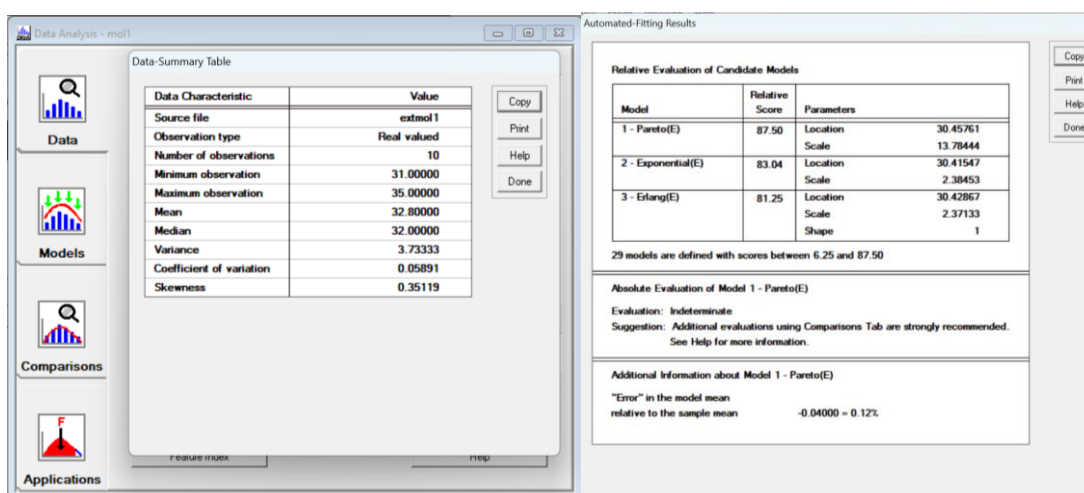
*Nota. Porcentajes de producción de la empresa tanto en su situación actual y la simulación.
Elaborado por: El Autor, 2024.*

4.1.5.5. Ecuaciones de tiempos de producción actuales ExpertFit.

Se analizaron las muestras obtenidas durante la recolección de datos de la empresa, estos fueron ingresados al software de simulación ExpertFit para poder obtener sus respectivas ecuaciones las cuales usaremos para diagnosticar la situación actual de la empresa.

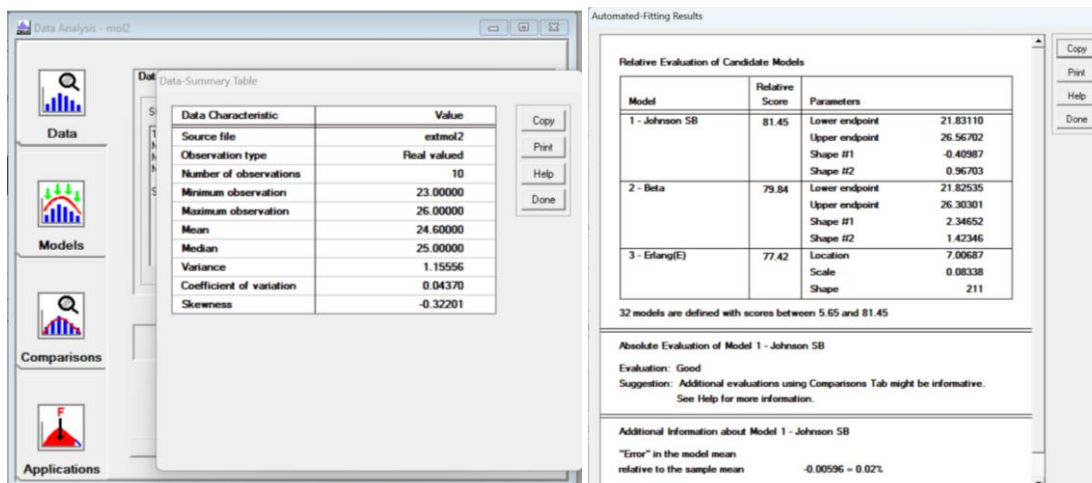
A continuación se indica las medidas estadísticas obtenidas de la herramienta ExpertFit para cada proceso de la empresa.

Figura 24 Simulación ExpertFit estadísticos molino 1.



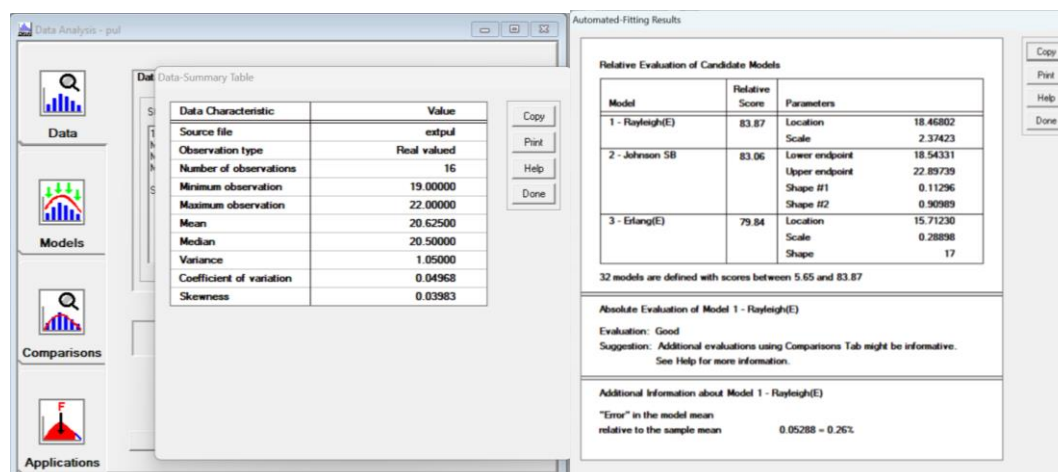
Nota. Esta figura indica que se ingresaron 10 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Expertfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 25 Simulación ExpertFit estadísticos molino 2.



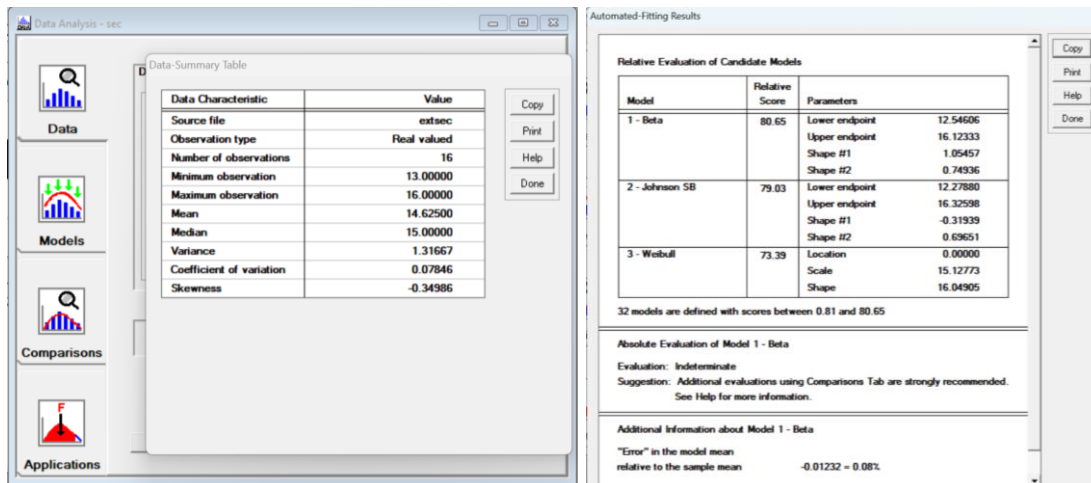
Nota. Esta figura indica que se ingresaron 10 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 26 Simulación ExpertFit estadísticos pulverizadora.



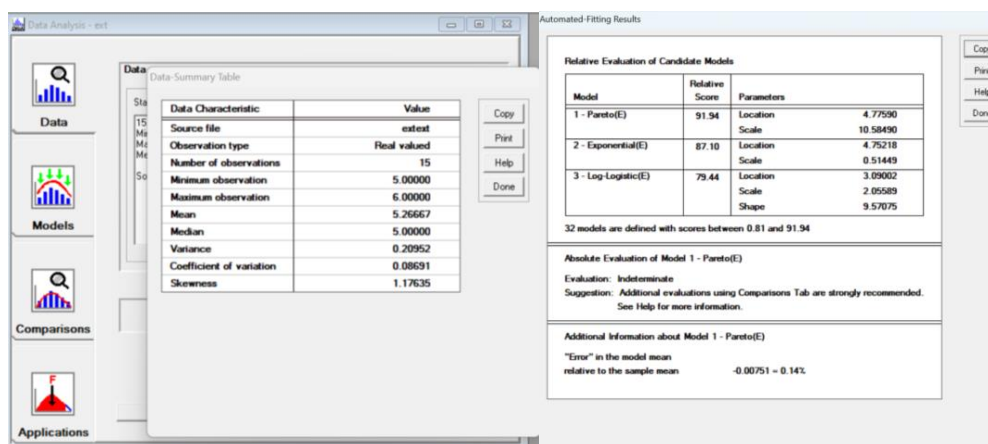
Nota. Esta figura indica que se ingresaron 16 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 27 Simulación ExpertFit estadísticos secadora.



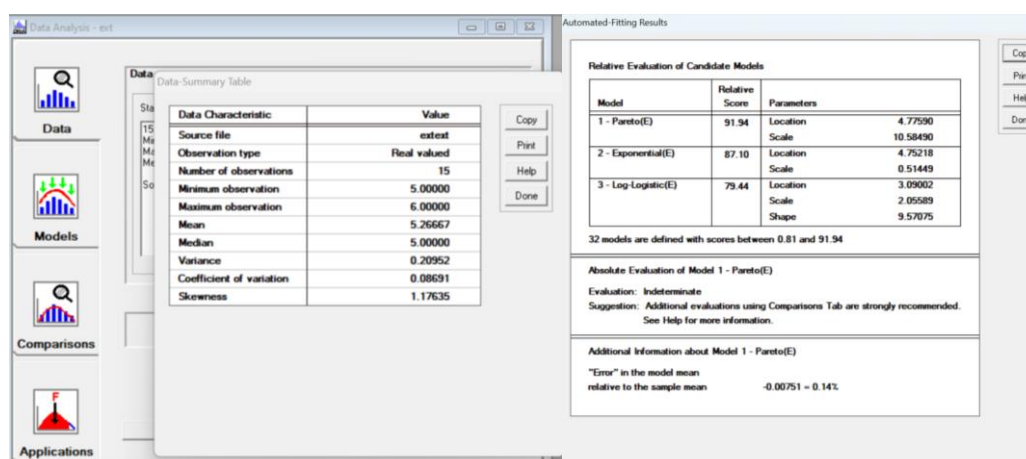
Nota. Esta figura indica que se ingresaron 16 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 28 Simulación ExpertFit estadísticos extrusora 1.



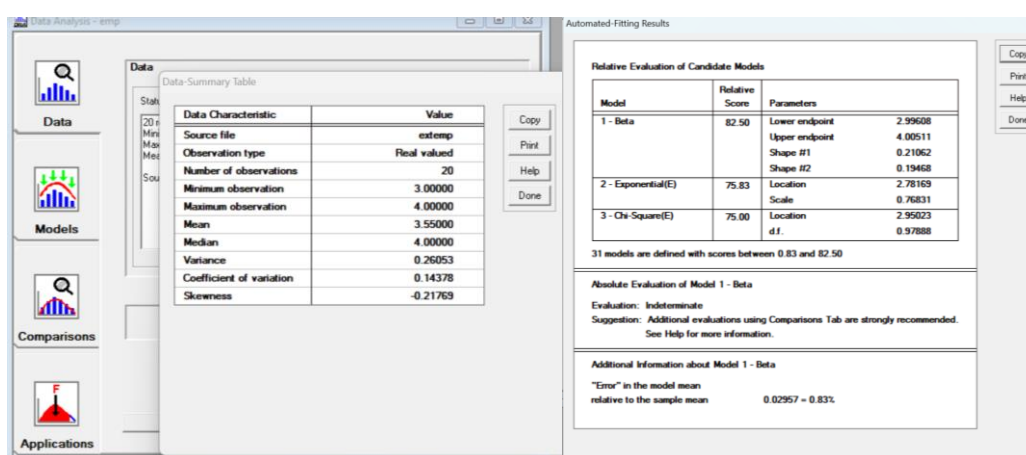
Nota. Esta figura indica que se ingresaron 15 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 29 Simulación ExpertFit estadísticos mezcladora.



Nota. Esta figura indica que se ingresaron 15 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 30 Simulación ExpertFit estadísticos inyectora.



Nota. Esta figura indica que se ingresaron 20 observaciones de las cuales se obtiene medidas probabilísticas y su respectiva ecuación que nos sirva para los tiempos del proceso. Fuente: Software FlexSim y Experfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.1.5.6. Funciones de Probabilidad.

Para analizar la producción que tiene actualmente la empresa se parte de puntos en cual son las capacidades actuales de la empresa y la maquinaria que utiliza. Mediante la herramienta ExperFit tenemos los tiempos efectivos que se consideran en una jornada laboral completa. A continuación, indicamos los datos considerados para las distribuciones en cada máquina.

Funciones de Probabilidad en la Extrusión.

Para esta materia prima se genera en ExpertFit las distribuciones en función de cada maquina y la materia prima procesada.

Tabla 21 Funciones de probabilidad de la extrusora.

EXTRUSORA		
MAQUINAS	MODELADO	DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD
TRITURADOR 1		30
TRITURADOR 2		30
MOLINO 1	FIGURA 23.	exponential(30.415469, 2.384531, 0)
MOLINO 2	FIGURA 24.	johnsonbounded(21.831102, 26.567020,- 0.409872,0.967027, 0)
PULVERIZADO	FIGURA 25.	weibull(18.468016, 2.374228, 2.000000, 0)
SECADORA	FIGURA 26.	beta(12.546056, 16.123326, 1.054575, 0.749361, 0)
EXTRUSION	FIGURA 27.	exponential(4.752178, 0.514489,0)

Nota. Funciones de probabilidad de la extrusora expertfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Estas funciones de probabilidad, se la evalúa en las fases de cada proceso de extrusión de las cuales se las puede observar cómo se fue desarrollando la distribución de probabilidad en las cuales ya se había analizado esto nos sirve para ingresar al programa de FlexSim las cuales son nuestras entradas de la materia prima.

Funciones de Probabilidad en la inyección de poliestireno.

Para esta materia prima se genera en ExpertFit para las distribuciones en función de cada maquina y pues la materia prima procesada.

Tabla 22 Funciones de probabilidad de la inyectora materia prima poliestireno.

INYECCION POLIESTIRENO		
MAQUINAS	MODELADO	DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD
MOLINO 1		40
MOLINO 2		40
PULVERIZADO	FIGURA 25.	weibull(19.141993, 1.819062, 2.000000, 0)
MEZCLADORA	FIGURA 28.	exponential(13.747207, 0.627793, 0)
INYECTORA		2

Nota. Funciones de probabilidad de la inyectora de poliestireno expertfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

La herramienta ExpertFit en su análisis estadístico, para el proceso de inyección donde indicamos sus ecuaciones estadísticas de distribución en donde vamos a evaluar su respectiva probabilidad aplicada y donde vemos la más adecuada aplicar en el modelo que tenemos.

Funciones de Probabilidad en la inyección de Polipropileno.

Para esta materia prima se genera en ExpertFit para las distribuciones en función de cada maquina y pues la materia prima procesada y en cuando a la distribución de probabilidad aplicada a cada máquina en el flujograma.

Tabla 23 Funciones de probabilidad de la inyectora materia prima polipropileno.

INYECCIÓN POLIPROPILENO		
MAQUINAS	MODELADO	DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD
MOLINO 1		40
MOLINO 2		40
PULVERIZADO	FIGURA 25.	beta(21.971314, 23.029030, 0.378588, 0.305727, 0)
MEZCLADORA	FIGURA 28.	exponential(16.693037, 1.431963, <stream>)
INYECTORA		3

Nota. Funciones de probabilidad de la inyectora de polipropileno expertfit. Elaborado por: El Autor, 2024.

Para el último proceso evidenciamos los valores de distribución de probabilidad en la programación de FlexSim y esto es muy importante ya que tenemos histograma y nos ayuda todas las estadísticas para así ser muy asertivos en los valores.

Dashboards de FlexSim.

Para lograr el primer objetivo, se presenta un análisis detallado de la situación actual de la planta productiva. Este análisis se llevó a cabo mediante la evaluación de los tiempos de procesamiento y de transporte asociados con cada producto, así como las distancias recorridas durante su fabricación. Los resultados de estas evaluaciones se han documentado y se presentan a través de la Figura 23.

Obtenemos en el software de simulación respecto a la situación actual de la empresa donde se puede analizar que se obtienen valores de producción:

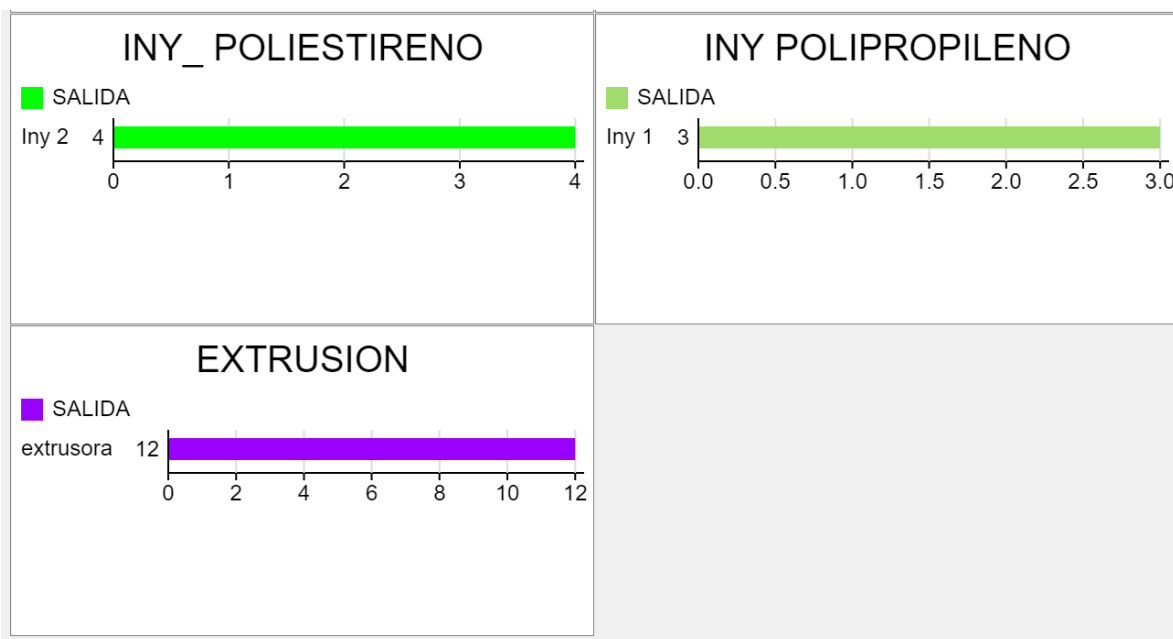
INY_POLIESTIRENO = Inyección del poliestireno

INY_POLIPROPILENO = Inyección del Polipropileno

EXTRUSIÓN = Extrusión de PVC.

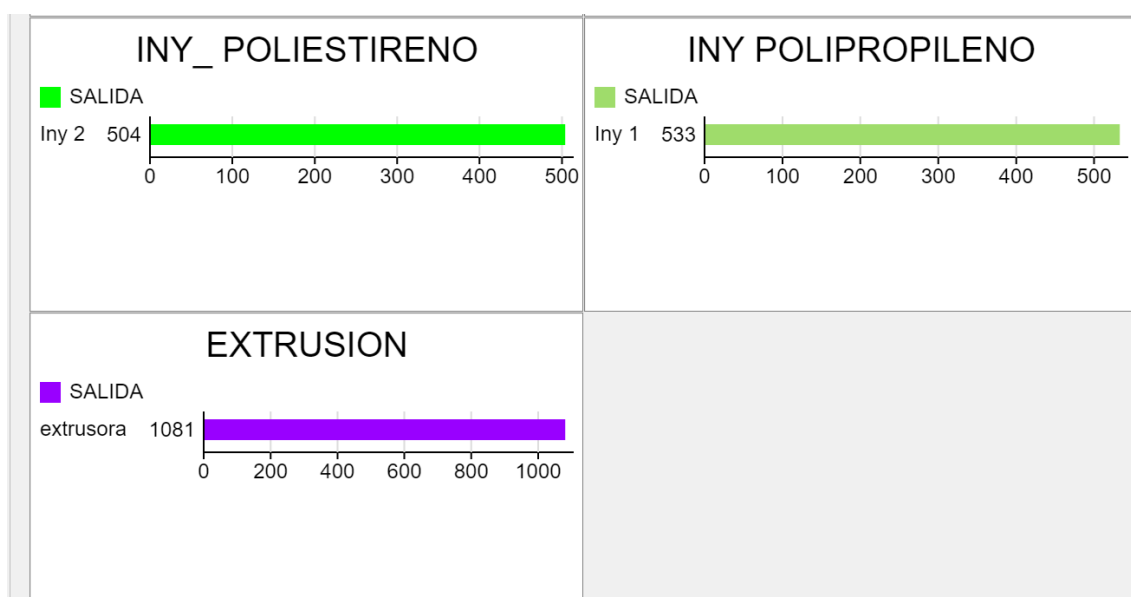
Todo esto para sus diferentes materias primas en donde tenemos que el poliestireno tiene una producción diaria de 400 unidades (100kg c/u), el polipropileno 300 unidades (100Kg c/u) unidades diarias y por último para el proceso de la extrusión tenemos que se produce 1500 unidades (125Kg) diarias.

Figura 31 Dashboards obtenidos mediante la simulación de la situación actual de la empresa.



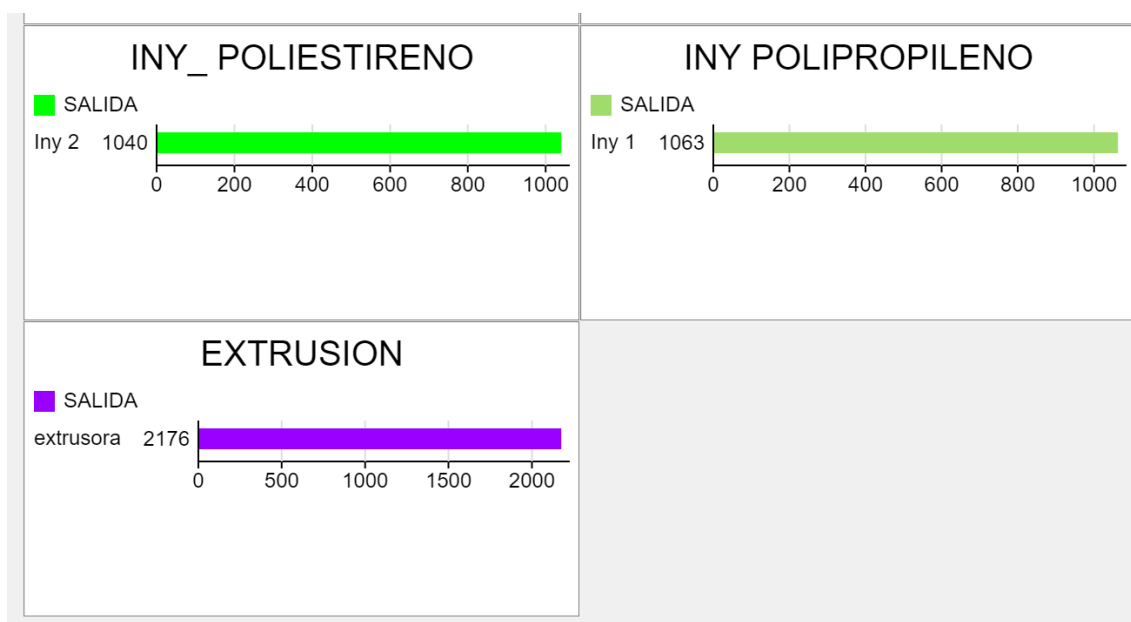
Nota. Esta figura indica los dashboards obtenidos con el software en una producción diaria laboral. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 32 Dashboard simulación situación actual de producción.



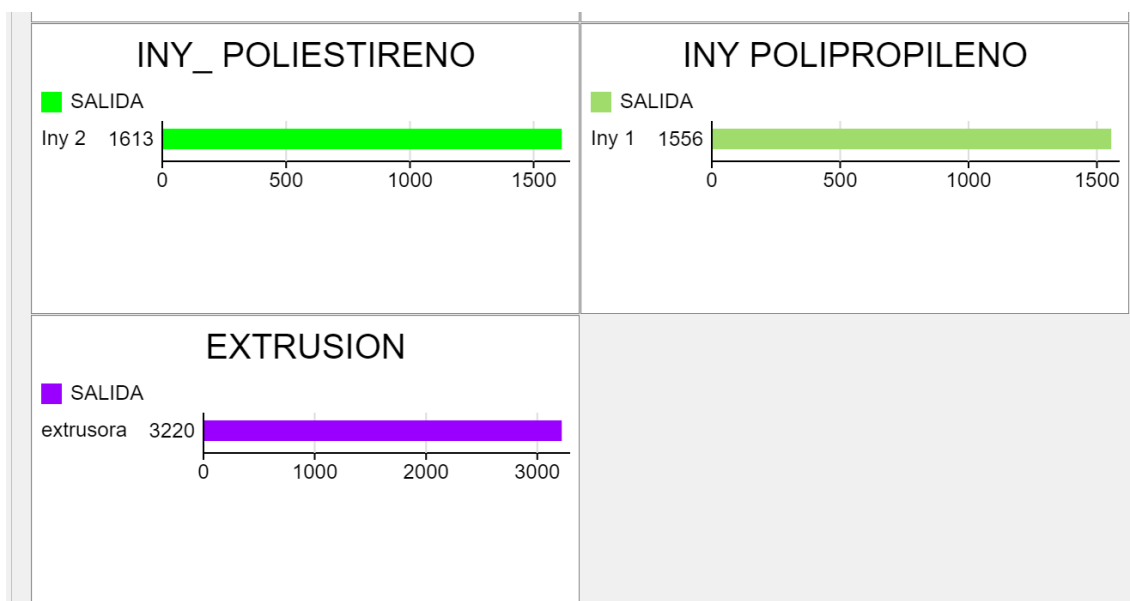
Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 30 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 33 Dashboard simulación situación actual de producción.



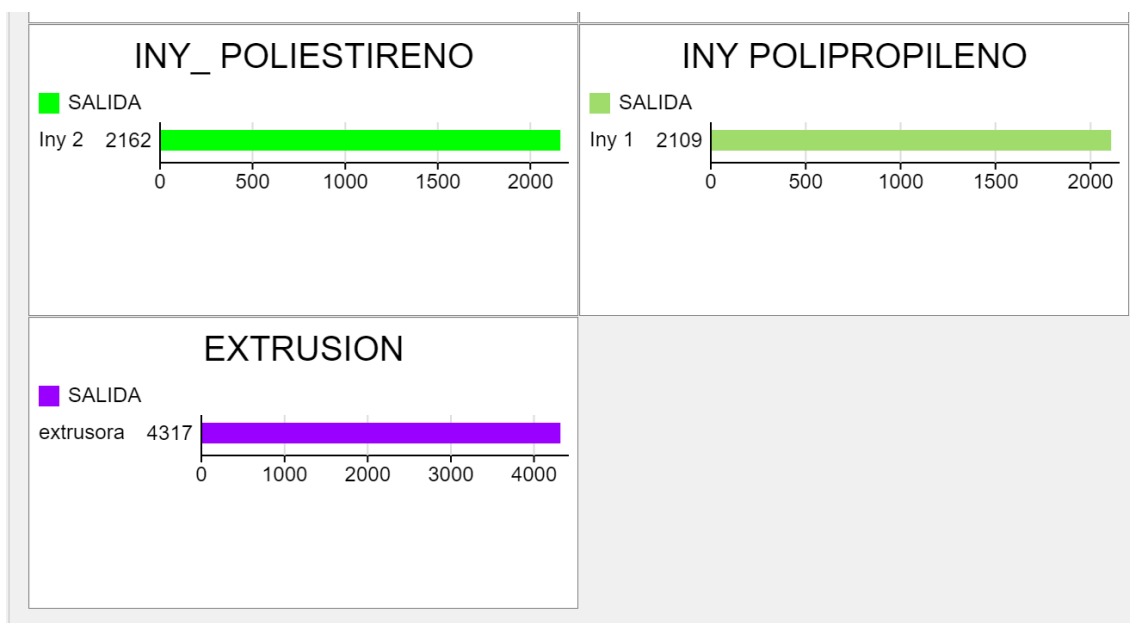
Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 60 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 34 Dashboard simulación situación actual de producción.



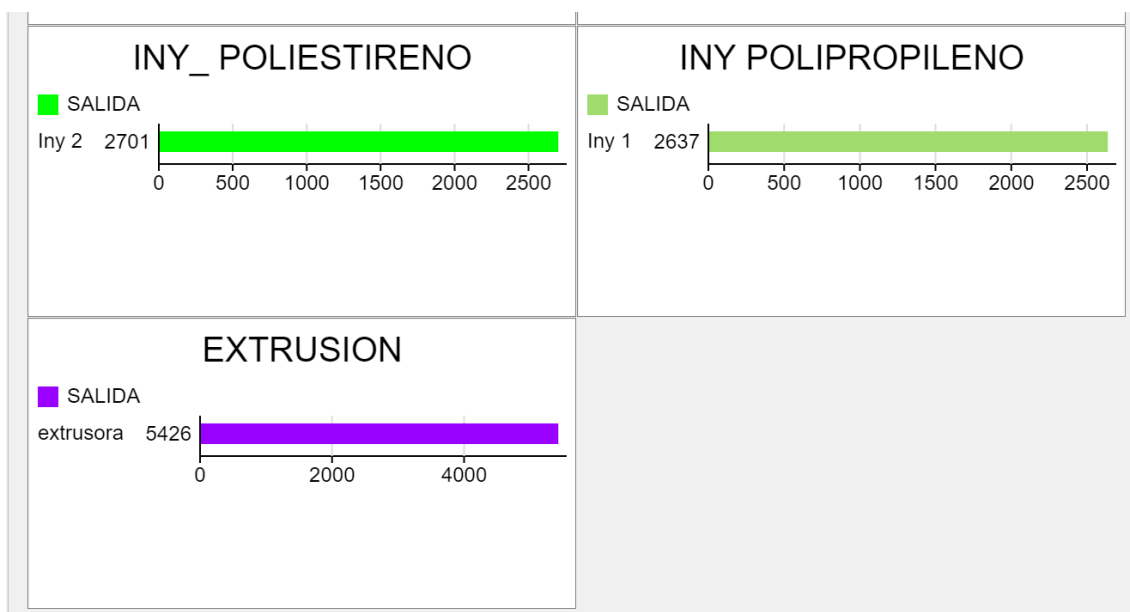
Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 90 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 35 Dashboard simulación situación actual de producción.



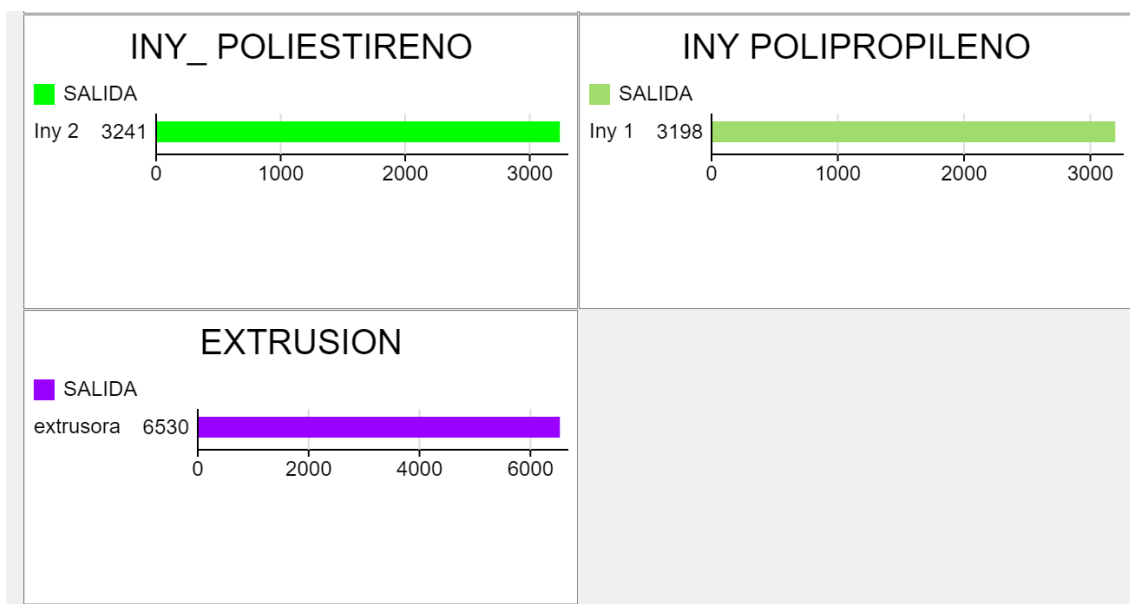
Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 120 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 36 Dashboard simulación situación actual de producción.



Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 150 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 37 Dashboard simulación situación actual de producción.



Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa 180 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 24 Análisis de productividad situación actual.

<i>Producción Obtenida En Unidades FlexSim</i>						
<i>Situación Actual</i>	30 Días	60 Días	90 Días	120Días	150Días	180Días
<i>Extrusión PVC</i>	1085	2176	3220	4317	5426	6530
<i>Inyección Poliestireno</i>	505	1040	1613	2162	2701	2141
<i>Inyección Polipropileno</i>	533	1063	1556	2109	2637	3198
<i>Producción De Unidades a Kilogramos</i>						
<i>Extrusión PVC</i>	135625	272000	402500	539625	678250	816250
<i>Inyección Poliestireno</i>	50500	104000	161300	216200	270100	214100
<i>Inyección Polipropileno</i>	53300	106300	155600	210900	263700	319800

Nota. Resultados de producción en la situación actual de la empresa. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.2. Propuesta de Redistribución.

Una vez revisado la tabla de caracterización Tabla 10 donde se analiza los datos de relevancia en las distribuciones de planta se valida que para esta investigación se usara la metodología SLP. Ya que este método es enfocado en el proceso; donde el procedimiento de trabajo y el enfoque es lo más adecuado por lo que se procede con la propuesta de redistribución. Para lo cual ejecutamos el proceso de inyección y extrusión donde indicamos su flujograma en la tabla 14 y tabla 15 donde son detallados sus procesos.

Se inicia la aplicación de la metodología SLP por medio de su estudio de los procesos, máquinas y áreas de ocupación, indicamos las abreviaturas y la condición de cada máquina a continuación:

- Molinos: Se combinan lo Molino 1 y Molino 2.
- Trituradoras: Se combinan la Trituradora 1 y Trituradora 2.
- Inyectoras: Se combinan la Inyectora 1 e Inyectora 2
- Extrusoras: Se combinan la Extrusora 1 y Extrusora 2
- Secadora: Se mantiene las dimensionales de la maquina

- Pulverizadora: se mantiene las características dimensionales de la maquina
- Balanza: Se mantiene las características dimensionales de la máquina.

Tabla 25 Superficie de la maquinaria empleada en los procesos.

Maquina	Área de la maquina (m²)	Inicial
Molinos	23.78	M
Trituradoras	23.26 m ²	TR
Inyectora	21.40 m ²	IN
Extrusora	20.89	EX
Secadora	21.34	SEC
Pulverizadora	22.47	PLV
Balanza	2.25 m ²	BL

Nota. Superficie de cada maquinaria. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.2.1. Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades.

Una vez que tenemos la superficie ocupada por la maquinaria tenemos información necesaria para generar la tabla de análisis producto cantidad.

Tabla 26 Análisis Producto-Cantidad "P-Q"

/ DE	M	TR	IN	EX	SEC	PLV	BL
A							
M	0	125	0	0	0	0	100
TR	0	0	0	0	0	0	0
IN	100	0	0	0	0	0	0
EX	0	0	0	0	0	0	125
SEC	0	0	0	0	0	125	0
PLV	0	0	0	0	0	0	125
BL	125	0	100	0	125	100	0

Nota. Esta figura indica el recorrido con tiempos en el proceso. Elaborado por: El Autor, 2024.

Este apartado indica los flujos que tienen los procesos productivos de la planta, por lo que se indican de la siguiente manera, cabe destacar que los valores representan Kilogramos por hora ya que con esa producción se cumple con las ventas programadas.

PROCESO

CADENA

PRODUCCION

INYECCION
EXTRUSION (PVC)

PLV-BL-M-INY-BL
TR-M-BL-PLV-SEC-BL-EX

100
125

Una vez analizado lo que son los flujos procedemos a relacionarlas con las actividades que se tiene y podemos obtener la siguiente tabla.

Tabla 27 Rango de intervalos de actividades.

CODIFICACIÓN	APRECIACIÓN	MIN.	MAX.
A	Altamente necesario	180	225
E	Especialmente necesario	135	180
I	Importante necesario	90	135
O	Ordinaria necesaria	45	90
U	ninguna	0	45

Nota. Esta figura indica el recorrido con tiempos en el proceso. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 28 Análisis flujo de actividades.

ACTIVIDAD	FLUJO	PORCENTAJE	IMPORTANCIA
PLV-BL	225	20%	A
M-BL	225	20%	A
PLV-SEC	125	11%	I
SEC-BL	125	11%	I
EX-BL	125	11%	I
M-TR	125	11%	I
INY-BL	100	9%	I
INY-M	100	9%	I
PLV-INY	0	0%	U
PLV-EXT	0	0%	U
PLV-M	0	0%	U
PLV-TR	0	0%	U
INY-SEC	0	0%	U
INY-EXT	0	0%	U
INY-TR	0	0%	U
SEC-EXT	0	0%	U
SEC-M	0	0%	U
SEC-TR	0	0%	U
EX-M	0	0%	U
EX-TR	0	0%	U
TR-BL	0	0%	U

Nota. Esta figura indica el recorrido con tiempos en el proceso. Elaborado por: El Autor, 2024.

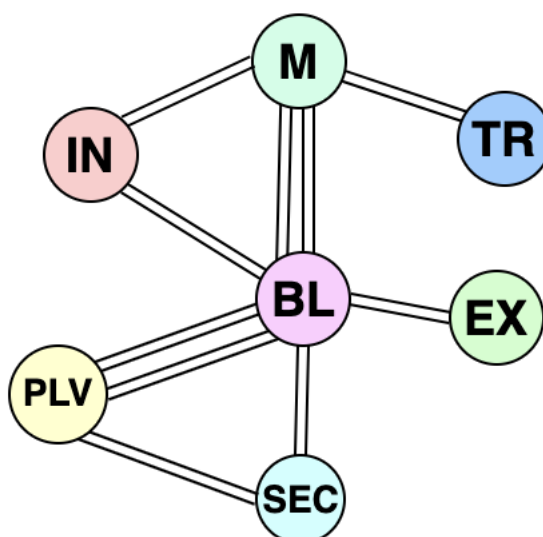
Para continuar con la metodología SLP se continua con el diagrama de la relación de las actividades

Figura 38 Relación de actividades

M	MOLINO								
TR	TRITURADORA	I 1							
IN	INYECTORA	U	I 1						
EX	EXTRUSORA	U	U	U					
SEC	SECADORA	U	U	U	U				
PLV	PULVERIZADORA	U	U	U	U	A 1			
BL	BALANZA	I 1	I 1	I 1	I 1				
		A 1	I 1	I 1	I 1				

Nota. Esta figura indica la relación de actividades. Elaborado por: El Autor 2024.

Figura 39 Relación entre actividades.



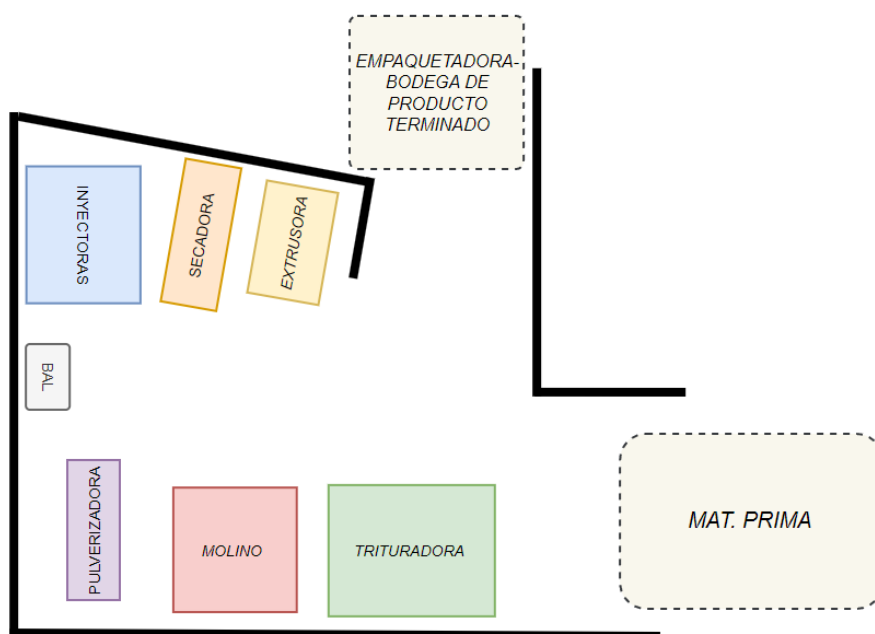
Nota. Esta figura indica la relación de actividades. Elaborado por: El Autor 2024.

Como se puede analizar la maquina con más relación al resto es la balanza, por lo que es importante que esta sea colocada en un lugar estratégico.

4.2.2. Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios.

Se desarrollaron 5 propuestas de redistribución de la planta productiva en la sección, estas propuestas se evaluaron a partir de varios criterios como: la disminución de área de las arterias viales, adecuación de áreas de trabajo, readecuaciones costosas y el aumento o la disminución de las distancias recorridas. Se usó la metodología SLP de Muther, R. (1968), con adaptaciones de varios autores los cuales proponen diagramas para facilitar esta metodología, incluyendo diagramas desarrollados esta metodología enfocada en los procesos para optimizar el flujo de estos, disminuyendo las distancias de recorrido y agilizando los procesos, además mediante los Esquemas de Relación de actividades, se logra apreciar que la balanza como medio de control es el proceso con más interrelación en la planta productiva, condición que se tomó en cuenta para incluirla en la propuesta adicionando balanzas adicionales.

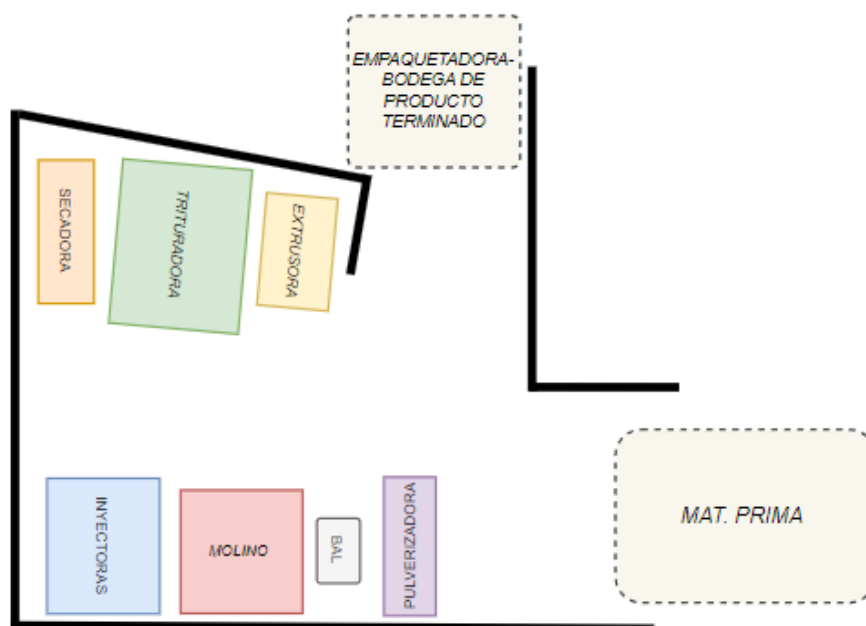
Figura 40 Distribución de planta propuesta 1.



PROPUESTA DE DISTRIBUCION DE PLANTA 1

Nota: Se realizó usando el software Home3D. Elaborado Por: El Autor 2024.

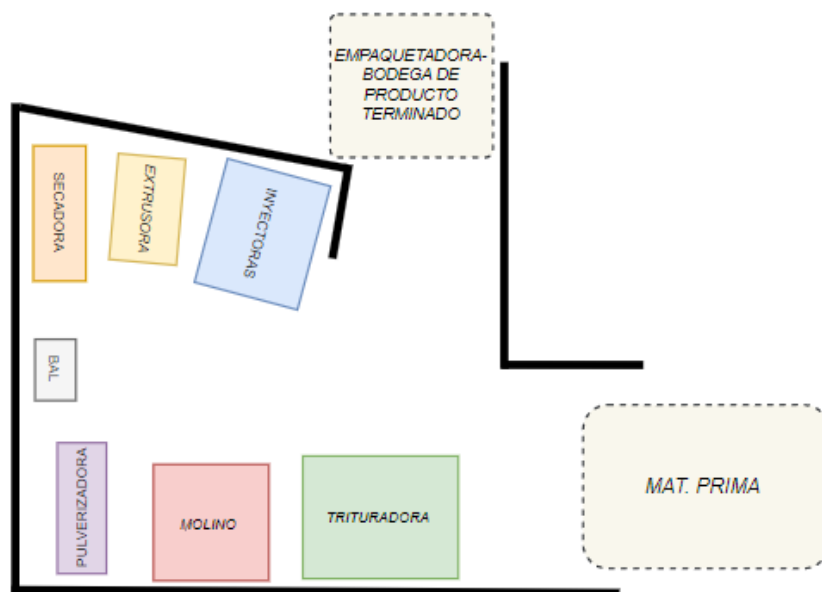
Figura 41 Distribución de planta propuesta 2.



PROPUESTA DE DISTRIBUCION DE PLANTA 2

Nota: Se realizó usando el software Home3D. Elaborado Por: El Autor 2024.

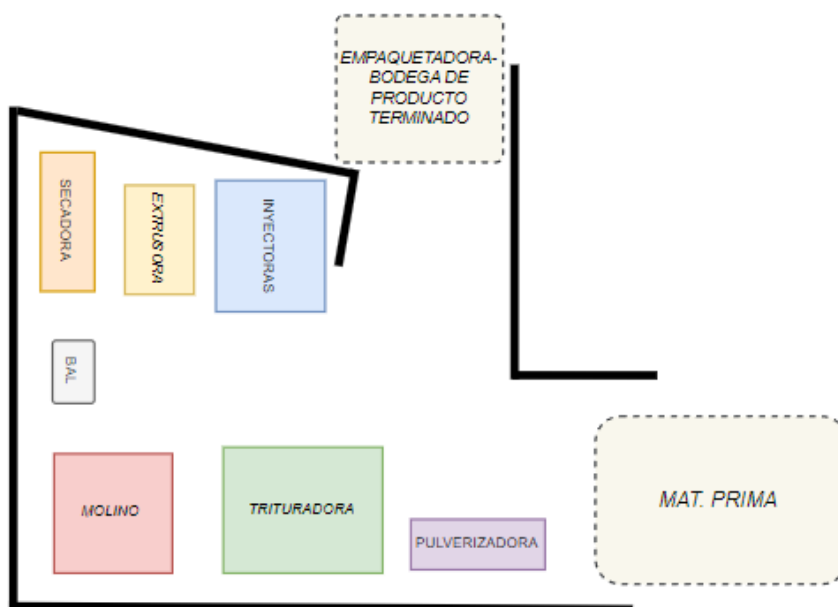
Figura 42 Distribución de planta propuesta 3



PROPUESTA DE DISTRIBUCION DE PLANTA 3

Nota: se realizó la imagen usando el software Home3D. Elaborado Por: El Autor 2024.

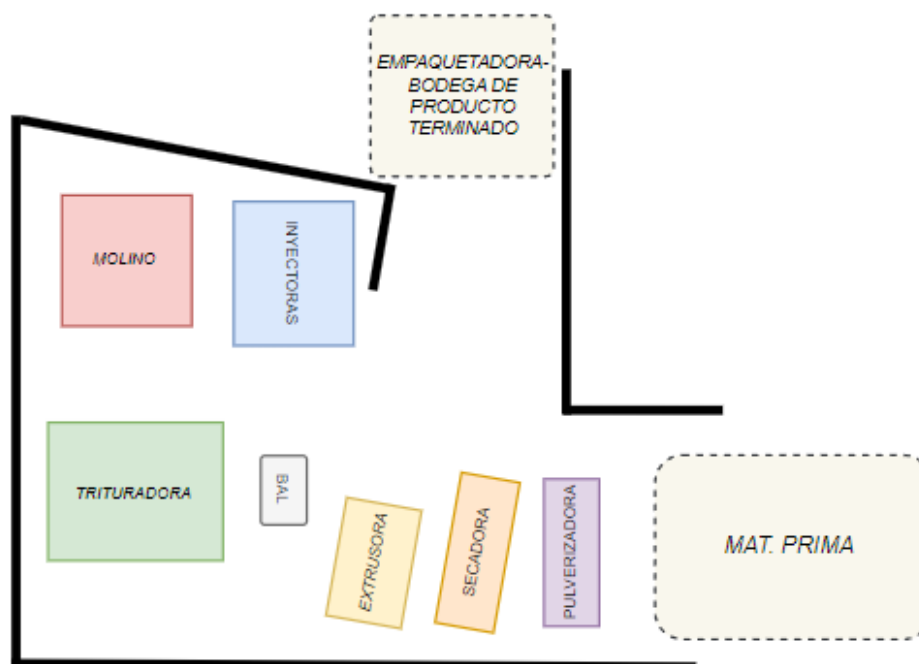
Figura 43 Distribución de planta propuesta 4



PROPUESTA DE DISTRIBUCION DE PLANTA 4

Nota: se realizó la imagen usando el software Home3D. Elaborado Por: El Autor 2024.

Figura 44 Distribución de planta propuesta 5.



PROPUESTA DE DISTRIBUCION DE PLANTA 5

Nota: se realizó la imagen usando el software Home3D. Elaborado Por: El Autor 2024.

4.2.3. Escenarios para determinar su factibilidad.

Una vez obtenida la simulación de la situación actual se compara la propuesta que se obtuvo en el modelo para poder determinar si es factible dando índices de producción como de mejoras. La quinta propuesta se la seleccionó ya que esta no presenta costos elevados de adecuación de máquinas, ni genera excesivos recorridos de material, además en esta propuesta se añadió 2 balanzas, ya que al analizar las capacidades de producción se dedujo que al insertar estas máquinas aumentara el flujo adecuado.

Tabla 29 Tabla escenarios para ver su factibilidad

PROPUESTA	ESTADO	CRITERIO
1	NO FACTIBLE	-RECORRIDO PROLOGADO EN CICLO DE PRODUCCION.
		-RECORRIDO EXCESIVO EN LA MATERIA PRIMA.
2	NO FACTIBLE	-OBSTRUCCION O ESTANCAMIENTO EN LA MATERIA EN PROCESO.
3	NO FACTIBLE	-ESPACIO MIMINO PARA LA CARGA DE LA PULVERIZADORA Y SECADORA
4	FACTIBLE	-REDUCCION DE RECORRIDO DE LA MATERIA PRIMA.
5	NO FACTIBLE	-LINEALIDAD EN LA SECUENCIA DE LOS PROCESOS.
		-OBSTRUCCION DE AREAS DE CIRCULACION.
5	NO FACTIBLE	-AUMENTO EN EL RECORRIDO DE LA MATERIA

Nota. Esta tabla indica los escenarios para analizar la factibilidad. Elaborado por: El Autor 2024.

4.3. Propuestas de mejora en base a los resultados de la simulación

La simulación ofrece oportunidades casi ilimitadas para generar virtualmente diferentes situaciones operativas en los procesos de la empresa, para luego analizarlas y sacar conclusiones satisfactorias para realizar los cambios más beneficiosos en la empresa y evitar la posibilidad de caer en una situación determinada. formas de mejorar su rendimiento.

Los errores metodológicos muchas veces se pueden observar en diferentes organizaciones y pueden corregirse sin necesidad de simular procesos y dar buenos resultados. Esto puede llevarnos a creer que el proceso de simulación puede resultar tedioso y costoso, pero debemos preguntarnos: ¿las mejoras realizadas son suficientes? ¿Alguien puede hacer más

mejoras con otra sugerencia? Respondiendo a estas preguntas aprenderemos que mientras más alternativas tengamos para mejorar el proceso, mayor será la probabilidad de éxitos.

Aunque la simulación es la herramienta con mayor potencial para mejorar cualquier proceso, también se pueden realizar algunos cambios basándose únicamente en la experiencia y el ingenio de quien analiza la situación. Por lo tanto, todas las sugerencias de mejora en este capítulo se basan tanto en simulación como en métodos observacionales simples y, en algunos casos, los combinan para lograr mejores resultados.

Una vez analizado el perfil, es posible obtener las diferentes actividades que realiza la máquina u operador durante un período de tiempo, lo que permite determinar el porcentaje de turnos de trabajo en los que los operadores se encuentran procesando, bloqueando, esperando e inactivos o inactivos. Realicé operaciones de cambio de producto en diversas instalaciones. Estas estadísticas nos permiten encontrar brechas en diferentes tipos de procesos que lleva a cabo la empresa. Utilizando la información del capítulo anterior, el analista puede realizar varios ajustes al modelo a su discreción para sugerir mejoras.

La simulación de corrección incluye acciones como cambiar el diseño de la fábrica, aumentar y disminuir el número de operarios para diversos procesos, parar o reservar máquinas de la empresa para el desarrollo de procesos concretos o parar la producción, simples cambios en los métodos de ejecución, etc. Algunas operaciones, etc.

Resultados

Para el cumplimiento del primer objetivo se dio a conocer la situación actual de la planta productiva, para obtenerla se realizó la estandarización de tiempos en los procesos, transporte y distancias recorridas para cada producto, se indica en la tabla siguiente:

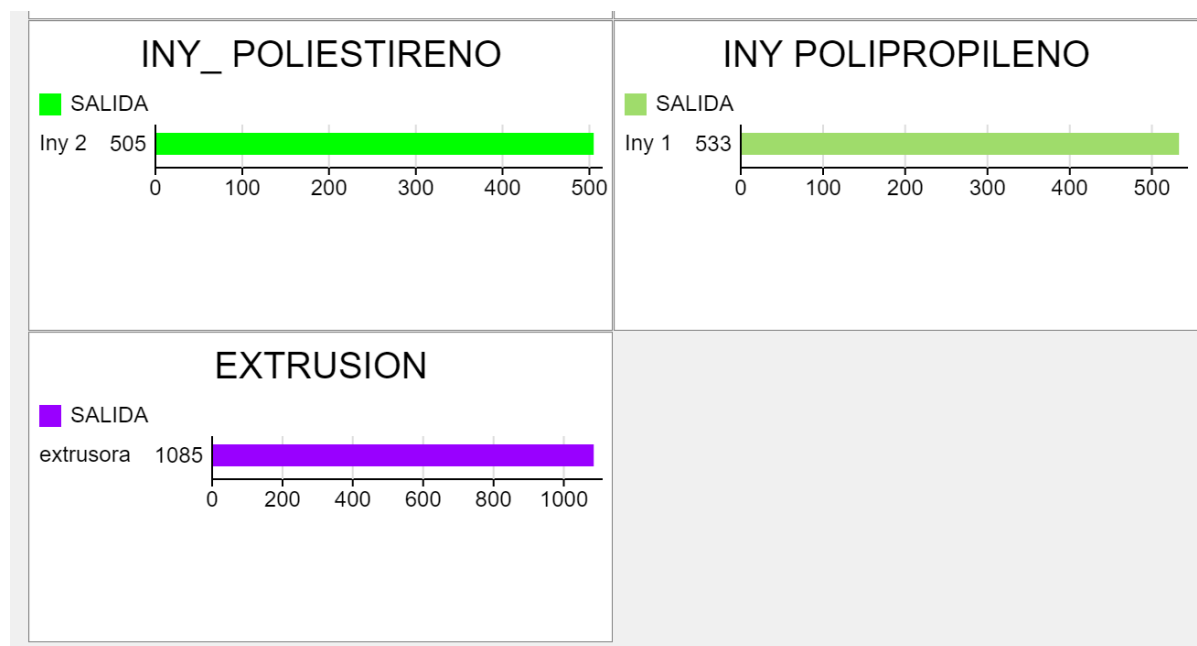
Tabla 30 Tabla distancias recorridas empresa.

Material	Distancias (m)	Tiempo de Proceso (h,min)
Extrusión	98,41	2H13
Inyección Poliestireno	71,84	1H21
Inyección Polipropileno	71,84	1H39

Nota. Esta tabla indica las distancias de recorrido y tiempo en el proceso. Elaborado por: El Autor, 2024.

Estos valores se generaron a partir de un peso estándar por máquina de unos 100Kg, lo que permitió obtener una simulación del estado actual de la organización y a continuación indicamos los resultados.

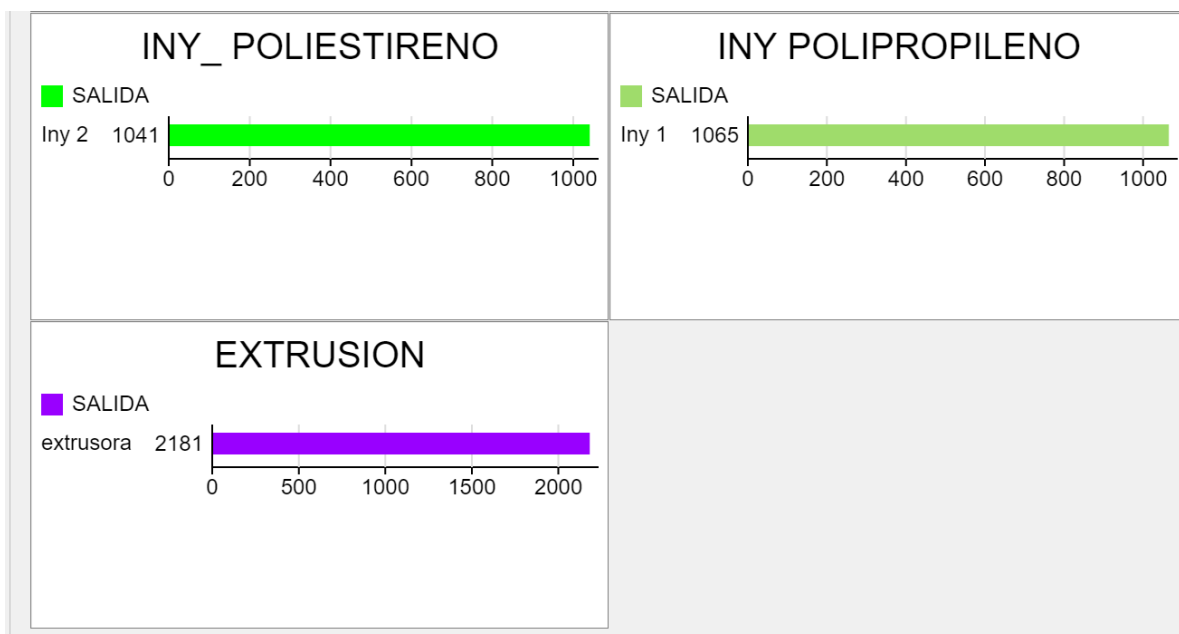
Figura 45 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 30 días laborables.

Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

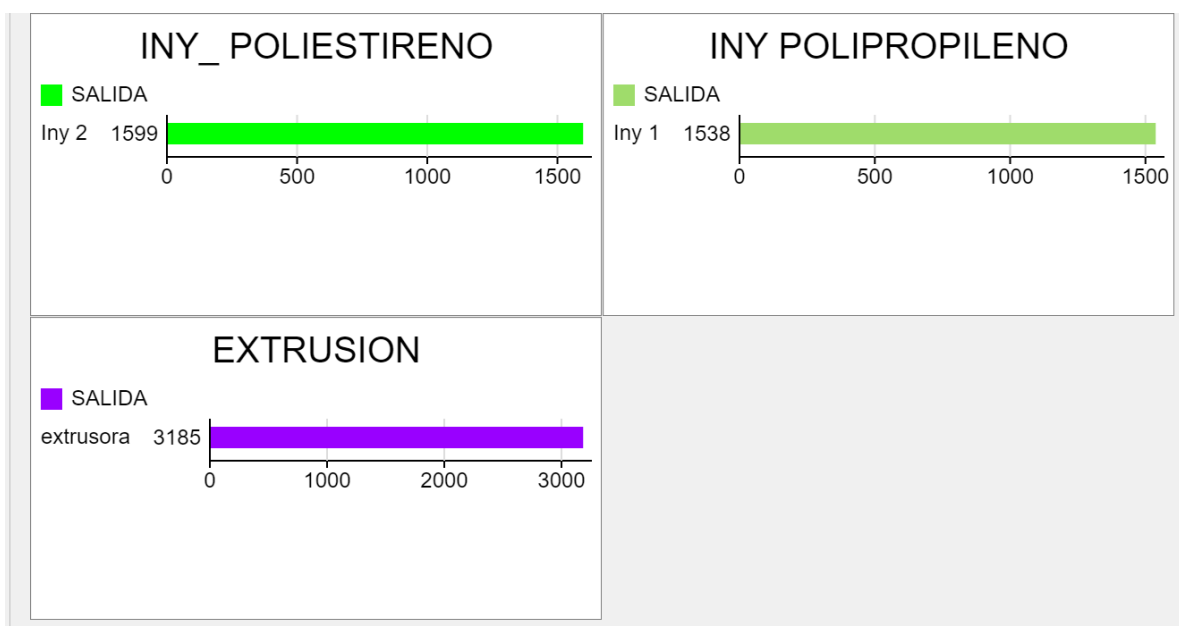
Figura 46 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 60 días laborables.

Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

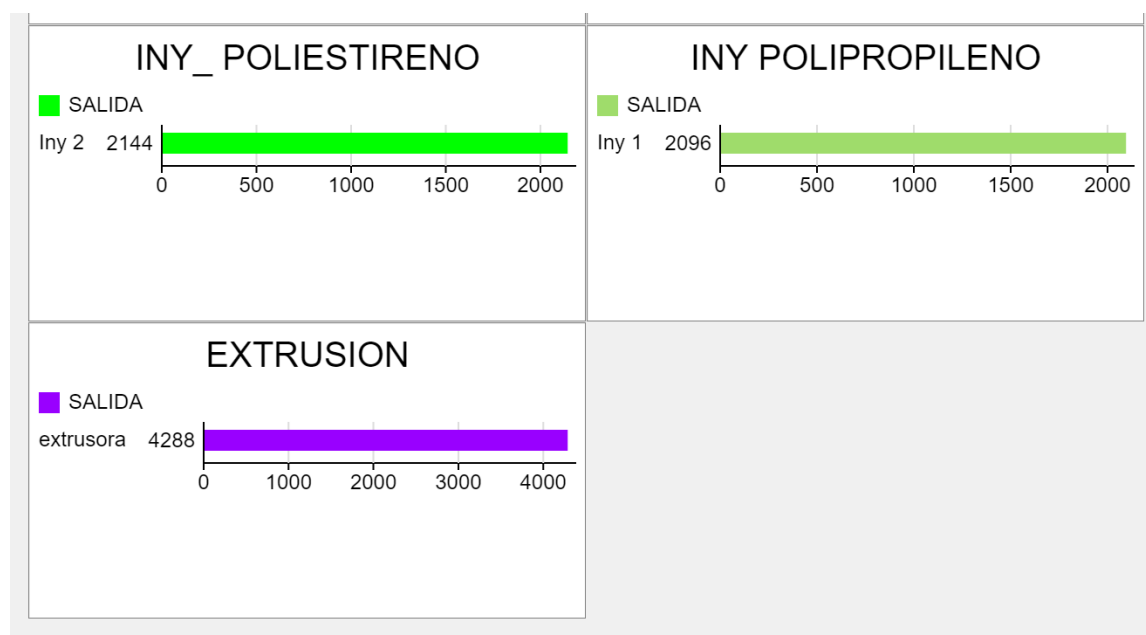
Figura 47 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 90 días laborables.

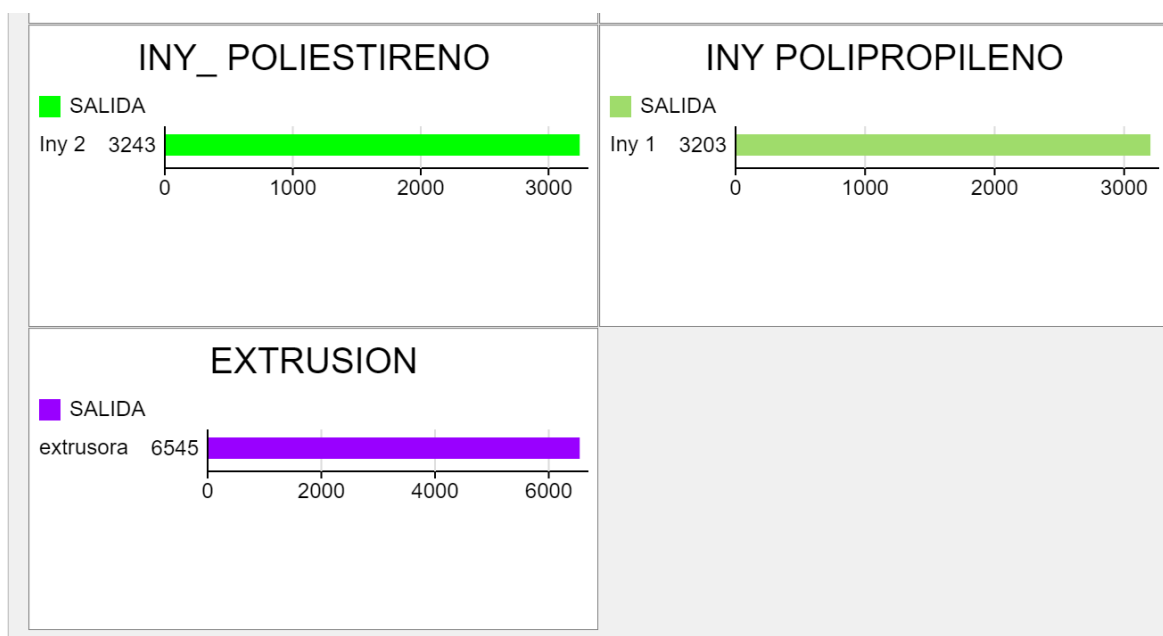
Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 48 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



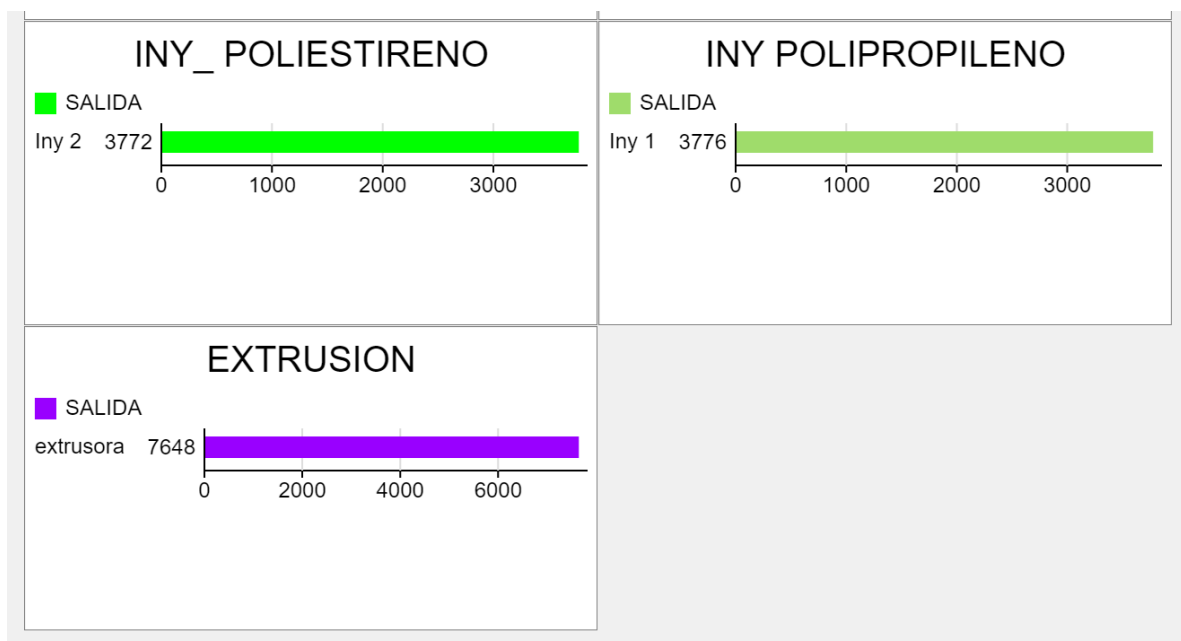
Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 120 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 49 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 150 días laborables. Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 50 Dashboard simulación de la propuesta de distribución.



Nota. Resultados de producción en la propuesta de redistribución de la empresa 180 días laborables.

Fuente: Software FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 31 Tabla de comparación de la propuesta de distribución frente a la situación actual.

Producción Obtenida En Unidades FlexSim Situación Actual						
Días Laborables	30 Días	60 Días	90 Días	120Días	150Días	180Días
Extrusión PVC	1085	2176	3220	4317	5426	6530
Inyección Poliestireno	505	1040	1613	2162	2701	2141
Inyección Polipropileno	533	1063	1556	2109	2637	3198
Producción De Unidades a Kilogramos Situación Actual						
Extrusión PVC	135625	272000	402500	539625	678250	816250
Inyección Poliestireno	50500	104000	161300	216200	270100	214100
Inyección Polipropileno	53300	106300	155600	210900	263700	319800
Producción Obtenida En Unidades FlexSim Propuesta De Distribución						
Días Laborables	30 Días	60 Días	90 Días	120Días	150Días	180Días
Extrusión PVC	1085	2181	3185	4317	6545	7648
Inyección Poliestireno	505	1041	1599	2162	3243	3772
Inyección Polipropileno	533	1065	1538	2109	3203	3776
Producción De Unidades a Kilogramos Propuesta De Distribución						
Extrusión PVC	135625	272625	398125	539625	818125	956000
Inyección Poliestireno	50500	104100	159900	216200	324300	377200
Inyección Polipropileno	53300	106500	153800	210900	320300	377600

Nota. Esta tabla la comparación de producción de la situación actual de la empresa frente a la propuesta de distribución. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 32 Beneficio de la propuesta de distribución

Producción Adicional Obtenida En Unidades FlexSim Propuesta De Distribución						
Días Laborables	30	60	90	120	150	180
	Días	Días	Días	Días	Días	Días
Extrusión PVC	0	5	35	0	1119	1118
Inyección Poliestireno	0	1	14	0	542	1631
Inyección Polipropileno	0	2	18	0	566	578

Nota. Esta tabla nos indica el beneficio de la propuesta de distribución en la empresa validando la propuesta. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.4. Fases para la puesta en práctica.

Definición del problema.

El principal objetivo de la simulación es el análisis que obtendremos de resultado en cuanto al desempeño por lo que los datos de salida son importantes y dado que estamos contando con valor en un cierto periodo de estudio basado en un aproximado de 15 días estos serán contrastados con la propuesta de redistribución que se va a plantear.

Descripción del modelo.

El modelo se lo realiza sobre un plano en AutoCAD con las dimensiones reales de la empresa y también de su maquinaria, así aseguramos que las distancias recorridas como los espacios que no son ocupados estén siendo representados, además, nos guiaremos de flujogramas de procesos para la evaluación de la secuencia de todo esto para ser estudiados en la distribución de planta.

Diseño de experimento

La simulación fue realizada en el software FlexSim con licencia educativa, así mismo se usará la su herramienta estadística ExpertFit para obtener las correspondientes distribuciones según el estudio realizado, los datos que se ingresan en el programa son los representativos

del tiempo promedio de cada maquina estándar de 100Kg para poder estandarizar la producción resultante en el FlexSim.

Datos de entrada.

Partiendo desde los estadísticos obtenidos desde el análisis de las muestras se usarán los siguientes parámetros para la configuración de la simulación.

Tabla 33 Tabla de los datos de entrada.

Configuración	Información	Unidades
Numero de escenarios	1 escenarios	-
Procesos	A extrusión – B inyección poliestireno- C inyección polipropileno	
Tiempo de simulación	3	Días laborales (24 horas)
Estrategia de programación	Por proceso	-
Numero de transportadores	2	Personas
Forma de inicio	Simultaneo	-
Producción	Flujo continuo	-
Unidades de producción simultanea	2	100 kg
Tiempo de producción por maquina	Valores estadísticos de ExpertFit	Individual para cada proceso

Nota. Esta tabla indica la información y las unidades de los datos de entrada. Elaborado por: El Autor, 2024.

Tabla 34 Tabla de los datos de configuraciones de las herramientas de FlexSim.

Nombre	Proceso	Herramienta	Programación
<i>Extrusión MP</i>	Materia prima para la extracción	Queue	Sin configuración
<i>InyeccionPole MP</i>	Materia prima para la inyección de poliestireno	Queue	Sin configuración
<i>InyeccionPolp MP</i>	Materia prima para la inyección de polipropileno	Queue	Sin configuración
<i>Trit 1 (A)</i>	Maquina trituradora 1	Processor	Cada 30 min

<i>Trit 2 (A)</i>	Maquina trituradora 2	Processor	Cada 30 min
<i>Molino 1 (A)</i>	Maquina moledora 1 de extrusión	Processor	exponential(30.415469, 2.384531, 0)
<i>Molino 2 (A)</i>	Maquina moledora 2 de extrusión	Processor	johnsonbound ed(21.831102, 26.567020, - 0.409872, 0.967027, 0)
<i>Molino 1 (B)</i>	Maquina moledora 1 de inyección de poliestireno	Processor	Cada 40 min
<i>Molino 2 (B)</i>	Maquina moledora 2 de inyección de poliestireno	Processor	Cada 40 min
<i>Molino 1 (C)</i>	Maquina moledora 1 de inyección de polipropileno	Processor	Cada 40 min
<i>Molino 2 (C)</i>	Maquina moledora 2 de inyección de polipropileno	Processor	Cada 40 min
<i>Extrusora (A)</i>	Maquina extrusora	Processor	exponential(4.752178, 0.514489,0)
<i>Secadora. (A)</i>	Maquina secadora	Processor	beta(12.546056, 16.123326, 1.054575, 0.749361, 0)
<i>Pulverizadora (A)</i>	Maquina pulverizadora de extrusion	Processor	weibull(18.468016, 2.374228, 2.000000, 0)
<i>Pulverizadora (B)</i>	Maquina pulverizadora de inyección de poliestireno	Processor	weibull(19.141993, 1.819062, 2.000000, 0)
<i>Pulverizadora (C)</i>	Maquina pulverizadora de polipropileno	Processor	beta(21.971314, 23.029030, 0.378588, 0.305727, 0)
<i>Balanza</i>	Balanza	Processor	30 segundos
<i>Inyectora 1</i>	Maquina inyectora 1	Processor	Cada 2 min
<i>Inyectora 2</i>	Maquina inyectora 2	Processor	Cada 3 min
<i>Operador 1</i>	Transportista 1	Operator	5 m/s
<i>Operador 2</i>	Transportista 2	Operator	5 m/s

Nota. Esta tabla indica la información y las unidades de los datos de entrada. Elaborado por: El Autor, 2024.

Datos de salida.

El principal objetivo de la simulación es el análisis de las variables de salida que tenemos en cada máquina que incluso esto nos sirve para las medidas de desempeño por lo que los valores generados en la simulación fueron estudiados en un lapso operativo de 7 días, para lo cual estos serán contrastados con la propuesta de redistribución, analizando las siguientes variables:

La productividad es analizada para poder contrastar y analizar si existen mejoras tanto en reducción de tiempos o en aumento de los productos con su proceso luego la **utilización de las máquinas** que representan el tempo productivo en el que están siendo realizados los trabajos en este periodo de tiempo para así poder analizar posibles mejoras en los procesos y flujo, y por ultimo tenemos los valores en los **tiempos de ciclo** de producción por un lado de la situación actual como de la propuesta para analizar los aumentos que esos representan dentro de la empresa.

Datos no controlados

Para la simulación tenemos que tener en cuenta que es desarrollada con la suposición que el flujo de materia prima es constaste, y por otra parte los tiempos de descarga de materia prima. Ademas los datos para la programación de la maquinaria son generados con la integracion de los operadores por que no se tomo en cuenta la interacción del personal operativo en la simulación.

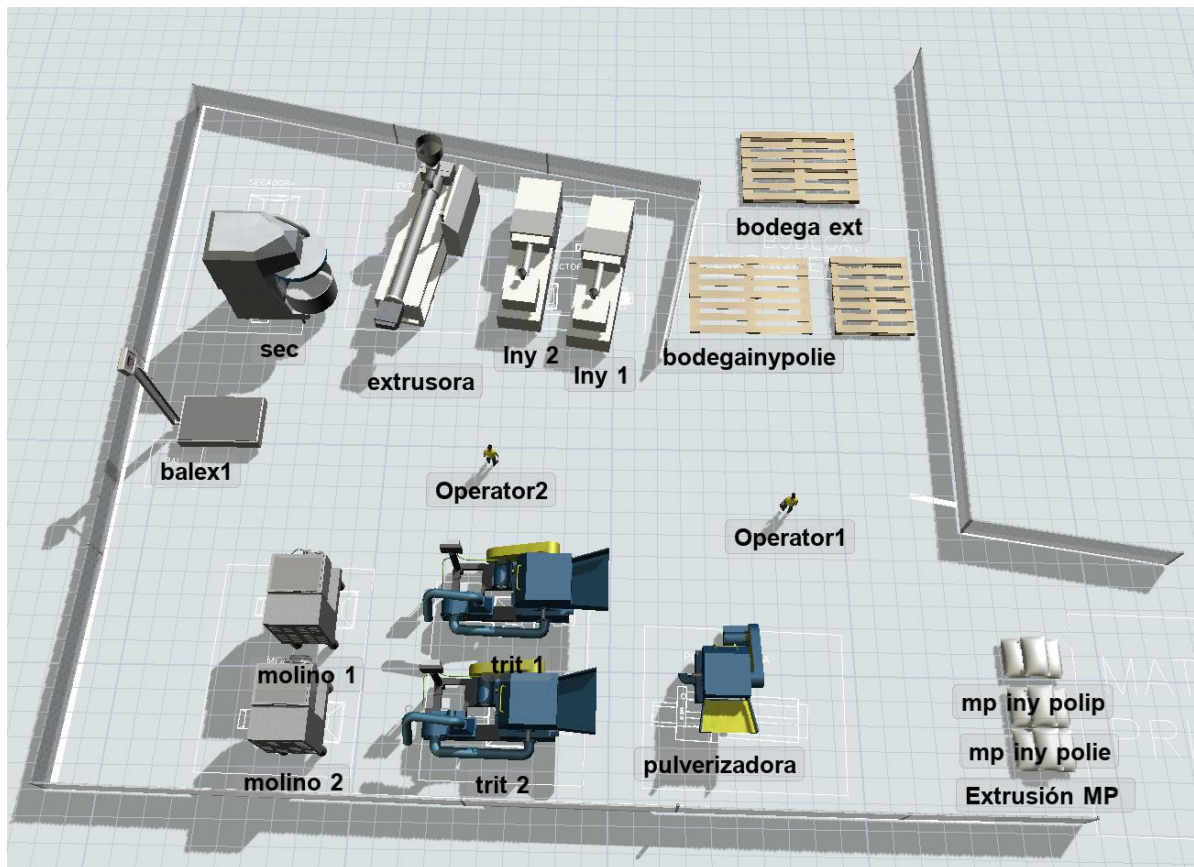
Medidas de Distribución

A partir de la herramienta Experfit se generaron funciones de probabilidad ya que se realiza estudio de tiempos este análisis fue realizado en el capitulo de funciones de probabilidad el cual se indica la maquinaria usada en la elaboración de cada producto.

Elementos de modelado.

Usaremos el software FlexSim y sus herramientas para el desarrollo de la simulación, usando los siguientes recursos para la puesta en marcha y configuración de los escenarios de simulación.

Figura 51 Propuesta de distribución software FlexSim.



Nota: El modelo es la redistribución de planta. Fuente: FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Verificación del modelo.

El modelo fue ingresado en FlexSim y los datos de entrada fueron ingresados según los datos obtenidos de la empresa así tenemos valores para seleccionar la ruta específica para cada producto y considerar que la validación del modelo fue realizada bajo un proceso de 15 días para poder tener un valor real más acorde a la situación actual.

Para la concordancia con el modelo simulado se usaron las siguientes configuraciones para distinguir los parámetros de materia prima.

Tabla 35 Propuesta de distribución software FlexSim.

Configuració <i>n</i>	Materia prima		
<i>Forma del flow item</i>	Materia prima para el proceso de Extrusión Cilindro	Materia prima para el proceso de inyección de poliestireno Caja	Materia prima para el proceso de polipropileno Cilindro
<i>Pigmentació <i>n</i></i>	Gris	Marrón	Verde

Nota: El modelo es la redistribución de planta. Fuente: FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Además de estas configuraciones se utilizarán configuraciones de nivel, ya que estas configuraciones nos aseguran que el flujo de cada materia prima siga con los procesos establecidos en los flujogramas de cada proceso, dichos niveles se detallaran a continuación.

Tabla 36 Configuraciones por cada nivel para el FlexSim.

Ítem	Nivel
<i>Trituración</i>	1
<i>Molienda</i>	2
<i>Pulverizadora</i>	3
<i>Secado</i>	4
<i>Inyección</i>	5
<i>Extrusión MP</i>	6
<i>Inyección poliestireno Mp</i>	7
<i>Inyección polipropileno Mp</i>	8

Nota: Proceso con su respectivo nivel para el programa de FlexSim. Elaborado por: El Autor, 2024.

Para el control y seguimiento de los procesos se optó por diferenciar la materia resultante con distintos colores para poder apreciar el encadenamiento del flujo de proceso.

Tabla 37 Control y seguimiento de cada proceso.

Proceso	Color
Trituración	Blue
Molienda	Red
Pulverizadora	Yellow
Secado	Yellow
Extrusión	Green

Inyección de polipropileno	
Inyección de poliestireno	

Nota: Proceso con su respectivo color para diferenciar la materia resultante. Elaborado por: El Autor, 2024.

4.5. Validación del modelo.

Se valida el modelo mediante replicas de los 30 primeros días laborables, en donde se pueden ver los resultados de productividad de la situación actual de la empresa real y la que se simulo en el software a continuación detallamos los siguientes resultados.

Tabla 38 Tabla verificación del error relativo en planta y en simulación.

En planta

<i>Materia prima</i>	Máquina	Tiempo Teórico	Tiempo Real	Productividad Parcial %	Productividad Total %	Error Relativo
<i>POLIPROPILENO</i>	Pulverizadora	27	30	90,00		
	Mezcladora	23	22	104,55	98,18	32,95
	Inyectora	3	3	100,00		
	TOTAL	53	55			
<i>PVC</i>	Trituradora	28	30	93,33		
	Molinos	27	29	93,10	108,44	4,80
	Pulverizadora	17	15	113,33		
	Secadora	12	11	109,09		
	Extrusora	4	3	133,33		
	TOTAL	88	88			
<i>POLIESTIRENO</i>	Pulverizadora	25	28	89,29		
	Mezcladora	20	23	86,96	80,97	10,63
	Inyectora	2	3	66,67		
	TOTAL	47	54			

Simulador

<i>Materia prima</i>	<i>Máquina</i>	<i>Tiempo Simulación</i>	<i>Tiempo Real</i>	<i>Productividad Parcial %</i>	<i>Productividad Total %</i>	<i>Error Relativo</i>
<i>POLIPROPILENO</i>	Pulverizadora	31	30	103,33		
	Mezcladora	20	22	90,91	65,23	14,37
	Inyectora	2	3	66,67		
	TOTAL	53	55			
	Trituradora	28	30	93,33		
<i>PVC</i>	Molinos	30	29	103,45	103,64	11,96
	Pulverizadora	18	19	94,74		
	Secadora	14	15	93,33		
	Extrusora	4	3	133,33		
	TOTAL	94	96			
<i>POLIESTIRENO</i>	Pulverizadora	24	28	85,71		
	Mezcladora	22	23	95,65	70,34	3,55
	Inyectora	3	3	100,00		
	TOTAL	49	54			

Nota: Tabla con sus valores de error relativo. Elaborado por: El Autor, 2024.

Como podemos observar el error relativo que obtenemos de los diferentes procesos se evidencia que tenemos un error relativo del 16% para la parte del error relativo en planta y un error de 9.96% para el simulador, esto nos indica que los datos obtenidos están cerca a los valores del software FlexSim ya que tenemos valores relativos tanto para las diferentes materias primas que se ocupan para los procesos dentro de la empresa esto valida que la simulación de la propuesta actual considera una mejora para organización.

5. Conclusiones y Recomendaciones

En cualquier proyecto de simulación de procesos, es esencial considerar las limitaciones que pueden influir en su desarrollo, ya que estas determinan en gran medida la viabilidad y el éxito de los resultados finales. Al construir un modelo de simulación de procesos, es fundamental obtener datos realistas de fuentes confiables, lo que garantiza que los resultados obtenidos al final del proyecto sean los más precisos posibles. Para ejecutar eficazmente los modelos, se requiere un conocimiento del software de simulación y la capacitación necesaria para interpretar adecuadamente los resultados, permitiendo así una gestión competente de todo el proceso de simulación.

La situación actual de la empresa fue simulada utilizando el tiempo de procesamiento de la maquinaria, el cual fue determinado mediante distribuciones de probabilidad generadas a partir del análisis de datos de producción. Este análisis se basó en el flujo de la materia prima, el diagrama de flujo, las distancias recorridas y la evaluación de los tiempos estándar de producción para cada etapa del proceso.

La empresa comercializa una variedad de productos y, ante la falta de un orden en sus procesos, se llevó a cabo un análisis exhaustivo sobre posibles metodologías para la distribución de espacios. Este análisis consideró factores clave, principios fundamentales y los procesos mismos, lo que condujo a la elección de la metodología SLP según Muther. Esta metodología permite trazar la ruta óptima de transformación de la materia prima, eliminando recorridos que no agregan valor y estableciendo una secuencia basada en la relación de actividades dentro de los procesos.

Se validó tanto el modelo de la situación actual como la propuesta mediante un análisis a intervalos de 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días, lo que permitió proyectar las acciones de mejora. Los resultados evidencian un aumento en la productividad del 33% al 44%, así como una reducción en los tiempos de recorrido en todas las áreas. Bajo esta propuesta, se puede afirmar que se obtienen beneficios en la producción dentro de los mismos plazos de tiempo establecidos.

5.1 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa tomar en cuenta las observaciones realizadas, de tal manera que se implementen los cambios mencionados, para que así sus empleados y sus recursos trabajen de manera óptima y a la empresa pueda crecer dentro del mercado.

Para futuras investigaciones, se sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo de los tiempos involucrados desde la adquisición de la materia prima hasta el empaquetado, teniendo en cuenta también el tiempo de preparación (set-up). Asimismo, es recomendable considerar la inclusión de varios lotes de producción, lo que permitirá examinar los posibles contratiempos que puedan surgir durante el proceso de producción.

REFERENCIAS

- Alvarez , D., De Ávila, M., & Hurtado, J. (2022). Aplicación de metodología SLP para redistribución de planta en micro empresa colombiana del sector marroquino: Un estudio de caso. *Corporación Universidad de la Costa*. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/9774?show=full>
- Arbos, L. C. (2012). Ediciones Diaz de Santos. Obtenido de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789978.pdf>
- Benavídez, E., Segarra, E., & Colina, E. (2019). Levantamiento de procesos como base para la aplicacion de sistemas de costeo basado en actividades de empresas de ensamblaje. *Economia y politica*. doi:<https://doi.org/10.25097/rep.n30.2019.03>
- Cabañero, C., Gimenez , C., & Lusa, A. (2021). Producción. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/75846/3/Gesti%C3%B3n%20de%20la%20producci%C3%B3n_M%C3%B3dulo%202_Producci%C3%B3n.pdf
- Cautrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Bogota. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789978.pdf>
- Chase, R., & Jacobs, R. (2019). *Administración de Operaciones producción y cadena de suministros*. México: McGraw Hill.
- Fincowsky, F. (2009). *Organizacion de empresas*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://naghelsy.files.wordpress.com/2016/01/enrique-franklin-organizacion-de-empresas.pdf>
- FlexSim. (2023). *FlexSim Problem solved*. Obtenido de FlexSim Problem solved: <https://www.flexsim.com.mx/>
- Garcia, E. (1999). *Automatización de procesos industriales*. Editorial universitat Politecnica de Valencia. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true
- Garcia, J. (2020). Distribución en planta, nota técnica. *Rogle*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152734/Distribuci%C3%B3n%20en%20Planta.pdf?sequence=5>

- Gutierrez, D. J. (2006). Estandarización de los procesos de producción de los productos. *Ciencia Unisalle*.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Administración de operaciones*. Texas. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/47cb70cab6ec78aa65b34e6c70ce8822.pdf
- INEC. (2020). Directorio de empresas y establecimientos 2020. *INEC*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2020/Principales_Resultados_DIEE_2020.pdf
- Jaramillo, D., Uriarte, J., & Cardona, F. (2014). Redistribucion de planta y programación de la producción. *Ingenieria Solidaria*. doi:http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.807
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. México: Pearson Education.
- Machuca, J. (1995). *Dirección de operaciones : aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-DireccionDeOperaciones-6439108%20(1).pdf
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson Educación. Obtenido de https://docplayer.es/95579893-Diseno-de-instalaciones-de-manufactura-y-manejo-de-materiales.html
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Atlantic International University. Obtenido de http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9_Metodos%20estandares%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf
- Ospina, J. (2016). Propuesta de distribución de la planta para aumentar la productividad en una empresa metalmeccanica. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/17bb7157-a4a3-4663-94ce-f955c86d30b0/content
- Palacios, L. (2016). *Ingenieria de métodos movimientos y tiempos*. Bogota: Ecoe. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Ingenier%C3%ADa-de-m%C3%A9todos.pdf

- Peña, F. (2016). *Fundamentos de dirección de producción y operaciones*. Madrid: Centro de estudios financieros. Obtenido de <https://www.marcialpons.es/libros/fundamentos-de-direccion-de-produccion-y-operaciones/9788445441121/>
- Peña, F. D. (2016). *Fundamentos de Dirección de Producción y Operaciones*. Madrid: Centro de estudios financieros.
- Pepper, S. (2011). Levantamiento y descripción de los procesos. *Medwave*. doi:<http://doi.org/10.5867/medwave.2011.06.5057>
- Quispe, H., Takahashi, M., & Carvallo, E. (2021). Modelo combinado de SLP y TPM para la mejora de la eficiencia de producción en una MYPE del sector textil confecciones peruano. *Dirección de Investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP322.pdf
- Ramirez, C., & Ramirez, M. (2016). *Fundamentos de la administración*. Colombia: Ecoe Ediciones. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2016/08/Fundamentos-de-administraci%C3%B3n-4ed.pdf>
- Şahinkoç, M. (2021). Facility layout problem with QAP formulation under scenario-based uncertainty. *INFOR: Information Systems and Operational Research*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03155986.2018.1424445?journalCode=tinf20>
- Salazar, H. Z. (2005). *Planeación estratégica aplicada a cooperativas y demás formas asociativas y solidarias*. U cooperativa de Colombia.
- Suñe, T., Gil, A., & Arcusa, F. (2004). *Manual practico de diseño de sistemas productivos*. Díaz Santos.
- Universidad de Guadalajara. (2023). *Red universitaria de Jalisco*. Obtenido de Clasificación general de las fuentes de información: <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/portal/clasificacion-general-de-las-fuentes-de-informacion>