



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE
PLANTA EN LA EMPRESA IPMATOAH EN
LATACUNGA, ECUADOR**

PROYECTO DE TITULACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

Arias Tenecela Priscila Nicole
Sangucho Nata Edgar Augusto

TUTOR:

Ing. Ms. José Ezequiel Naranjo Robalino

LATACUNGA

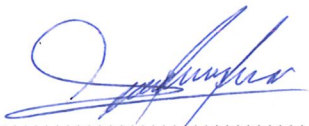
2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA
LATACUNGA – ECUADOR
MARZO - 2026

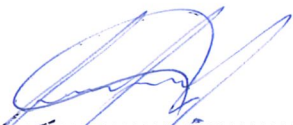
Arias Tenecela Priscila Nicole, con cedula de ciudadanía No. 1725533333 y Sangucho Nata Edgar Augusto, con cedula de ciudadanía No. 1721592127 declaramos ser autores del proyecto de titulación” **PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA IPMATOAH EN LATACUNGA, ECUADOR**”, siendo el Ing. José Ezequiel Naranjo Robalino tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, marzo de 2026



.....
Arias Tenecela Priscila Nicole
CC. 1725533333

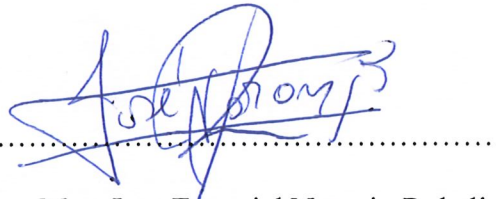


.....
Sangucho Nata Edgar Augusto
CC. 1721592127

Latacunga, marzo del 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título "PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA IPMATOAH EN LATACUNGA, ECUADOR" propuesto por los estudiantes Arias Tenecela Priscila Nicole y Sangucho Nata Edgar Augusto de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos, observaciones y recomendaciones propuestas. Por lo tanto, se considera que el trabajo es apto para ser sometido al tribunal de lectores.



Ing. Msc. Jose Ezequiel Naranjo Robalino

CC. 1804710463

TUTOR

Latacunga, marzo 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

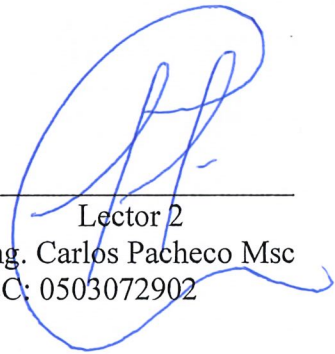
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA IPMATOAH EN LATACUNGA, ECUADOR”, propuesto por los estudiantes Arias Tenecela Priscila Nicole y Sangucho Nata Edgar Augusto de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial en virtud de lo cual los postulantes puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

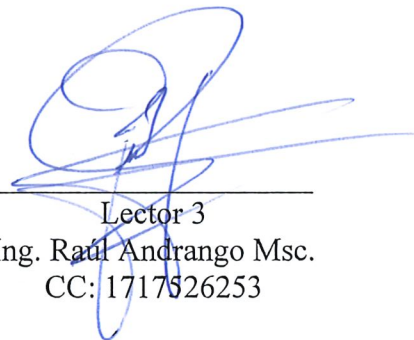
Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Ing. Cristian Eugenio Msc.
CC: 1723727473



Lector 2
Ing. Carlos Pacheco Msc
CC: 0503072902



Lector 3
Ing. Raúl Andrango Msc.
CC: 1717526253

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, institución que me brindó la oportunidad de formarme académica y profesionalmente, proporcionándome los conocimientos y valores necesarios para culminar con éxito esta etapa de mi vida. De manera especial, agradezco a mi tutor de tesis, Ing. José Naranjo, por su guía, orientación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo de investigación, así como por su disposición y apoyo constante en cada fase del proceso. Asimismo, expreso mi gratitud a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica a lo largo de la carrera, quienes con su conocimiento, experiencia y dedicación contribuyeron significativamente a mi crecimiento profesional. Finalmente, agradezco de manera especial a mi pareja Edgar, con quien tuve la oportunidad de compartir el desarrollo de esta tesis, por su apoyo, compromiso y esfuerzo conjunto para alcanzar este objetivo. Su acompañamiento y motivación fueron fundamentales para culminar este trabajo.

PRISCILA NICOLE ARIAS TENECELA

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, institución que me brindó la oportunidad de formarme académica y profesionalmente, proporcionándome los conocimientos y valores necesarios para culminar con éxito esta etapa de mi vida. De manera especial, agradezco a mi tutor de tesis, Ing. José Naranjo, por su guía, orientación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo de investigación, así como por su disposición y apoyo constante en cada fase del proceso. Asimismo, expreso mi gratitud a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica a lo largo de la carrera, quienes con su conocimiento, experiencia y dedicación contribuyeron significativamente a mi crecimiento profesional. Finalmente, agradezco de manera especial a mi pareja Nicole, con quien tuve la oportunidad de compartir el desarrollo de esta tesis, por su apoyo, compromiso y esfuerzo conjunto para alcanzar este objetivo. Su acompañamiento y motivación fueron fundamentales para culminar este trabajo.

EDGAR AUGUSTO SANGUCHO NATA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mis queridos padres, César y Rosa, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y el motor que me ha impulsado a seguir adelante en cada etapa de mi formación. Gracias por su amor incondicional, por sus sacrificios, por su paciencia y por cada uno de los valores que me han inculcado desde pequeña. Su esfuerzo y dedicación han sido la base que me permitió llegar hasta este momento tan importante. A ustedes les debo gran parte de lo que soy hoy, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome apoyo, motivación y confianza incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es suyo, ya que, sin su guía, sus consejos y su constante respaldo no habría sido posible alcanzar esta meta.

A mi querida hermana, Carlita, por su cariño, apoyo y por cada palabra de aliento que me brindó durante este proceso. Gracias por estar presente en los momentos importantes, por motivarme a seguir adelante y por compartir conmigo alegrías y dificultades a lo largo de este camino. Tu apoyo y confianza han sido muy valiosos para poder alcanzar este logro.

También dedico este trabajo a mi abuelita, por cuidarme y acompañarme con amor desde mi infancia. Su cariño y dedicación han sido muy importantes en mi vida y en el camino que hoy me permite alcanzar esta meta.

PRISCILA NICOLE ARIAS TENECELA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a mis padres, Edgar y Esperanza, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias a su esfuerzo, consejos y ejemplo de perseverancia he podido superar los desafíos presentados a lo largo de mi formación académica y alcanzar esta meta tan importante. Este logro también les pertenece, pues han sido una fuente constante de motivación y fortaleza para seguir adelante.

A mi ñaña Daniela, por su compañía, comprensión y apoyo a lo largo de este camino, por brindarme palabras de ánimo en los momentos de dificultad y por estar siempre presente alentándome a continuar con mis objetivos.

Finalmente, dedico este trabajo a mi querido manco Adriel, cuya alegría, inocencia y cariño representan una inspiración constante para seguir creciendo, superándome y esforzándome cada día por alcanzar nuevas metas. Este logro también es un ejemplo de que con dedicación y esfuerzo es posible cumplir los sueños.

EDGAR AUGUSTO SANGUCHO NATA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA IPMATOAH EN LATACUNGA, ECUADOR”

Autores:

Arias Tenecela Priscila Nicole

Sangucho Nata Edgar Augusto

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo proponer el rediseño de la distribución de planta en la empresa IPMATOAH S.A.S., ubicada en Latacunga, con el fin de mejorar el flujo de materiales, optimizar los procesos productivos e incrementar la productividad. La empresa, dedicada a la fabricación de papel higiénico, presentaba ineficiencias relacionadas con recorridos innecesarios, acumulación de trabajo en ciertas estaciones y tiempos improductivos que afectaban el desempeño del sistema productivo.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, utilizando técnicas como observación directa, análisis de procesos, diagramas de flujo, cursogramas analíticos y estudio de tiempos. Además, se aplicaron herramientas de ingeniería industrial como el método ABC, el cálculo del Takt Time, la metodología Systematic Layout Planning (SLP), el método Guerchet y el software CORELAP para el diseño de la nueva distribución de planta. Posteriormente, la propuesta fue evaluada mediante simulación en el software FlexSim.

Los resultados evidenciaron una mejora en el desempeño productivo, incrementando la producción de 116 a 120 pacas por jornada y generando un aumento de productividad del 3,44 %. Asimismo, el análisis económico proyecta un incremento anual de ingresos de 12.960 dólares.

Palabras Clave: Distribución de planta, Systematic Layout Planning (SLP), simulación de procesos, FlexSim, estudio de tiempos, productividad, ingeniería industrial.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: “Redesign of the Plant Layout at IPMATOAH Company in Latacunga, Ecuador”

Authors:

Arias Tenecela Priscila Nicole

Sangucho Nata Edgar Augusto

ABSTRACT

The aim of this research was to propose a redesign of the plant layout at the company IPMATOAH S.A.S., located in Latacunga, Ecuador, in order to improve material flow, optimize production processes, and increase overall productivity. The company, dedicated to the manufacturing of toilet paper, presented several operational inefficiencies, including unnecessary material movements, accumulation of work at certain stations, and unproductive times that negatively affected the performance of the production system.

This study followed a quantitative and applied research approach. Data were collected through direct observation, process analysis, flowcharts, analytical flow diagrams, and time studies. In addition, several industrial engineering tools were applied, such as the ABC classification method, Takt Time calculation, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology, the Guerchet method, and CORELAP software, in order to develop an improved plant layout proposal. The proposed design was later evaluated using FlexSim simulation software to analyze its operational performance.

The results demonstrated an improvement in the efficiency of the production system. Daily production increased from 116 to 120 bales per working day, representing a productivity growth of 3.44%. Furthermore, the economic evaluation indicated a projected annual revenue increase of approximately \$12,960 as a result of the proposed redesign.

Keywords: plant layout, Systematic Layout Planning (SLP), process simulation, FlexSim, time study, productivity, industrial engineering.

AVAL DE TRADUCCIÓN

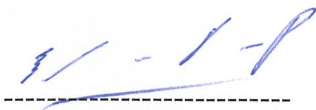
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“REDESIGN OF THE PLANT LAYOUT AT IPMATOAH COMPANY IN LATACUNGA, ECUADOR”** presentado por: **Priscila Nicole Arias Tenecela y Edgar Augusto Sangucho Nata**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Industrial** perteneciente a la **Facultad de ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2026

Atentamente,



Edison Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:0502617350

INDICE GENERAL

| | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 1 | INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2 | INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 2.1 | Situación Problemática | 3 |
| 2.2 | Formulación del Problema..... | 4 |
| 2.3 | Objeto campo de acción..... | 4 |
| 2.3.1 | Objeto de estudio | 4 |
| 2.3.2 | Campo de acción | 4 |
| 2.4 | Beneficiarios | 5 |
| 2.4.1 | Beneficiario Directo | 5 |
| 2.4.2 | Beneficiario Indirecto | 5 |
| 2.5 | Justificación | 5 |
| 2.6 | Objetivos..... | 6 |
| 2.6.1 | Objetivo General..... | 6 |
| 2.6.2 | Objetivos Específicos | 6 |
| 2.7 | Sistema de Tareas | 7 |
| 2.8 | Fundamentación Teórica..... | 8 |
| 2.9 | Temática Amplia..... | 8 |
| 2.9.1 | Antecedentes..... | 8 |
| 2.9.2 | Estado de arte..... | 11 |
| 2.9.3 | Marco Referencial | 13 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.9.3.1 | Distribución de Plantas..... | 13 |
| 2.9.3.2 | Tipos de distribución..... | 13 |
| 2.9.3.3 | Diagrama de flujo..... | 14 |
| 2.9.3.4 | Cursograma sinóptico de los procesos | 14 |
| 2.9.3.5 | Cursograma analítico de los procesos | 15 |
| 2.9.3.6 | Medición de trabajo..... | 15 |
| 2.9.3.7 | Técnicas de la medición del trabajo | 15 |
| 2.9.3.8 | Estudio de tiempo..... | 16 |
| 2.9.3.9 | Requerimientos del estudio de tiempo | 16 |
| 2.9.3.10 | General Electric..... | 16 |
| 2.9.3.11 | Valoración del ritmo de trabajo..... | 17 |
| 2.9.3.12 | Tiempo normal (TN) | 18 |
| 2.9.3.13 | Tiempo estándar (TS)..... | 18 |
| 2.9.3.14 | Suplementos (S) | 18 |
| 2.9.3.15 | Gestión por procesos | 20 |
| 2.9.3.16 | Método ABC | 20 |
| 2.9.3.17 | El principio de Pareto y los grupos A, B y C | 20 |
| 2.9.3.18 | Software CORELAP | 21 |
| 2.9.3.19 | Software Flexsim..... | 21 |
| 2.9.3.20 | Características de FlexSim | 22 |
| 2.9.3.21 | Método de Guerchet | 22 |

| | | |
|------|--|----|
| 3 | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS | 22 |
| 3.1 | Información general de la empresa | 23 |
| | Información de los productos | 24 |
| 3.2 | Información de la Maquinaria..... | 24 |
| 3.3 | Layout actual..... | 27 |
| 3.4 | Tipo de investigación..... | 28 |
| 3.5 | Enfoque..... | 28 |
| 3.6 | Carácter..... | 29 |
| 3.7 | Técnicas e Instrumentos..... | 29 |
| 3.8 | Fichas técnicas de los procesos..... | 30 |
| 3.9 | Método ABC..... | 30 |
| 3.10 | Takt time | 30 |
| 3.11 | Tiempo Observado (To)..... | 31 |
| 3.12 | Tiempo Normal (TN) | 31 |
| 3.13 | Tiempo Estándar (TS) | 31 |
| 3.14 | Incremento de la Productividad..... | 31 |
| 3.15 | Tiempo neto disponible..... | 32 |
| 4 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 32 |
| 4.1 | Levantamiento del proceso | 32 |
| 4.2 | Flujograma del proceso..... | 32 |
| 4.3 | Fichas de los procesos..... | 35 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4 | Gráfico ABC para la selección del producto con mayor demanda..... | 47 |
| 4.5 | Cursograma analítico | 49 |
| 4.6 | Diagrama recorrido actual | 50 |
| 4.7 | Valoración del ritmo de trabajo | 50 |
| 4.8 | Descripción de los suplementos por puesto de trabajo | 51 |
| 4.9 | Cálculos de suplementos..... | 52 |
| 4.10 | Número de observaciones | 53 |
| 4.11 | Estudio de tiempo..... | 53 |
| 4.12 | Estudio de Tiempo General..... | 54 |
| 4.13 | Takt time | 54 |
| 4.14 | Comparación del takt time con los tiempos de ciclo de los procesos productivos | 55 |
| 4.15 | Justificación del rediseño | 56 |
| 4.16 | Systematic layout planning | 57 |
| 4.17 | Método de guerchet..... | 59 |
| 4.18 | Software corelap..... | 60 |
| 4.18.1 | Layout Propuesto..... | 62 |
| 4.19 | Cursograma analítico general propuesto | 64 |
| 4.20 | Diagrama recorrido propuesto..... | 64 |
| 4.20.1 | Cálculo del diagrama de recorrido..... | 65 |
| 4.21 | Comparación del diagrama recorrido actual y propuesto..... | 66 |
| 4.22 | Tiempo estándar propuesto | 66 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.22.1 | Tiempo Estándar General | 66 |
| 4.23 | Comparación de la situación actual con la situación propuesta | 67 |
| 4.24 | Simulación de la propuesta en el software flexsim. | 67 |
| 4.25 | Análisis de la simulación actual | 68 |
| 4.26 | Análisis de la simulación Propuesta..... | 68 |
| 4.26.1 | Use Transport del Software de FlexSim..... | 69 |
| 4.26.2 | Conectividad entre procesos en el Software FlexSim | 69 |
| 4.26.3 | Importado el plano a la simulación en FlexSim | 70 |
| 4.26.4 | Tabla de Tiempos en el Software de FlexSim..... | 70 |
| 4.26.5 | Dashboards de Salida por hora en la simulación de FlexSim..... | 71 |
| 4.26.6 | Salidas por hora de los productos | 71 |
| 4.26.7 | Salida diaria de los productos | 72 |
| 4.27 | Incremento de la productividad..... | 72 |
| 4.28 | Análisis económico | 73 |
| 4.28.1 | Análisis económico al mes | 73 |
| 4.28.2 | Análisis económico anual..... | 73 |
| 4.29 | Impactos | 74 |
| 4.29.1 | Impacto social..... | 74 |
| 4.29.2 | Impacto económico..... | 74 |
| 4.29.3 | Impacto Ambiental | 74 |
| 4.29.4 | Impacto Tecnológico | 74 |

| | | |
|---|-------------------|--------------------------------------|
| 5 | CONCLUSIONES..... | 75 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA..... | 77 |
| 7 | ANEXO..... | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Modalidad de titulación. | 1 |
| Tabla 2.1 Campo de acción[2] | 4 |
| Tabla 2.2 Sistema de Tareas. | 7 |
| Tabla 2.3 Símbolos Gráficos del diagrama de flujo. | 14 |
| Tabla 2.4 Cursograma analítico del Proceso. | 15 |
| Tabla 2.5 Procedimiento del estudio de tiempos [24]. | 16 |
| Tabla 2.6 Valoración del ritmo de trabajo [25]. | 17 |
| Tabla 2.7 Suplementos de la OIT[26]. | 18 |
| Tabla 3.1 Productos de la empresa | 24 |
| Tabla 4.1 Ficha de Recepción de la materia prima. | 35 |
| Tabla 4.2 Descripción de actividades de la recepción de materia prima. | 36 |
| Tabla 4.3 Indicador 1 de la recepción de materia prima. | 36 |
| Tabla 4.4 Ficha del proceso de la Tubera. | 37 |
| Tabla 4.5 Descripción de actividades de la Tubera | 38 |
| Tabla 4.6 Indicador 2 de la Tubera. | 38 |
| Tabla 4.7 Ficha de proceso del Bobinado. | 39 |
| Tabla 4.8 Descripción de actividades del Bobinado. | 40 |
| Tabla 4.9 Indicador 3 del Bobinado. | 40 |
| Tabla 4.10 Ficha del proceso de la Cortadora. | 41 |
| Tabla 4.11 Descripción de actividades de la Cortadora. | 42 |
| Tabla 4.12 Indicador 3 de la Cortadora. | 42 |
| Tabla 4.13 Ficha de procesos del etiquetado y enfundado. | 43 |
| Tabla 4.14 Descripción de actividades del Etiquetado y Enfundado. | 44 |
| Tabla 4.15 Indicador 4 del Etiquetado y Enfundado. | 44 |
| Tabla 4.16 Ficha del proceso del sellado y empacado. | 45 |
| Tabla 4.17 Descripción de actividades del Sellado y Empacado. | 46 |
| Tabla 4.18 Indicador 5 del Sellado y Empacado. | 46 |
| Tabla 4.19 Método ABC de la empresa IPMATOHA S.A.S. | 47 |
| Tabla 4.20 Cursograma General de la empresa IPMATOAH. | 49 |
| Tabla 4.21 Valoración del ritmo de trabajo de los Procesos. | 51 |
| Tabla 4.22 Cálculo de Suplementos. | 52 |
| Tabla 4.23 Tiempo Total de los Procesos de la Empresa IPMATOAH S.A.S. | 53 |
| Tabla 4.24 Estudio de Tiempo General de la empresa IPMATOAH. | 54 |
| Tabla 4.25 Tiempos del Takt Time | 55 |
| Tabla 4.26 Tiempo del Takt Time en minutos y segundos. | 55 |
| Tabla 4.27 Comparación del Takt Time con los tiempos de ciclo. | 55 |
| Tabla 4.28 Razón aplicada del SLP. | 57 |
| Tabla 4.29 Código de proximidad del proceso de papel higiénico. | 58 |
| Tabla 4.30 Metros de cada proceso para realizar el papel higiénico. | 58 |

| | |
|--|----|
| Tabla 4.31 Método de Guerchet. | 59 |
| Tabla 4.32 Superficie de los procesos. | 59 |
| Tabla 4.33 Cursograma analítico general propuesto. | 64 |
| Tabla 4.34 Cálculo del diagrama de recorrido actual y propuesto..... | 65 |
| Tabla 4.35 Estudio de tiempo general propuesta. | 67 |
| Tabla 4.36 Tabla comparativa de la situación actual con la situación propuesta. | 67 |
| Tabla 4.37 Cálculo de Ingresos por jornada. | 73 |
| Tabla 4.38 Análisis económico al mes. | 73 |
| Tabla 4.39 Análisis económico anual..... | 73 |

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Mapa de Stakeholders de la empresa IPMATOHA S.A.S. | 5 |
| Figura 4.1 Ubicación de la empresa IPMATOAH S.A.S. | 23 |
| Figura 4.2 Bobinadora del proceso del Papel Higiénico. | 25 |
| Figura 4.3 Cortadora del papel del proceso del Papel Higiénico..... | 25 |
| Figura 4.4 Selladora de fundas del proceso del papel higiénico..... | 26 |
| Figura 4.5 Túnel refractario del proceso del papel higiénico. | 26 |
| Figura 4.6 Tubera artesanal del proceso del papel higiénico..... | 27 |
| Figura 4.7 Layout actual de la empresa IPMATOAH S.A.S..... | 27 |
| Figura 5.1 Mapa de Procesos de la empresa IPMATOAH S.A.S..... | 33 |
| Figura 5.2 Flujograma del proceso del papel higiénico de la empresa IPMATOAH. | 34 |
| Figura 5.3 Diagrama de Procesos de la Recepción de materia prima. | 35 |
| Figura 5.4 Diagrama de procesos de la Tubera. | 37 |
| Figura 5.5 Diagrama de flujo del Bobinado. | 39 |
| Figura 5.6 Diagrama de flujo de la Cortadora. | 41 |
| Figura 5.7 Diagrama de flujo del etiquetado y enfundado. | 43 |
| Figura 5.8 Diagrama de flujo del sellado y empacado. | 45 |
| Figura 5.9 Gráfico del Método de ABC de la empresa IPMATOHA S.A.S. | 48 |
| Figura 5.10 Diagrama recorrido Actual de la empresa IPMATOAH. | 50 |
| Figura 5.11 Ingreso de los procesos y tamaño de las áreas. | 60 |
| Figura 5.12 Nombre y Tamaño de los departamentos. | 61 |
| Figura 5.13 Ordenación de los departamentos por importancia. | 61 |
| Figura 5.14 Layout adecuado del Software Corelap..... | 62 |
| Figura 5.15 Layout Propuesto de la empresa IPMATOAH..... | 63 |
| Figura 5.16 Diagrama recorrido propuesto..... | 65 |
| Figura 5.17 Simulación Actual en el Software FlexSim. | 68 |
| Figura 5.18 Simulación Propuesta en el Software de FlexSim..... | 69 |
| Figura 5.19 Use Transport del Software de FlexSim..... | 69 |
| Figura 5.20 Conectividad entre procesos en el Software FlexSim. | 70 |

| | |
|--|----|
| Figura 5.21 Importado el plano a la simulación en FlexSim. | 70 |
| Figura 5.22 Tabla de Tiempos en el Software de FlexSim..... | 71 |
| Figura 5.23 Dashboards de Salida por hora en la simulación de FlexSim..... | 71 |
| Figura 5.24 Salidas por hora de los productos..... | 72 |
| Figura 5.25 Salida diaria de los productos..... | 72 |

ÍNDICE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 3.1 Tiempo estandar (Ts)..... | 18 |
| Ecuación 4.1 Porcentaje de ventas para el metodo ABC..... | 30 |
| Ecuación 4.2 % Valor acumulado. | 30 |
| Ecuación 4.3 Takt Time. | 31 |
| Ecuación 5.1 Incremento de la productividad. | 72 |

1 INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Propuesta de rediseño de la distribución de planta en la empresa IPMATOAH en Latacunga, Ecuador.

Tabla 1.1 Modalidad de titulación.

| MODALIDAD DE TITULACIÓN | HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN | SELECCIÓN |
|------------------------------|--|-----------|
| Propuesta tecnológica | Informe de propuesta tecnológica | |
| | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. | |
| | Artículo científico | |
| Proyecto de investigación | Informe de Proyecto de investigación | X |
| | Artículo científico | |
| | Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual. | |
| Exámen de indicadores de RDA | | |

Carrera: Ingeniería Industrial

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Integrantes:

Arias Tenecela Priscila Nicole

Sangucho Nata Edgar Augusto

Tutor: Ing. Naranjo Robalino José Ezequiel. MSc.

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción.

Línea de investigación: Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgo y seguridad laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Innovación tecnológica de los sistemas productivos.

2 INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera es fundamental para el progreso económico de las naciones, debido a su contribución en la generación de empleo, el fortalecimiento de la producción nacional y el abastecimiento de bienes de consumo para la población. Dentro de este sector, la industria papelerera ocupa un lugar importante, ya que produce artículos de uso cotidiano relacionados con la higiene y el cuidado personal, entre ellos el papel higiénico, servilletas y otros productos derivados del papel. Para garantizar una producción eficiente es imprescindible dentro de este tipo de industrias y así contar con procesos productivos organizados, una adecuada distribución de planta y una correcta gestión del flujo de materiales entre las diferentes estaciones de trabajo, factores de niveles de la demanda.

En el ámbito industrial, una distribución inadecuada de las áreas de producción puede generar diversos inconvenientes operativos, tales como recorridos innecesarios de materiales, tiempos improductivos, acumulación de productos en proceso y retrasos en determinadas operaciones. Estas situaciones afectan directamente indicadores de desempeño como el tiempo de ciclo, la eficiencia de los procesos y la capacidad productiva de las empresas. Por esta razón, muchas organizaciones buscan implementar herramientas de ingeniería industrial que permitan analizar y optimizar la organización del espacio productivo con el fin de mejorar el flujo de trabajo y reducir las pérdidas de tiempo dentro del sistema de producción.

A nivel micro, la empresa IPMATOAH S.A.S., ubicada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi. La empresa desarrolla sus actividades mediante diferentes etapas productivas que incluyen procesos como el bobinado, corte y empaquetado del producto final. Sin embargo, durante el desarrollo de sus operaciones se han identificado dificultades para cumplir con la demanda prevista de producción, situación que se relaciona principalmente con la actual distribución de las áreas productivas y con la falta de un control detallado de los tiempos empleados por los operarios en cada fase del proceso.

Entre los principales problemas observados se encuentran recorridos innecesarios de materiales entre estaciones de trabajo, retrasos en operaciones como el bobinado y el corte, así como acumulaciones de trabajo en determinadas áreas del proceso productivo. Estas condiciones generan interrupciones en el flujo de elaboración, tienen un impacto en el ritmo, fabricación además reducen una disponibilidad del proceso terminado para su comercialización.

Ante esta problemática, resulta necesario evaluar el desempeño de la organización de la planta mediante herramientas de ingeniería industrial que permitan identificar las actividades que generan ineficiencias dentro del ciclo productivo. El análisis constituye una estrategia fundamental con el fin de establecer indicadores como el tiempo de ciclo y el rendimiento de las operaciones, los cuales permiten conocer con mayor precisión el comportamiento del sistema productivo y detectar oportunidades de mejora.

La finalidad es examinar la distribución actual dentro de los procesos de producción de papel higiénico en la empresa IPMATOAH S.A.S., a través de un análisis temporal que posibilite conocer el tiempo de ciclo de cada operación. A partir de esta información, se plantea un planteamiento de rediseño de planta basada en una metodología Systematic Layout Planning (SLP), apoyándose en herramientas computacionales como CORELAP para analizar la relación entre las diferentes áreas productivas. Asimismo, se empleará el software FlexSim para modelar y simular tanto el estado actual, así como la propuesta de mejora, lo que permitirá comparar los resultados obtenidos antes de una posible implementación.

El alcance del presente trabajo se limita al análisis y mejora de las actividades que componen el procedimiento de producción del papel higiénico dentro de la planta de producción, sin considerar modificaciones estructurales de gran magnitud ni la adquisición de nuevas líneas de producción. De esta manera, la investigación busca generar mejoras en la organización del espacio productivo, mejorando el uso de los recursos existentes y contribuyendo al incremento de la eficiencia operativa.

2.1 Situación Problemática

La empresa IPMATOAH S.A.S., dedicada a la fabricación de papel higiénico y productos similares, se presentan dificultades para alcanzar la producción. Estas limitaciones se originan principalmente en la distribución inadecuada de la empresa y en el déficit de control sobre los tiempos operativos de cada proceso. Actualmente, los materiales recorren trayectorias innecesarias entre las áreas de trabajo, se generan retrasos en operaciones como el bobinado y el corte, y se evidencian acumulaciones de trabajo en ciertas estaciones, lo que provoca desequilibrios en el flujo productivo. Estas condiciones ocasionan pérdidas de tiempo, disminución en la productividad y retrasos en la entrega del producto final, afectando la capacidad competitiva de la empresa. A pesar de contar con los recursos técnicos y humanos necesarios, la organización espacial de las áreas no favorece un flujo continuo ni un

aprovechamiento eficiente del espacio y del esfuerzo del personal. Por ello, se identifica la necesidad de analizar y rediseñar la distribución actual de la planta, apoyándose en metodologías de planificación sistemática como el Systematic Layout Planning (SLP) y herramientas de simulación, con el fin de optimizar los desplazamientos, equilibrar las cargas de trabajo y reducir los tiempos improductivos[1].

2.2 Formulación del Problema

¿Cómo puede mejorar el rediseño de la distribución de planta, a través de la implementación de la metodología SLP y herramientas de simulación en FlexSim, puede mejorar con los (KPI) del proceso productivo en la empresa IPMATOAH S.A.S., tales como la reducción de los recorridos de materiales, la disminución del tiempo de ciclo de los procesos, el incremento de la productividad y el aumento de la producción diaria de pacas de papel higiénico?

2.3 Objeto campo de acción

2.3.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio es el rediseño de la distribución de planta en la empresa IPMATOAH.

2.3.2 Campo de acción

Tabla 2.1 Campo de acción[2] .

| | |
|----------------|------------------------------|
| 3310 | Tecnología Industrial |
| 3310.05 | Ingeniería de Procesos |

2.4 Beneficiarios

2.4.1 Beneficiario Directo

Los beneficiarios directos de la investigación son los clientes principales, socios, gerente y jefe de producción y un total de 9 personas.

2.4.2 Beneficiario Indirecto

Como beneficiarios indirectos tiene a los operarios de producción, el personal de empaque, quienes experimentan mejoras en la organización del trabajo y en los procesos operativos. También se incluyen los proveedores de materia prima, transportistas o distribuidores y la comunidad cercana a la empresa, con un total de 45 personas.

En la figura 2.1, se realizó el Mapa Stakeholders donde se muestra los beneficiarios directos e indirectos de la empresa IPMATOHA S.A.S., de una forma más representativa y visual.



Figura 2.1 Mapa de Stakeholders de la empresa IPMATOHA S.A.S.

2.5 Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de mejorar los procesos en la empresa IPMATOAH S.A.S., dedicada a la fabricación de papel higiénico en la ciudad de Latacunga. Actualmente, la empresa presenta dificultades relacionadas con la distribución de su planta productiva, lo que genera recorridos innecesarios de materiales, tiempos improductivos que afectan el flujo frente a la demanda. Ante esta situación, resulta necesario analizar la organización actual de los procesos y plantear alternativas que permitan optimizar el uso del

espacio, mejorar la secuencia de operaciones y reducir los tiempos de traslado dentro del sistema productivo.

En el ámbito empresarial, la investigación se justifica porque el rediseño de la distribución de planta permitirá mejorar indicadores de desempeño como la productividad, los tiempos de ciclo y el flujo de materiales, contribuyendo a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y a una mayor eficiencia en las operaciones de la empresa. Además, la aplicación de metodologías de ingeniería industrial como Systematic Layout Planning (SLP), el método CORELAP y herramientas de simulación como FlexSim permitirá evaluar de manera técnica diferentes alternativas de redistribución antes de su implementación, reduciendo riesgos y facilitando la toma de decisiones dentro de la organización.

Desde un punto vista académico, el estudio permite aplicar conocimientos teóricos relacionados con la distribución de planta, la medición del trabajo y la simulación de procesos productivos, fortaleciendo las competencias analíticas y metodológicas propias de la Ingeniería Industrial. Asimismo, la investigación contribuye al desarrollo del sector manufacturero local al proponer soluciones técnicas orientadas a la mejora continua de los procesos productivos, lo que puede favorecer la competitividad de la empresa, la generación de empleo y el fortalecimiento en la región [3].

2.6 Objetivos

2.6.1 Objetivo General

Proponer el rediseño de la distribución de planta en la empresa IPMATOAH S.A.S., ubicada en Latacunga Ecuador, mediante la aplicación de la metodología (SLP) y el uso del software FlexSim, con el propósito de un flujo adecuado de materiales en la organización del proceso productivo.

2.6.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de la empresa, mediante el levantamiento de los procesos productivos, flujos de materiales, maquinaria y áreas físicas disponibles, para la identificación de las ineficiencias operativas y oportunidades de mejora.
- Diseñar una propuesta de distribución de planta, aplicando principios y factores básicos de la distribución industrial, para el incremento de la productividad y la reducción de tiempos de traslado.

- Simular la distribución de procesos propuestos, utilizando la herramienta de modelado y simulación Flexim, para la evaluación de su viabilidad, comparando su desempeño frente a la distribución actual.

2.7 Sistema de Tareas

Tabla 2.2 Sistema de Tareas.

| Objetivos específicos | Actividad (tarea) | Resultado esperado | Técnicas, Medios e Instrumento |
|---|--|---|---|
| Analizar el estado actual de la empresa, mediante el levantamiento de los procesos productivos, flujos de materiales, maquinaria y áreas físicas disponibles, para la identificación de las ineficiencias operativas y oportunidades de mejora. | <ul style="list-style-type: none"> • Levantamiento de información de los procesos operativos y recursos físicos de la planta. • Elaboración del diagrama de flujo y cursograma analítico de los procesos de producción. | Diagnóstico técnico del estado actual de la planta, identificando oportunidades de mejora en los flujos de trabajo y uso del espacio. | Observación directa, diagramas de flujo, cursogramas, registro fotográfico. |
| Diseñar una propuesta de distribución de planta, aplicando principios y factores básicos de la distribución industrial, para el incremento de la productividad y la reducción de tiempos de traslado. | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y el software CORELAP para generar alternativas de redistribución. • Identificación de la ubicación de los procesos. Elaborar planos del nuevo Layout | Diseño de una propuesta de redistribución de planta que optimiza la productividad, reduce tiempos y mejora la eficiencia operativa. | Software AutoCAD, método SLP, software CORELAP, análisis de relaciones de cercanía. |
| Simular la distribución de procesos propuestos, utilizando la herramienta de modelado y simulación Flexim, para la evaluación de su viabilidad, comparando su | <ul style="list-style-type: none"> • Simulación de la planta actual y la propuesta en el software FlexSim. • E simulaciones para comparar los tiempos de desempeño entre ambas configuraciones. | Comparación de la simulación de la distribución que demuestra la mejora en tiempos de proceso, recorridos y productividad mediante la simulación. | Software FlexSim, modelado, comparación de escenarios. |

desempeño frente a la distribución actual.

- Análisis de los resultados obtenidos para validar.
-

2.8 Fundamentación Teórica

2.9 Temática Amplia

2.9.1 Antecedentes

El diseño de la distribución de planta constituye un elemento estratégico en la organización de cualquier proceso productivo, pues determina la eficiencia del flujo de materiales, la utilización del espacio general de la empresa. En el estudio de se propone una reconfiguración del layout de una curtiembre con el objetivo de mejorar la secuencia operativa y reducir distancias y tiempos improductivos. Para ello, los autores combinan un análisis diagnóstico del estado actual de la planta con una metodología sistemática de planificación del layout, lo que permite identificar relaciones funcionales entre áreas y priorizar la cercanía de procesos con alto intercambio de materiales [4].

El enfoque empleado parte de un diagnóstico detallado de las operaciones y de los flujos internos, donde se detectaron deficiencias típicas recorridos innecesarios, cruces de flujo y cuellos de botella que afectan negativamente el rendimiento. Con base en ese diagnóstico se diseñó una alternativa de distribución basándose en criterios de continuidad de flujo y en principios de Systematic Layout Planning (SLP), orientados a minimizar manipulaciones, facilitar el tránsito interno y optimizar el uso del espacio disponible [5].

Para validar la propuesta de redistribución, los autores recurrieron a la simulación por medio del software FlexSim, herramienta que permite reproducir virtualmente el comportamiento del sistema bajo distintos escenarios. La simulación permitió comparar indicadores clave tiempos totales de proceso, tiempos de espera, distancias recorridas y utilización de recursos entre el layout existente y la alternativa propuesta. Los resultados mostraron mejoras relevantes en la eficiencia operativa, con reducciones en tiempos de transporte y espera, así como un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada [6].

El estudio evidencia además el valor de la simulación como instrumento de ingeniería de planta: al contrastar múltiples configuraciones en un entorno virtual se minimizan riesgos asociados a

la implementación física de cambios y se optimiza la asignación de recursos. En este sentido, la integración de herramientas de planificación (SLP) con técnicas de simulación ofrece una vía robusta para el rediseño de plantas industriales, favoreciendo procesos más ágiles, seguros y económicamente viables.

En el presente estudio [7] se aplicó la metodología de análisis de tiempos que aplica el criterio de General Electric para establecer cuantas observaciones se requieren en cada subproceso productivo. A partir de un tiempo de ciclo preliminar de 13,22 minutos (793,40 segundos) para la fabricación de la pantufla básica, se establecieron 8 observaciones conforme a la tabla de General Electric. Posteriormente, mediante la valoración del método Westinghouse tiene un factor de desempeño aproximado de 1,17, lo que permitió calcular definitivos. Estableció la capacidad de producción con estos resultados por modelo, evidenciándose que para una jornada laboral de 8 horas se pueden producir 26 pares diarios del modelo “básica” (18,32 min/par), 49 pares del modelo “sueca” (9,89 min/par), 18 pares del modelo “bota” (26,32 min/par), 26 pares del modelo “zapato velcro” (18,29 min/par) y 26 pares del modelo “mocasín” (18,18 min/par). Asimismo, el análisis permitió identificar como cuellos de botella los procesos de aparado y bordado debido a su menor capacidad productiva, lo que llevó a proponer la estandarización del método de trabajo y la elaboración de un compendio de con el objetivo de aumentar la capacidad de procedimientos para el sector de aparado, producción y optimizar la planificación y supervisión de la producción. El trabajo [8] tuvo como objetivo mejorar la organización del área productiva por medio de la implementación del método denominado Systematic Layout Planning (SLP). Se analizaron las áreas de trabajo, utilizando herramientas como diagramas de flujo, análisis de relaciones de actividades y evaluación de alternativas de distribución. Como resultado, la redistribución propuesta permitió reducir el recorrido de materiales y generar un ahorro anual en costos, además de mejorar el flujo productivo mediante una distribución en forma de “U”. Asimismo, el análisis económico determinó la viabilidad del proyecto con un VAN de \$7.323,69 y una TIR de 18,32%, evidenciando y contribuye significativamente a la eficiencia operativa y económica de la empresa.

En su propuesta, los autores emplearon el método CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) para establecer relaciones de cercanía entre las distintas áreas de la planta, priorizando la secuencia lógica de operaciones y minimizando las distancias de traslado. Sin embargo, reconocieron que este método, por sí solo, no siempre captura la complejidad y la

incertidumbre propias de las decisiones industriales, por lo que lo complementaron con herramientas de inteligencia artificial y análisis multicriterio [9].

La investigación titulada [10] tuvo como objetivo analizar y mejorar la eficiencia operativa del proceso de curtido de cuero a través del rediseño del layout de la planta. Para ello se aplicaron herramientas de ingeniería industrial como la metodología Systematic Layout Planning (SLP), análisis de flujo de materiales y simulación computacional mediante el software FlexSim, lo que permitió evaluar diferentes alternativas de distribución. Como resultado del estudio, se desarrollaron cuatro propuestas de rediseño del layout, determinándose que la alternativa B era la más viable al cumplir con las restricciones físicas de la planta y mejorar el flujo de materiales. La propuesta permitió reducir aproximadamente un 18% los costos asociados al flujo de materiales, además de disminuir los recorridos innecesarios dentro de la planta y optimizar la interacción entre áreas productivas. Asimismo, mediante la simulación se identificaron cuellos de botella en los procedimientos de pelambre y curtido, que necesitan 72 y 24 horas respectivamente para procesar un lote de producción, permitiendo plantear mejoras para incrementar la eficiencia del sistema productivo y cumplir con la demanda establecida.

El resultado fue un modelo híbrido flexible y adaptativo, capaz de generar distribuciones de planta más precisas y realistas que las obtenidas por métodos tradicionales. La aplicación del marco propuesto en una planta de producción de madera laminada demostró reducciones significativas en las distancias de transporte, en el tiempo total de producción y en el consumo de energía, además de un mejor aprovechamiento del espacio y una mayor seguridad operativa.

En el país existen varios estudios sobre el estudio de procesos en la ciudad de Madrid, el investigador elaboro su tesis de grado, llamado Modelado y mejoramiento de procesos industriales con la herramienta Flexsim, tuvo como estudio de caso en la empresa real, objetivo examinar, asesorar y mejorar los procedimientos de producción. Por medio de la utilización de tecnologías sofisticadas, además de datos temporales, el autor examino cuellos de botella, la información financiera y el proceso actual a través de la simulación.

El trabajo de titulación [11] tuvo como objetivo analizar y optimizar el proceso productivo de la compañía a través de la utilización de instrumentos del análisis del trabajo. La investigación utilizó una metodología teórica-práctica basada en observación directa, cronometraje de operaciones y análisis de los procesos productivos, complementado con herramientas como diagramas de flujo, esquemas para la evaluación del proceso y la aplicación de la metodología 5S con el objetivo de optimizar el ordenamiento en los espacios laborales. A partir del estudio

realizado se identificaron problemas como movimientos innecesarios, tiempos improductivos, desorden en los puestos de trabajo y cuellos de botella en la actividad de confección de pantalones. Como resultado de la propuesta de mejora, se logró reducir el tiempo de fabricación de un pantalón en aproximadamente un 14%, además de mejorar la organización, limpieza y seguridad en las áreas de trabajo, lo que permitió incrementar la productividad de la empresa para mejorar el uso de los recursos disponibles.

En el desarrollo del estudio, los autores realizaron un análisis del layout existente, identificando problemas como recorridos excesivos de materiales, ineficiencias en la secuencia de operaciones y subutilización del espacio. Posteriormente, aplicaron la metodología SLP, que permitió determinar relaciones de proximidad funcional entre las áreas productivas y establecer una secuencia de trabajo más lógica y eficiente[12].

Las investigaciones evidenciaron que la incorporación de SLP posibilitó la disminución de tiempos de transporte y espera, perfeccionar la utilización del espacio disponible y mejorar la productividad general de la planta. Además, se evidenció que una planificación sistemática del layout contribuye a una mayor coordinación entre áreas, reducción de desperdicios y mejor control de los procesos, aspectos fundamentales para la operación de PyMEs del sector textil[13].

2.9.2 Estado de arte

La investigación realizó un estudio de métodos y tiempos [14], enfocado en el proceso de empaque de papel regalo y cartulina plana, con el objetivo de establecer tiempos estándar y mejorar la productividad del área de producción. A partir del análisis de las operaciones y el cronometraje de las actividades, se determinó que el tiempo promedio observado para el empaque del papel regalo fue de aproximadamente 44,6 (s), mientras que para la cartulina plana fue de 34,55 (s), evidenciando diferencias en la complejidad de los procesos. El estudio permitió identificar que gran parte de las actividades eran manuales y dependían de la habilidad del operario, lo que generaba variaciones en el desempeño. Como resultado, se propusieron mejoras como la implementación de máquinas contadoras y equipos de empaque para reducir tiempos, minimizar errores y optimizar el flujo de trabajo, permitiendo así establecer tiempos estándar que facilitan la planificación de la producción y el control de la eficiencia operativa.

El trabajo [15] efectuada en la Provincia de Riobamba, tuvo como objetivo “optimizar la línea de producción en la empresa Neymatex considerando el análisis del estudio de tiempos y

movimientos para amentar la productividad de la empresa”. Utilizó una metodología de investigación aplicada con diseño no experimental y orientación cuantitativa, utilizando como instrumento la aplicación Flexim. Los resultados muestran que hay movimientos ineficientes en la elaboración, en la búsqueda de materia prima en el almacén, en el transporte a largas distancias y en los tiempos de espera. Esto subraya una subutilización de recursos. Los autores llevaron a cabo una simulación utilizando Flexim, lo que permitió perfeccionar recursos y aumentar la producción de cinco lotes diarios a once, manteniendo los horarios.

El autor [16] empleó una propuesta de rediseño en los sistemas productivos orientado a textiles por medio de instrumentos digitales creados para imitar los procesos de producción, integrando la modelación, el análisis y la visualización de datos. Se utilizó un enfoque de investigación descriptivo y exploratorio en el estudio. Los hallazgos destacan que, en la actualidad, las empresas utilizan sistemas de producción automatizados, los cuales son impulsados por el progreso tecnológico continuo que ocurre en un ambiente de gran competencia, exigido por los mercados para asegurar su permanencia. Por lo tanto, numerosas compañías deciden utilizar software de simulación, sacando partido a la inteligencia artificial y a las habilidades tecnológicas de estas herramientas para crear y modelar una variedad de sistemas productivos. Estas soluciones posibilitan la evaluación de posibles cambios futuros, previendo situaciones relacionadas con la demanda, el desarrollo de los productos y otras eventualidades en el ámbito empresarial. De esta manera, se promueve una mejora constante al facilitar la integración de las compañías con la tecnología y su evolución incesante.

La investigación demostró que el rediseño físico de la fábrica de Foamy Eva en la compañía Plástica Industrial S.A. permitió mejorar la productividad del proceso productivo. Mediante el análisis de productos con el método ABC, el estudio de tiempos y la aplicación del método SLP, se diseñó una nueva distribución con flujo flexible que posteriormente fue validada mediante simulación en FlexSim 2019. Los resultados mostraron un incremento de una producción semanal de hasta 200,64 unidades en el grupo inicial de productos y 155,04 unidades en el segundo, lo que representa mejoras del 3,41 % y 5,79 % respectivamente. Además, se estimó que este aumento generaría una utilidad anual aproximada de \$4.097,43, con un periodo de recuperación de la inversión de 60 meses y 11 días, confirmando que la propuesta mejora la eficiencia del proceso productivo[17].

La investigación desarrolló un modelo de programación de producción basado en simulación para analizar y optimizar el rendimiento de la línea de papel institucional en una empresa

manufacturera. Mediante el uso del software FlexSim se modeló el sistema productivo real y se evaluaron siete estrategias de programación considerando variables como capacidad de producción, inventario en proceso y utilización de estaciones de trabajo. Los resultados mostraron que el modelo simulado reprodujo con alta precisión el comportamiento del sistema real, con un error de solo 0,017 %, validando su confiabilidad para la toma de decisiones. A partir de los escenarios analizados, la estrategia de arranque escalonado de 8 horas resultó ser la más eficiente, logrando un incremento del 6,34 % en la capacidad de producción respecto a la situación actual, además de mejorar la utilización de recursos y reducir interrupciones en la línea productiva. Estos resultados evidencian La implementación de modelos de simulación en la programación de la producción posibilita mejorar el desempeño del sistema y respaldar la toma de decisiones estratégicas en ambientes industriales.[18].

2.9.3 Marco Referencial

2.9.3.1 Distribución de Plantas

La distribución en planta se refiere a la disposición más eficiente y óptima de los departamentos, las máquinas y los equipos para conseguir el mayor desempeño y coordinación posibles en una planta específica. Para todas las empresas, es esencial que comprendan los diferentes desafíos relacionados con el diseño y la distribución de la planta. Creando áreas como Recepción de la materia prima, tubera, bobinado, cortadora, etiquetado y enfundado y sellado y empaçado Este tipo de organización es muy beneficioso cuando se producen lotes pequeños o productos diversos, porque brinda una gran adaptabilidad y posibilita la atención a cambios constantes en el diseño o la cantidad producida[19].

2.9.3.2 Tipos de distribución

La distribución por componentes principal fijo se aplica cuando el material que debe ser producido permanece en un solo lugar dentro de la fábrica, lo que significa que todo el equipo necesario, incluyendo maquinaria y mano de obra, se transporta hasta ese sitio. Cuando el producto es de gran volumen y peso, y se producen solo unas pocas unidades, como en la fabricación de motores grandes o en la de aviones y barcos, se usa este tipo de distribución. [20].

La distribución por proceso es un método que se usa a menudo cuando se produce una amplia variedad de productos que necesitan el mismo equipo y la cantidad de cada producto es

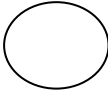

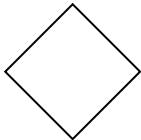
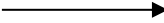
relativamente pequeña. Este es el caso en fábricas de tejidos e hilados, talleres de mantenimiento e industrias textiles. [21].

La distribución por proceso es un método que se aplica frecuentemente cuando se fabrican productos diversos que requieren el mismo equipo y la producción de cada uno es relativamente escasa. Este es el escenario en fábricas de hilos y tejidos, talleres de mantenimiento e industrias que se dedican a la producción textil. [22].

2.9.3.3 Diagrama de flujo

Para representar las rutas, los procesos y los lugares donde se almacenan los datos desde que ingresan a un sistema hasta que salen, se emplean símbolos gráficos. La tabla 2.3 presenta este modelo visual, que sirve para que los expertos detecten maneras de optimizar la eficacia y la eficiencia de los procesos y sistemas actuales.

Tabla 2.3 Símbolos Gráficos del diagrama de flujo.

| Símbolo | Nombre | Descripción |
|---|-----------------|--|
|  | Inicio/Fin | Indica el inicio o fin de un proceso |
|  | Actividad | Describe una operación |
|  | Decisión | Señala un punto de decisión dentro del proceso, las salidas suelen ser del tipo "sí/no". |
|  | Flecha de flujo | Establecer la orden lógica de las actividades o procesos |

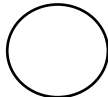

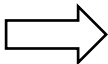

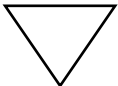
2.9.3.4 Cursograma sinóptico de los procesos

Es una representación gráfica que muestra el orden de las operaciones e inspecciones más relevantes de un trabajo o procedimiento, sin entrar en aspectos como quién las lleva a cabo o los tiempos y distancias que intervienen. Su función fundamental es ofrecer una visión general del flujo de actividades para determinar la ruta básica que toma un producto o tarea, actuando como un primer paso hacia un análisis más detallado con un cursograma analítico.

2.9.3.5 Cursograma analítico de los procesos

Se trata de una representación gráfica de un proceso que emplea símbolos concretos para documentar las tareas que llevan a cabo un operario, material o equipo. Esto se presenta en la tabla 2.4

Tabla 2.4 Cursograma analítico del Proceso.

| Símbolo | Nombre | Descripción |
|---|--------------------|--|
|  | Operación (acción) | Indica un procedimiento, método o una etapa principal del proceso. |
|  | Inspección | El cuadro se refiere a las tareas de evaluación o verificación que pueden ser utilizadas para la calidad, el volumen de productos, materiales o cualquier otra característica. |
|  | Transporte | La flecha hacia delante significa movimiento, el mismo puede ser de personas, materiales, equipos y/o información |
|  | Demora | Demora en la realización de una operación que obstaculiza el progreso de la actividad subsiguiente. |
|  | Almacenamiento | Se presenta cuando un producto está inmóvil |

2.9.3.6 Medición de trabajo

El propósito de este estudio es calcular la duración que un empleado le dedica a ejecutar una tarea específica, con el fin de determinar un tiempo estándar. La relevancia de medir el trabajo en una entidad enfocada en disminuir los períodos improductivos.

2.9.3.7 Técnicas de la medición del trabajo

Los métodos que se presentan para la elaboración del estudio pueden ser directos, como: Análisis de tiempos con cronómetro, muestreo del trabajo, mientras que indirectamente son: Cálculos aproximados, datos estándar y sistemas de tiempo establecidos.

- **Monitoreo del tiempo:** Cada tarea ejecutada se llama unidad, y el seguimiento del tiempo contabiliza cuántas horas o minutos se requieren para terminar las unidades. Para monitorear el tiempo, se requiere observación directa, un instrumento de medición del

tiempo (como un cronómetro o temporizador) y un registro minucioso. Por ejemplo, para tener la información organizada y disponible, este registro debe sistematizarse usando una hoja de cálculo.

- **Método de síntesis:** En este caso, cada actividad o trabajo de la unidad laboral se fracciona en partes y posteriormente se lleva a cabo un seguimiento del tiempo para cada una. Esto posibilita un examen más exhaustivo del proceso y hace más fácil identificar las fallas en el sistema de producción.
- **Medición analítica:** Este método se emplea para calcular el tiempo de las tareas más prolongadas y no repetitivas, como las de investigación. Algunas tareas inherentes al proceso de investigación, como lo son la lectura, el trabajo de campo, los experimentos y la evaluación de resultados, pueden ser divididas en este caso.

2.9.3.8 Estudio de tiempo

Es el método empleado para evaluar el tiempo necesario para que un trabajador calificado complete una tarea específica, siguiendo el procedimiento establecido y trabajando a un ritmo habitual de desempeño[23].

2.9.3.9 Requerimientos del estudio de tiempo

- Responsabilidad de los operarios, el analista, el supervisor y la organización.
- Equipo para la investigación: cámara de video, cronómetro, tablero y formatos para el estudio de tiempos.

2.9.3.10 General Electric

La General Electric es una referencia para determinar las dimensiones de la muestra. Se basa en la cantidad total de minutos por ciclo y calcula un valor medio para cada operación, así como el número de observaciones que se recomienda, tal como se muestra en la tabla. 2.5

Tabla 2.5 Procedimiento del estudio de tiempos [24].

| Tiempo de ciclo (min) | Numero de observaciones recomendadas |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 0,10 | 200 |
| 0,25 | 100 |
| 0,50 | 60 |
| 0,75 | 40 |
| 1,00 | 30 |
| 2,00 | 20 |

| | |
|---------------|----|
| 4,00 – 5,00 | 15 |
| 5,00 – 10,00 | 10 |
| 10,00 – 20,00 | 8 |
| 20,00 – 40,00 | 5 |
| Mas de 40,00 | 3 |

2.9.3.11 Valoración del ritmo de trabajo

La finalidad de la valoración es determinar cuánto tiempo emplea un trabajador en una tarea, considerando factores que impactan el ambiente de trabajo y que sirvan como base realista para planificar y supervisar la producción. Como se puede apreciar en la tabla 2.6, estos componentes son parte del método Westinghouse: capacidad y esfuerzo, condiciones y consistencia. De estos, los dos primeros son los más relevantes para el análisis.

- **Habilidad:** Es la capacidad de seguir un método establecido sin que el operario lo modifique.
- **Esfuerzo:** Es el deseo de trabajar, limitado por la capacidad del trabajador.
- **Condiciones:** Las que impactan al trabajador, pero no al procedimiento de trabajo, como la temperatura, la iluminación y la ventilación.
- **Consistencia:** Es preferible corregir los valores de tiempo que realiza el operario y que se repiten constantemente.

Tabla 2.6 Valoración del ritmo de trabajo [25].

| Habilidades | | | Esfuerzo | | |
|--------------------|------------|-------|---------------------|-------------|-------|
| A1 | Habilísimo | 0,15 | A1 | Excesivo | 0,13 |
| A2 | | 0,13 | A2 | | 0,12 |
| B1 | Excelente | 0,11 | B1 | Excelente | 0,1 |
| B2 | | 0,08 | B2 | | 0,08 |
| C1 | Bueno | 0,06 | C1 | Bueno | 0,05 |
| C2 | | 0,03 | C2 | | 0,02 |
| D | Promedio | 0 | D | Promedio | 0 |
| E1 | Regular | -0,05 | E1 | Regular | -0,04 |
| E2 | | -0,1 | E2 | | -0,08 |
| F1 | Deficiente | -0,15 | F1 | Deficiente | -0,12 |
| F2 | | -0,22 | F2 | | -0,17 |
| Condiciones | | | Consistencia | | |
| A | Ideales | 0,06 | A | Perfecto | 0,04 |
| B | Excelente | 0,04 | B | Excelente | 0,03 |
| C | Buena | 0,02 | C | Buena | 0,01 |
| D | Promedio | 0 | D | Promedio | 0 |
| E | Regulares | -0,03 | E | Regulares | -0,02 |
| F | Malas | -0,07 | F | Deficientes | -0,04 |

2.9.3.12 Tiempo normal (TN)

El tiempo que un operario calificado necesita para finalizar una tarea a un ritmo normal, sin interrupciones ni cansancio.

2.9.3.13 Tiempo estándar (TS)

El tiempo que se necesita para completar esta misma tarea, incluyendo factores de corrección como márgenes de tolerancia para descansos personales, recuperaciones y pequeños contratiempos inevitables como se aprecia en la ecuación 2.1, con el fin de mostrar un desempeño sostenible a través del tiempo.

Ecuación 2.1 Tiempo estandar (Ts).

$$\text{Tiempo Estandar} = \text{Tiempo Normal} \times (1 + \text{Suplementos}) \quad (2.1)$$

2.9.3.14 Suplementos (S)

Los suplementos son tiempos esenciales que deben ser considerados dentro del contenido laboral. Estos suplementos constituyen un segmento del día laboral que se dedica a la recuperación o al descanso, a atender necesidades individuales y a áreas de contingencia para permitir que el trabajador pueda seguir realizando su labor con normalidad, esto se observa en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Suplementos de la OIT[26].

| Suplementos de la OIT | | |
|---|----------|----------|
| 1. Suplementos constantes | | |
| | H | M |
| A. Suplementos por necesidades personales | 5 | 7 |
| B. Suplementos por fatiga | 4 | 4 |
| 2. Suplementos variables | | |
| | H | M |
| A. Suplementos por trabajar de pie | 2 | 4 |
| B. Suplementos por postura anormal | | |
| • Ligeramente incomoda | 0 | 1 |
| • Incomoda (inclinada) | 2 | 3 |
| • Muy incómoda (echado, estirado) | 7 | 7 |
| C. Uso de fuerza/energía muscular (levantar, tirar, empujar) | | |
| • Peso levantado en kg | | |

| | | |
|---|----|------|
| • 2,5 | 0 | 1 |
| • 5 | 1 | 2 |
| • 10 | 3 | 4 |
| • 25 | 9 | 20 |
| • 35,5 | 22 | máx. |
| D. Intensidad de luz | | |
| • Ligeramente por debajo de potencia calculada | 0 | 0 |
| • Bastante por debajo | 2 | 2 |
| • Absolutamente insuficiente | 5 | 5 |
| E. Calidad de aire (factores climáticos inclusive) | | |
| • Buena ventilación o al aire libre | 0 | 0 |
| • Mala ventilación, pero sin emisiones toxicas ni nocivas | 5 | 5 |
| • Proximidades de hornos, calderas, etc. | 5 | 5 |
| F. Tensión visual | | |
| • Trabajos de cierta precisión | 0 | 0 |
| • Trabajos de precisión o fatigosos | 2 | 2 |
| • Trabajos de gran precisión o muy fatigosos | 5 | 5 |
| G. Tensión auditiva | | |
| • Sonido continuo | 0 | 0 |
| • Intermitente fuerte | 2 | 2 |
| • Intermitente muy fuerte | 3 | 3 |
| • Estridente y fuerte | 5 | 5 |
| H. Tensión mental | | |
| • Proceso bastante complejo | 1 | 1 |
| • Proceso complejo o atención dividida | 4 | 4 |
| • Muy complejo | 8 | 8 |
| I. Monotonía mental | | |
| • Trabajo algo monótono | 0 | 0 |
| • Trabajo bastante monótono | 1 | 1 |
| • Trabajo muy monótono | 4 | 4 |

J. Monotonía física

| | | |
|-------------------------|---|---|
| ● Trabajo algo aburrido | 0 | 0 |
| ● Trabajo aburrido | 2 | 1 |
| ● Trabajo muy aburrido | 5 | 2 |

2.9.3.15 Gestión por procesos

La implementación de la gestión por procesos se ha vuelto significativa para las entidades, ya que hay un impulso hacia el desarrollo y la mejora competitiva de las organizaciones. Además, ha dejado de ser una práctica informal para convertirse en un componente esencial de las operaciones empresariales. Para entender mejor la gestión por procesos, es relevante saber qué es un proceso. Este se define como un grupo de actividades y procedimientos que se relacionan entre sí de manera lógica, conjunta y secuencial para convertir los insumos en una salida que satisfaga una necesidad concreta.

2.9.3.16 Método ABC

El método ABC consiste en dividir el inventario en tres categorías siguiendo un criterio, generalmente el valor del inventario: la A será la más relevante, después de la B y, por último, la C. Los artículos se clasifican según su uso monetario para que los encargados de la empresa tengan la posibilidad de tomar decisiones más acertadas.

2.9.3.17 El principio de Pareto y los grupos A, B y C

El análisis ABC se basa en el conocido principio de Pareto (regla 80-20) que en el caso del inventario determina que el 20 % de los artículos representan el 80 % del valor. Veamos detenidamente en qué consisten cada una de las categorías del ABC de inventarios:

- Grupo A: Cerca del 20 % de las referencias del inventario pertenecen a esta categoría, y su valor equivale al 80 %. Estos productos serán esenciales tanto para controlar como para decidir.
- Grupo B: En esta categoría se ubica el 30% de las referencias, que representan el 15% del valor total del inventario. Se encuentran en un lugar medio y necesitan menos supervisión que los del grupo A.
- Grupo C: La mitad de las referencias que constituyen el 5 % del valor del inventario. Son artículos muy diversos que generalmente son más baratos que los de las categorías A y B.

Por Efectivamente, estos porcentajes no aparecen en todos los inventarios, sino que son aproximaciones de una situación muy habitual en las compañías: una porción reducida de las referencias es la que contribuye con mayor valor al inventario. En resumen, es necesario realizar un seguimiento más detallado de los artículos del grupo A en comparación con los del B y C.

2.9.3.18 Software CORELAP

El Software CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) es un algoritmo de construcción. La meta es crear una distribución que mantenga a los departamentos con mayor relación de cercanía lo más cerca que se pueda. Las relaciones de cercanía (CR_{ij}, Closeness Rating) establecen la conveniencia de situar pares de departamentos u operaciones próximos entre ellos. Las siguientes definiciones son comunes en las calificaciones[9].

Corelap 01 es una aplicación diseñada para planificar la distribución de Áreas, Zonas y departamentos en ambientes industriales, esta herramienta permite al usuario definir el número de áreas a distribuir, el espacio que ocuparán y las relaciones de afinidad o cercanía entre ellas. El programa calcula de forma automática la mejor disposición posible, priorizando la proximidad entre áreas que así lo requieran según criterios definidos por el usuario. Corelap 01 destaca por su interfaz sencilla y la facilidad para introducir datos para la visualización de resultados tabulados como de una representación gráfica de la distribución[9].

- A Absolutamente importante
- E Especialmente importante
- I Importante
- Importancia ordinaria (OK)
- U No importante (Unimportant)
- X Indeseable

El método consiste en determinar una calificación total de cercanía para cada departamento. Por ende, es imprescindible asignar un valor numérico a cada vínculo de cercanía. CORELAP emplea una escala numérica arbitraria para cada relación de cercanía. Los valores que se emplean son los siguientes: A = 6, I = 4, O = 3, U = 2, E = 5, X = 1.

2.9.3.19 Software Flexsim

Es un software potente y sencillo para modelar simulaciones. Un motor de simulación rápido y exacto está detrás de controles de arrastrar y soltar, listas desplegables y muchas otras funciones

intuitivas que posibilitan que cualquier persona genere un modelo. Todas las simulaciones se realizan en escala y se muestran a través de visualizaciones en 3D, lo que ayuda a detectar cuellos de botella en la línea de producción o cualquier otra falla del sistema. FlexSim además brinda la información requerida para que los encargados de tomar decisiones puedan corroborar sus observaciones., con impresionantes informes y análisis estadísticos integrados en el software[27].

2.9.3.20 Características de FlexSim

- FlexSim es un software de simulación tridimensional que comprende y optimiza cualquier sistema o procedimiento industrial y logístico, convirtiendo los datos disponibles en la compañía en pronósticos exactos mediante un gemelo digital.
- La finalidad de la simulación es examinar y optimizar el proceso, a través de pruebas con variables como tiempos, ubicaciones, capacidades y velocidades.
- FlexSim ofrece la capacidad de añadir variabilidad estadística a los modelos, además de funciones para secuenciar, planificar y dimensionar recursos.

2.9.3.21 Método de Guerchet

Se utiliza para calcular de manera precisa el área total requerida en la distribución de plantas industriales y zonas de producción.

3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se llevo a cabo una investigación aplicada, ya que busca solucionar un problema real identificado en la empresa IPMATOAH S.A.S., relacionado con la ineficiencia en la distribución de la planta y el flujo productivo. El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se realiza el análisis de tiempos de los procesos, la productividad y resultados obtenidos mediante el uso del software FlexSim. Tiene un alcance descriptivo ya que permite describir la situación actual de la distribución de planta y, posteriormente, explicar cómo la propuesta de rediseño contribuye a mejorar el desempeño del sistema productivo. Finalmente, la investigación se desarrolla bajo la modalidad de estudio de caso, al centrarse en una empresa específica, lo que posibilita un análisis detallado y contextualizado de la problemática y de la propuesta de mejora planteada.

3.1 Información general de la empresa

IPMATOAH S.A.S. es una sociedad anónima simplificada ecuatoriana, fundada el 14 de marzo del 2022 por la iniciativa de cuatro hermanos como respuesta a las consecuencias económicas y sociales derivadas de la pandemia del COVID-19, tales como el desempleo, la inflación y la necesidad de generar nuevas oportunidades de negocio. Este emprendimiento nace con el objetivo de marcar un precedente para las futuras generaciones y aportar al desarrollo productivo del país.

La empresa está legalmente constituida bajo el régimen de sociedades mercantiles y comerciales del Ecuador, dentro del modelo societario de Sociedades Anónimas Simplificadas (S.A.S.), vigente desde el 28 de febrero del 2021 como se observa en la figura 1, el cual facilita la formalización de pequeños negocios y fomenta la generación de empleo.

Los productos son comercializados bajo la marca registrada “AMIGO” y, adicionalmente, la empresa presta servicios de maquila para diversas marcas a nivel nacional, entre ellas: Azulito, Faby Fresh, La Cubanita, Suavecito y Mar Azul. Con un firme compromiso hacia la calidad, la higiene y la satisfacción del cliente, IPMATOAH S.A.S. busca posicionarse como una empresa confiable y competitiva en el mercado, ofreciendo soluciones efectivas y adaptadas a las necesidades de sus clientes, figura 3.1







Figura 3.1 Ubicación de la empresa IPMATOAH S.A.S.

Información de los productos

Como se puede observar, la empresa se especializa en la producción de papel higiénico y limpión, siguiendo especificaciones cuidadosamente definidas para atender a distintos segmentos del mercado y ofrecer así productos de alta calidad. En la tabla 3.1

Tabla 3.1 Productos de la empresa

| PRODUCTOS | |
|--|---|
| El producto 1, que tiene 100 m de largo, 8.7 cm de ancho y un peso de 496 g, está diseñado para emplearse en situaciones donde se prefiera un formato más fácil de manejar. |  |
| Producto 2, que mide 180 metros de largo, 8.7 centímetros de ancho y pesa 541.67 gramos, es una opción más larga, apta para requerimientos que exigen un abastecimiento ininterrumpido. |  |
| Producto 3, posee una longitud de 200 m, una anchura de 8,7 cm y un peso de 700 g, por lo que proporciona una opción fuerte para trabajos de más duración. |  |
| Producto 4, que lleva por nombre: 'Limpión' con un largo 300 m, 21 cm de ancho y 810 g de peso, se presenta como la opción más grande y robusta que se destina a los ambientes donde son necesarios altos consumos o un almacenamiento prolongado. |  |

3.2 Información de la Maquinaria

Bobinadora de papel

El objetivo principal de la bobinadora es convertir rollos de papel grandes en bobinas más pequeñas que cumplen con las especificaciones de productos como servilletas o papel higiénico, lo que mejora el proceso productivo. La máquina desempeña un papel esencial porque asegura que el material se enrolla, adecuándose a las variadas dimensiones y longitudes para garantizar una forma de empaquetado o procesamiento posterior, como puede observarse en la figura 3.2. Asimismo, el diseño de la máquina posibilita un trabajo adaptable y flexible, lo que contribuye a aumentar la calidad y eficacia de la producción.



(A) Bobinadora



(B) Panel de control

Figura 3.2 Bobinadora del proceso del Papel Higiénico.

Cortadora de papel

La cortadora utiliza cuchillas en cinta para dividir los rollos madre en rollos individuales con gran exactitud. Incorpora modificaciones a los parámetros que posibilitan la personalización de perforaciones y dimensiones, lo que permite cortar 24 rollos de 200 g cada uno por bastón, convirtiéndola en una opción perfecta para la fabricación eficaz de productos de papel, como se puede apreciar. En la figura 3.3



Figura 3.3 Cortadora del papel del proceso del Papel Higiénico.

Selladora de fundas

Como se muestra en la Figura 3.4, el equipo está creado para sellar los paquetes de rollos pequeños de papel higiénico; así, se garantiza que el empaque sea hermético y de calidad. Su

funcionamiento eficaz y exacto posibilita la protección del producto final, lo que a su vez facilita el almacenamiento y la distribución.



Figura 3.4 Selladora de fundas del proceso del papel higiénico.

Túnel refractario (horno)

El túnel de retracción reduce el plástico que recubre los rollos de papel higiénico, garantizando un embalaje compacto, hermético y bien presentado para su venta y distribución, como se observa en la figura 3.5. Su diseño mejora la calidad del embalaje, lo que a su vez protege el producto final y embellece su aspecto comercial.



Figura 3.5 Túnel refractario del proceso del papel higiénico.

Tubera artesanal

La función principal de la tubera artesanal es cortar y rebobinar papel Kraft en rollos, ya sea de forma automática o manual. Su construcción sólida, que emplea una estructura metálica y fusiona métodos tradicionales con un diseño funcional, ver en la Figura 3.6, hace posible la fabricación exacta de tubos de papel Kraft para múltiples usos.



Figura 3.6 Tubera artesanal del proceso del papel higiénico.

3.3 Layout actual

El diseño de la organización, creado con el objetivo de mejorar el flujo de trabajo y la distribución, ocupa alrededor de 360 metros cuadrados, tal como se puede ver en la figura 3.7. Dentro del mismo se encuentran los procesos funcionales, que incluyen la recepción de materias primas seguida por un almacén que sirven como puntos iniciales de almacenamiento, una sección central dedicada a producción la cual comprende control de calidad, confección y empaque para facilitar un flujo eficaz. Por último, está ubicada una zona inferior derecha destinada al almacenamiento de los productos terminados antes de ser distribuidos.

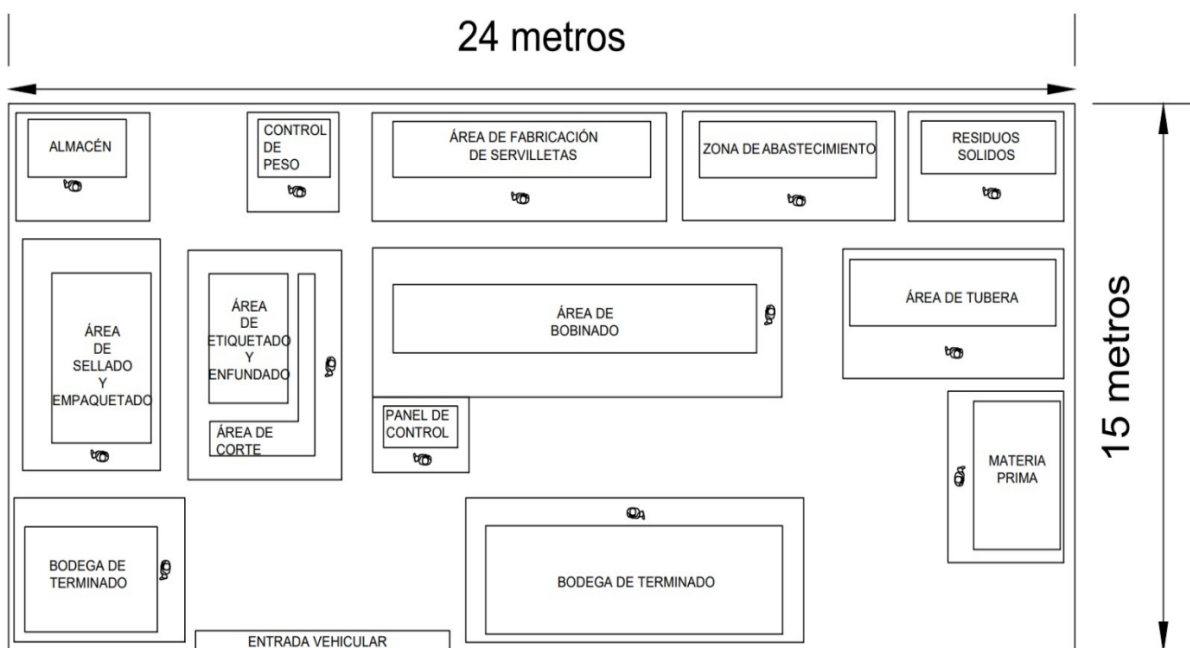


Figura 3.7 Layout actual de la empresa IPMATHOAH S.A.S.

3.4 Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación aplicada, ya que busca solucionar un problema real identificado en la empresa IPMATOAH S.A.S., relacionado con la ineficiencia en la distribución de la planta y el flujo productivo. El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se realiza el análisis de tiempos de los procesos, la productividad y los resultados obtenidos mediante el uso del software FlexSim. Tiene un alcance descriptivo, ya que permite analizar y describir la situación actual de la distribución de planta y posteriormente evaluar cómo la propuesta de rediseño contribuye a mejorar el desempeño del sistema productivo. Asimismo, la investigación se desarrolla bajo la modalidad de estudio de caso, al centrarse en una empresa específica, lo que permite realizar un análisis detallado de la problemática.

Para el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo:

1. Diagnóstico de la situación actual, mediante la observación directa del proceso productivo y el levantamiento de información sobre la distribución de los procesos de trabajo.
2. Elaboración de herramientas de análisis, como el cursograma analítico, diagrama de recorrido y análisis de tiempos de cada proceso productivo.
3. Identificación de problemas en el flujo de materiales, evaluando recorridos innecesarios, tiempos improductivos y cuellos de botella en la producción.
4. Aplicación de metodologías de distribución de planta, como Systematic Layout Planning (SLP) y CORELAP, con el fin de proponer alternativas de redistribución de las áreas productivas.
5. Modelación y simulación del sistema productivo en el software FlexSim, con el objetivo de comparar el funcionamiento del sistema actual con la propuesta de mejora.
6. Evaluación de resultados mediante indicadores de desempeño, tales como tiempos de proceso, productividad y capacidad de producción, con el fin de determinar el impacto de la nueva distribución de planta.

3.5 Enfoque

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, ya que combina métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis del sistema productivo de la empresa IPMATOAH

S.A.S. Por un lado, se aplica un enfoque cuantitativo mediante la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con los tiempos de proceso, tiempo de ciclo, capacidad productiva y niveles de producción, los cuales permiten evaluar el desempeño del sistema productivo a través de indicadores medibles. Por otro lado, se incorpora un enfoque cualitativo a través de la observación directa del proceso productivo, el análisis de la distribución de planta y la identificación de problemas operativos que afectan el flujo de materiales y la eficiencia del sistema. La integración de ambos enfoques permite comprender de manera más completa el funcionamiento del proceso productivo y proponer una redistribución de planta basada en herramientas de ingeniería industrial y simulación del sistema mediante el software FlexSim.

3.6 Carácter

La investigación presenta un carácter descriptivo y explicativo. Es descriptiva porque detalla de manera sistemática la situación actual del sistema productivo, mediante la elaboración de fichas técnicas de los procesos, el análisis del comportamiento de la demanda y la medición de tiempos operativos, permitiendo comprender cómo se desarrollan las actividades dentro de la organización. Asimismo, es explicativa porque analiza las causas que generan ineficiencias o desbalances en el proceso productivo, estableciendo relaciones entre la demanda, la capacidad instalada y el ritmo de producción, con el fin de fundamentar técnicamente la propuesta de mejora.

3.7 Técnicas e Instrumentos

Para el desarrollo del estudio se emplean diversas técnicas de recolección de información, entre las cuales se destacan la observación directa en planta, el análisis documental de registros históricos de producción y ventas, y la medición de tiempos de operación. Como instrumentos se utilizan fichas técnicas de procesos para caracterizar cada etapa productiva, formatos de registro de tiempos para cuantificar la duración de las actividades, bases de datos de ventas para el análisis de la demanda y herramientas informáticas como Microsoft Excel para el procesamiento y análisis estadístico de la información. Además, se emplea el software FlexSim como instrumento de simulación para modelar el sistema productivo y evaluar escenarios de mejora sin intervenir directamente en la operación real.

3.8 Fichas técnicas de los procesos

En la elaboración de las fichas técnicas de los procesos se desarrolla una descripción detallada y sistemática de cada proceso productivo de la empresa IPMATOAH S.A.S., con el fin de documentar su funcionamiento actual. Mediante la observación directa y el levantamiento de información en planta, se identifican y organizan elementos como la misión, el alcance del proceso, los responsables, los recursos utilizados, las entradas, las salidas, las actividades, los procedimientos y los indicadores de desempeño. Esta caracterización permite representar de manera clara y estructurada la realidad operativa de la empresa, facilitando la comprensión integral de los procesos para el análisis del sistema productivo y el desarrollo de la propuesta de mejora.

3.9 Método ABC

El análisis ABC se basa en el estudio del comportamiento de la demanda de los productos ofrecidos por la empresa, considerando las ventas. Para ello, se calcula el porcentaje de cada producto respecto al total de unidades vendidas, el cual se obtiene mediante la ecuación 3.1

Ecuación 3.1 Porcentaje de ventas para el metodo ABC.

$$\%Ventas = \frac{Ventas\ por\ producto}{Total} \quad (3.1)$$

Posteriormente, los productos se ordenan de manera descendente según su participación y se determina el valor acumulado, el cual se calcula mediante la suma progresiva de los porcentajes obtenidos, de acuerdo con la expresión de la ecuación 3.2

Ecuación 3.2 % Valor acumulado.

$$\%valor\ acumulado = \%valor\ acumulado + Valor \quad (3.2)$$

Este procedimiento permite estructurar el gráfico ABC e identificar los productos con mayor, mediana y menor incidencia en la demanda total.

3.10 Takt time

El cálculo del Takt Time se emplea como una herramienta para analizar la relación entre la capacidad operativa del sistema productivo y la demanda del cliente. Para su determinación, se considera el tiempo disponible de producción en un período específico y la demanda del cliente

en el mismo intervalo de tiempo. A partir de estos datos, el Takt Time se obtiene mediante la ecuación 3.3

Ecuación 3.3 Takt Time.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ del\ cliente} \quad (3.3)$$

3.11 Tiempo Observado (To)

Representa el tiempo promedio real que tarda un operario en realizar una actividad durante el estudio de tiempos. Se calcula sumando todos los tiempos registrados durante las observaciones y dividiéndolos entre el número total de ciclos observados.

$$TO = \frac{\sum de\ los\ tiempos\ observados}{numero\ de\ ciclos\ observados} \quad (3.4)$$

3.12 Tiempo Normal (TN)

Es el tiempo que debería tardar un operario en realizar una tarea cuando trabaja a un ritmo normal. Se obtiene multiplicando el tiempo observado por el factor de desempeño, lo que permite ajustar el tiempo medido según la eficiencia del trabajador.

$$TN = TO * FD \quad (3.5)$$

3.13 Tiempo Estándar (TS)

Es el tiempo final establecido para realizar una actividad bajo condiciones normales de trabajo. Se calcula agregando los suplementos al tiempo normal, con el fin de considerar pausas necesarias, fatiga y otros factores inevitables del proceso.

$$TS = TN * (1 + S) \quad (3.6)$$

3.14 Incremento de la Productividad

Es una fórmula que permite calcular cómo aumenta la probabilidad de que ocurra un evento a medida que se incrementa el número de observaciones o intentos. Se utiliza para estimar la probabilidad acumulada de obtener al menos un resultado esperado.

$$Incremento\ \% = \frac{Productividad\ Final - Productividad\ Inicial}{Productividad\ Inicial} \quad (3.7)$$

3.15 Tiempo neto disponible

Es el tiempo real de producción con el que cuenta una máquina o proceso, obtenido al restar las horas no productivas del tiempo total de trabajo y considerando el porcentaje de disponibilidad de la máquina. Este valor representa el tiempo efectivo que puede utilizarse para la producción.

$$\text{Tiempo Neto} = (\text{dias Trabajado} - \text{hora no productiva}) * (0.01 * \text{disponibilidad de maquina}) \quad (3.8)$$

4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Levantamiento del proceso

Se presentan los procesos principales en la producción de papel higiénico a continuación, en IPMATOAH. Este flujo indica cada fase del proceso, desde que las materias primas son ingresadas hasta que los productos terminados salen como se observa en la figura 4.1. Se incluyen también las etapas de verificación, ajuste y control de calidad para asegurar la satisfacción de las normas establecidas.

4.2 Flujograma del proceso

El flujograma del proceso de producción de papel higiénico en IPMATOHA muestra las fases desde la recepción de materia prima, tubera, bobinado, cortadora, etiquetado y enfundado hasta el sellado y empaquetado. Cada una de estas etapas se acompaña con controles de calidad para asegurar la uniformidad del producto a través de los diferentes pasos. El diagrama presenta un sistema estructurado que integra puntos decisionales y ajustes, lo cual posibilita repetir procesos o gestionar productos defectuosos cuando es necesario. El procesamiento de las materias primas se lleva a cabo en cada fase con herramientas y equipos particulares, terminando con la verificación final previa al almacenamiento y distribución. Este método garantiza una trazabilidad precisa y respalda la mejora del proceso de producción. en la figura 4.2

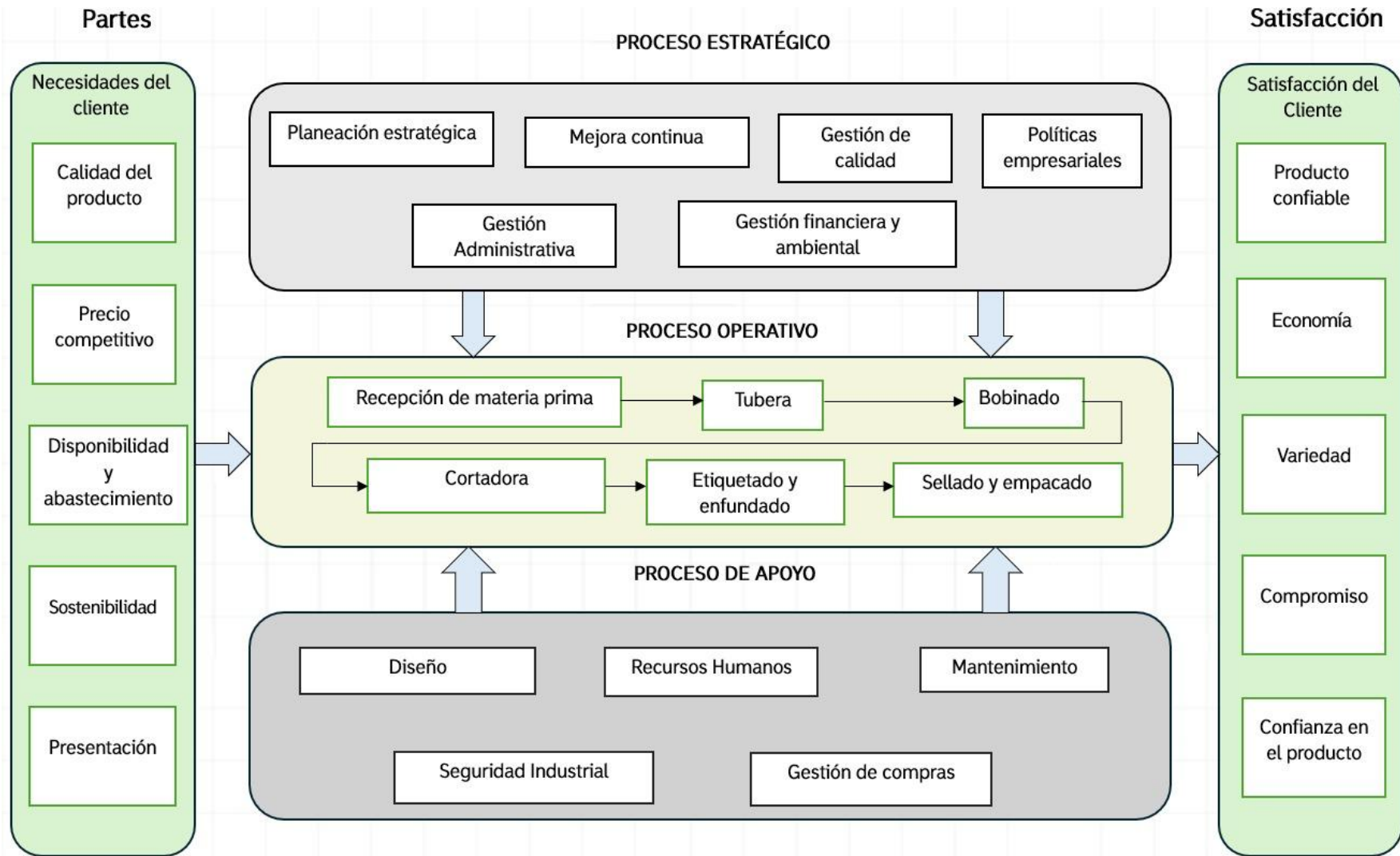


Figura 4.1 Mapa de Procesos de la empresa IPMATOAH S.A.S.

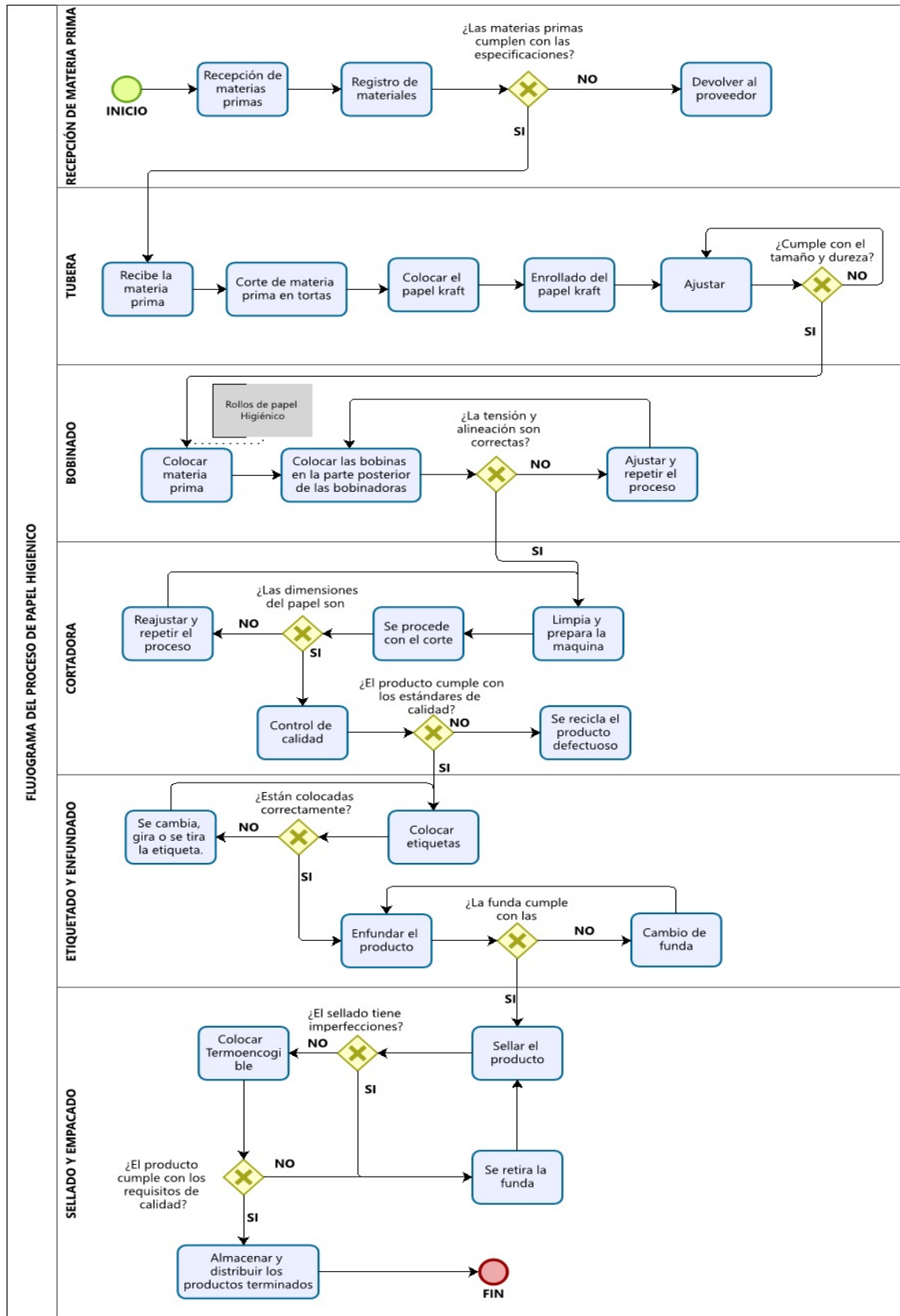


Figura 4.2 Flujograma del proceso del papel higiénico de la empresa IPMATOAH.

4.3 Fichas de los procesos

Tabla 4.1 Ficha de Recepción de la materia prima.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|---|---|--|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Recepción de Materia Prima | 1 | 13/11/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Garantizar el correcto enrollado del papel Kraft cumpliendo con las especificaciones de tamaño y dureza requeridas, asegurando la calidad del producto y la continuidad del proceso productivo. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Colocación del rollo de papel Kraft en la máquina o área de trabajo. | Obtención de papel Kraft enrollado que cumpla con las especificaciones de tamaño y dureza. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO | |
| <ul style="list-style-type: none"> Supervisor de Producción | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de Producción Personal de mantenimiento | |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Humanos: Operarios de producción • Supervisor de área | • Especificaciones técnicas de tamaño y fuerza | • Papel Kraft enrollado conforme a las especificaciones • Registro de control de calidad. |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| Especificaciones técnicas. Orden de producción | Externos: Proveedor de la materia prima | Internos: Área de empaque. |

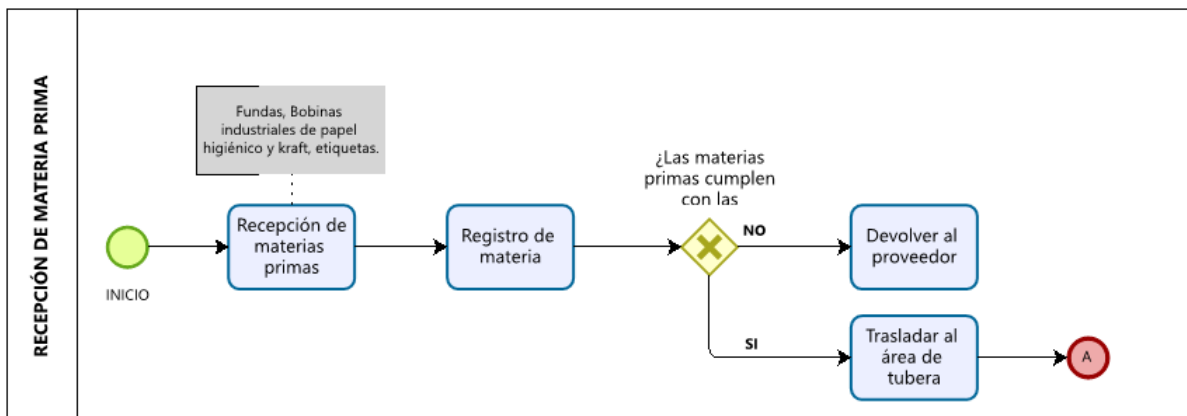


Figura 4.3 Diagrama de Procesos de la Recepción de materia prima.

Tabla 4.2 Descripción de actividades de la recepción de materia prima.

| DESCRIPCIÓN DE LA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA | |
|---|---|
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| Recepción de materia prima | El personal de bodega recibe las materias primas enviadas por el proveedor, verificando que correspondan con la orden de compra en cuanto a tipo y cantidad. Posteriormente, se descargan y ubican temporalmente en el área de recepción para su inspección |
| Verificación de calidad | El inspector de calidad revisa las materias primas comparando color, tamaño, textura, grosor, largo y ancho con las especificaciones técnicas. Para ello, utiliza herramientas de medición |
| Evaluación del cumplimiento | Con base en los resultados de la inspección, se determina si las materias primas cumplen con los requisitos establecidos. |
| Devolución al proveedor | En caso de no conformidad, se notifica al proveedor, se adjuntan las evidencias de inspección y se coordina la devolución, registrando todo el proceso en el sistema y archivando la documentación de respaldo. |

Tabla 4.3 Indicador 1 de la recepción de materia prima.

| INDICADOR 1 DE LA RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA | |
|--|--|
| Indicador: | Índice del porcentaje de devoluciones de materia prima |
| Ámbito: | Gestión de calidad en el proceso de recepción de materias primas |
| Responsables: | Supervisor de calidad |
| Medición: | $\frac{\text{Cantidad devuelta}}{\text{Cantidad recibida}} \times 100$ |
| Definición: | Mide la proporción de materia prima devuelta al proveedor respecto al total de materia prima recibida en un periodo, con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad. |
| Objetivo: | Mantener un nivel mínimo de devoluciones, asegurando que los proveedores entreguen insumos que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas. |
| Periodicidad: | Mensual |

Tabla 4.4 Ficha del proceso de la Tubera.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|---|---|--|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Tubera | 1 | 13/8/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Garantizar el correcto enrollado del papel Kraft cumpliendo con las especificaciones de tamaño y dureza requeridas, asegurando la calidad del producto y la continuidad del proceso productivo. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Colocación del rollo de papel Kraft en la máquina o área de trabajo. | Obtención de papel Kraft enrollado que cumpla con las especificaciones de tamaño y dureza. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO | |
| <ul style="list-style-type: none"> Supervisor de Producción | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de Producción Personal de mantenimiento | |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Operarios de producción Supervisor de área | Especificaciones técnicas de tamaño y fuerza | Papel Kraft enrollado conforme a las especificaciones Registro de control de calidad. |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| Especificaciones técnicas. Orden de producción | Externos: Proveedor de la materia prima | Internos: Área de empaque. |

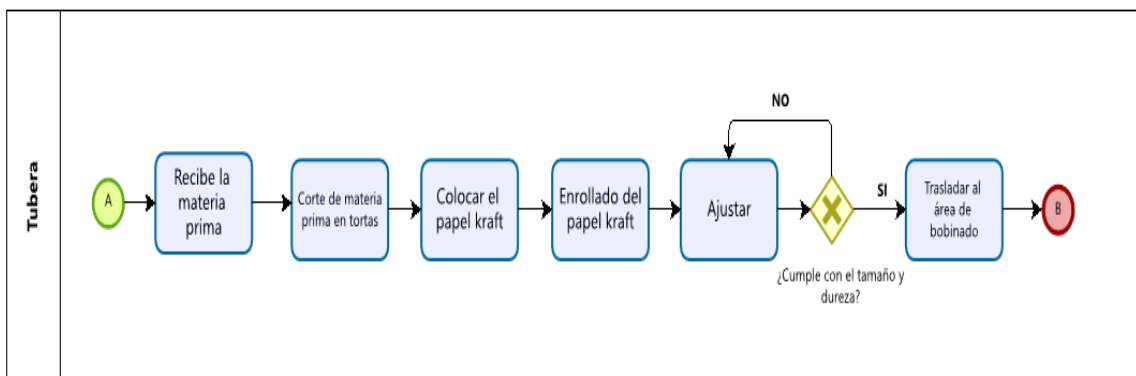


Figura 4.4 Diagrama de procesos de la Tubera.

Tabla 4.5 Descripción de actividades de la Tubera

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE LA TUBERA | |
|--|--|
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| Colocación del rollo de papel Kraft | El operario ubica el rollo de papel Kraft en la máquina o soporte designado, asegurándose de centrarlo y fijarlo correctamente para evitar desplazamientos durante el enrollado. |
| Enrollado del papel Kraft | Una vez colocado, se procede a activar el sistema de enrollado siguiendo los parámetros establecidos de tensión y velocidad. |
| Verificación de tamaño y dureza | Al finalizar, se inspecciona el rollo enrollado para confirmar que cumpla con las especificaciones de tamaño y dureza indicadas. |

Tabla 4.6 Indicador 2 de la Tubera.

| INDICADOR 2 de la Tubera | |
|---------------------------------|--|
| Indicador: | Porcentajes de productos conformes |
| Ámbito: | Control de calidad y producción dentro del proceso productivo. |
| Responsables | Supervisor de producción |
| Medición: | $\frac{\text{Productos Conformes}}{\text{Total Producido}} \times 100$ |
| Definición: | Mide el porcentaje de productos fabricados que cumplen con las especificaciones y estándares de calidad definidos, en comparación con el total de unidades producidas en un período determinado. |
| Objetivo: | Garantizar que la mayoría de los productos fabricados sean conformes, asegurando la calidad del producto final y reduciendo el índice de productos defectuosos o no conformes. |
| Periodicidad: | Diario o por lote de producción |

Tabla 4.7 Ficha de proceso del Bobinado.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|--|--|--|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Bobinado | 1 | 13/08/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Garantizar el bobinado de materia prima con la tensión y alineación correctas para asegurar la calidad del producto y la continuidad del proceso productivo. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Recepción de materia prima en el área de bobinado. | Bobinas colocadas con tensión y alineación correctas, listas para el siguiente paso del proceso. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO | |
| <ul style="list-style-type: none"> Operador de bobinadora Supervisor de producción | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de Producción Encargado del área de bobinado | |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Bobinadoras Herramientas de ajuste y medición | <ul style="list-style-type: none"> Bobinas de materia prima provenientes del almacén o área de preparación, Especificaciones de capas y calidad | <ul style="list-style-type: none"> Bobinas alineadas y con tensión correcta Registro de ajuste |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| <ul style="list-style-type: none"> Especificaciones técnicas. Orden de Producción | Externos: <ul style="list-style-type: none"> Proveedor de acero de bobinas industriales. | Internos: <ul style="list-style-type: none"> Departamento de control de calidad |

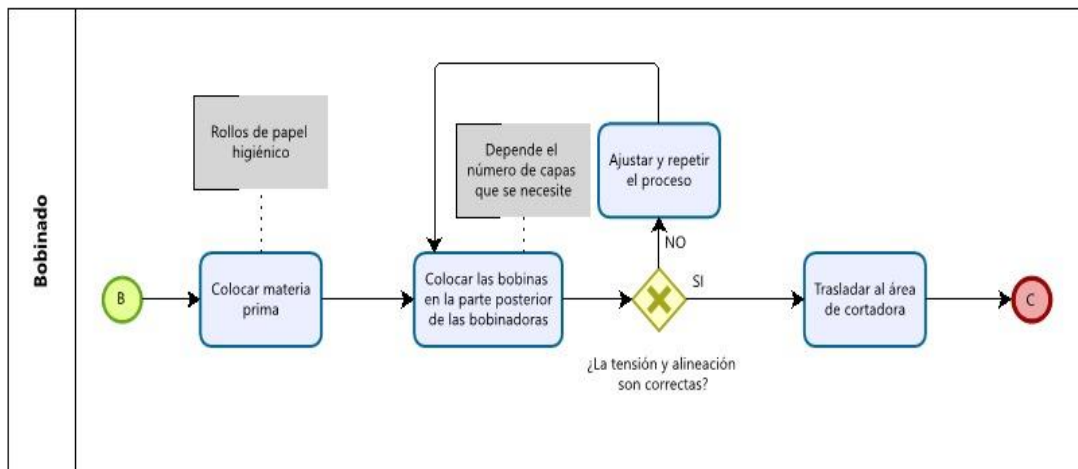


Figura 4.5 Diagrama de flujo del Bobinado.

Tabla 4.8 Descripción de actividades del Bobinado.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DEL BOBINADO | |
|--|---|
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| área de materia prima | En esta etapa, las bobinas de materia prima son trasladadas al área de bobinado, donde se verifica que cumplan con las especificaciones de calidad y dimensiones requeridas para el proceso. |
| Colocación de las bobinas | Una vez verificada la materia prima, las bobinas se posicionan en la parte posterior de la máquina bobinadora. Esta colocación debe realizarse siguiendo las indicaciones técnicas y considerando el número de capas que se necesite producir. |
| Verificación de tensión y alineación | Durante el bobinado, se realiza un control de calidad para confirmar que la tensión del material y su alineación sean correctas. |
| Ajuste y repetición del proceso | Si durante la verificación se detectan desviaciones en la tensión o alineación, se procede a realizar ajustes en la máquina bobinadora. Posteriormente, el proceso se repite hasta obtener el resultado esperado, garantizando así la conformidad del producto. |

Tabla 4.9 Indicador 3 del Bobinado.

| INDICADOR 3 DEL BOBINADO | |
|---------------------------------|---|
| Indicador: | Tiempo de ajuste por lote |
| Ámbito: | Optimización del proceso de bobinado y reducción de tiempos improductivos en planta. |
| Responsables: | Operador de bobinadora |
| Medición: | $\frac{\text{Numero de lotes procesados}}{\text{Tiempo total de ajustes}}$ |
| Definición: | Mide el tiempo promedio invertido en realizar ajustes necesarios durante el proceso de bobinado para corregir problemas de tensión o alineación en un lote de producción. |
| Objetivo: | Reducir el tiempo de ajuste por lote, mejorando la eficiencia del proceso y evitando retrasos en la producción. |
| Periodicidad: | Diaria, con consolidación semanal y mensual para seguimiento de tendencias. |

Tabla 4.10 Ficha del proceso de la Cortadora.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|--|---|---|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Cortadora | 1 | 13/08/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Realizar el corte preciso de las bobinas de papel cumpliendo con las dimensiones y estándares de calidad establecidos, garantizando uniformidad en el producto y minimizando desperdicios. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Limpieza y preparación de la máquina cortadora y la bobina. | Producto cortado y aprobado por control de calidad, listo para la siguiente etapa de producción. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO |
| <ul style="list-style-type: none"> Operador de cortadora Supervisor de producción | | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de Producción Encargado del área de corte |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Maquina cortadora Bobinas de papel Herramientas de ajustes | <ul style="list-style-type: none"> Bobinas de papel provenientes del área de bobinado, Especificaciones de dimensiones y calidad | <ul style="list-style-type: none"> Producto cortado conforme a las especificaciones Registro de control de calidad Material defectuoso destinado a reciclaje |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| <ul style="list-style-type: none"> Especificaciones técnicas. Orden de Producción Informes de reciclaje | Externos: <ul style="list-style-type: none"> Proveedor de acero | <ul style="list-style-type: none"> Departamento de control de calidad Área de empaque |

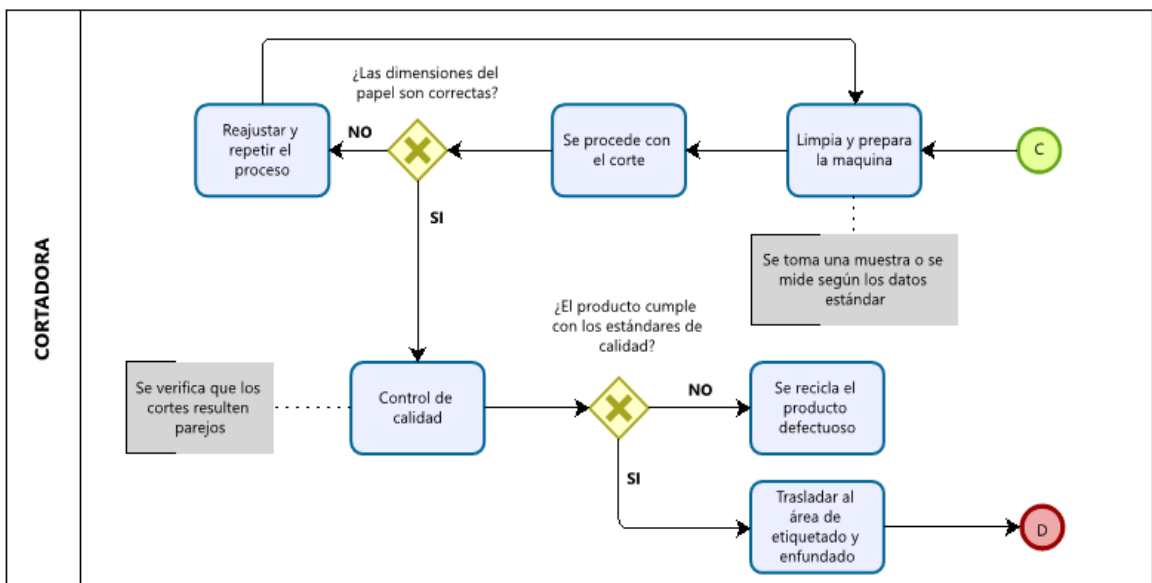


Figura 4.6 Diagrama de flujo de la Cortadora.

Tabla 4.11 Descripción de actividades de la Cortadora.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DE LA CORTADORA | |
|---|--|
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| Limpieza y preparación de la máquina y la bobina | En esta fase inicial, se realiza la limpieza y el acondicionamiento de la máquina cortadora y de la bobina de papel. Esto garantiza que no haya residuos o impurezas que afecten el corte y que el equipo esté en óptimas condiciones de funcionamiento. |
| Verificación de las dimensiones del papel | Se toma una muestra o se mide el papel según los datos estándar para confirmar que las dimensiones sean correctas antes de proceder con el corte. Esta revisión preventiva evita desperdicios y retrabajos posteriores. |
| Reajuste y repetición del proceso | Si las dimensiones no son correctas, se realizan ajustes necesarios en la máquina y se repite la preparación, asegurando que el material cumpla con las especificaciones antes de seguir al corte. |
| Corte del papel | Cuando las dimensiones son correctas, se procede con el corte de la bobina, siguiendo los parámetros establecidos en el estándar de producción para obtener un producto uniforme. |
| Verificación de cortes parejos | Posterior al corte, se verifica que los cortes realizados sean uniformes y cumplan con la calidad visual y dimensional requerida. |
| Control de calidad del producto | El producto cortado es sometido a un control de calidad para evaluar si cumple con los estándares definidos, tanto en medidas como en presentación. |
| Reciclaje del producto defectuoso | Si el producto no cumple con los estándares de calidad, se destina al reciclaje, evitando que el material defectuoso avance en el proceso productivo. |

Tabla 4.12 Indicador 3 de la Cortadora.

| INDICADOR 3 DE LA CORTADORA | |
|------------------------------------|--|
| Indicador: | Porcentaje de cortes conformes |
| Ámbito: | Control de calidad en el proceso de corte de papel. |
| Responsables: | Operador de cortadora |
| Medición: | $\frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Total unidades cortadas}} \times 100$ |
| Definición: | Mide el porcentaje de unidades cortadas que cumplen con las especificaciones de dimensiones y estándares de calidad establecidos, en relación con el total de unidades procesadas en un periodo determinado. |
| Objetivo: | Mantener un alto porcentaje de cortes conformes para garantizar la uniformidad y calidad del producto, reduciendo desperdicios y reprocesos. |
| Periodicidad: | Mensual |

Tabla 4.13 Ficha de procesos del etiquetado y enfundado.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|--|---|---|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Etiquetado y enfundado | 1 | 13/08/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Asegurar que cada producto sea correctamente identificado y protegido, colocando etiquetas precisas y fundas adecuadas que cumplan con los estándares de presentación y calidad. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Colocación de etiquetas en el producto. | Producto enfundado y listo para pasar al área de sellado. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO | |
| <ul style="list-style-type: none"> Operador de etiquetado Operador de enfundado Supervisor de producción | <ul style="list-style-type: none"> Jefe de Producción Encargado del área de etiquetado y enfundado | |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Maquina etiquetadora Fundas de diferentes medidas Equipo de protección personal | <ul style="list-style-type: none"> Etiquetas correspondientes según el tipo de producto, especificaciones de dimensiones y calidad | <ul style="list-style-type: none"> Producto etiquetado y enfundado conforme a las especificaciones Registro de control de calidad |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| <ul style="list-style-type: none"> Especificaciones técnicas. Orden de Producción | Externos: <ul style="list-style-type: none"> Proveedor de fundas | Internos: <ul style="list-style-type: none"> Departamento de control de calidad Área de sellado y empaçado |

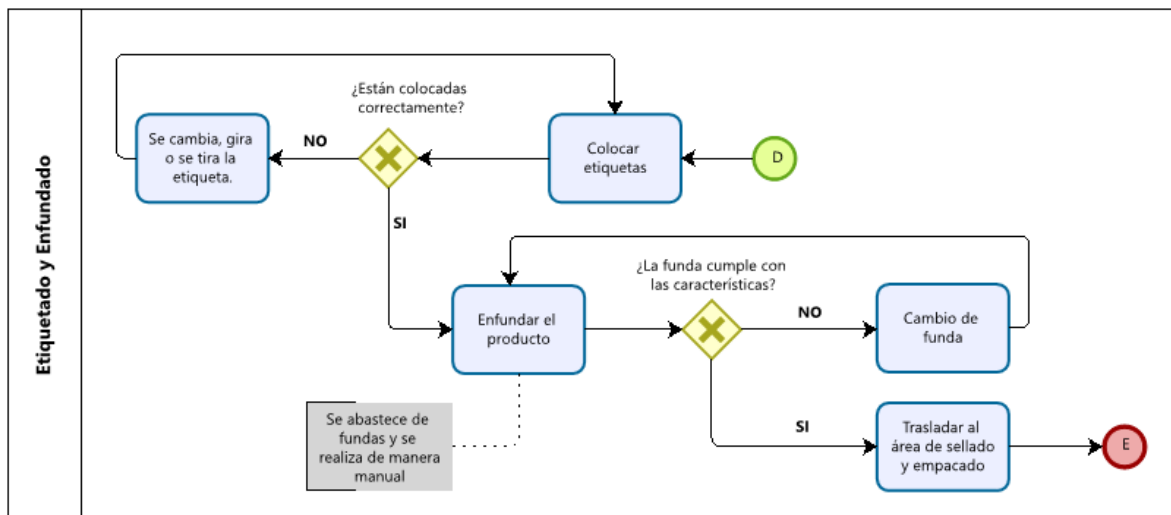


Figura 4.7 Diagrama de flujo del etiquetado y enfundado.

Tabla 4.14 Descripción de actividades del Etiquetado y Enfundado.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES del Etiquetado y Enfundado | |
|--|---|
| PROCESO: Etiquetado y enfundado | |
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| Colocar etiquetas | En esta etapa se colocan las etiquetas correspondientes a cada producto, teniendo en cuenta que el diseño y la información de la etiqueta pueden variar según el tipo de producto. |
| Verificación de la colocación de etiquetas | Se revisa que las etiquetas estén correctamente colocadas y alineadas. Si se detecta algún error, la etiqueta se cambia, gira o retira para reemplazarla. |
| Enfundar el producto | El producto etiquetado se introduce en una funda, que debe ajustarse a las características y dimensiones establecidas para el producto. |
| Verificación de la funda | Se comprueba que la funda cumpla con las características requeridas, tanto en dimensiones como en calidad del material. Si no cumple, se procede a cambiarla y repetir la verificación. |

Tabla 4.15 Indicador 4 del Etiquetado y Enfundado.

| INDICADOR 4 DEL ETIQUETADO Y ENFUNDADO | |
|---|--|
| Indicador: | Porcentaje de productos correctamente etiquetados |
| Medición: | $\frac{\text{Productos con etiqueta correcta}}{\text{Total productos procesados}} \times 100$ |
| Responsables: | Operador de etiquetado |
| Definición: | Mide el porcentaje de productos que cuentan con la etiqueta colocada en la posición correcta, sin defectos y con la información correspondiente, respecto al total de productos procesados en el periodo evaluado. |
| Objetivo: | Garantizar que el 100% de los productos lleven la etiqueta correcta y bien colocada, evitando errores de presentación e identificación del producto. |
| Periodicidad: | Semanal |

Tabla 4.16 Ficha del proceso del sellado y empaçado.

| FICHA DE PROCESOS | | |
|--|--|--|
| PROCESO | EDICIÓN | FECHA DE REVISIÓN |
| Sellado y empaçado | 1 | 13/08/2025 |
| MISIÓN DEL PROCESO | | |
| Realizar el sellado y empaçado final de los productos, garantizando la integridad, presentación y cumplimiento de los requisitos de calidad antes de su almacenamiento y distribución. | | |
| ALCANCE DEL PROCESO | | |
| INICIO DEL PROCESO | FINAL DEL PROCESO | |
| Termo encogido del producto enfundado. | Producto terminado almacenado y listo para distribución. | |
| RESPONSABLES DEL PROCESO | EQUIPO GESTOR DEL PROCESO | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Operador de sellado ● Operador de empaçado ● Supervisor de producción | <ul style="list-style-type: none"> ● Jefe de Producción ● Encargado del área de sellado y empaçado | |
| ELEMENTOS DEL PROCESO | | |
| RECEPCIÓN | | |
| RECURSOS | ENTRADAS | SALIDAS |
| Materiales: <ul style="list-style-type: none"> ● Horno para termo encogido ● Selladora ● Fundas | <ul style="list-style-type: none"> ● Especificaciones de presentación y calidad | <ul style="list-style-type: none"> ● Producto sellado y empaçado conforme a las especificaciones ● Registro de control de calidad ● Material defectuoso separado para reproceso |
| DOCUMENTOS | PROVEEDORES | CLIENTES |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Especificaciones técnicas. ● Orden de Producción ● Informe de productos defectuosos | Externos: <ul style="list-style-type: none"> ● Proveedor de fundas | Internos: <ul style="list-style-type: none"> ● Departamento de control de calidad ● Área de almacenamiento y despacho |

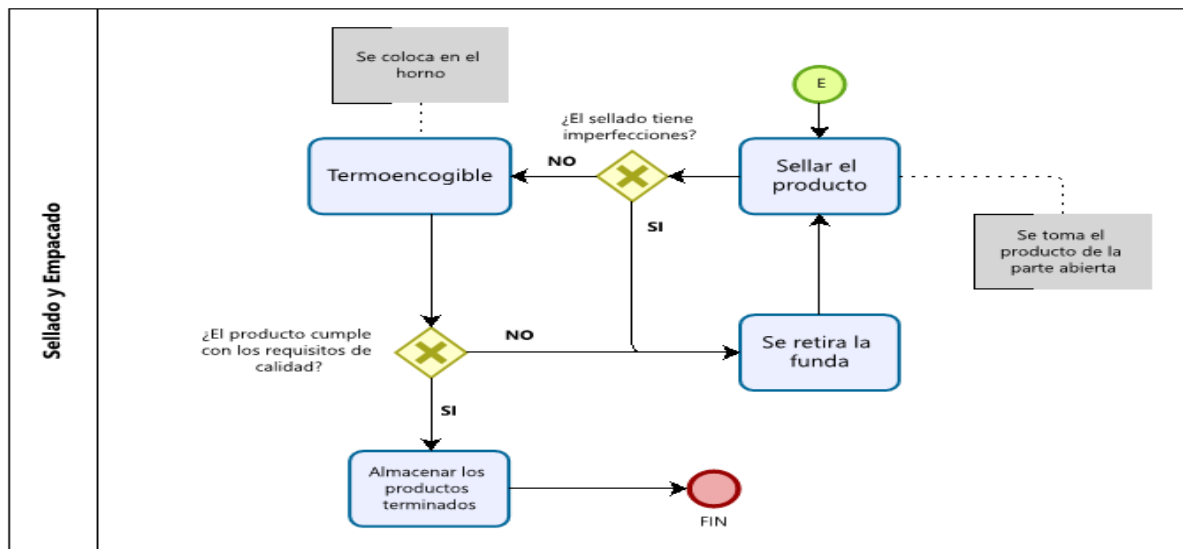


Figura 4.8 Diagrama de flujo del sellado y empaçado.

Tabla 4.17 Descripción de actividades del Sellado y Empacado.

| DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DEL SELLADO Y EMPACADO | |
|--|---|
| ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO |
| Termo encogido del producto | El producto enfundado se coloca en el horno para realizar el proceso de termo encogido, garantizando un sellado uniforme y ajustado de la funda alrededor del producto. |
| Sellado del producto | Se procede a sellar el producto en la parte abierta de la funda, asegurando un cierre hermético. |
| Verificación del sellado | Se revisa que el sellado no presente imperfecciones. Si se detecta algún defecto, la funda se retira y el producto vuelve a enfundarse para repetir el proceso. |
| Control de calidad final | El producto sellado y enfundado pasa por una inspección final para verificar que cumpla con todos los requisitos de calidad establecidos. |
| Almacenamiento y distribución | Los productos que cumplen con las especificaciones son almacenados y posteriormente distribuidos a su destino final. |

Tabla 4.18 Indicador 5 del Sellado y Empacado.

| INDICADOR 5 DEL SELLADO Y EMPACADO | |
|---|--|
| Indicador: | Porcentaje de sellados sin defectos |
| Ámbito: | Control de calidad en el proceso de sellado dentro del área de empaque final. |
| Responsables: | Operador de sellado |
| Medición | $\frac{\text{Sellados conformes}}{\text{Total productos sellados}} \times 100$ |
| Definición: | Mide el porcentaje de productos sellados que no presentan imperfecciones como aperturas, pliegues mal cerrados o zonas sin adherencia, respecto al total de productos sellados en el periodo evaluado. |
| Objetivo: | Asegurar que los productos sellados cumplan con los estándares de hermeticidad y presentación, evitando devoluciones y pérdidas de producto. |
| Periodicidad: | Diario |

4.4 Gráfico ABC para la selección del producto con mayor demanda

Para el estudio del método ABC que permite relacionar los productos con el precio unitario y la demanda, en este estudio se considera únicamente la demanda en unidades de los distintos productos que ofrece la empresa. Mediante la ecuación 3.3 se calcula el porcentaje de participación de los productos en función del total de unidades vendidas en los meses del 2025 ordenando de mayor a menor las unidades de cada producto.

Tabla 4.19 Método ABC de la empresa IPMATOHA S.A.S.

| Producto | Ventas meses 2025 (\$) | % de participación | % Acumulado | Clasificación ABC |
|----------------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------------|
| Paca pH de 2.50 mtrs | \$ 63.578,00 | 19,86% | 19,86% | A |
| Paca pH de 1.00 mtrs | \$ 59.140,00 | 18,47% | 38,33% | A |
| Paca pH de 1.80 mtrs | \$ 49.337,00 | 15,41% | 53,74% | A |
| Paca pH de 2.00 mtrs | \$ 43.240,00 | 13,51% | 67,25% | A |
| Paca pH de 1.50 mtrs | \$ 37.572,50 | 11,74% | 78,98% | A |
| Pañales para bebes | \$ 11.950,85 | 3,73% | 82,71% | B |
| Limpión de 3.00 mtrs | \$ 10.992,00 | 3,43% | 86,15% | B |
| Limpión de 2.00 mtrs | \$ 8.406,75 | 2,63% | 88,77% | B |
| Limpión de 6.00 mtrs | \$ 7.656,00 | 2,39% | 91,16% | B |
| Limpión de 1.00 mtrs | \$ 6.947,00 | 2,17% | 93,33% | B |
| Toallas sanitarias | \$ 5.713,48 | 1,78% | 95,12% | C |
| Limpión de 1.50 mtrs | \$ 5.672,60 | 1,77% | 96,89% | C |
| Tampones | \$ 5.557,37 | 1,74% | 98,63% | C |
| Servilletas | \$ 4.401,37 | 1,37% | 100,00% | C |
| Total | \$ 320.164,92 | | | |

La categoría A representa los productos más vendidos por la empresa situándose con un porcentaje de 78.98% del total de unidades vendidas, mientras que la categoría B tiene un nivel de importancia secundario con un porcentaje de 15,55%, y la categoría C comprende los demás productos que vende la empresa, con un nivel de producción mínimo equivalente al 5,47% en los meses de estudio como se observa en la tabla 4.19

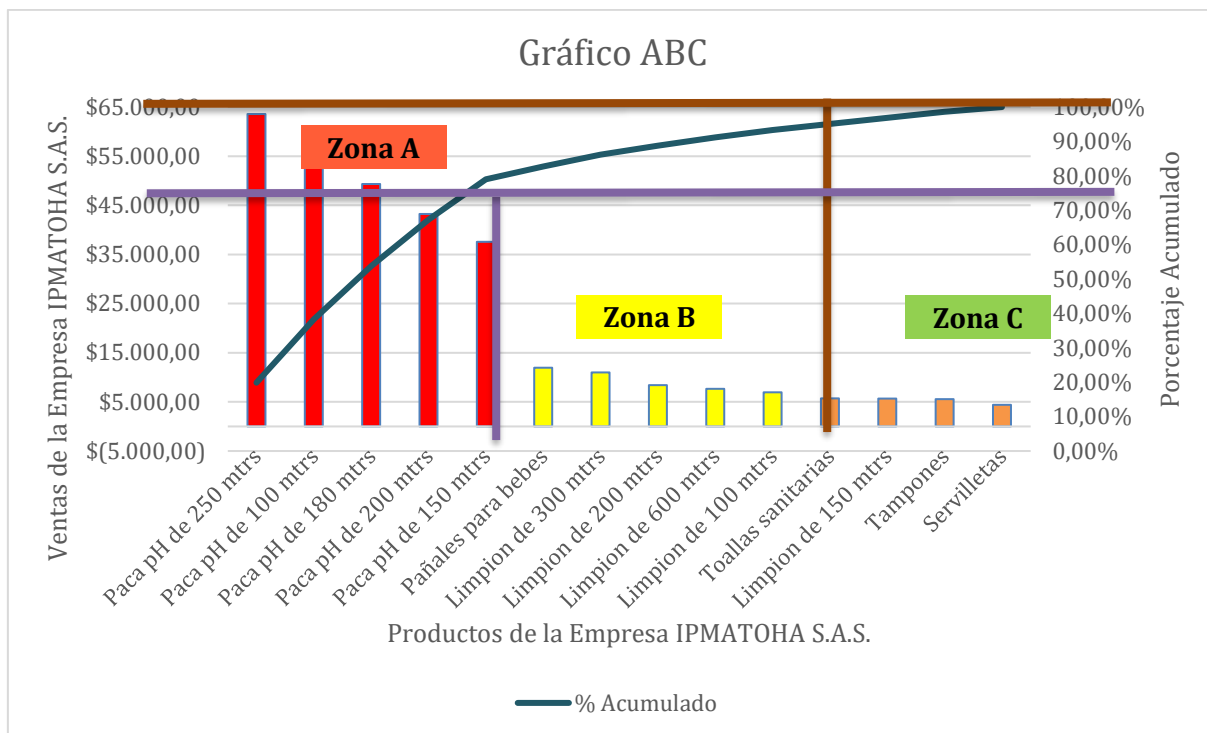


Figura 4.9 Gráfico del Método de ABC de la empresa IPMATOHA S.A.S.

El gráfico ABC presentado clasifica los productos en tres zonas según su aporte en ventas durante los meses del 2025. En la **Zona A** se encuentran las diferentes presentaciones de “Paca pH” (2.50, 1.00, 1.80, 2.00 y 1.50 metros), que representan alrededor del 80% de las ventas acumuladas; son pocos productos, pero concentran el mayor valor económico, por lo que requieren un control estricto de inventarios, abastecimiento y pronósticos, ya que cualquier falla podría afectar significativamente a la empresa. En la **Zona B** se ubican productos como pañales para bebés y varios tamaños de limpiones (3.00, 2.00, 6.00 y 1.00 metros), los cuales aportan aproximadamente un 15% de las ventas; son artículos de importancia media que conviene gestionar con políticas de control más flexibles, pero que ofrecen oportunidades de crecimiento mediante promociones o estrategias comerciales. Finalmente, en la **Zona C** aparecen productos como toallas sanitarias, limpión de 1.50 metros, tampones y servilletas, que solo representan un 5% de las ventas; son artículos de bajo impacto en el resultado económico, por lo que requieren un control mínimo y podrían incluso ser evaluados para reducir costos o replantear su permanencia en el portafolio. En conjunto, el análisis evidencia que la empresa depende fuertemente de las Pacas pH, mientras que los demás productos cumplen roles complementarios como se observa en la figura 4.9

4.5 Cursograma analítico

Cursograma General de la empresa IPMATOAH

El cursograma analítico actual describe de manera secuencial los procesos que intervienen en la fabricación de papel higiénico en la empresa IPMATOAH S.A.S. Los procesos considerados incluyen recepción de materias primas, tubera, bobinadora, cortadora, etiquetado y enfundado, sellado y empaçado se lo puede observar en el anexo 1. Asimismo, el análisis refleja una distancia total recorrida de 22 metros y un tiempo total del proceso de 4446 segundos, equivalente a 74,1 minutos, lo que permite visualizar el flujo actual de los procesos involucrados en la producción de papel higiénico, tabla 4.20

Tabla 4.20 Cursograma General de la empresa IPMATOAH.

|  | | CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATOAH S.A.S. | | | |  | | | | |
|---|------------------------------|--|--------------|------------------|-----------------------|---|-----------|----------|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 24/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Descripción de los procesos | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | | Resumen | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | |
| Área: | | Producción | | Operación | | ● | 6 | | | |
| Trabajadores: | | Operario | | Transporte | | ➡ | 0 | | | |
| Distancia en metros: | | 22 | | Demora | | ■ | 0 | | | |
| Tiempo en segundos: | | 4583,96 | | Inspección | | ■ | 0 | | | |
| Observador: | | Investigadores | | Almacenamiento | | ▼ | 1 | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | Total | | 7 | | | | |
| N° | Descripción de los procesos | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | ➡ | ■ | □ | ▼ | |
| 1 | Recepción de materias primas | 8 | 793,82 | 13,23 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| 2 | Tubera | 3 | 1083,57 | 18,06 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| 3 | Bobinadora | 1 | 1127,77 | 18,80 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| 4 | Cortadora | 2 | 594,9 | 9,92 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| 5 | Etiquetado y Enfundado | 2 | 704,4 | 11,74 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| 6 | Sellado y Empacado | 6 | 279,5 | 4,66 | ● | ➡ | □ | □ | ▼ | |
| Total | | 22 | 4583,96 | 76,40 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | |

4.6 Diagrama recorrido actual

El diagrama de recorrido actual muestra el flujo físico del material desde el proceso de materia prima hasta la bodega de producto terminado, atravesando los diferentes procesos como corte, etiquetado, enfundado, sellado, empaquetado y bobinado. Se observa un recorrido extenso y con múltiples desplazamientos entre procesos, lo que genera cruces, retrocesos y transportes innecesarios. La trayectoria evidencia una distribución funcional que incrementa las distancias recorridas que afecta el proceso productivo. Figura 4.10

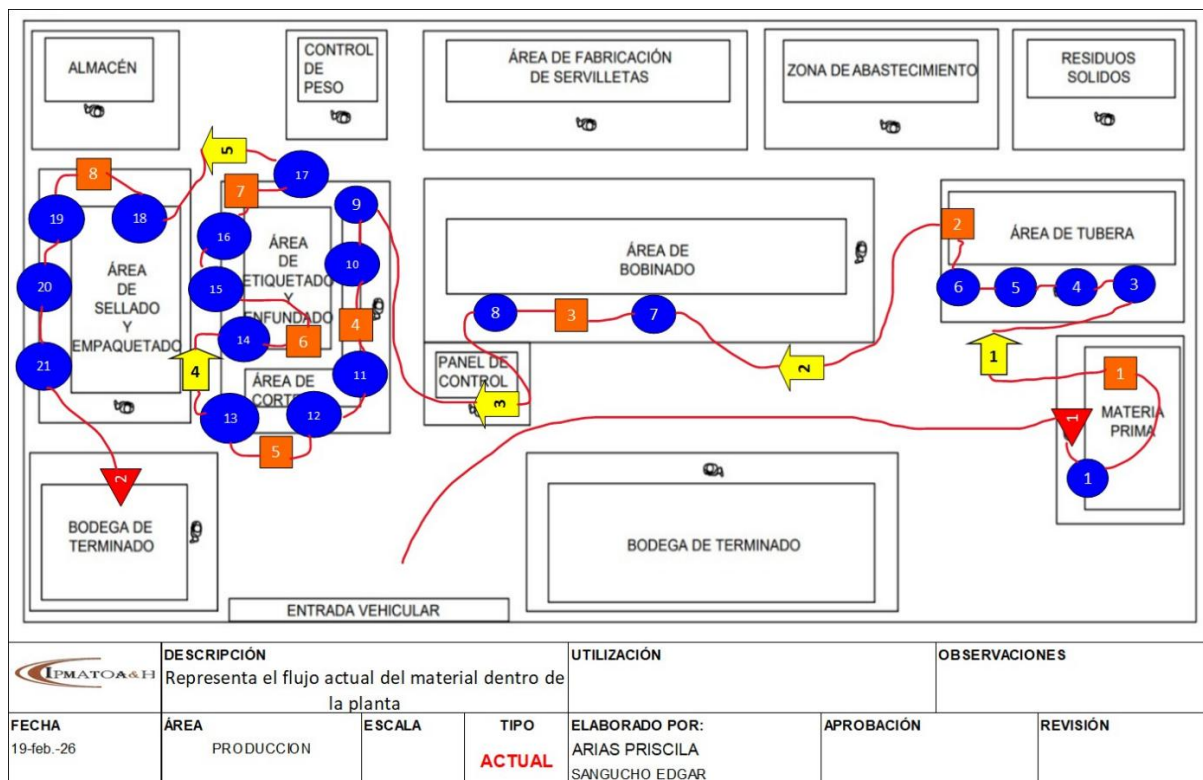


Figura 4.10 Diagrama recorrido Actual de la empresa IPMATOAH.

4.7 Valoración del ritmo de trabajo

La valoración del ritmo del trabajador consiste, básicamente, en un ajuste que se hace del tiempo observado vs. un ritmo considerado normal para un trabajador, como se observa en la tabla 4.21

Tabla 4.21 Valoración del ritmo de trabajo de los Procesos.

| Proceso productivo | | Factores | | | | | |
|--------------------|------------------------|-----------|----------|-------------|--------------|------------|---------------------|
| N.º | Proceso | Habilidad | Esfuerzo | Condiciones | Consistencia | Valoración | Factor de desempeño |
| 1 | Materia prima | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0 | 0,14 | 1,14 |
| 2 | Tubera | 0,03 | 0,06 | 0 | 0,02 | 0,11 | 1,11 |
| 3 | Bobinado | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,19 | 1,19 |
| 4 | Cortadora | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,19 | 1,19 |
| 5 | Etiquetado y enfundado | 0,08 | 0,03 | 0 | 0,02 | 0,13 | 1,13 |
| 6 | Sellado y empaçado | 0,06 | 0 | 0 | 0,02 | 0,08 | 1,08 |

4.8 Descripción de los suplementos por puesto de trabajo

Materia prima

El operario desarrolla sus tareas en pie y con desplazamientos frecuentes a lo largo de la planta, para trasladar los rollos de papel higiénico y el papel Kraft. Estos son dirigidos en el proceso de tubera y luego al proceso de bobinado. Esta labor exige aplicar esfuerzo físico para movilizar el material, lo cual implica manipulación de cargas pesadas y posturas de flexión durante el traslado hacia los equipos de producción.

Tubera

El operario es de género masculino recibe rollos industriales de gran tamaño y tiene que ser ordenada, lo cual requiere esfuerzo físico, manejo de cargas y posiciones inclinadas. Después, realiza el corte de la materia prima para las tortas de papel Core, ajustándolas a un tamaño apropiado para el proceso, labor que demanda movimientos repetidos por lo cual se considera un trabajo monótono.

Bobinado

El personal seleccionado es de género masculino, coloca las bobinas en la parte posterior de la máquina, asegurándolas en los ejes de soporte para permitir un desenrollado continuo, actividad que implica esfuerzo físico y estar de pie en todo el proceso. Después se realiza la verificación de la alineación y la tensión del papel, tareas que requieren concentración visual y precisión manual, ya que de ello depende la calidad y uniformidad del producto. Cuando se detectan desviaciones, se efectúan ajustes en los parámetros, lo cual exige atención constante y movimientos repetitivos hasta alcanzar los estándares establecidos.

Cortadora

El operador inicia con la limpieza y preparación de la máquina y la bobina, actividad que requiere movimientos de flexión y esfuerzo físico. Luego, realiza el corte del papel ajustando parámetros de la máquina, lo que implica precisión, concentración y tareas repetitivas. Posteriormente, verifica dimensiones, uniformidad y resistencia del producto mediante controles de calidad, demandando atención visual y coordinación manual. En caso de fallas, el material se retira o se reprocesa, lo que añade exigencias físicas y de tiempo. Finalmente, los rollos que cumplen con los estándares se trasladan al área de etiquetado y enfundado, combinando manipulación de cargas con desplazamientos constantes dentro de la planta.

Etiquetado y Enfundado

El operador se encarga de colocar las etiquetas en los rollos, realizando movimientos manuales repetitivos y manteniendo una postura de pie prolongada. La tarea requiere concentración visual para verificar la correcta posición de las etiquetas y realizar correcciones cuando es necesario. Luego, se procede al enfundado del producto en plástico, actividad que demanda coordinación y precisión manual. Durante esta operación, se controlan parámetros como el ajuste y la presentación del empaque, lo que implica atención continua y manipulación de materiales.

Sellado y empaçado

El operador realiza el sellado de los paquetes enfundados utilizando calor, tarea que requiere precisión, atención constante y manipulación cuidadosa para evitar imperfecciones. Durante la inspección visual, se detectan posibles fallas en el sellado, y en caso de presentarse, se retira la funda y se repite el proceso, lo que implica movimientos repetitivos y posturas prolongadas. Posteriormente, se efectúa un control de calidad final para verificar que el producto cumpla con las especificaciones técnicas

4.9 Cálculos de suplementos

Tabla 4.22 Cálculo de Suplementos.

| Suplementos | | Suplementos por descanso | | | | | |
|----------------|---------------------------|--------------------------|--------|----------|-----------|------------|---------|
| | | Procesos | | | | | |
| | | Recepción | Tubera | Bobinado | Cortadora | Etiquetado | Sellado |
| Const antes | Sexo operario | H | H | H | H | M | M |
| | Necesidades personales | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 |
| | Fatiga | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Trabajo de pie | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|
| Vari ables | Postura normal | - | - | - | - | 1 | 1 |
| | Uso de la fuerza | 9 | - | - | - | - | - |
| | iluminación | - | - | - | - | - | - |
| | Tensión visual | - | - | - | - | - | - |
| | Tensión mental | 1 | 1 | 4 | 4 | - | - |
| | Ruido | - | 2 | 2 | 2 | - | - |
| | Monotonía | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total % | | 21 | 15 | 18 | 18 | 17 | 17 |

4.10 Número de observaciones

Tabla 4.23 Tiempo Total de los Procesos de la Empresa IPMATOAH S.A.S.

| N.º | Proceso | Tiempo (s) |
|------------|------------------------|-------------------|
| 1 | Materia prima | 793,82 |
| 2 | Tubera | 1083,57 |
| 3 | Bobinado | 1127,77 |
| 4 | Cortadora | 594,9 |
| 5 | Etiquetado y enfundado | 704,4 |
| 6 | Sellado y empaçado | 279,5 |
| | Total (s) | 4583,96 |
| | Total (min) | 76,40 |

A partir del tiempo total se obtuvo 76.40 min, valor que se encuentra por encima del rango de 40 min. Por lo tanto, y con base al criterio de la General Electric, se estableció que el número de muestras recomendadas para el estudio de tiempos es de 5 para cada proceso productivo, en la tabla 4.23


4.11 Estudio de tiempo

El análisis de tiempos [15] es un método para medir el trabajo, con el objetivo de establecer cuánto tiempo dedica un empleado calificado a realizar una tarea específica y conseguir que esta sea más simple. Se llevó a cabo una investigación de los tiempos de producción para la elaboración de papel higiénico, con el fin de determinar el tiempo estándar de la cadena productiva. Se utilizó el método continuo para medir los tiempos, que consiste en dejar el cronómetro funcionando durante el estudio. Con este procedimiento, se registra el tiempo al concluir cada elemento, mientras el reloj sigue funcionando.

4.12 Estudio de Tiempo General

El estudio de tiempos del proceso actual se realizó con el propósito de determinar la duración de los distintos procesos que conforman la producción de papel higiénico en la empresa IPMATOAH S.A.S. Para ello se efectuaron 5 mediciones de tiempo en cada uno de los 6 procesos analizados, obteniendo un tiempo observado total de 4468,2 segundos. Posteriormente se aplicaron factores de desempeño y suplementos con el fin de calcular el tiempo normal total de 5043,98 segundos y finalmente el tiempo estándar del proceso de 5930,98 segundos, como se observa en la tabla 4.24. Este análisis permite conocer con mayor precisión la duración de cada proceso productivo y sirve como base para evaluar el desempeño del sistema actual y compararlo con la propuesta de mejora[20].

Tabla 4.24 Estudio de Tiempo General de la empresa IPMATOAH.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | |  | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|---|------------------------|---------|---------|---------|------|---------|-----|---------|
| Proceso: | Proceso productivo General | Estudio N.º: | 1 | | | | | | | |
| | | Hoja: | 1 de 1 | | | | | | | |
| Material: | Papel Kraft, papel higiénico | Elaborado por: | Investigadores | | | | | | | |
| Producto: | Rollos de papel higiénico | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. | | | | | | | |
| | | Aprobado por: | | | | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 793,82 | 788,1 | 800,27 | 799,28 | 789,27 | 794,15 | 1,14 | 905,33 | 21% | 1095,45 |
| 2 | 1083,57 | 1051,62 | 1111,95 | 1074,19 | 1099,79 | 1084,22 | 1,11 | 1203,49 | 15% | 1384,01 |
| 3 | 1127,77 | 1107,99 | 1148,41 | 1122,02 | 1138,62 | 1128,96 | 1,19 | 1343,46 | 18% | 1585,29 |
| 4 | 594,9 | 568,43 | 616,24 | 591,61 | 598,62 | 593,96 | 1,19 | 706,81 | 18% | 834,04 |
| 5 | 704,4 | 679,59 | 727,22 | 701,72 | 710,64 | 704,71 | 1,03 | 725,86 | 17% | 849,25 |
| 6 | 279,5 | 265,5 | 292,69 | 282,85 | 273,39 | 278,79 | 1,08 | 301,09 | 17% | 352,27 |
| Total | 4583,96 | 4461,23 | 4696,78 | 4571,67 | 4610,33 | 4584,79 | | 5186,04 | | 6100,31 |

4.13 Takt time

Indica el ritmo de producción que debe seguir la planta para satisfacer la demanda del cliente sin generar sobreproducción, retrasos ni cuello de botella. El cálculo del Takt Time esta dado por la relación entre el tiempo disponible para producir y le demanda existente como se observa en la tabla 4.25 Para IPMATOAH, considerando un tiempo neto disponible de 357 minutos

diarios y una demanda de 116 unidades por jornada, se obtuvo un Takt Time de 184,58 segundos (3,08 minutos) por unidad en la tabla 4.26 Este valor representa el tiempo máximo disponible para producir un producto y sirve como punto de referencia para comparar la capacidad real de cada proceso dentro de la línea productiva[28][29].

Tabla 4.25 Tiempos del Takt Time

| TIEMPOS | | |
|------------------------------|------|-----------|
| Demanda de cliente | 2298 | mensuales |
| Días laborados | 20 | días |
| Día de trabajo | 480 | min/día |
| Hora no productiva | 60 | min/día |
| Disponibilidad de la maquina | 85 | % |
| Scrap | 1 | % |

Tabla 4.26 Tiempo del Takt Time en minutos y segundos.

| Demanda | Tiempos | Unidades |
|----------------------------------|----------------|-----------------|
| demanda de cliente total mensual | 2320,98 | |
| demanda de cliente diaria | 116 | prod/día |
| tiempo neto disponible | 357 | min netos |
| TAKT TIME | 3,08 | min |
| TAKT TIME | 184,58 | seg |

4.14 Comparación del takt time con los tiempos de ciclo de los procesos productivos

A partir del estudio de tiempos realizado, se determinaron los tiempos de ciclo promedio de los procesos para la elaboración de papel higiénico, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.27

Tabla 4.27 Comparación del Takt Time con los tiempos de ciclo.

| N.º | Proceso | Tiempo de ciclo (s) | Tiempo de ciclo (min) | Takt Time (s) | Comparación |
|------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1 | Recepción de materia prima | 793.82 | 13:14 | 184,58 | Excede ampliamente el Takt Time |
| 2 | Tubera | 1083.57 | 18:04 | 184,58 | Excede considerablemente el Takt Time |
| 3 | Bobinado | 1127.77 | 18:48 | 184,58 | Excede considerablemente el Takt Time |

| | | | | | |
|---|------------------------|--------|-------|--------|--------------------|
| 4 | Cortadora | 594.9 | 9:45 | 184,58 | Mayor al Takt Time |
| 5 | Etiquetado y enfundado | 849.25 | 11:44 | 184,58 | Mayor al Takt Time |
| 6 | Sellado y empaçado | 279.5 | 4:40 | 184,58 | Mayor al Takt Time |

La comparación que se refleja en la tabla logra evidenciar un desequilibrio generalizado en la línea de producción. De los seis procesos analizados, cinco presentan tiempos de ciclo significativamente mayores al Takt Time, lo que significa que la línea no puede producir al ritmo que exige la demanda diaria del cliente.

Los procesos de “Tubera” (1083.57s) y “Bobinado” (1127.77 s) destacan como los más críticos, pues sus tiempos superan por mucho el Takt Time establecido. Esto los convierte en cuellos de botella que limitan la capacidad total del sistema productivo. Estas operaciones concentran gran parte del tiempo total de fabricación, generando acumulación de producto en proceso y provocando esperas en las etapas siguientes.

Los procesos de “Cortadora” (594.9 s) y “Etiquetado y enfundado” (849.25 s) también superan el ritmo esperado, lo que refuerza la necesidad de redistribuir las cargas de trabajo o revisar los métodos de operación para mejorar la fluidez del proceso.

Finalmente, el proceso de “Sellado y empaçado” (279.5 s) es el único cercano al Takt Time (184,58 s), lo que demuestra que, con un ajuste mínimo o pequeñas mejoras, podría sincronizarse al ritmo de la demanda.

4.15 Justificación del rediseño

La comparación entre el Takt Time y los tiempos de ciclo evidencia una descoordinación entre capacidad operativa actual y el ritmo de demanda del mercado. Esta discrepancia se traduce en:

- Recorridos Extensos
- Maquinaria Desubicada

Por tanto, se justifica la necesidad de rediseñar la distribución orientándolo hacia la nivelación de tiempos y la eliminación de cuellos de botella.

El rediseño se va a basar en un:

- Ajuste de layout para reducir distancias de transporte y tiempos de espera.

Esta medida permitirá alinear la producción al Takt Time, optimizando el uso de los recursos, garantizando el cumplimiento de la demanda y fortaleciendo la competitividad de la empresa.

4.16 Systematic layout planning

Es un método organizado que se emplea para mejorar o diseñar la distribución física de los equipos, el personal, las áreas de trabajo y las máquinas en una planta o empresa. Su propósito fundamental es conseguir un flujo eficaz de información, personas y materiales, disminuyendo los recorridos innecesarios, los costos de manejo y el tiempo muerto. Este método posibilita examinar las conexiones entre los diversos campos, establecer cuáles deberían estar más próximas en función de su interacción y elaborar diferentes opciones de distribución antes de optar por la más apropiada [4][1].

Actualmente, la empresa IPMATHOA se encuentra en un proceso de rediseño de la distribución de sus procesos productivos, específicamente del proceso de elaboración de papel higiénico, Para ello, se requiere el desarrollo de una propuesta de distribución en planta que contemple las siguientes zonas clave del proceso productivo como se observa en la tabla 4.28.

Tabla 4.28 Razón aplicada del SLP.

| N.º | Razón | Aplicación en el proceso de IPMATHOA |
|-----|-----------------------|---|
| 1 | Flujo de material | Existe un flujo directo entre las áreas de tubera, bobinado, cortadora, etiquetado y sellado, por lo que deben ubicarse cercanas para reducir transporte. |
| 2 | Secuencia del proceso | Las áreas deben seguir el orden del proceso productivo del papel higiénico para evitar retrocesos o recorridos innecesarios. |
| 3 | Control de calidad | La cortadora y el área de etiquetado requieren proximidad para facilitar la inspección del producto antes del empaque. |
| 4 | Manejo de materiales | El traslado de bobinas y rollos requiere cercanía entre procesos para reducir manipulación y tiempos de transporte. |
| 5 | Seguridad operativa | Algunas áreas deben mantenerse separadas para evitar riesgos durante la operación de maquinaria. |

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| 6 | Almacenamiento | La bodega de producto terminado debe ubicarse cerca del área de sellado y empacado para facilitar el almacenamiento del producto final. |
| 7 | Flujo de información y supervisión | La cercanía entre procesos facilita la supervisión del proceso productivo y la coordinación entre operarios. |

Además de los motivos de cercanía, a cada relación entre zonas del proceso se le asigna un valor de aproximación, el cual se representa mediante un código alfabético. Estos códigos indican el grado de proximidad deseado entre las áreas, basándose en la importancia operativa de su interacción. La asignación de estos valores resulta fundamental para la posterior evaluación y optimización del diseño del layout. La tabla 4.29 presenta cada código de proximidad junto con su significado, color representativo y el número de líneas gráficas que lo simbolizan en los diagramas de distribución, se presentan las dimensiones en metros cuadrados de cada una de las áreas que conforman el proceso de producción del papel higiénico. Esta información es fundamental para realizar una distribución espacial más eficiente dentro del área total disponible, permitiendo un mejor acoplamiento.

Tabla 4.29 Código de proximidad del proceso de papel higiénico.

| Código | Proceso |
|--------|----------------------------|
| RMP | Recepción de Materia prima |
| T | Tubera |
| B | Bobinadora |
| C | Cortadora |
| EE | Etiquetado y enfundado |
| SE | Sellado y empacado |

Entre las zonas según sus requerimientos de espacio, como se observa en la tabla 4.30 donde las superficies individuales de cada proceso facilitan la asignación adecuada del espacio y contribuye a lograr un diseño funcional y operativo del layout propuesto[30].

Tabla 4.30 Metros de cada proceso para realizar el papel higiénico.

| Procesos | M ² necesarios |
|---------------|---------------------------|
| Materia prima | 36 |
| Tubera | 20 |
| Bobinado | 24 |

| | |
|------------------------|-----------|
| Cortadora | 4 |
| Etiquetado y enfundado | 6 |
| Sellado y empacado | 6 |
| TOTAL | 96 |

4.17 Método de guerchet

Tabla 4.31 Método de Guerchet.

| Proceso | Cant | La | La | An | Alt | Ár | Área Total | S. | V. Tot al | k | ss* n | S. evoluci ón | S. Tot al |
|------------------------|------|-----|------|------|------|-------|---------------|-------------------|-----------------|------|----------|---------------------|-----------------|
| | idad | dos | rgo | cho | ura | ea | | Gravitaci onal | | | | | |
| | n | N | L | A | H | ss | | sg | | | | | |
| Materia prima | 4 | 1 | 1,20 | 0,80 | 0,16 | 0,96 | 3,84 | 0,96 | 0,60 | | 3,84 | 0,62 | 10,15 |
| Tubera | 1 | 1 | 3,50 | 2,20 | 1,80 | 7,7 | 7,7 | 7,70 | 13,86 | | 7,70 | 4,96 | 20,36 |
| Bobinado | 1 | 1 | 6,20 | 2,60 | 1,80 | 16,12 | 16,12 | 16,12 | 29,02 | | 16,12 | 10,39 | 42,63 |
| Cortadora | 1 | 1 | 1,33 | 0,70 | 1,80 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 1,68 | 0,32 | 0,93 | 0,60 | 2,46 |
| Etiquetado y enfundado | 1 | 1 | 0,85 | 0,70 | 0,80 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,48 | | 0,60 | 0,38 | 1,57 |
| Sellado y empacado | 1 | 1 | 1,20 | 0,42 | 0,90 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | | 0,50 | 0,32 | 1,33 |

Con el método de Guerchet de la tabla 4.31 se tomó el valor más bajo de 1.33 m² como USE para realizar la distribución de la planta. En ese sentido, se expresó la superficie de los distintos procesos de la planta en términos de U.S.E. [29].

Tabla 4.32 Superficie de los procesos.

| PROCESOS | M ² | USE |
|-------------------------------|----------------|-----------|
| Recepción de la materia prima | 36 | 27 |
| Tubera | 20 | 15 |
| Bobinado | 24 | 18 |
| Cortadora | 4 | 3 |
| Etiquetado y enfundado | 6 | 5 |
| Sellado y empacado | 6 | 5 |
| TOTAL | 96 | 72 |

Con base en los datos previamente recopilados incluyendo áreas, relaciones de proximidad y criterios de agrupación se procedió a realizar la redistribución detallada de todas las zonas que integran el proceso productivo. Para este fin, se utilizó el software Corelap 01, una herramienta

especializada en la planificación sistemática de la distribución en planta (SLP), que permite evaluar y optimizar la ubicación relativa entre departamentos, como se indica en la tabla 4.32

4.18 Software corelap

A continuación, se muestra el ingreso de los procesos para la elaboración de papel higiénico al software Corelap 01 para la distribución del proceso productivo: nombres de los departamentos, superficie total disponible y parámetros de proximidad, donde cada proceso recibe una ponderación según el grado de proximidad necesario. Esta matriz sistematiza las interacciones entre zonas, permitiendo identificar la importancia de que ciertos procesos estén juntas o separadas como se observa en la figura 4.11 Así, se obtiene una base sólida para diseñar una distribución más eficiente y alineada con las necesidades del proceso de producción de papel higiénico.

¿Cuántos departamentos quiere implantar? CONTINUAR RETROCEDER

| | Nombre Departamento | Tamaño Depart. m2 |
|---|---------------------|-------------------|
| 1 | MP | 27 |
| 2 | T | 15 |
| 3 | B | 18 |
| 4 | C | 3 |
| 5 | EE | 5 |
| 6 | SEI | 5 |

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

| | |
|-----|--------------------------------|
| A = | <input type="text" value="6"/> |
| E = | <input type="text" value="5"/> |
| I = | <input type="text" value="4"/> |
| O = | <input type="text" value="3"/> |
| U = | <input type="text" value="2"/> |
| X = | <input type="text" value="1"/> |

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

CONTINUAR RETROCEDER

Figura 4.11 Ingreso de los procesos y tamaño de las áreas.

Una vez procesados todos los datos en Corelap 01, presenta el orden jerárquico de los departamentos según su importancia dentro del proceso en la figura 4.12. Esta jerarquización identifica qué áreas deben priorizarse en el layout por su impacto en el flujo operativo. También se calculó el TCR (Total Closeness Rating), indicador que mide cuánto se ajusta la distribución propuesta a los criterios de proximidad definidos, así obteniendo el layout óptimo para redistribuir las áreas del proceso productivo de papel higiénico. Este diseño gráfico muestra la ubicación ideal de los 6 procesos. La organización final prioriza la eficiencia operativa y responde a las necesidades específicas del proceso en IPMATOHA en la figura 4.13



Figura 4.12 Nombre y Tamaño de los departamentos.



Figura 4.13 Ordenación de los departamentos por importancia.

El resultado obtenido mediante el software CORELAP permitió establecer una distribución de planta eficiente y coherente con la secuencia del proceso productivo. La disposición final evidencia una adecuada relación entre los procesos, priorizando la cercanía de aquellas que presentan mayor interacción funcional. En este sentido, la ubicación de la materia prima junto a la tubera y la bobinadora optimiza el inicio del flujo de producción, mientras que la proximidad de la cortadora con el área de sellado y etiquetado favorece la continuidad del proceso y reduce los tiempos de traslado. Asimismo, se mantiene la bobinadora en su posición fija debido a las características estructurales de su maquinaria, garantizando la estabilidad operativa. La distribución propuesta refleja una mejora significativa en la eficiencia del proceso, minimizando recorridos innecesarios, aprovechando mejor el espacio disponible y contribuyendo a un flujo productivo más ordenado, seguro y funcional de la figura 4.14.

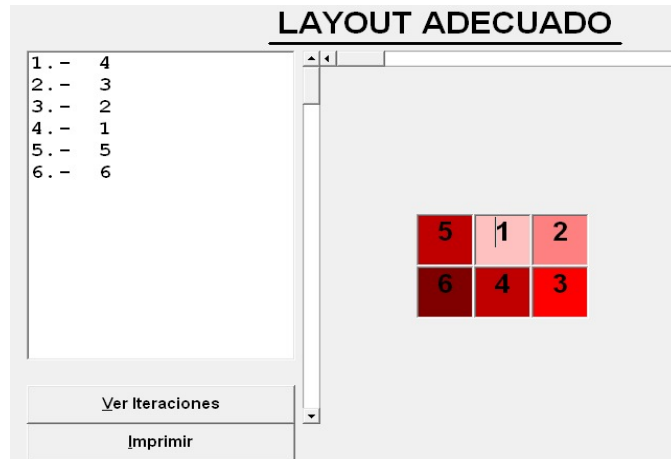


Figura 4.14 Layout adecuado del Software Corelap.

4.18.1 Layout Propuesto

El layout propuesto plantea una redistribución de los procesos para la elaboración de papel higiénico de IPMATOAH S.A.S. bajo los principios del Systematic Layout Planning (SLP) y con la utilización del software CORELAP, buscando optimizar el flujo de proceso y mejorar la eficiencia del proceso productivo. La nueva disposición organiza las estaciones de trabajo según la secuencia lógica de operaciones, minimizando desplazamientos, tiempos muertos favoreciendo un entorno laboral más ordenado y productivo como se observa en la figura 4.15. Esta propuesta fue validada mediante simulación digital en FlexSim, demostrando una reducción significativa en los tiempos de recorrido y una mejora en la capacidad de producción.

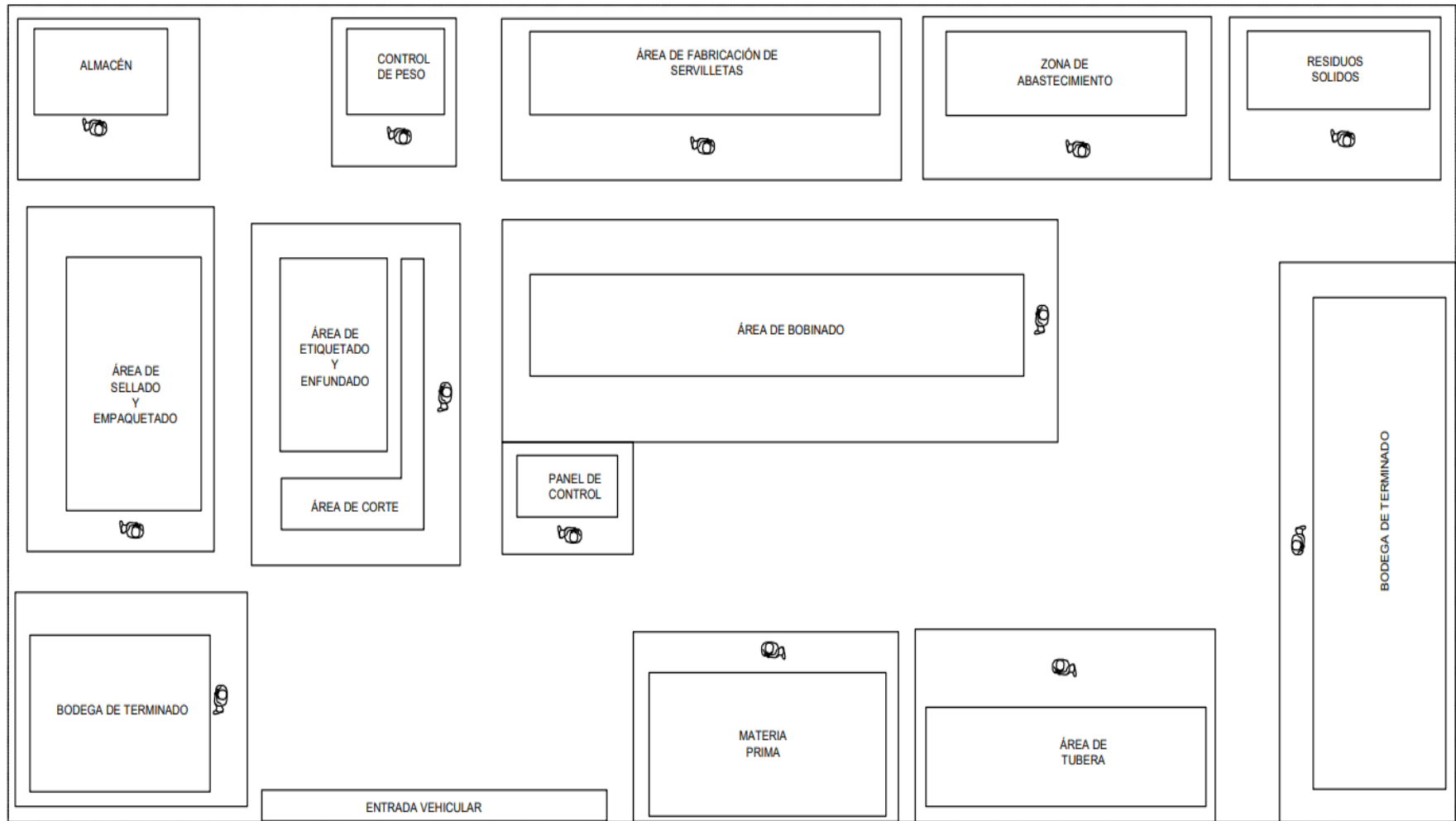


Figura 4.15 Layout Propuesto de la empresa IPMATOAH.

4.19 Cursograma analítico general propuesto

El cursograma propuesto presenta de forma ordenada el proceso productivo para la fabricación de papel higiénico en la empresa IPMATOAH S.A.S. Las operaciones consideradas incluyen recepción de materias primas, tubera, bobinadora, cortadora, etiquetado y enfundado, sellado y empacado. Además, con el rediseño podemos observar que nuestro tiempo total del proceso bajo a 4277.24 segundos, equivalente a 71.29 minutos, lo que nos indica que ya no hay recorridos innecesarios. Tabla 4.33

Tabla 4.33 Cursograma analítico general propuesto.

| IPMATOAH | | CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATOAH S.A.S. | | | | IPMATOAH | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|--|--------------|--------------|-----------------------|----------|---|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 24/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | Descripción de los procesos | | | | | | | | | |
| Producto: | Papel Higiénico | Resumen | | | | | | | | |
| Método: | Método Propuesto | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | | | |
| Área: | Producción | Operación | ● | 6 | | | | | | |
| Trabajadores: | Operario | Transporte | ⇒ | 0 | | | | | | |
| Distancia en metros: | 22 | Demora | ■ | 0 | | | | | | |
| Tiempo en segundos: | 71.29 | Inspección | ■ | 0 | | | | | | |
| Observador: | Investigadores | Almacenamiento | ▼ | 1 | | | | | | |
| Elaborado por: | Investigadores | Total | | 7 | | | | | | |
| Nº | Descripción de los procesos | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| 1 | Recepción de materias primas | 8 | 586,36 | 9,77 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| 2 | Tubera | 3 | 984,31 | 16,41 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| 3 | Bobinadora | 1 | 1127,77 | 18,80 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| 4 | Cortadora | 2 | 594,9 | 9,92 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| 5 | Etiquetado y Enfundado | 2 | 704,4 | 11,74 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| 6 | Sellado y Empacado | 6 | 279,5 | 4,66 | ● | ⇒ | D | □ | ▼ | |
| Total | | 22 | 4277,24 | 71,29 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | |

4.20 Diagrama recorrido propuesto

El diagrama de recorrido propuesto muestra una reorganización del flujo del material con una secuencia más lineal y continua desde el proceso de recepción de materia prima hasta la bodega de producto terminado. A diferencia del estado actual, se reducen los cruces, retrocesos y desplazamientos innecesarios entre proceso. La nueva distribución optimiza la proximidad entre operaciones consecutivas, disminuyendo las distancias recorridas y el tiempo de

transporte. Como resultado, se logra un flujo más ordenado mejorando así el desempeño general del sistema productivo, figura 4.16.

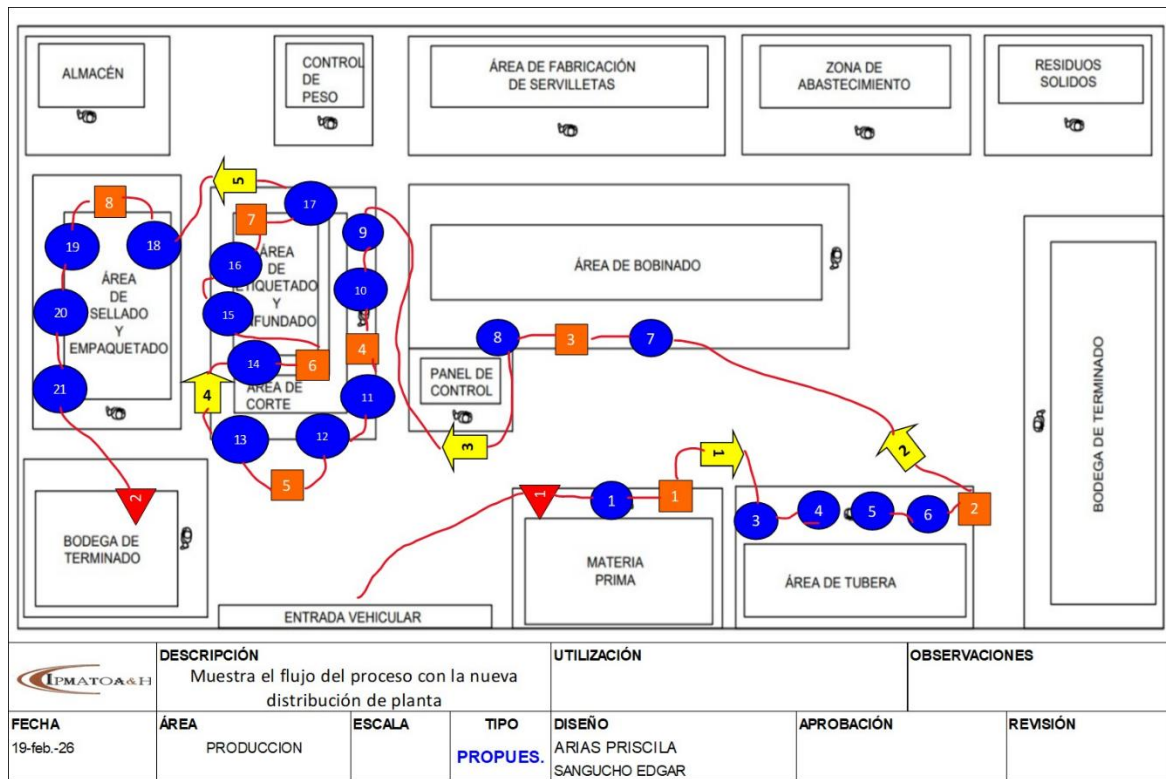


Figura 4.16 Diagrama recorrido propuesto.

4.20.1 Cálculo del diagrama de recorrido

El cuadro compara los tiempos actuales y propuestos de cada actividad del proceso, mostrando la variación porcentual obtenida con el rediseño. Los resultados reflejan una reducción del tiempo total de 4584.0 s a 4277.2 s, equivalente a una mejora del 6.7%. Las mayores disminuciones se presentan en transporte (1.9%) y almacenaje (25.0%), evidenciando una optimización del flujo y una mayor eficiencia del proceso productivo, como se observa en la tabla 4.34.

Tabla 4.34 Cálculo del diagrama de recorrido actual y propuesto.

| SIMBOLOGÍA | | | Actual | Propuest. | Reducción de Tiempo |
|----------------|----|------------|---------------|---------------|---------------------|
| ACTIVIDAD | | | Tiempo/s | Tiempo/s | % |
| ● | 21 | Operación | 2966,1 | 2678,55 | -9,7% |
| → | 5 | Transporte | 572,87 | 561,8 | -1,9% |
| ■ | 8 | Inspección | 560,15 | 560,2 | 0,0% |
| ○ | 0 | Espera | 0,0 | 288,5 | 0,0% |
| ▼ | 2 | Almacenaje | 384,81 | 288,5 | -25,0% |
| Totales | | | 4584,0 | 4277,2 | -6,7% |

4.21 Comparación del diagrama recorrido actual y propuesto

Al comparar el diagrama de recorrido actual con el propuesto, se evidencia que la distribución actual presenta desplazamientos extensos, cruces y retrocesos que incrementan el tiempo de transporte y generan ineficiencias en el flujo del proceso. A comparación de la propuesta establece una secuencia más lineal y continua, reduciendo distancias entre operaciones consecutivas y eliminando movimientos innecesarios. Esta mejora en la organización espacial del proceso se refleja en una disminución del tiempo total del 8,1%, lo que confirma que el rediseño contribuye directamente a incrementar la productividad y aumentar la eficiencia operativa.

4.22 Tiempo estándar propuesto

4.22.1 Tiempo Estándar General

El estudio de tiempos se realizó con el objetivo de determinar la duración de las principales actividades del proceso productivo de fabricación de papel higiénico en la empresa IPMATOAH S.A.S. Para su desarrollo se efectuaron 5 mediciones por cada una de los 6 procesos analizados, obteniendo un tiempo observado total de 4278.84 segundos. Posteriormente se aplicaron factores de desempeño y suplementos para calcular el tiempo normal de 4840.20 segundos y finalmente el tiempo estándar total de 5688.39 segundos, como está en la tabla 4.35 Este análisis permite determinar con mayor precisión la duración de cada actividad del proceso productivo y constituye una base fundamental para evaluar la eficiencia del sistema y plantear mejoras en la operación.

Tabla 4.35 Estudio de tiempo general propuesta.

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|------------------------|---------|
| Proceso: | | Proceso productivo General | | | | | Estudio N.º: | | 1 | |
| | | | | | | | Hoja: | | 1 de 1 | |
| Material: | | Papel Kraft, papel higiénico | | | | | Elaborado por: | | Investigadores | |
| Producto: | | Rollos de papel higiénico | | | | | Revisado por: | | Ing. José Naranjo MsC. | |
| | | | | | | | Aprobado por: | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 586.36 | 565.85 | 605.65 | 583.93 | 590.5 | 586.46 | 1.14 | 668.56 | 21% | 808.96 |
| 2 | 984.31 | 954.14 | 1013.62 | 978.23 | 999.49 | 985.96 | 1.11 | 1094.41 | 15% | 1258.58 |
| 3 | 1127.77 | 1107.99 | 1148.41 | 1122.02 | 1138.62 | 1128.96 | 1.19 | 1343.46 | 18% | 1585.29 |
| 4 | 594.9 | 568.43 | 616.24 | 591.61 | 598.62 | 593.96 | 1.19 | 706.81 | 18% | 834.04 |
| 5 | 704.4 | 679.59 | 727.22 | 701.72 | 710.64 | 704.71 | 1.03 | 725.86 | 17% | 849.25 |
| 6 | 279.5 | 265.5 | 292.69 | 282.85 | 273.39 | 278.79 | 1.08 | 301.09 | 17% | 352.27 |
| Total | 4277.24 | 4141.5 | 4403.83 | 4260.36 | 4311.26 | 4278.84 | | 4840.20 | | 5688.39 |

4.23 Comparación de la situación actual con la situación propuesta

Para completar la investigación de este proyecto, se realizó una comparación exhaustiva entre la situación productiva actual de IPMATOAH S.A.S. y la propuesta de mejora como se observa en la tabla 4.36 Esta comparación consideró los procesos que se analizó, el número de actividades involucradas, los Tiempos Estándar actuales para el producto de papel de 2.50 mtrs.

Tabla 4.36 Tabla comparativa de la situación actual con la situación propuesta.

| Proceso | N Actividades | | | Tiempo Estándar | |
|--------------------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|-----------------|-----------|
| | Actual | Propuesto | Producto | Actual | Propuesto |
| Recepción de la materia prima | 2 | 2 | Papel Higiénico de 2.50mtrs | 17 | 12,37 |
| Tubera | 1 | 1 | Papel Higiénico de 2.50mtrs | 24,02 | 21,44 |
| Total | | | | 41,02 | 33,81 |

4.24 Simulación de la propuesta en el software flexsim.

En el layout actual, la materia prima se encuentra ubicada a una distancia considerable del área de tubera, lo que provocaba recorridos largos y demoras en el inicio del proceso productivo. En

el layout propuesto, la materia prima fue trasladada más cerca a la tubera, facilitando el abastecimiento y reduciendo los desplazamientos internos. Este cambio permitió mejorar la continuidad del proceso y disminuir los tiempos asociados al transporte del material.

4.25 Análisis de la simulación actual

La primera simulación representa el estado actual de los procesos productivos de IPMATOAH S.A.S. El modelo incluye el recorrido habitual de operarios, las estaciones de trabajo actuales y la logística de carga y descarga en la planta. Según los resultados obtenidos, el sistema productivo bajo estas condiciones permite alcanzar una salida de 116 pacas por jornada como se observa en la figura 4.17. Esta cifra representa el rendimiento base sobre el cual se analizaron las posibles mejoras.

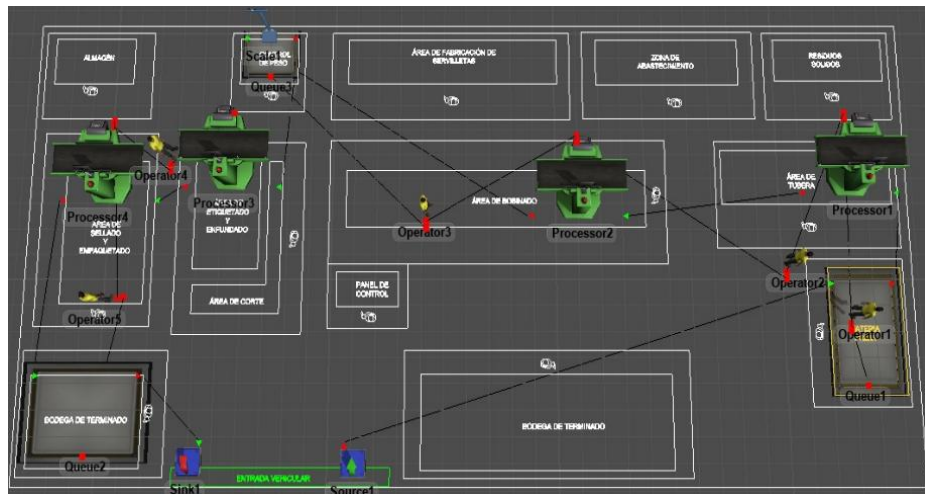


Figura 4.17 Simulación Actual en el Software FlexSim.

4.26 Análisis de la simulación Propuesta

En la simulación propuesta se implementó una redistribución del layout productivo, optimizando el recorrido de los operarios y reordenando estaciones de trabajo para reducir desplazamientos y tiempos de espera. Como resultado de estas mejoras, se obtuvo una producción de 120 pacas por jornada. Esto representa 4 pacas adicionales respecto al método anterior, dentro del mismo período de tiempo disponible de la figura 4.18.

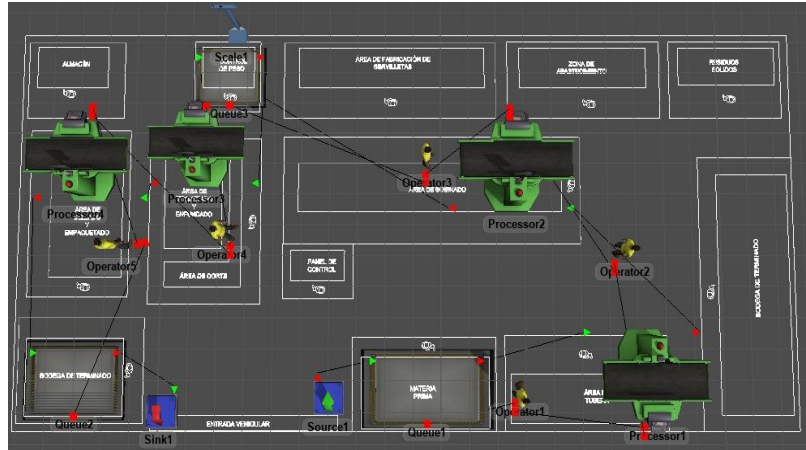


Figura 4.18 Simulación Propuesta en el Software de FlexSim.

4.26.1 Use Transport del Software de FlexSim

En la simulación desarrollada en FlexSim se utilizó la opción Use Transport para que el operario se desplace hasta la máquina específica donde está asignado y ejecute la actividad, evitando que los procesos se realicen de forma automática como se observa en la figura 4.19.

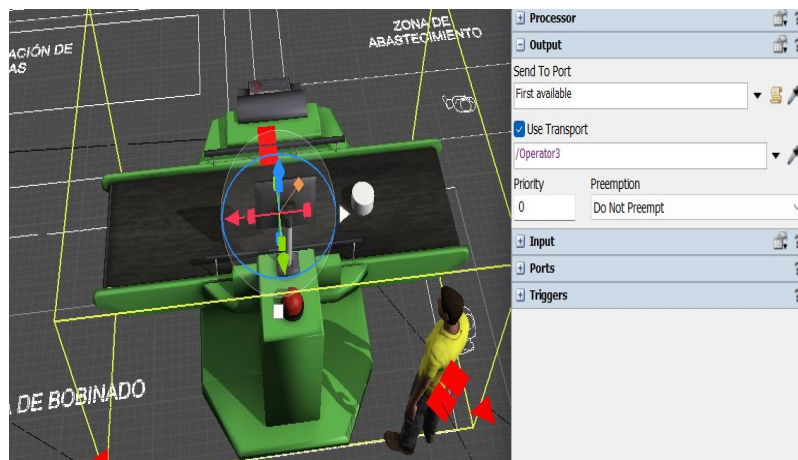


Figura 4.19 Use Transport del Software de FlexSim.

4.26.2 Conectividad entre procesos en el Software FlexSim

En la simulación realizada en FlexSim se emplearon las herramientas Connect Center Ports (S) se utilizó para conectar los procesos dentro del layout, permitiendo representar los recorridos generales de desplazamiento dentro de la empresa. y se utilizó el Connect Objects (A) para conectar directamente objetos específicos, como máquinas y operarios, asegurando una relación puntual y controlada entre los elementos del proceso productivo en la figura 4.20.

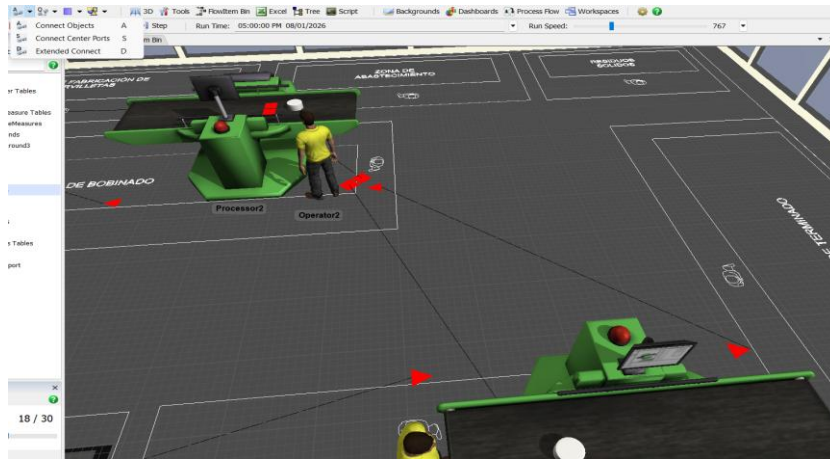


Figura 4.20 Conectividad entre procesos en el Software FlexSim.

4.26.3 Importado el plano a la simulación en FlexSim

El plano del layout fue importado a la simulación de FlexSim, en 3D, ajustando su escala de acuerdo con las dimensiones reales de la empresa como se ve en la figura 4.21. Posteriormente, se alineó y posicionó correctamente sobre el plano de trabajo, permitiendo ubicar con precisión las máquinas, rutas de desplazamiento y zonas operativas. Este procedimiento facilitó que la simulación represente la distribución física real del sistema productivo.

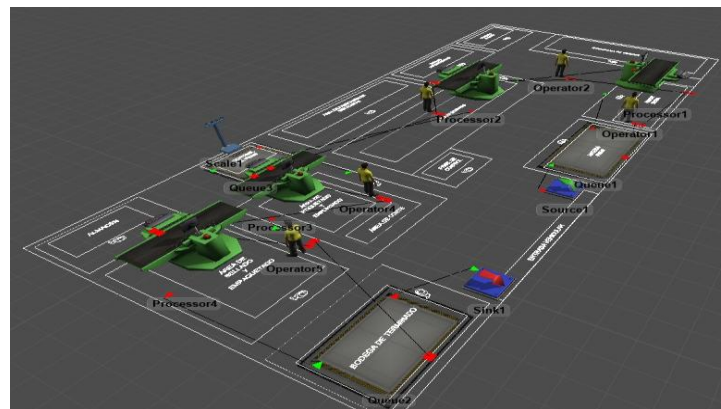


Figura 4.21 Importado el plano a la simulación en FlexSim.

4.26.4 Tabla de Tiempos en el Software de FlexSim

En la simulación de FlexSim se utilizó Time Table ya que el gráfico actúa como un cronograma operativo donde los bloques de color rojo representan los periodos de tiempo de inactividad durante los cuales los operarios y máquinas asignados no realizarán labores. Por el contrario, los espacios en blanco indican el tiempo de disponibilidad que es cuando el personal de la empresa está activo y los procesos de producción se ejecutan con normalidad en la figura 4.22

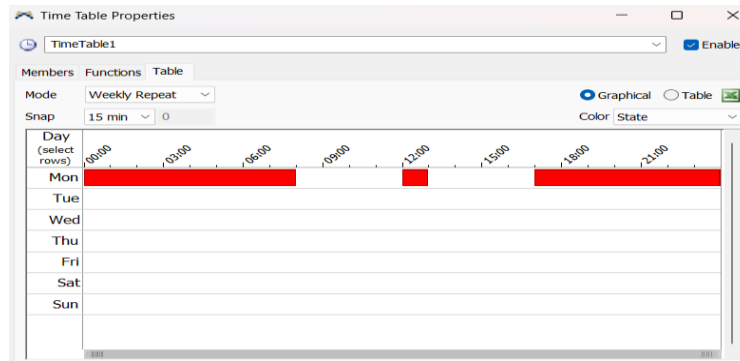


Figura 4.22 Tabla de Tiempos en el Software de FlexSim

4.26.5 Dashboards de Salida por hora en la simulación de FlexSim

En la figura 4.23 muestra una variación en la cantidad de productos terminados a lo largo de la jornada. Los valores más bajos se presentan en las horas inactivas, donde la producción se reduce por la ausencia parcial del personal y la detención temporal de las máquinas. En cambio, durante las horas efectivas de trabajo se observa un nivel de producción más alta.

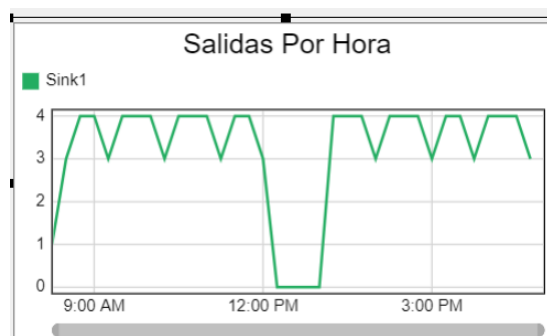


Figura 4.23 Dashboards de Salida por hora en la simulación de FlexSim.

4.26.6 Salidas por hora de los productos

En la figura 4.24 representa el promedio de productos terminados por hora que llegan al Sink durante el periodo de simulación. El valor observado de 12,89 unidades/hora indica el desempeño global del sistema considerando tanto las horas productivas como los periodos de inactividad, este indicador resume la capacidad real del proceso y permite evaluar el rendimiento general de la línea, siendo útil para comparar escenarios actuales y propuestos dentro de la simulación.



Figura 4.24 Salidas por hora de los productos.

4.26.7 Salida diaria de los productos

En el dashboard de Producción Diaria muestra la cantidad total de unidades terminadas que llegan al Sink al finalizar una jornada de trabajo. Las unidades producidas son 120 unidades diarias representa la producción real del sistema, considerando el ritmo de procesamiento, la disponibilidad de los operarios y los periodos de inactividad. Este indicador permite evaluar la capacidad diaria de la línea productiva y sirve como referencia para comparar el desempeño del sistema actual frente a escenarios de mejora propuestos en la figura 4.25.

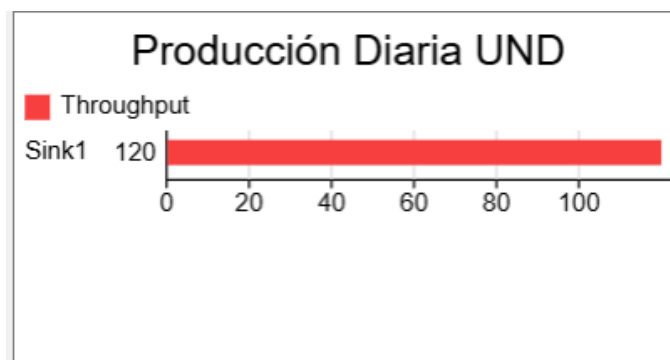


Figura 4.25 Salida diaria de los productos.

4.27 Incremento de la productividad

El incremento de productividad se calculó comparando la producción obtenida en el layout actual y en el layout propuesto, manteniendo constantes los recursos y el tiempo de operación. La productividad se determinó como la relación entre las pacas producidas y el tiempo total, y el porcentaje de incremento se obtuvo a partir de la diferencia relativa entre ambos escenarios. Los resultados evidencian un aumento de 3.44% de la productividad[31].

Ecuación 4.1 Incremento de la productividad.

$$\Delta t = \frac{P_{propuesto} - P_{actual}}{P_{actual}} * 100 \quad (4.1)$$

$$\Delta t = \frac{120 - 116}{116} * 100$$

$$\Delta t = 3.44\%$$

4.28 Análisis económico

El precio de comercialización de las pacas del papel higiénico es de 13.50\$ como se observa en la tabla 4.37. Ahora calcularemos los ingresos del método actual y del método propuesto, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.37 Cálculo de Ingresos por jornada.

| CALCULO DE INGRESOS POR JORNADA | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------|---------|----------|
| Método | Producto | Producción | P.V.P. | Ingresos |
| Método Inicial | Paca pH de 250mtr | 116 | \$13,50 | \$ 1.566 |
| Método Propuesto | Paca pH de 250mtr | 120 | \$13,50 | \$ 1.620 |

Un análisis económico diario de la diferencia entre la producción actual y la propuesta revela que hay un aumento en las pacas. Esto resulta en un total económico de 54\$.

4.28.1 Análisis económico al mes

Tabla 4.38 Análisis económico al mes.

| CALCULO DE INGRESOS AL MES | | | | |
|----------------------------|-------------------|------------|---------|-----------|
| Método | Producto | Producción | P.V.P. | Ingresos |
| Método Inicial | Paca pH de 250mtr | 2320 | \$13,50 | \$ 31.320 |
| Método Propuesto | Paca pH de 250mtr | 2400 | \$13,50 | \$ 32.640 |

Un análisis económico mensual de la diferencia entre la producción actual y la propuesta como se indica en la tabla 4.38, revela que hay un aumento en las unidades. Esto resulta en un total económico de 1320\$.

4.28.2 Análisis económico anual

Tabla 4.39 Análisis económico anual.

| CALCULO DE INGRESOS AL AÑO | | | | |
|----------------------------|-------------------|------------|---------|------------|
| Método | Producto | Producción | P.V.P. | Ingresos |
| Método Inicial | Paca pH de 250mtr | 27.840 | \$13,50 | \$ 375.840 |
| Método Propuesto | Paca pH de 250mtr | 28.800 | \$13,50 | \$ 388.800 |

Un análisis económico anual de la tabla 4.39 muestra la diferencia entre la producción actual y la propuesta y revela que hay un aumento en las unidades. Esto resulta en un total económico de 12.960\$.

4.29 Impactos

4.29.1 Impacto social

La propuesta de redistribución de planta en la empresa IPMATOAH S.A.S. genera un impacto social positivo al mejorar las condiciones de trabajo dentro de los procesos. La distribución de las estaciones de trabajo permite reducir desplazamientos innecesarios, facilitar el flujo de materiales y mejorar la organización del espacio laboral, lo que contribuye a un entorno de trabajo más ordenado y seguro para los operarios.

4.29.2 Impacto económico

Se proyecta un aumento de la productividad en un 3.44%. Este incremento se traducirá directamente en un aumento de la producción de papel higiénico lo que generará un aumento significativo en los ingresos de la empresa al poder abastecer una mayor demanda y mejorar su posición en el mercado.

4.29.3 Impacto Ambiental

La propuesta de redistribución de planta en la empresa IPMATOAH S.A.S. genera un impacto ambiental del flujo de materiales y reducir desplazamientos innecesarios dentro de los procesos. Al mejorar la organización de las estaciones de trabajo y disminuir los tiempos improductivos, se logra un mejor uso de los recursos disponibles, lo que contribuye indirectamente a la reducción del consumo energético de los equipos y maquinaria utilizados en el proceso productivo.

4.29.4 Impacto Tecnológico

El presente estudio genera un impacto tecnológico significativo al incorporar herramientas tecnológicas para el análisis y mejora del sistema productivo. La utilización de software FlexSim permitió modelar y simular el proceso de producción, facilitando la evaluación de diferentes escenarios de distribución de planta sin necesidad de realizar modificaciones físicas en la empresa. Esta aplicación tecnológica contribuye a mejorar la toma de decisiones dentro del proceso productivo.

5 CONCLUSIONES

- El levantamiento y análisis detallado de los procesos productivos en la fabricación de papel higiénico permitió identificar ineficiencias operativas dentro del sistema productivo, principalmente relacionadas con el flujo de materiales, recorridos innecesarios y distribución inadecuada de las áreas de trabajo. Este diagnóstico permitió establecer una línea base del proceso e identificar indicadores clave como el tiempo de ciclo, la secuencia de operaciones y las distancias recorridas por el material, evidenciando la necesidad de implementar una redistribución de planta que contribuya a mejorar el desempeño del sistema productivo.
- La aplicación de metodologías de distribución de planta, como Systematic Layout Planning (SLP) y el uso del software CORELAP, permitió reorganizar las áreas de producción considerando la relación entre procesos, el flujo de materiales y el aprovechamiento del espacio físico disponible. Como resultado, se logró mejorar la secuencia lógica de las operaciones y reducir los desplazamientos innecesarios dentro de la planta, lo que contribuye a mejorar el flujo productivo, la utilización del espacio y la reducción de tiempos improductivos.
- La simulación de la distribución de planta propuesta mediante el software FlexSim permitió analizar el comportamiento del sistema productivo antes de su implementación, evaluando su impacto. Los resultados obtenidos muestran una mejora en la eficiencia del proceso y un incremento de la productividad del 3.44 %, lo que demuestra que la redistribución propuesta contribuye a mejorar el flujo de producción, y fortalecer la capacidad operativa de la empresa.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa IPMATOAH S.A.S. considerar la implementación de la propuesta de redistribución de planta planteada en este estudio, ya que los resultados obtenidos mediante la simulación evidencian una mejora de productividad y en el flujo de materiales dentro del proceso productivo. La aplicación del nuevo layout permitiría minimizar los desplazamientos entre procesos y reducir tiempos improductivos durante la fabricación del papel higiénico.
- Se sugiere a la empresa realizar estudios periódicos de tiempos y movimientos en las diferentes etapas del proceso productivo, con el fin de monitorear el desempeño de las operaciones e identificar posibles cuellos de botella. El seguimiento constante de indicadores como el tiempo de ciclo, la eficiencia de los procesos y la capacidad

productiva permitirá tomar decisiones oportunas para mejorar continuamente el sistema de producción.

- Se recomienda complementar la propuesta de mejora con programas de capacitación para los operarios, enfocados en la correcta ejecución de las operaciones productivas y en el uso eficiente de los recursos disponibles. La capacitación del personal contribuirá a mejorar el desempeño de las actividades dentro de la planta y a mantener los niveles de productividad alcanzados con la nueva distribución de las áreas de trabajo.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. I. S. Zavala, M. A. A. Leon, L. F. M. Mosquera, and V. M. B. Leon, “Application of the SLP Methodology to Improve Productivity in SMEs Textiles,” 2025, pp. 51–60. doi: 10.1007/978-981-97-6492-1_5.
- [2] Joaquin Antoni Tarazón, “Códigos UNESCO,” Jan. 2026.
- [3] V. Singla, “An integrated systematic layout planning, analytical hierarchy process and nonlinear programming approach to facility layout design,” *International Journal of Operational Research*, vol. 52, no. 1, pp. 128–145, Jan. 2025, doi: 10.1504/IJOR.2025.143960.
- [4] L. V. Vega Vacca, R. Monroy Sepúlveda, and Y. Alexis Romero, “Determinación de las constantes ‘K’ del método Guerchet para el cálculo de las superficies de distribución de planta para una empresa del sector confecciones en el area metropolitana de Cúcuta.,” *Mundo FESC*, vol. 12, no. 24, Jul. 2022, doi: 10.61799/2216-0388.1464.
- [5] P.-T. Nguyen and T.-A.-T. Nguyen, “Application of SLP And LEAN Method in Designing the Layout of Auto Parts Manufacturing Factory,” in *2023 8th International Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB)*, IEEE, Nov. 2023, pp. 1–7. doi: 10.1109/ATiGB59969.2023.10364437.
- [6] F. Calapiña, D. Ortiz, A. Pazmiño, and I. Naranjo, “Facility Layout Proposal for a Tannery, Evaluated by the Simulation Software-Flexsim,” 2023, pp. 520–531. doi: 10.1007/978-3-031-30592-4_35.
- [7] María José Páez Orellana, “MEJORA A LA DISPONIBILIDAD DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA DE BEBIDAS PARA AGUA PURA Y REFRESCOS CARBONATADOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA SMED (CAMBIOS RÁPIDOS) EN UNA LÍNEA ENVASADORA AUTOMÁTICA (T14959),” Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2019.

- [8] Luis Enrique Padilla Plazarte, “DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA METALMECÁNICA SOLUTIONS (T2527ind),” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2024.
- [9] D. Saisud and W. Kongkaew, “A hybrid CORELAP-association rules and fuzzy AHP framework for plant layout optimization in the para rubber plywood industry,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 295, p. 128766, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.eswa.2025.128766.
- [10] I. De, L. A. Producción, M. Selena, and A. Yépez, “PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL LAYOUT PARA LA EMPRESA CURTIDORA DE CUERO ‘RENACIENTE’ CON BASE A LA SIMULACIÓN COMPUTACIONAL (Cd 14694),” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2024.
- [11] CRISTHIAN JOEL ILBAY SACA, “‘DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS ENFOCADO EN MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TEXTIL RAM JEANS DE LA CIUDAD DE PELILEO EN EL AÑO 2022’ (58T00825),” Proyecto Técnico, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, 2023.
- [12] Yolanda Patricia González Flores, “REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA JAMBI KIWA (t2609ind),” Proyecto de Investigación, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Amabto, 2024.
- [13] REYES SANCÁN ROXANA PETITA, “‘APLICACIÓN DE LA GESTIÓN POR PROCESOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA FRIOYUGCHA FISH S.A, CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA,’” UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, LA LIBERTAD, 2023.
- [14] PAOLA ANDREA PUENTES GIL and JULIAN ALBERTO CETINA SABOGAL, “ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS PARA LA EMPRESA PAPELES PRIMAVERA A LOS PRODUCTOS DE PAPEL REGALO Y CARTULINA PLANA (CE),” BOGOTA D.C., 2017.

- [15] F. E. E. V. E. A. Vallejo Gallardo, “Estudio de tiempos y movimientos para proponer mejoras en el proceso de producción de cobijas de la empresa Neymatex s.a. en el cantón Guano.,” 2025.
- [16] KEVIN SANTIAGO GARCÍA NAVARRETE., “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA LA EMPRESA TEXTIL CREACIONES GEMA.” Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15655/2/04%20IND%20497%20T RABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- [17] Jorge Alberto López Ramos, ““REDISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA DE FOAMY EVA EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.,”” Proyecto de Investigación, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO, 2021.
- [18] Ingeniero Francisco Xavier Hinojosa Lescano, “MODELO DE PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN BASADO EN SIMULACIÓN EN UNA EMPRESA DE PAPEL HIGIÉNICO,” Modalidad de Titulación Proyecto de Desarrollo, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2021.
- [19] M. N. B. O. Zahid and M. Z. B. S. Amran, “Optimization of the Automotive Manufacturing Plant Using Systematic Layout Planning (SLP) with Modular Layout,” 2023, pp. 401–410. doi: 10.1007/978-981-99-1245-2_38.
- [20] E. E. Saucedo López, R. A. Valenzuela López, and G. E. Báez Hernández, “Aplicación de ingeniería de métodos para el mejoramiento de operaciones en una empresa manufacturera de equipos de audio,” *EID. Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, vol. 3, no. 1, pp. 105–115, Apr. 2021, doi: 10.29393/EID3-8AIES30008.
- [21] A. L. Aldea Molina, “Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua,” *Industrial Data*, vol. 24, no. 1, pp. 7–22, Aug. 2021, doi: 10.15381/idata.v24i1.19616.
- [22] M. F. De-Lira-Martínez and J. A. Romero-Guerrero, “Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos,” *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 10, no. 19, pp. 30–41, Jul. 2022, doi: 10.29057/icbi.v10i19.9189.

- [23] Reymi Gustavo Lema Zambrano, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MANTELES DE LA EMPRESA ALY ARTESANÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD (UDLA),” UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS, 2015.
- [24] C. Cevallos, “Matriz General Electric,” *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, vol. 1, no. 01, Jan. 2015, doi: 10.24133/sigma.v1i01.936.
- [25] Bryan Salazar López, “Valoración del ritmo de trabajo,” *ingenieriaindustrialonline*.
- [26] Bryan Salazar López, “Suplementos del Estudio de tiempos,” *ingenieriaindustrialonline*.
- [27] J. Zhang, “Simulation and Optimization of Warehouse Shelf Layout Based on Systematic Layout Planning and Flexsim,” in *12th International Symposium on Project Management (ISPM2024)*, Riverwood, NSW, Australia: Aussino Academic Publishing House (AAPH), Jun. 2024, pp. 1486–1491. doi: 10.52202/076061-0197.
- [28] R. M. Ali and A. M. Deif, “Dynamic Lean Assessment for Takt Time Implementation,” *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 577–581, 2014, doi: 10.1016/j.procir.2014.01.128.
- [29] K. Keskiniva, A. Saari, and J.-M. Junnonen, “Indicators for Takt Production Performance Assessment—A Conceptual Study,” *Buildings*, vol. 14, no. 1, p. 50, Dec. 2023, doi: 10.3390/buildings14010050.
- [30] M. C.-C. C. L.-C. J. C. A. R. L. Valerie Contreras-Rios, “Process Optimization through the Implementation of SLP, Kanban, Poka-Yoke and TPM to Improve Efficiency in a Metalworking SME,” *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 73, no. 6, Jun. 2025, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V73I6P122.
- [31] T. J. Fontalvo-Herrera, E. De la Hoz-Granadillo, and J. Morelos-Gomez, “Productivity and its Factors: Impact on Organizational Improvement,” *Dimensión Empresarial*, vol. 16, no. 1, Jul. 2017, doi: 10.15665/rde.v15i2.1375.








ANEXO 1

CURSOGRAMA ANALÍTICO ACTUAL

Recepción de Materia Prima

| IPMATAO&H | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOAH S.A.S | | | IPMATAO&H | | | | | |
|-----------------------------|--|---|------------------|--------------|-----------------------|-----------|----------|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 25/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Recepcion y traslado de materia prima | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | Resumen | | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | | |
| Área: | | Producción | Operación | ● | 2 | | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | Transporte | ➔ | 1 | | | | | |
| Distancia en metros: | | 8 | Demora | ■ | 0 | | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 793.82 | Inspección | ■ | 1 | | | | | |
| Observador: | | Investigadores | Almacenamiento | ▼ | 1 | | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | Total | | 5 | | | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| 1 | Recepción de materias primas | 0 | 292.71 | 04:52.7 | ○ | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 1 | Verificación de calidad | 0 | 125.84 | 02:05.8 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 1 | ¿Las materias primas cumplen con las especificaciones? | 0 | 129.16 | 02:09.2 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 2 | Devolución al proveedor | 0 | 57.48 | 00:57.5 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 1 | Traslado al area de tubera | 8 | 188.63 | 03:08.6 | ○ | ➔ | D | □ | ▼ | |
| Total | | 8 | 793.82 | 0:13:14 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | |

Tubera

|  | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOAH S.A.S | | | |  | | | | |
|---|------------------------------------|---|--------------|------------------|---|---|--|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 24/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Tubera | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | | Resumen | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | |
| Área: | | Producción | | Operación | | 4 | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | | Transporte | | 1 | | | | |
| Distancia en metros: | | 3 | | Demora | | 0 | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 1083.57 | | Inspección | | 1 | | | | |
| Observador: | | Investigadores | | Almacenamiento | | 0 | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | Total | | 6 | | | | |
| Nº | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | |  |  |  |  |  | |
| 3 | Recibe la materia prima | 0 | 287.58 | 04:47.6 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 4 | Corte de materia prima en tortas | 0 | 124.73 | 02:04.7 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 5 | Colocación de tortas de papel core | 0 | 306.29 | 05:06.3 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 6 | Enrollado del papel core | 0 | 119.41 | 01:59.4 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 2 | ¿Cumple con el tamaño y dureza? | 0 | 128.62 | 02:08.6 | ○ | ⇒ | D | ■ | ▽ | |
| 2 | Traslado al area de bobinado | 3 | 116.94 | 01:56.9 | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| Total | | 3 | 1083.57 | 0:18:04 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | |



Bobinadora

|  | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOAH S.A.S | | | |  | | | | |
|---|--|---|------------------|--------------|-----------------------|---|----------|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 24/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Bobinado | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | Resumen | | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | | |
| Área: | | Producción | Operación | ● | 2 | | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | Transporte | ⇒ | 1 | | | | | |
| Distancia en metros: | | 1 | Demora | ◻ | 0 | | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 1127.77 | Inspección | ■ | 1 | | | | | |
| Observador: | | Investigadores | Almacenamiento | ▽ | 0 | | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | Total | | 4 | | | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | ⇒ | ◻ | ■ | ▽ | |
| 7 | Colocar las bobinas en la parte posterior de las bobinadoras | 0 | 604.6 | 10:04.6 | ● | ⇒ | ◻ | ■ | ▽ | |
| 3 | ¿La tensión y alineación son correctas? | 0 | 107.27 | 01:47.3 | ○ | ⇒ | ◻ | ■ | ▽ | |
| 8 | Ajustar y repetir el proceso | 0 | 292.8 | 04:52.8 | ● | ⇒ | ◻ | ■ | ▽ | |
| 3 | Trasladar al área de cortadora | 1 | 123.1 | 02:03.1 | ○ | ⇒ | ◻ | ■ | ▽ | |
| Total | | 1 | 1127.77 | 0:18:48 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | |

Cortadora

| IPMATA&H | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOH S.A.S | | | | IPMATA&H | | | | |
|-----------------------------|--|--|--------------|--------------|-----------------------|----------------|----------|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | | 24/11/2025 | | Código: | | | | |
| Proceso: | | Cortadora | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | | | | | | | | |
| Método: | | Resumen | | | | | | | | |
| Método: | | Actividad | | | Actual | Propuesto | Mejorado | | | |
| Área: | | Producción | | | Operación | 5 | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | | | Transporte | 1 | | | | |
| Distancia en metros: | | 2 | | | Demora | 0 | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 594.9 | | | Inspección | 2 | | | | |
| Observador: | | Investigadores | | | Almacenamiento | 0 | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | | Total | 8 | | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 9 | Limpia y prepara la maquina | 0 | 92.4 | 01:32.4 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 10 | Se procede con el corte | 0 | 63.6 | 01:03.6 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 4 | ¿Las dimensiones del papel son correctas? | 0 | 88.7 | 01:28.7 | ○ | ⇒ | D | ■ | ▽ | |
| 11 | Reajustar y repetir el proceso | 0 | 124.9 | 02:04.9 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 12 | Control de calidad | 0 | 118.5 | 01:58.5 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 5 | ¿El producto cumple con los estándares de calidad? | 0 | 16.1 | 00:16.1 | ○ | ⇒ | D | ■ | ▽ | |
| 13 | Se recicla el producto defectuoso | 0 | 31.8 | 00:31.8 | ● | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| 4 | Trasladar al area de etiquetado y enfundado | 2 | 58.9 | 00:58.9 | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| Total | | 2 | 594.9 | 0:09:55 | 5 | 1 | 0 | 2 | 0 | |

Etiquetado y Enfundado

|  | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOH S.A.S | | | |  | | | | |
|---|---|--|--------------|------------------|-----------------------|---|-----------|----------|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | | 24/11/2025 | | Código: | | | | |
| Proceso: | | Etiquetado y enfundado | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higienico | | Resumen | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | |
| Área: | | Producción | | Operación | | ● | 4 | | | |
| Trabajadores: | | Operario | | Transporte | | ➔ | 1 | | | |
| Distancia en metros: | | 2 | | Demora | | ■ | 0 | | | |
| Tiempo en segundos: | | 704.4 | | Inspeccion | | ■ | 2 | | | |
| Observador: | | Investigadores | | Almacenamiento | | ▼ | 0 | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | Total | | | 7 | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | ➔ | ■ | ■ | ▼ | |
| 14 | Colocación de etiquetas | 0 | 62.8 | 01:02.8 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 6 | ¿Las etiquetas estan colocadas correctamente? | 0 | 31.6 | 00:31.6 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 15 | Se cambia, se gira o se tira la etiqueta. | 0 | 307.2 | 05:07.2 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 16 | Enfundar el producto | 0 | 28.9 | 00:28.9 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 7 | ¿La funda cumple con las características? | 0 | 28.9 | 00:28.9 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 17 | Cambio de funda y volver a verificar | 0 | 59.7 | 00:59.7 | ● | ➔ | D | □ | ▼ | |
| 5 | Trasladar al area de sellado y empacado | 2 | 185.3 | 03:05.3 | ○ | ➔ | D | □ | ▼ | |
| Total | | 2 | 704.4 | 0:11:44 | 4 | 1 | 0 | 2 | 0 | |


Sellado y Empacado

|  | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAH S.A.S | | | |  | | | | |
|---|-----------------------------------|---|------------------|--------------|-----------------------|---|----------|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 24/11/2025 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Sellado y empackado | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higienico | Resumen | | | | | | | |
| Método: | | Metodo Actual | Actividad | | Actual | Propuesto | Mejorado | | | |
| Área: | | Producción | Operación | ● | 4 | | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | Transporte | ➔ | 0 | | | | | |
| Distancia en metros: | | 6 | Demora | ■ | 0 | | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 279.5 | Inspección | ■ | 1 | | | | | |
| Observador: | | Investigadores | Almacenamiento | ▼ | 1 | | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | Total | | 6 | | | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | ➔ | ■ | □ | ▼ | |
| 18 | Sellado del producto en el horno | 0 | 61.9 | 01:01.9 | ● | ➔ | □ | □ | ▼ | |
| 8 | ¿El sellado tiene imperfecciones? | 0 | 29.8 | 00:29.8 | ○ | ➔ | ■ | □ | ▼ | |
| 19 | Se retira la funda | 0 | 31.4 | 00:31.4 | ● | ➔ | □ | □ | ▼ | |
| 20 | Enfundado del producto | 0 | 30.6 | 00:30.6 | ● | ➔ | □ | □ | ▼ | |
| 21 | Se realiza pacas de 12 rollos | 0 | 33.7 | 00:33.7 | ● | ➔ | □ | □ | ▼ | |
| 2 | Almacenar el producto terminado | 6 | 92.1 | 01:32.1 | ○ | ➔ | □ | □ | ▼ | |
| Total | | 6 | 279.5 | 0:04:40 | | | | | | |

ANEXO 2

ESTUDIO DE TIEMPO ACTUAL

Recepción de Materia Prima

| ESTUDIO DE TIEMPOS | |  | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|------------------------|--------|--------|---------|------|---------|-----|-------------|
| Proceso: | Recepción Materia prima | Estudio N.º: | 1 | | | | | | | |
| | | Hoja: | 1 de 1 | | | | | | | |
| | | Elaborado por: | Investigadores | | | | | | | |
| Material: | Papel Kraft, papel higiénico | Revisado por: | Ing. José Naranjo MSc. | | | | | | | |
| Producto: | Rollos de papel higiénico | Aprobado por: | Lectores | | | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 292.71 | 287.34 | 301.25 | 290.15 | 295.8 | 293.45 | 1.14 | 334.533 | 21% | 404.78493 |
| 2 | 125.84 | 120.57 | 128.9 | 123.48 | 127.12 | 125.182 | 1.14 | 142.707 | 21% | 172.6760508 |
| 3 | 129.16 | 132.48 | 125.86 | 130.52 | 127.94 | 129.192 | 1.14 | 147.279 | 21% | 178.2074448 |
| 4 | 57.48 | 55.26 | 56.42 | 56.91 | 58.47 | 56.908 | 1.14 | 64.8751 | 21% | 78.4988952 |
| 5 | 188.63 | 192.45 | 187.84 | 198.22 | 179.94 | 189.416 | 1.14 | 215.934 | 21% | 261.2804304 |
| Total | 793.82 | 788.1 | 800.27 | 799.28 | 789.27 | 794.148 | | 905.329 | | 1095.45 |

Tubera

| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | |  | | | | | |
|---------------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|------------------------------|----------------|-----|-------------|--|
| Proceso: | Tubera | | | | | Estudio N°: | 1 | | | | |
| | | | | | | Hoja: | 1 de 1 | | | | |
| | | | | | | Elaborado por: | Investigadores | | | | |
| Maquina: | Tubera Artesanal | | | | | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. | | | | |
| | | | | | | Aprobado por: | | | | | |
| | | | | | | Material: | Papel Kraft, papel higiénico | | | | |
| | | | | | | Producto: | Rollos de papel Kraft | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | | |
| N° | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| 1 | 287.58 | 282.37 | 294.82 | 286.14 | 291.53 | 288.49 | 1.1 1 | 320.22 | 15% | 368.25 | |
| 2 | 124.73 | 119.86 | 127.49 | 123.25 | 125.98 | 124.26 | 1.1 1 | 137.93 | 15% | 158.62 | |
| 3 | 306.29 | 299.74 | 314.28 | 305.63 | 311.95 | 307.58 | 1.1 1 | 341.41 | 15% | 392.62 | |
| 4 | 119.41 | 114.62 | 122.75 | 117.89 | 121.34 | 119.20 | 1.1 1 | 132.31 | 15% | 152.16 | |
| 5 | 128.62 | 123.45 | 131.78 | 126.91 | 130.27 | 128.21 | 1.1 1 | 142.31 | 15% | 163.65 | |
| 6 | 116.94 | 111.58 | 120.83 | 114.37 | 118.72 | 116.49 | 1.1 1 | 129.30 | 15% | 148.70 | |
| Total | 1083.5 7 | 1051.6 2 | 1111.9 5 | 1074.1 9 | 1099.7 9 | 1084.2 24 | | 1203.488 64 | | 1384.011936 | |

Bobinadora

ESTUDIO DE TIEMPOS



| | | | |
|----------|-------------------------------|----------------|------------------------------|
| Proceso: | Bobinado | Estudio N°: | 1 |
| | | Hoja: | 1 de 1 |
| | | Elaborado por: | Investigadores |
| Maquina: | Bobinadora Jumbera industrial | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. |
| | | Aprobado por: | |
| | | Material: | Papel kraft, papel higiénico |
| | | Producto: | Rollos de papel higiénico |

Cálculo de tiempo estándar (segundos)

| N° | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------------|-----|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 604.6 | 598.27 | 612.85 | 602.43 | 609.18 | 605.466 | 1.19 | 720.50454 | 18% | 850.1953572 |
| 2 | 107.27 | 103.64 | 110.52 | 106.18 | 108.93 | 107.308 | 1.19 | 127.69652 | 18% | 150.6818936 |
| 3 | 292.8 | 287.35 | 298.46 | 291.27 | 295.64 | 293.104 | 1.19 | 348.79376 | 18% | 411.5766368 |
| 4 | 123.1 | 118.73 | 126.58 | 122.14 | 124.87 | 123.084 | 1.19 | 146.46996 | 18% | 172.8345528 |
| Tota l | 1127.77 | 1107.99 | 1148.41 | 1122.02 | 1138.62 | 1128.962 | | 1343.46478 | | 1585.28844 |


Cortadora

ESTUDIO DE TIEMPOS



| Proceso: Cortadora | | Estudio N°: | 1 | | | | | | | | |
|--|--------------------|----------------|------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|-----|--------|--|
| | | Hoja: | 1 de 1 | | | | | | | | |
| | | Elaborado por: | Investigadores | | | | | | | | |
| Maquina: | Cortadora de papel | Revisado por: | Ing. José Naranjo MSc. | | | | | | | | |
| | | Aprobado por: | | | | | | | | | |
| | | Material: | Papel Kraft, papel higiénico | | | | | | | | |
| | | Producto: | Rollos de papel Kraft | | | | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | | |
| N° | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| 1 | 92.4 | 88.73 | 95.26 | 91.84 | 94.17 | 92.48 | 1.19 | 110.05 | 18% | 129.86 | |
| 2 | 63.6 | 60.42 | 66.89 | 64.13 | 62.58 | 63.52 | 1.19 | 75.59 | 18% | 89.20 | |
| 3 | 88.7 | 84.95 | 91.46 | 89.23 | 86.72 | 88.21 | 1.19 | 104.97 | 18% | 123.87 | |
| 4 | 124.9 | 119.67 | 128.34 | 123.45 | 126.78 | 124.63 | 1.19 | 148.31 | 18% | 175.00 | |
| 5 | 118.5 | 113.82 | 122.13 | 117.26 | 120.39 | 118.42 | 1.19 | 140.92 | 18% | 166.29 | |
| 6 | 16.1 | 14.98 | 17.23 | 15.67 | 16.58 | 16.11 | 1.19 | 19.17 | 18% | 22.62 | |
| 7 | 31.8 | 30.12 | 33.48 | 32.05 | 31.13 | 31.72 | 1.19 | 37.74 | 18% | 44.54 | |
| 8 | 58.9 | 55.74 | 61.45 | 57.98 | 60.27 | 58.87 | 1.19 | 70.05 | 18% | 82.66 | |
| Total | 594.9 | 568.43 | 616.24 | 591.61 | 598.62 | 593.96 | | 706.81 | | 834.04 | |

Etiquetado y Enfundado

| ESTUDIO DE TIEMPOS | |  | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|--|------------------------|--------|--------|--------|------|--------|-----|--------|
| Proceso: | Etiquetado y enfundado | Estudio Nº: | 1 | | | | | | | |
| | | Hoja: | 1 de 1 | | | | | | | |
| | | Elaborado por: | Investigadores | | | | | | | |
| Material: | Papel Kraft, papel higiénico | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. | | | | | | | |
| Producto: | Rollos de papel Kraft | Aprobado por: | | | | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 62.8 | 59.67 | 65.42 | 61.98 | 64.13 | 62.80 | 1.13 | 70.96 | 17% | 83.03 |
| 2 | 31.6 | 29.85 | 33.27 | 32.04 | 30.91 | 31.53 | 1.13 | 35.63 | 17% | 41.69 |
| 3 | 307.2 | 298.54 | 314.78 | 305.63 | 311.45 | 307.52 | 1.13 | 347.50 | 17% | 406.57 |
| 4 | 28.9 | 27.42 | 30.38 | 29.14 | 28.53 | 28.87 | 1.13 | 32.63 | 17% | 38.17 |
| 5 | 28.9 | 27.58 | 30.16 | 28.77 | 29.42 | 28.97 | 1.13 | 32.73 | 17% | 38.30 |
| 6 | 59.7 | 56.89 | 62.34 | 60.21 | 58.48 | 59.52 | 1.13 | 67.26 | 17% | 78.70 |
| 7 | 185.3 | 179.64 | 190.87 | 183.95 | 187.72 | 185.50 | 1.13 | 209.61 | 17% | 245.24 |
| Total | 704.4 | 679.59 | 727.22 | 701.72 | 710.64 | 704.71 | | 796.33 | | 931.70 |



Sellado y Empacado

| ESTUDIO DE TIEMPOS | |  | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|-----|--------|
| Proceso: | Sellado y empacado | Estudio Nº: | 1 | | | | | | | |
| | | Hoja: | 1 de 1 | | | | | | | |
| | | Elaborado por: | Investigadores | | | | | | | |
| Maquina: | Selladora de fundas y Túnel refractario (horno) | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. | | | | | | | |
| | | Aprobado por: | | | | | | | | |
| | | Material: | Papel Kraft, papel higiénico | | | | | | | |
| | | Producto: | Papel higiénico | | | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 61.9 | 58.74 | 64.38 | 62.15 | 60.47 | 61.53 | 1.14 | 70.14 | 17% | 82.07 |
| 2 | 29.8 | 27.96 | 31.54 | 30.12 | 28.89 | 29.66 | 1.11 | 32.92 | 17% | 38.52 |
| 3 | 31.4 | 29.68 | 33.21 | 32.05 | 30.74 | 31.42 | 1.19 | 37.39 | 17% | 43.74 |
| 4 | 30.6 | 28.93 | 32.47 | 31.18 | 29.86 | 30.61 | 1.19 | 36.42 | 17% | 42.62 |
| 5 | 33.7 | 31.85 | 35.42 | 34.13 | 32.58 | 33.54 | 1.03 | 34.54 | 17% | 40.41 |
| 6 | 92.1 | 88.34 | 95.67 | 93.22 | 90.85 | 92.04 | 1.08 | 99.40 | 17% | 116.30 |
| Total | 279.5 | 265.5 | 292.69 | 282.85 | 273.39 | 278.79 | | 310.82 | | 363.66 |

ANEXO 3

CURSOGRAMA ANALÍTICO PROPUESTA

Recepción de Materia Prima

|  | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATAOH S.A.S | | | |  | | | | |
|---|--|--|------------------|--------------|-----------------------|---|-----------|----------|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | 7/1/2026 | | Código: | | | | | |
| Proceso: | | Recepcion y traslado de materia prima | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | Resumen | | | | | | | |
| Método: | | Propuesta | Actividad | | | Actual | Propuesto | Mejorado | | |
| Área: | | Producción | Operación | | ● | 2 | | | | |
| Trabajadores: | | Operario | Transporte | | ➔ | 1 | | | | |
| Distancia en metros: | | 8 | Demora | | ■ | 0 | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 586.36 | Inspección | | ■ | 1 | | | | |
| Observador: | | Investigadores | Almacenamiento | | ▼ | 1 | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | Total | | | 5 | | | | |
| N° | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 1 | Recepción de materias primas | 0 | 196.36 | 03:16.4 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 1 | Recepción de materiales | 0 | 125.84 | 02:05.8 | ● | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 1 | ¿Las materias primas cumplen con las especificaciones? | 0 | 129.16 | 02:09.2 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 2 | Devolución al proveedor | 0 | 57.48 | 00:57.5 | ● | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| 1 | Traslado al area de tubera | 8 | 77.52 | 01:17.5 | ○ | ➔ | D | ■ | ▼ | |
| Total | | 8 | 586.36 | 0:09:46 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | |

Tubera

| IPMATOA&H | | CURSOGRAMA ANALISTICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE IPMATOAH S.A.S | | | | IPMATOA&H | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|--|--------------|----------------|-----------------------|----------------|----------|---|---|---------------|
| Diagrama N°: | | Fecha: | | 7/1/2026 | | Código: | | | | |
| Proceso: | | Tubera | | | | | | | | |
| Producto: | | Papel Higiénico | | | | | | | | |
| Método: | | Método Actual | | Resumen | | | | | | |
| Área: | | Actividad | | Actual | | Propuesto | Mejorado | | | |
| Trabajadores: | | Operario | | ● | 4 | | | | | |
| Distancia en metros: | | 3 | | → | 1 | | | | | |
| Tiempo en segundos: | | 984.31 | | D | 0 | | | | | |
| Observador: | | Investigadores | | ■ | 1 | | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | ▽ | 0 | | | | | |
| Elaborado por: | | Investigadores | | Total | | 6 | | | | |
| Nº | Descripción de actividades | Distancia (m) | Tiempo (seg) | Tiempo (min) | Símbolos del diagrama | | | | | Observaciones |
| | | | | | ● | → | D | ■ | ▽ | |
| 3 | Recibe la materia prima | 0 | 188.32 | 03:08.3 | ● | → | D | ■ | ▽ | |
| 4 | Corte de materia prima en tortas | 0 | 124.73 | 02:04.7 | ● | → | D | ■ | ▽ | |
| 5 | Colocación de tortas de papel core | 0 | 306.29 | 05:06.3 | ● | → | D | ■ | ▽ | |
| 6 | Enrollado del papel core | 0 | 119.41 | 01:59.4 | ● | → | D | ■ | ▽ | |
| 2 | ¿Cumple con el tamaño y dureza? | 0 | 128.62 | 02:08.6 | ○ | → | D | ■ | ▽ | |
| 2 | Traslado al area de bobinado | 3 | 116.94 | 01:56.9 | ○ | → | D | ■ | ▽ | |
| Total | | 3 | 984.31 | 0:16:24 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | |

ANEXO 4

ESTUDIO DE TIEMPO PROPUESTO

Recepción de Materia Prima


| ESTUDIO DE TIEMPOS | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|------------------------|---------|-----|-------------|--|
| Proceso: | Recepción Materia prima | | | | | Estudio N.º: | 1 | | | | |
| | | | | | | Hoja: | 1 de 1 | | | | |
| | | | | | | Elaborado por: | Investigadores | | | | |
| Material: | Papel Kraft, papel higiénico | | | | | Revisado por: | Ing. José Naranjo MSc. | | | | |
| Producto: | Rollos de papel higiénico | | | | | Aprobado por: | | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | | |
| Nº | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| 1 | 196.36 | 190.85 | 201.74 | 195.23 | 198.67 | 196.57 | 1.14 | 224.09 | 21% | 271.148658 | |
| 2 | 125.84 | 121.37 | 129.58 | 124.46 | 127.73 | 125.796 | 1.14 | 143.407 | 21% | 173.5230024 | |
| 3 | 129.16 | 124.52 | 133.41 | 127.89 | 131.28 | 129.252 | 1.14 | 147.347 | 21% | 178.2902088 | |
| 4 | 57.48 | 54.73 | 60.25 | 58.14 | 56.37 | 57.394 | 1.14 | 65.4292 | 21% | 79.1692836 | |
| 5 | 77.52 | 74.38 | 80.67 | 78.21 | 76.45 | 77.446 | 1.14 | 88.2884 | 21% | 106.8290124 | |
| Total | 586.36 | 565.85 | 605.65 | 583.93 | 590.5 | 586.458 | | 668.562 | | 808.96 | |

Tubera


ESTUDIO DE TIEMPOS



| Proceso: | Tubera | | | | | Estudio N°: | 1 | | | | |
|--|------------------|------------|-------------|------------|------------|----------------|------------------------------|---------|------|---------|--|
| | | | | | | Hoja: | 1 de 1 | | | | |
| | | | | | | Elaborado por: | Investigadores | | | | |
| Maquina: | Tubera Artesanal | | | | | Revisado por: | Ing. José Naranjo MsC. | | | | |
| | | | | | | Aprobado por: | | | | | |
| | | | | | | Material: | Papel Kraft, papel higiénico | | | | |
| | | | | | | Producto: | Rollos de papel Kraft | | | | |
| Cálculo de tiempo estándar (segundos) | | | | | | | | | | | |
| N° | MUESTRAS | | | | | TO | FD | TN | S | TS | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| 1 | 188.3 2 | 182.7 6 | 193.85 | 187.4 3 | 190.9 4 | 188.6 6 | 1.11 | 209.41 | 0.15 | 240.82 | |
| 2 | 124.7 3 | 120.2 8 | 128.67 | 123.5 2 | 126.8 9 | 124.8 2 | 1.11 | 138.55 | 0.15 | 159.33 | |
| 3 | 306.2 9 | 298.7 4 | 313.82 | 305.1 7 | 310.4 5 | 306.8 9 | 1.11 | 340.65 | 0.15 | 391.75 | |
| 4 | 119.4 1 | 115.3 6 | 123.58 | 118.7 4 | 121.8 3 | 119.7 8 | 1.11 | 132.96 | 0.15 | 152.90 | |
| 5 | 128.6 2 | 124.1 7 | 132.94 | 127.4 8 | 130.7 6 | 128.7 9 | 1.11 | 142.96 | 0.15 | 164.41 | |
| 6 | 116.9 4 | 112.8 3 | 120.76 | 115.8 9 | 118.6 2 | 117.0 1 | 1.11 | 129.88 | 0.15 | 149.36 | |
| Tota l | 984.3 1 | 954.1 4 | 1013.6 2 | 978.2 3 | 999.4 9 | 985.9 6 | | 1094.41 | | 1258.58 | |

| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 1/13 |
| | | Versión | 1 |

MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 2/13 |
| | | Versión | 1 |

OBJETIVO

Establecer un procedimiento detallado para la simulación en el software FlexSim, garantizando el uso adecuado del simulado y la aplicación de los procesos de trabajo sobre la plantilla simulada con sus dimensiones reales, herramientas y colaboradores respetivos de la empresa IPMATH S.A.S.

ALCANCE

Para dar inicio a este instructivo, es necesario disponer del layout de la empresa IPMATH S.A.S. con sus respectivas dimensiones reales, contar con el número de colaboradores, datos del tiempo estándar y la distribución de los procesos con sus respectivas herramientas, garantizando que la simulación concuerde con la fábrica real, ayudando de soporte para futuros alcances de la empresa.

DIRIGIDO A: Usuario FlexSim.


| N° | Actividad | Responsable |
|-----|--|-------------------|
| 4.1 | Identificar herramientas para el flujo de tareas en FlexSim. | - Usuario Flexsim |
| 4.2 | Añadir Layout formato CAD | - Usuario Flexsim |
| 4.3 | Agregar Jornada Laboral | - Usuario Flexsim |
| 4.4 | Añadir entradas | - Usuario Flexsim |
| 4.5 | Añadir objetos 3D en FlexSim | - Usuario Flexsim |
| 4.6 | Visualizar los KPI de la simulación | - Usuario Flexsim |

DESARROLLO








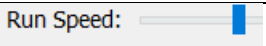


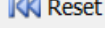
Identificar herramientas para el flujo de tareas en FlexSim.

Actividad realizada por: Usuario FlexSim.

Este conjunto de herramientas de las librerías de Flexsim, agrega tareas puntuales y específicas en la simulación, al programar con estas herramientas la simulación es más confiable que de lo habitual.

| | | | |
|---|---|---------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 3/13 |
| | | Versión | 1 |

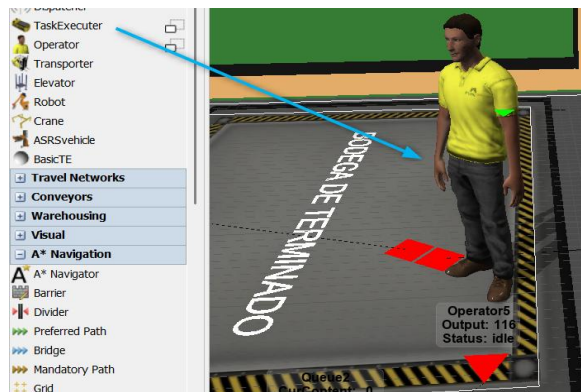
4.1.1. Analizar librería de FlexSim, para programación del flujo de tareas.


| Librería | Nombre | Descripción |
|--|------------|---|
|  Source | Source | Inicia la entrada de materia prima. |
|  Queue | Queue | Estación de recepción de Materia Prima |
|  Processor | Processor | Capaz de agregar un proceso añadiendo tiempos a la actividad. |
|  Operator | Operator | Transporte de productos en cada proceso. |
|  Sink | Sink | Salidas de producto. |
|  Connect Center Ports | Conector S | Este tipo de conexión se usa para conectar recursos de trabajo (operadores y transporte), no para flujo de productos. |
|  Connect Objects | Conector A | Se usa para conectar objetos y permitir el flujo de productos entre estaciones del proceso. |
|  Run Speed: | Run Speed | Regula la velocidad en la que corre la simulación. |
|  Run | Run | Corre la simulación |
|  Stop | Stop | Pausa la simulación |
|  Reset | Reset | Reinicia la simulación |

Programar el operador.

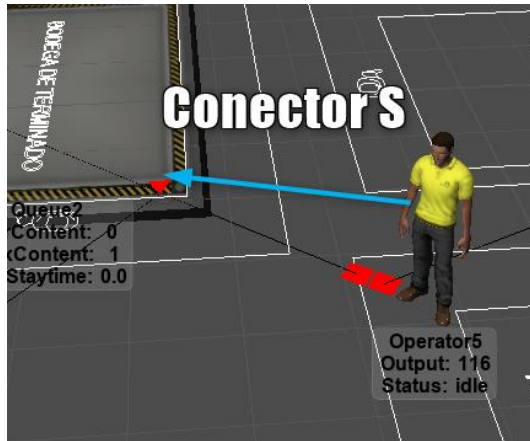
Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Arrastrar el operador a la simulación.

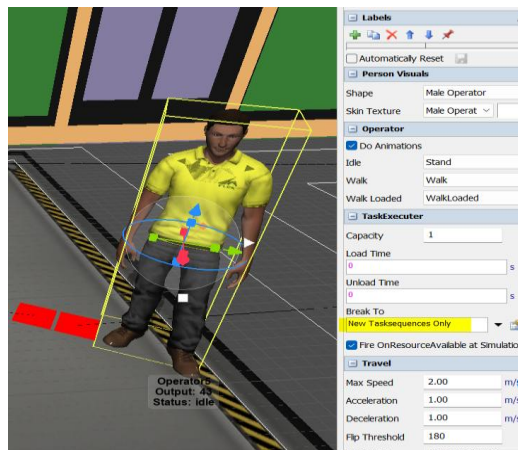


| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 4/13 |
| | | Versión | 1 |

Conectar el operador a los objetos dentro del flujo de proceso, usar el conector S.



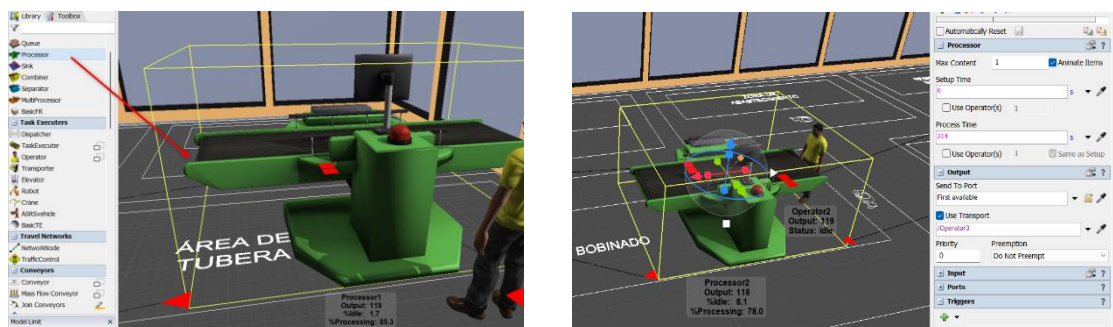
Configurar el operador.




Programar processor.

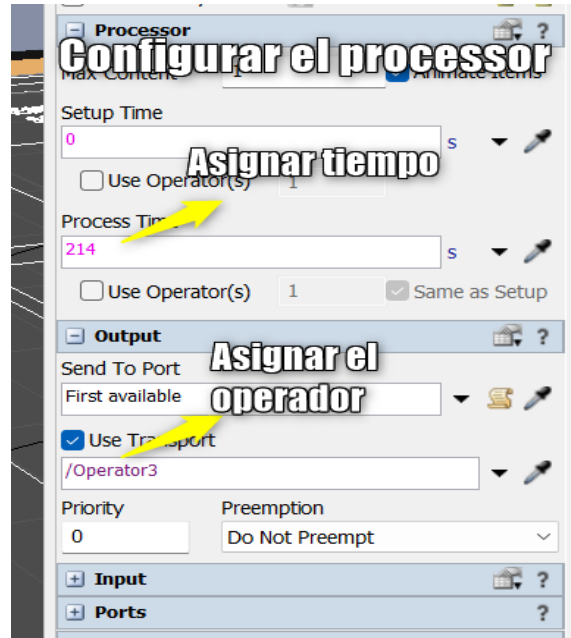
Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Arrastrar el apartado Processor a la simulación para programar las entradas de la materia prima.



| | | | |
|---|---|---------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 5/13 |
| | | Versión | 1 |

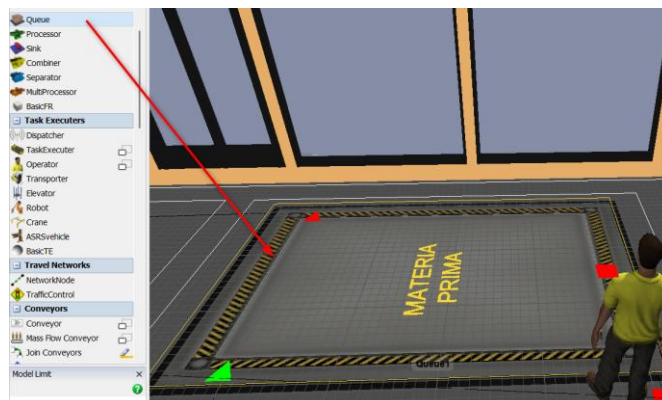
Agregar el tiempo de procesamiento y agregar el operador al proceso.




Agregar el objeto Queue.

Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Agregar el objeto Queue a la simulación.



Configurar la cantidad de almacenamiento en la estación.

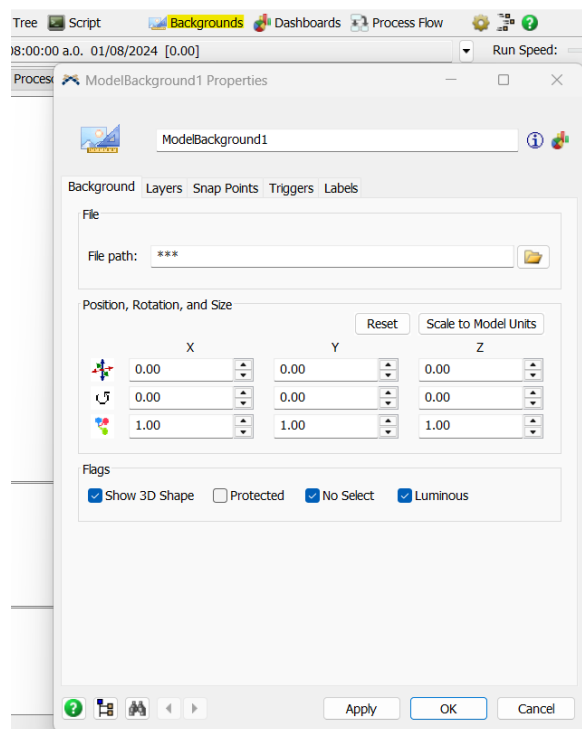
| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 6/13 |
| | | Versión | 1 |



Agregar Layout formato CAD


Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Abrir el icono BACKGROUNDS.

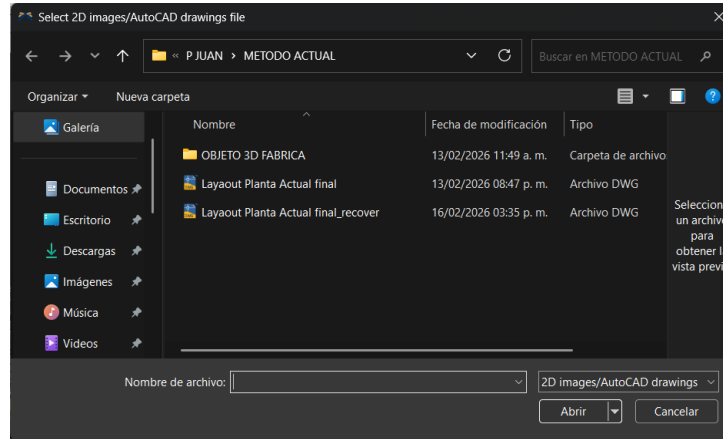


Seleccionar el icono de carpetas para buscar el layout en archivo CAD a utilizar.

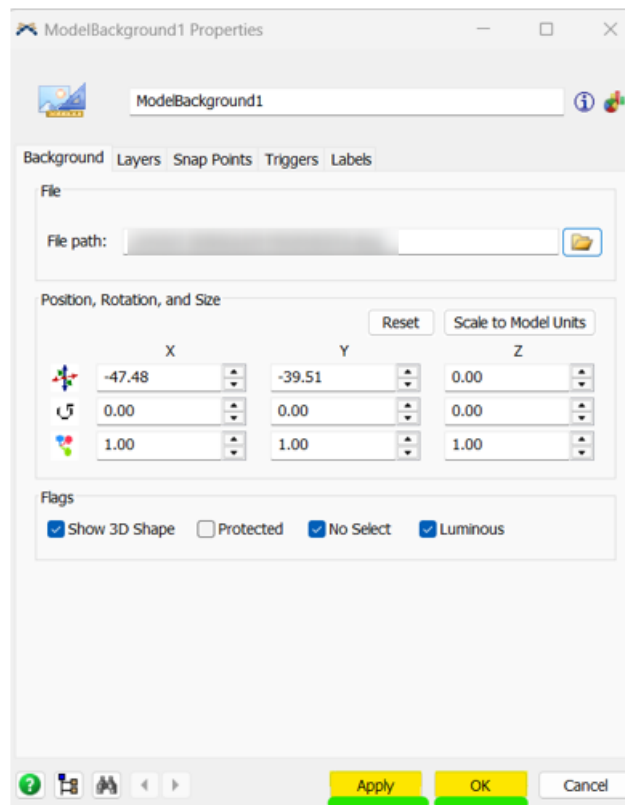


| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 7/13 |
| | | Versión | 1 |


Seleccionar el layout en archivo CAD con formato DWG y al final dar clic en abrir.

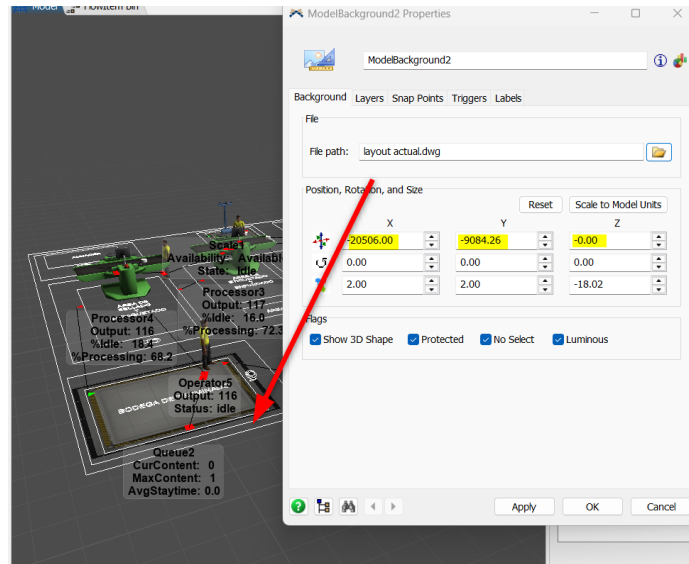


Clic en Apply, luego en OK para finalizar la importación del layout a la simulación de FlexSim.



Para ajustar la posición del layout en el plano de la simulación, modificar la posición del eje X & Y en el módulo Background, hasta obtener la ubicación deseada dentro del mismo.

| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 8/13 |
| | | Versión | 1 |



Añadir Jornada laboral

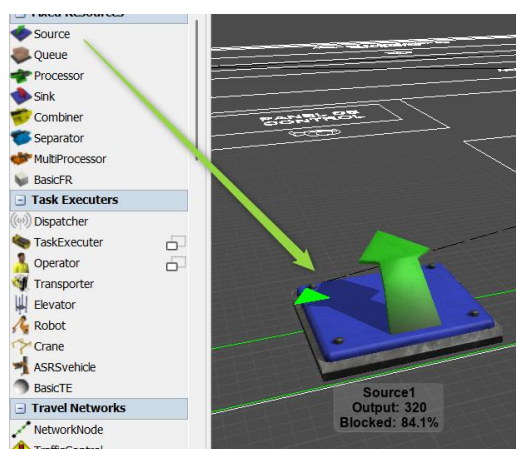
Actividad realizada por: Usuario FlexSim


Seleccionar el apartado **Time Tables** dentro del módulo **Toolbox**.

Añadir entradas.

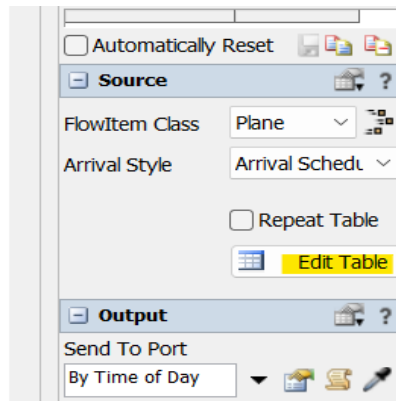
Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Este apartado del Manual describe como añadir la cantidad diaria de materia prima a la simulación: Arrastrar a la simulación el módulo **SOURCE**.

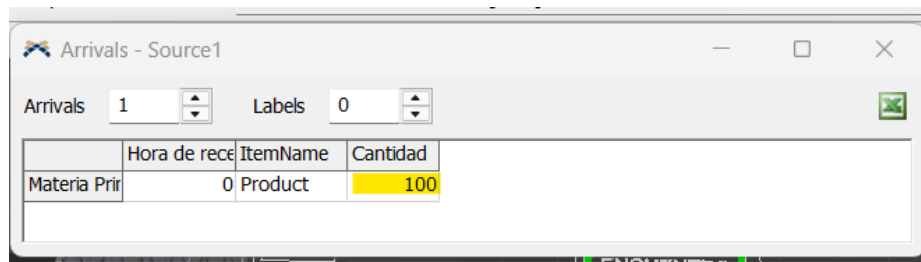


| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 9/13 |
| | | Versión | 1 |

Modificar la tabla de entradas del módulo **Source**, seleccionar dentro de las configuraciones del módulo el apartado **EDIT TABLE**.



Se despliega una tabla, editar la **cantidad** de unidades a ingresar de materia prima cada inicio de jornada.

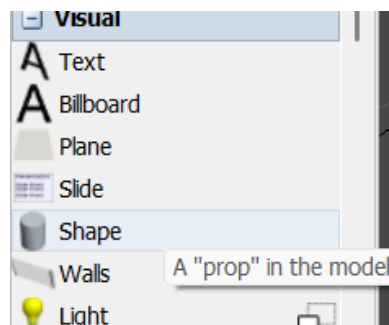



Cerrar la tabla

Añadir objetos 3D.

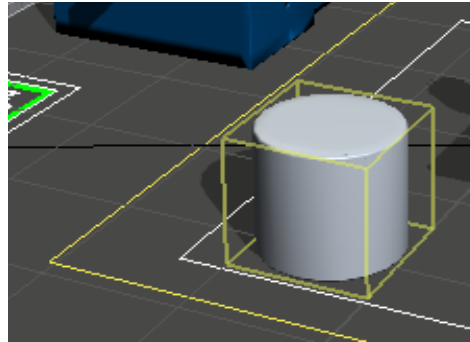
Actividad realizada por: Usuarios FlexSim.

Seleccionar el módulo SHAPE.

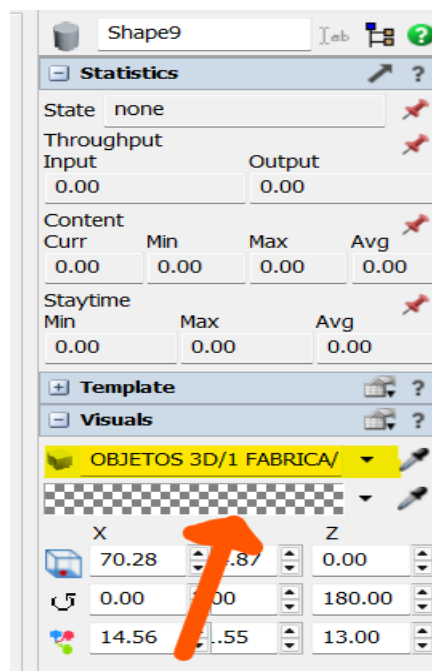


| | | | |
|---|---|---------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 10/13 |
| | | Versión | 1 |

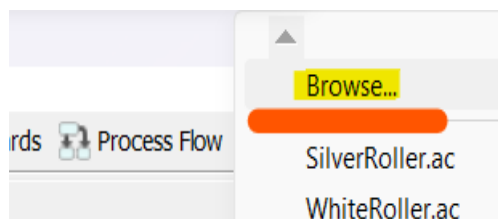
Seleccionar el cilindro SHAPE




Seleccionar la pestaña que muestra la siguiente imagen.

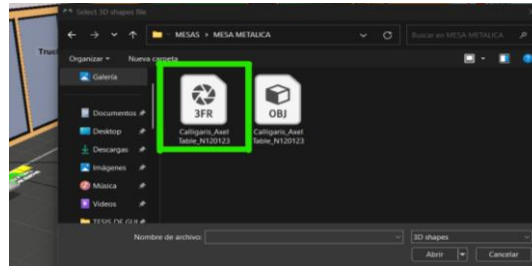


Seleccionar el apartado BROWSE.

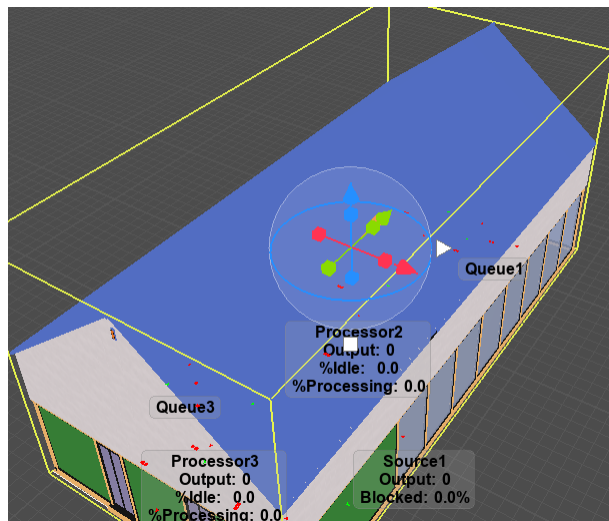


| | | | |
|---|---|---------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 11/13 |
| | | Versión | 1 |

Seleccionar el archivo 3D guardado en el PC.



Ajustar la posición del objeto 3D añadido para culminar.

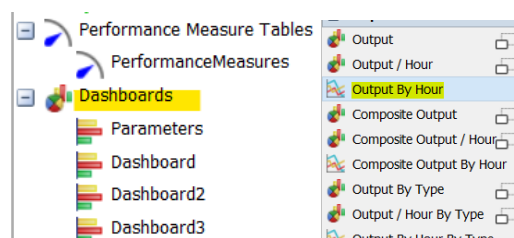



Visualizar los KPI de la simulación

Actividad realizada por: Asistente de Cartera.

Para visualizar las salidas de productos y obtener análisis estadísticos dirigirse al apartado **DASHBOARDS**.

En el icono Toolbox, seleccionar Dashboards, aparece una ventana con los indicadores.



| | | | |
|---|---|----------------|-----------------|
|  | MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM | N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| | | Carrera | INDUSTRIAL |
| | | Fecha: | 12/03/2026 |
| | | Página | 12/17 |
| | | Versión | 1 |

Visualizar los indicadores de la simulación, controlar las salidas obtenidas mediante la aplicación de la simulación.



En el apartado **TABLE** configurar el horario laboral De la siguiente manera:

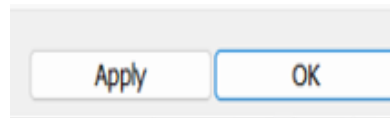
Arrastrar la barra roja hasta la hora de la jornada laboral en este caso desde las 8 am.

Dejar en blanco las horas laborales.

Volver a marcar en rojo la hora de almuerzo contemplada.

Marcar en rojo las horas de la noche que no serán laborales.

Dar clic en Apply & OK, para guardar los cambios.



Nota: La barra roja representa las horas no laborales y el espacio en blanco las horas laborales, como se muestra en la siguiente imagen.



MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

| | |
|---------|-----------------|
| N° | UTC-FLX-MAN-001 |
| Carrera | INDUSTRIAL |
| Fecha: | 12/03/2026 |
| Página | 13/13 |
| Versión | 1 |

