



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TENSOMEMBRANAS.**

---

Trabajo de titulación modalidad Propuesta Metodológica

**Autor(a):**

Guerrero Quimbiamba Michael Alexander

**Tutor(a):**

MSc. Topón Visarrea Blanca Liliana

**QUITO-ECUADOR**

**2023**

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Guerrero Quimbiamba Michael Alexander, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TENSOMEMBRANAS”**.

Como requisito para optar al grado de “Ingeniería Industrial” y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 04 días del mes de octubre de 2023, firmo conforme:

Autor: Guerrero Quimbiamba Michael Alexander



Firma:

Número de Cédula: 172658478-0

Dirección: Pichincha, Quito, El Quinche, San José

Correo Electrónico: mguerrero12@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0993582430

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TENSOMEMBRNAS**” presentado por Michael Alexander Guerrero Quimbiamba para optar por el Título Ingeniería Industrial.

### CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte de los Lectores que se designe.

Quito, 04 de octubre del 2023

  
Digitally signed by BLANCA  
LILIANA TOPÓN VISARRÉA  
DN: cn=BLANCA LILIANA  
TOPÓN VISARRÉA,  
SERIALNUMBER=  
261022075204, OU=ENTIDAD  
DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION, O=SECURITY  
DATA S.A. 2, C=EC  
Reason: I am the author of this  
document  
Location:  
Date: 2023.10.06  
07:54:18  
+05'00'

.....  
MSc. Topón Visarréa Blanca Liliana

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 04 de octubre del 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'M' and 'G' intertwined, with a horizontal line through the middle. The signature is written on a light-colored background.

.....  
Michael Alexander Guerrero Quimbiamba  
1726584780

## APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TENSOMEMBRANAS**”, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 04 de octubre del 2023



Firmado digitalmente por PABLO ELICIO  
RON VALENZUELA  
DN: CN=PABLO ELICIO RON VALENZUELA  
, SERIALNUMBER=130922122620, OU=  
ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION, O=SECURITY DATA S.A. 2,  
C=EC  
Razón: Soy el autor de este documento  
Ubicación: Documento  
Fecha: 2023.10.10 07:53:05-05'00'

.....

MSc. Pablo Ron  
LECTOR

JACQUELINE DEL  
PILAR VILLACIS  
GUERRERO

Firmado digitalmente por  
JACQUELINE DEL PILAR  
VILLACIS GUERRERO  
Fecha: 2023.10.06 11:16:09

05'00'.....  
.....

MSc. Jacqueline Villacis  
LECTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de titulación a mi madre y mi padre por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a mis hermanos por todo su apoyo y a mi esposa que ha sido mi pilar fundamental en esta etapa de vida estudiantil de igual manera a mi hija que está por nacer que me dio esa motivación en las últimas instancias de mi carrera, a mi abuelito que desde el cielo me cuida y me guía para seguir adelante y cumplir con las metas que me he planteado, sé que sin todo el apoyo que ellos me brindaron no hubiera sido posible culminar mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mis padres, esposa, hija y familiares que son una pieza fundamental en mi vida, un gran agradecimiento a mi tutora de investigación Ing. Liliana Topón por todo el conocimiento impartido e hizo posible la realización de este proyecto ya que con su apoyo incondicional he logrado culminar esta meta estudiantil y conseguir mi sueño de ser INGENIERO INDUSTRIAL, les doy mi certeza que sabre sobrellevar mi título con responsabilidad haciendo las cosas con ética y principios, sobre todo demostrar el profesionalismo que me enseñó la Universidad Indoamérica.

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I .....	14
INTRODUCCIÓN .....	14
MARCO TEÓRICO.....	17
Tensomembranas .....	17
Estructuras espaciales, tensomembranas y su proceso de producción.....	18
Principales tendencias de mejora para fabricación de tensomembranas.....	19
Antecedentes.....	20
Justificación .....	21
OBJETIVOS .....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos .....	23
CAPÍTULO II.....	24
Ingeniería del Proyecto.....	24
Diagnóstico de la situación empresarial.....	24
Área de estudio .....	32
Modelo Operativo .....	33
CAPÍTULO III.....	36
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	36
Desarrollo de la propuesta.....	36
Caracterización del proceso.....	37
Diagrama de flujo de recorrido.....	38



Plan de acción .....	38
Planificación de capacitaciones .....	40
Documentación de las actividades para la fabricación de Tensomembranas .....	42
Diagramas SIPOC .....	47
Redistribución de planta.....	50
Propuesta de Mejora para la redistribución de planta .....	51
Plotter de impresión .....	54
Selección de alternativas .....	59
Factores Ponderados.....	59
Resultados esperados .....	60
Análisis de los desperdicios reducidos.....	63
Cronograma de actividades .....	64
Análisis de costos.....	67
CAPÍTULO IV .....	68
CONCLUSIONES .....	68
RECOMENDACIONES .....	69
REFERENCIAS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Especificaciones de la membrana .....	17
<b>Tabla 2</b>	Identificación de problemas en el año 2022 .....	25
<b>Tabla 3</b>	Porcentaje residual de materia prima en periodos trimestrales del año 2022.....	26
<b>Tabla 4</b>	Material objeto de estudio .....	29
<b>Tabla 5</b>	Registro de ingreso de material .....	30
<b>Tabla 6</b>	Totales y costos de los desperdicios.....	31
<b>Tabla 7</b>	Planes de acción.....	39
<b>Tabla 8</b>	Capacitación de Corte .....	40
<b>Tabla 9</b>	Capacitación de Sellado .....	40
<b>Tabla 10</b>	Capacitación de Almacenaje.....	41
<b>Tabla 11</b>	Caracterización y flujograma del área de Recepción .....	42
<b>Tabla 12</b>	Caracterización y flujograma del área de Diseño .....	43
<b>Tabla 13</b>	Caracterización y flujograma del área de Trazado.....	44
<b>Tabla 14</b>	Caracterización y flujograma del área de Corte.....	45
<b>Tabla 15</b>	Caracterización y flujograma del área de Sellado.....	46
<b>Tabla 16</b>	Caracterización y flujograma del área de Almacenado .....	47
<b>Tabla 17</b>	Coefficientes para la redistribución de planta.....	50
<b>Tabla 18</b>	Medidas actuales por área actual .....	51
<b>Tabla 19</b>	Medidas totales de la planta actual .....	51
<b>Tabla 20</b>	Propuesta mejorada .....	52
<b>Tabla 21</b>	Total de espacios utilizados en la mejora .....	52
<b>Tabla 22</b>	Plotters de impresión y características .....	55
<b>Tabla 23</b>	Factores de ponderación.....	59
<b>Tabla 24</b>	Costos de máquinas.....	60
<b>Tabla 25</b>	Análisis de desperdicios .....	63
<b>Tabla 26</b>	Análisis de costos.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estación marítima de alicante, España .....	15
<b>Figura 2</b> Diagrama de Pareto problemas de desperdicios .....	26
<b>Figura 3</b> Porcentaje trimestral de desperdicios .....	27
<b>Figura 4</b> Diagrama de recorrido de la membrana .....	28
<b>Figura 5</b> Modelo operativo .....	33
<b>Figura 6</b> Mapa de Procesos .....	37
<b>Figura 7</b> Layout actual de la planta de Producción.....	38
<b>Figura 8</b> Diagrama SIPOC del área de Recepción.....	48
<b>Figura 9</b> Check list para la recepción de Membranas .....	48
<b>Figura 10</b> Diagrama SIPOC del área de Diseño .....	49
<b>Figura 11</b> Diagrama SIPOC del área de Trazado .....	49
<b>Figura 12</b> Layout propuesto para la planta.....	50
<b>Figura 13</b> Diagrama SIPOC del área de Corte .....	53
<b>Figura 14</b> Diagrama SIPOC del área de Sellado .....	53
<b>Figura 15</b> Diagrama SIPOC del área de Almacenaje .....	54
<b>Figura 16</b> Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta.....	64
<b>Figura 17</b> Tabla de valor de Mano de Obra.....	70
<b>Figura 18</b> Cotización del plotter de impresión seleccionado.....	71

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
TENSOMEMBRANAS**

**AUTOR(A): Guerrero Quimbiamba Michael Alexander**

**TUTOR (A): Msc. Topón Visarrea Blanca Liliana**

**RESUMEN EJECUTIVO**

La empresa objeto de estudio se especializa en la fabricación de tensomembranas, con proyectos en todas las provincias del Ecuador. El proceso de producción implica diversas etapas: recepción, diseño, trazado, corte, sellado y almacenamiento. Para reducir el desperdicio y mejorar sus procesos se llevó a cabo un análisis exhaustivo en cada departamento. El objetivo principal fue identificar la cantidad de residuos que cada área generaba. Mediante un diagrama de Pareto, y un seguimiento trimestral se logró evidenciar que el área de trazado era la principal generadora de desperdicio de materia prima con valores que superan el 50%. Para disminuir los desperdicios y afinar sus procesos, se desarrollaron diagramas de flujo detallados para cada tarea. Esto permite a los operarios tener un entendimiento claro de las responsabilidades en cada proceso. Además, se incorporó una nueva máquina Plotter de Impresión M32S para trazar diseños con la precisión requerida, minimizando errores en el proceso. Se logró la optimización en la fabricación de tensomembranas mediante la implementación de flujogramas en todas las áreas pertinentes reduciendo así el desperdicio en un 73% total de los desperdicios, tomando en cuenta que todo el desperdicio generado en el área de trazado será totalmente eliminado. Con estas mejoras, se espera que los procesos estén claramente definidos y que sus operarios estén completamente informados de sus tareas. La meta es que cualquier duda o ambigüedad en las operaciones se resuelva de forma eficiente a través de los planes de acción propuestos en el presente documento.

**DESCRIPTORES:** Optimización, Residuos, Tensomembrana.

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE  
TENSOMEMBRANAS**

**AUTOR(A): Guerrero Quimbiamba Michael Alexander**

**TUTOR (A): Msc. Topón Visarrea Blanca Liliana**

**ABSTRACT**

The company under study specializes in the manufacture of tensomembranes, with projects in all provinces of Ecuador. The production process involves several stages: reception, design, layout, cutting, sealing and storage. To reduce waste and improve its processes, an exhaustive analysis was carried out in each department. The main objective was to identify the amount of waste generated by each area. By means of a Pareto diagram and quarterly monitoring, it was possible to show that the layout area was the main generator of raw material waste with values exceeding 50%. To reduce waste and fine-tune their processes, detailed flowcharts were developed for each task. This allows operators to have a clear understanding of their responsibilities in each process. In addition, a new M32S Printing Plotter machine was incorporated to plot designs with the required precision, minimizing errors in the process. Optimization was achieved in the manufacture of tensomembranes through the implementation of flowcharts in all relevant areas, thus reducing waste by a total of 73%, taking into account that all waste generated in the layout area will be completely eliminated. With these improvements, it is expected that processes will be clearly defined and that operators will be fully informed of their tasks. The goal is that any doubts or ambiguities in operations will be resolved efficiently through the action plans proposed in this document.

**DESCRIPTORS:** Optimization, Residues, Tensomembrane.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La industria de las tensomembranas es considerada como una arquitectura industrial que evoluciona de una idea textil, con origen en el siglo 20 se empezó a desarrollar a partir de la década de los años 60 con una evolución tecnológica progresiva, a tal punto que el día de hoy llega a varias partes del mundo con centenares de obras (Andrango & Araujo, 2018). Esta industria de diseño se dedica a cubrir y vincular recursos arquitectónicos que convergen en lo textil como membranas tensoestáticas, tensoestructuras, cubiertas, tenso formas y muchas otras que son usadas básicamente como cubiertas.

Actualmente este sistema flexible está ayudado a desarrollar arquitecturas de superficie delgada y funcionales con el objetivo de ser en algunos casos móviles, y en otros casos diferentes aplicaciones o usos de estas tensomembranas, el PVC, uno de los componentes de los que está realizada esta membrana ofrece varias funcionalidades prácticas para cualquier sitio en el que se lo desee colocar, el mundo actual y los diseños vanguardistas se ven beneficiados de estas formas experimentales de moldear tensomembranas ya que el comportamiento de la membrana es muy flexible.

El objetivo del mundo actual de comprender el sistema de tenso-estructuras se analiza desde perspectivas geométricas, experimentales, arquitectónicas y varias disciplinas que buscan solucionar ideas de maquetas conceptuales de presentación para construir diseños estables, a día de hoy estos diseños son asistidos digitalmente y distribuidos de manera que los detalles de construcción son muy exigentes para este proceso de producción (PREYSI, 2019). Varias construcciones en el planeta se han beneficiado de estas estructuras, estadios, coliseos, e incluso viviendas con vanguardia futurista.

**Figura 1** Estación marítima de Alicante, España



Nota: Tomado de (Whitaker, 2022)

Este tipo de estructuras que se representa dentro de esta figura es la cobertura de las tribunas de un determinado estadio a su vez se evidencia la manera adecuada de utilizar la tensomembrana ya que determina un plano mucho más profesional y que garantiza la estabilidad en este tipo de cubiertas que están construidas de manera tridimensional y con la capacidad de resistir cargas aplicadas en cualquier punto, lo que resulta muy útil para los requerimientos de construcción actuales.

En el Ecuador se pueden encontrar una gran cantidad de coliseos, espacios al aire libre y sitios públicos para la recreación, en algunos de estos escenarios se ha extendido la iniciativa de cubiertas con tensomembranas ya sean para múltiples eventos de recreación como deportes, conciertos y espectáculos, ejemplos como el de la Concha Acústica de la ciudad de Quito que cuenta con una estructura de tensomembranas a base de postes y cables hace notar como el montaje de este tipo de cubiertas es duradero. La vida útil de este está cubierta ronda los 50 años.

Si bien es cierto el fenómeno de contribución a la estética en construcción de las tensomembranas es muy útil y llamativo, el proceso de producción del mismo se ve afectado

La calidad excepcional que la empresa ofrece en sus productos terminados le ha permitido posicionarse de manera competitiva a nivel nacional. Su meticulosa atención al detalle en cada estructura y tensomembrana que construye ha ganado renombre en la industria. A medida que la empresa sigue creciendo, otras compañías desean asociarse con ella, sabiendo que a largo plazo se beneficiarán. Esto incluye a empresas dedicadas a la construcción de infraestructuras metálicas, proveedores de membranas y grandes cadenas de ferreterías. El prestigio de la empresa se ha ganado gracias a su enfoque en la calidad, lo que ha generado un gran interés en colaborar con ellos por parte de otras empresas del sector.

Además, la empresa se enfoca en brindar un excelente servicio al cliente, buscando satisfacer todas sus necesidades. Se esmera en comprender a fondo las expectativas del cliente y se esfuerza por superarlas en cada proyecto. La atención al detalle no se limita solo a la calidad del producto, sino también a la satisfacción visual y al cumplimiento de los objetivos planteados al implementar una tensomembrana en el lugar acordado para la instalación. La empresa se dedica a crear soluciones a medida, considerando cuidadosamente la estética y la funcionalidad de cada proyecto. Su enfoque centrado en el cliente garantiza que cada instalación de tensomembrana cumpla con los requisitos específicos del cliente y genere resultados visuales impresionantes, al tiempo que cumple con los objetivos establecidos previamente (PREYSI, 2019).



## MARCO TEÓRICO

### Tensomembranas

Este tipo de tecnologías son una tela que tiene como superficie tela inteligente, sometida a tensión corresponde una de las mayores innovaciones arquitectónicas en combinación con estructuras de acero ya sean mástiles pivotantes o cables con poleas, conforman un nuevo concepto de arquitectura textil que se puede aplicar a espacios como jardines, atrios y elementos escultóricos de sombra, para manejar efectos de luz y crear efectos acústicos (ConstruEX, 2023).

**Tabla 1** Especificaciones de la membrana.

<b>Característica -Clasificación</b>	<b>1002S2</b>	<b>NORMA</b>
<b>Hilo</b>	1100 dtex PES HT	Tersuisse
<b>Color superficie</b>	Blanco	Blanco
<b>Espesor</b>	0.09mm	0.075mm
<b>Ancho</b>	245 centímetros	Según tipo
<b>Peso</b>	1050 gramos / metro cuadrado	EN ISO 2286-2
<b>Resistencia a la tracción</b>	420/400 daN/ 5cm	EN ISO 1421
<b>Resistencia al desgarró</b>	55/50 daN	DIN 53.363
<b>Adhesión</b>	12 daN/ 5cm	EN ISO 2411
<b>Reacción al fuego</b>	M2	NFP 92-507
<b>Reacción al fuego</b>	Test 2	NFPA 701
<b>Reacción al fuego</b>	B1	DIN 4102-1
<b>Clasificación Euroclase</b>	B-s2, d0	EN 13501-1
<b>Temperaturas extremas</b>	De -30 a + 70°C	N/A
<b>Transmisión de rayos UV</b>	0%	EN ISO 846
<b>Índice de atenuación acústica</b>	14 dBa	ISO 717-1

Nota: La tabla representa las características de la membrana F1 que es objeto de estudio.

Tomado de (Compras Públicas EC, 2020).

Las tensomembranas basan su forma en un material que se puede moldear de forma paraboloide, con hipérbolas cónicas que tiene forma de doble curvatura, muy orgánica para cualquier tipo de escenario ya que permite adaptar las formas tridimensionales de la estructura textil y asemejarlas a las de la naturaleza como por ejemplo los panales de abeja, las hojas, una flor etc., de aquí que su nombre tenga la palabra “membrana”, además son capaces de soportar gran carga y resistencia a la deformidad llegando a resistir vientos de hasta 105 kilómetros por hora y siendo impermeable a la lluvia gracias a su composición de varios polímeros derivados del PVC y otros sintéticos (Buitron, 2022).

### **Estructuras espaciales, tensomembranas y su proceso de producción**

Estos sistemas tridimensionales son un tipo de arquitectura ensamblada capaz de resistir carga, esta es la base para entender las tenso estructuras, no solamente son aplicaciones de fachada o revestimiento, sino que también pueden ser usadas como sistema de construcción principal, lo que las hace altamente demandadas gracias a que suponen un menor costo de adquisición y un proceso de diseño mucho más cómodo para el resultado final (Compras Públicas EC, 2020) El proceso de producción en cualquier ámbito requiere especificaciones relativas a materiales, puesta en obra y tolerancia de ciertas actividades, es por ello que la planificación y mejora de los mismos se mueve a la par de la industria.

Algunas tensomembranas deben tener características específicas, por lo que su conformación está relacionada a múltiples aspectos, según (Viteri, 2022) influye en los procesos y costos de producción lo siguiente:

- Consideraciones climáticas
- Aerodinámica
- Conformación estructural
- Translucidez

- Reversibilidad
- Contexto ambiental

En el proceso de diseño y producción son necesarias varias vueltas hacia atrás, para analizar la incidencia de cualquier tipo de decisión, con esto a lo largo del tiempo las decisiones conducen a mejores resultados, ya sea por acciones de corregir cálculo de errores, dirección de fibras o conocimiento de los costes de ejecución, generalmente se analizan como partes del proceso de diseño independientes a cada actividad del proceso de fabricación por lo que puede afirmarse que no solamente es necesario el detalle constructivo de un concepto si no que la configuración del mismo es la importante para un producto de calidad (Cerdá, 2019).

### **Principales tendencias de mejora para fabricación de tensomembranas**

Según (Carranza & Taco, 2011) la fabricación de tensomembranas es un proceso de producción complejo en el que deben hacerse varias revisiones para lograr dar con un producto final de calidad, los cortes, instalación, uniones, y demás procesos que implica elaborar estas necesitan de una guía metodológica mas no técnica, debido a que las descripciones de los materiales son específicos para cada proyecto, sin embargo, la estructura operacional suele ser un peso duro de llevar en cuanto a la planificación, con intención de solucionar esto se plantea que la más adecuada solución es apearse a la reducción del coste de material y mantenimiento con la mejora del comportamiento de la producción a largo plazo.

Las expectativas de vida en las membranas tensadas son de 25 años, lo que supone, esto hace que las decisiones que se tomen en base a datos necesiten excesivas variables a considerar para lograr el objetivo de construir un producto de calidad, la gestión dedicada a la producción podría ayudar a la orientación de procesos, que eviten el despilfarro y la sobrecarga de material no deseado para la producción y por el contrario minimice defectos durante su proceso (Asana, 2022).

## **Antecedentes**

Esta empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Quito en la Av. Interoceánica KM. 11 e Inter valles cerca del club “El Nacional”, sus niveles de producción actuales se calculan entre un 70% de eficiencia real, que se encuentran por bajo de lo esperado por los factores identificados en la **Tabla 2** que afecta a su línea producción.

Cuenta con una planta operativa de 40 trabajadores y 5 personas que conforman los altos mandos, es decir un total de 45 personas ocupadas dentro de la empresa, el proceso de producción que se lleva a cabo en la empresa en su gran parte es operativo, es decir, que se le da mucha importancia a la manipulación de maquinaria y materia prima que es por intervención de los colaboradores, pero en esta fuerza de producción las actividades son llevadas a cabo por operarios con falta de experiencia y de igual manera las máquinas no cuentan con los accesorios correspondientes para producir tensomembranas y cumplir con la demanda, dentro de los procesos administrativos la eficiencia de producción está limitada a un trabajo con falta de comunicación entre departamentos en relación a los administrativos con los operativos.

La realidad que vive la empresa describe una estructura de organización basada en adaptación a necesidades y gustos estéticos con el fin de cumplir con las expectativas de los clientes, pero más no para la optimización de su proceso de fabricación, lo cual resulta en una contradicción que afecta a la utilidad corporativa de igual manera las actividades que van con los procesos de producción genera muchos desperdicios de materia prima por tal hecho afecta la capacidad de producción y se presentan varias condicionantes negativas que afecta a la utilidad de la empresa y están identificadas en la **Tabla 2**.

En esta empresa, el proceso de producción presenta deficiencias debido a diversos factores. En relación a la materia prima, no se reciben los suministros a tiempo y en ocasiones se enfrentan situaciones donde no hay suficiente material para satisfacer la demanda. Además,

el personal no está adecuadamente capacitado, lo que resulta en errores frecuentes durante la fabricación de membranas y conlleva a altos niveles de desperdicio.

El departamento de diseño no logra ajustar el tamaño de la membrana a los modelos de trazos de manera adecuada, lo que impide que los trazos que se generan puedan caber dentro de dicha membrana de forma óptima. Esta falta de ajuste ha llevado a problemas en las coordenadas de los modelos de trazos, lo que a su vez ha generado fallos al momento de realizar los trazos. Como resultado, se ha tenido que repetir el trabajo para corregir estos errores. Es necesario mejorar el proceso de diseño y coordinación para asegurar que el tamaño de la membrana sea adecuado y que los modelos de trazos sean precisos y se ajusten correctamente. De esta manera, se optimizará el uso de la membrana y se evitarán los fallos y retrabajos innecesarios.

### **Justificación**

Este trabajo de investigación es relevante para una empresa en el ámbito de la construcción, ya que brinda, una visión oportuna a los procesos y metodologías de acción en fabricación de tensomembranas, puesto que el proceso de producción implica varias actividades que deben ser mejoradas es oportuno aplicar experiencias y estudios como los relacionados a mejora en optimización de recursos, gastos y ganancias, las estructuras actuales de planeación en la fabricación de tensomembranas necesitan un eje de planificación que les permita ser mucho más competentes y ágiles en el mercado y la industria.

La **importancia** de generar este proyecto es que ayudará a precisar las actividades en la elaboración de tensomembranas optimizando sus recursos, además atender de una manera protagónica la toma de decisiones, gestión de programas y planificación de sus procesos e incremento de la utilidad.

Ciertamente esta propuesta generará un alto **impacto** positivo dentro de la empresa, ya que se tendrá mejor gestión de la calidad centrada en mejora de procesos a lo largo de la producción de tensomembranas, de igual manera se hará un enfoque en la frecuencia de mejora en la gestión de la cadena de suministro y operaciones teniendo así una oportunidad enorme de asegurarse plazas en el mercado y satisfaciendo la demanda que tiene la empresa, haciendo notoria la mejora institucional interna de planificación.

La **utilidad** de esta se basa en generar una propuesta de mejorar los procesos de tal manera que la cadena de suministro, producción, materia prima, y mano de obra sea efectiva y se logre una optimización en el proceso de producción de tensomembranas y así proteger la empresa de desperdicios de sus recursos y así poder mejorar la utilidad de la empresa.

En relación a la **factibilidad** se podrá optimizar los procesos y flujos de trabajo, se podrán identificar áreas donde se esté utilizando un exceso de materia prima innecesariamente, la empresa podrá obtener un ahorro significativo en sus costos de producción. Esto se traducirá en una mejora de la rentabilidad y en una mayor competitividad en el mercado. Además, la reducción de materia prima también puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al disminuir la huella ecológica de la empresa.

La implementación de esta propuesta **beneficiará** a una empresa en el ámbito de la construcción. Actualmente, la empresa carece de una planificación adecuada de sus actividades, lo que ha llevado a una falta de eficiencia en sus procesos. Sin embargo, con la adopción de esta propuesta, la empresa podrá identificar y organizar sus procesos de manera eficiente.

Este enfoque mejorado permitirá que todo el equipo que conforma la estructura empresarial trabaje de manera más coordinada y efectiva. Se establecerán flujos de trabajo

claros y se asignarán responsabilidades adecuadamente, lo que optimizará la productividad y minimizará los errores.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Optimizar el proceso de producción de tensomembranas mediante herramientas de ingeniería para reducir el desperdicio de materia prima.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar la materia prima que ingresa al proceso mediante registros históricos para determinar la cantidad de membrana utilizada en la fabricación de tensomembranas.
- Identificar los reprocesos en la línea de producción de tensomembranas mediante herramientas de gestión de la calidad para caracterizar los procesos.
- Mejorar el proceso de producción de tensomembranas mediante la propuesta de acciones correctivas minimizando el desperdicio de la materia prima.

## **CAPÍTULO II**

### **Ingeniería del Proyecto**

#### **Diagnóstico de la situación empresarial**

Es una empresa ecuatoriana de ingeniería, construcción y montajes de tensomembranas que ha estado liderando el mercado desde su fundación en 1992. Con más de 30 años de experiencia, se ha destacado por su constante innovación y excelencia en sus proyectos. Sin embargo, a lo largo de este tiempo, la empresa no ha implementado un sistema de control efectivo para monitorear y gestionar el uso de la materia prima en su proceso de producción. La falta de un control específico sobre este recurso vital ha generado consecuencias significativas, especialmente en términos de costos de producción. La empresa ha experimentado un notable incremento en los gastos asociados a la adquisición de materiales, lo que ha impactado negativamente en su rentabilidad y competitividad en el mercado (Buitron, 2022).

Esta situación ha llevado a la empresa a reconocer la necesidad de mejorar su gestión de materia prima. Conscientes de la importancia de este recurso, están buscando implementar un sistema integral de control y seguimiento que les permita optimizar su uso, reducir los costos y mejorar la eficiencia en su proceso de producción. Para lograrlo, se están explorando diferentes enfoques y tecnologías que puedan ayudar a la empresa a rastrear el consumo de materia prima, identificar posibles ineficiencias y tomar medidas correctivas de manera oportuna. Además, se están considerando iniciativas de capacitación para concientizar al personal sobre la importancia de un uso responsable de la materia prima y promover prácticas sostenibles en toda la organización. Con estas medidas, la empresa espera no solo controlar los costos de producción, sino también fortalecer su posición en el mercado al destacar su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en sus operaciones.



En el siguiente diagrama se mostrará a manera de valoración cuales son los problemas en orden de prioridad que se han determinado en la empresa objeto de estudio. Para la toma de decisiones efectiva.

**Tabla 2** *Identificación de problemas en el año 2022*

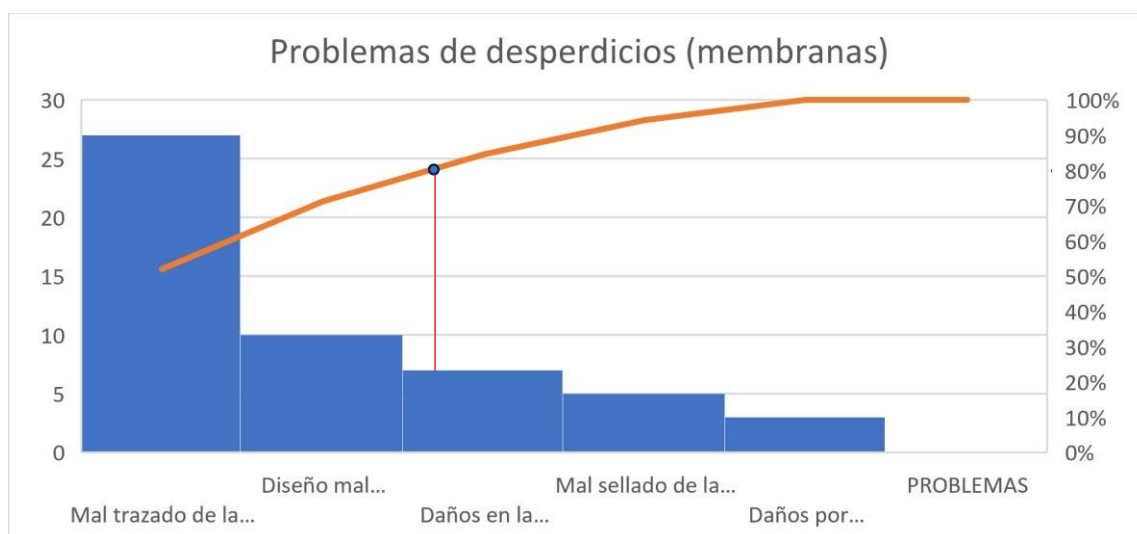
<b>PROBLEMAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>% ACUMULADO</b>
Mal trazado de las coordenadas en la membrana	27	52%
Diseño mal ejecutado en el programa	10	71%
Daños en la membrana por fricción en el piso	7	85%
Mal sellado de las piezas que conforman la membrana	5	94%
Daños por almacenaje en lugares no adecuado	3	100%

Nota: Los datos obtenidos se basan en registros de fallos propios de la empresa no expuestos por confidencialidad, Elaboración Propia.

La **Tabla 2** proporciona una visión clara de las áreas específicas en las que se generan los mayores desperdicios. Los resultados revelan que uno de los problemas principales se encuentra en el trazado de coordenadas en las membranas destinadas a la fabricación de tensomembranas, lo que representa aproximadamente el 52% de todos los errores cometidos en el proceso de producción.

Esta cifra demuestra que este problema en particular supera la mitad de los errores identificados. Es evidente que abordar y mejorar el trazado de coordenadas se convierte en una prioridad clave para reducir los desperdicios y optimizar el proceso de producción de tensomembranas.

**Figura 2** Diagrama de Pareto problemas de desperdicios



Nota: Elaboración Propia

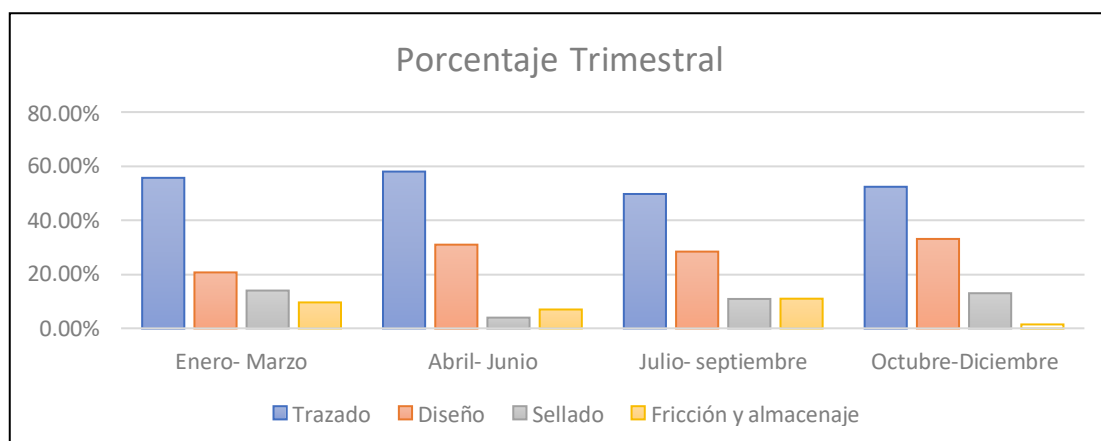
En la **Figura 2** se evidencia el alto porcentaje de desperdicio de materia prima evidenciando que el 80% de estos se debe a 3 causas las cuales son: fricción de la membrana en el piso, mal diseño de los trazos y como problemática principal el mal trazado.

**Tabla 3** Porcentaje residual de materia prima en periodos trimestrales del año 2022

	<b>Trazado</b>	<b>Diseño</b>	<b>Sellado</b>	<b>Fricción y almacenaje</b>
<b>Enero- Marzo</b>	55.7 %	20.7 %	14 %	9.6 %
<b>Abril- Junio</b>	58 %	31 %	4 %	7 %
<b>Julio- septiembre</b>	49.7 %	28.4 %	10.9 %	11 %
<b>Octubre-Diciembre</b>	52.4 %	33.1 %	13 %	1.5 %

Nota: Elaboración propia.

**Figura 3** Porcentaje trimestral de desperdicios

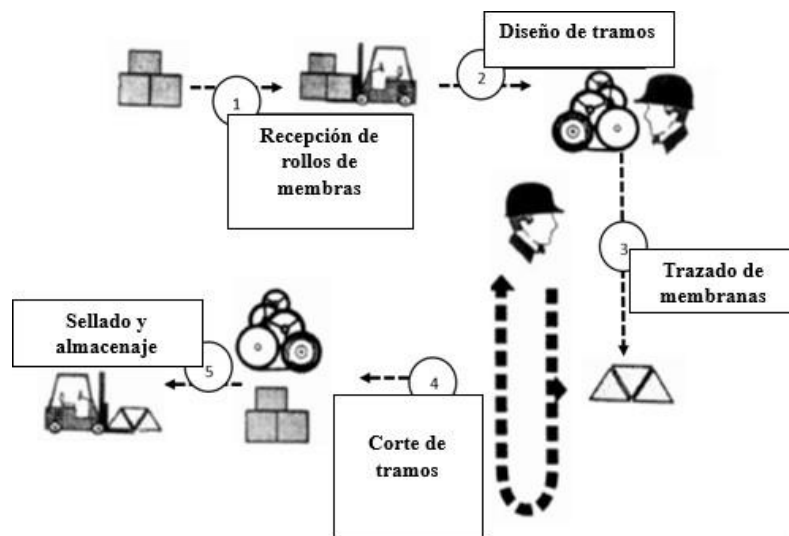


Nota: Elaboración propia

La **Figura 3** muestra claramente la variabilidad en la generación de residuos de materia prima a lo largo de los trimestres de referencia. Es evidente que existe una fluctuación en la cantidad de desperdicios generados en cada período, lo que indica que el problema no es constante, sino que varía en el tiempo. Sin embargo, al analizar los datos en su conjunto, es notable que, a lo largo de todo el año, más del 50% de los desperdicios están directamente relacionados con el trazado de las coordenadas dentro de la membrana. Este hallazgo indica de manera contundente que esta actividad es el principal factor que contribuye a la generación de desperdicios en la línea de producción. La identificación de este problema es un paso crucial para la empresa, ya que proporciona una base sólida para implementar medidas correctivas específicas. Al tener claridad sobre la causa principal de los desperdicios, la empresa puede concentrar sus esfuerzos en mejorar el proceso de trazado de coordenadas, con esta información, la empresa puede enfocar sus recursos en acciones como la capacitación y el entrenamiento del personal involucrado en esta tarea, la revisión de los procedimientos existentes, la introducción de tecnologías más precisas o la implementación de controles de calidad más rigurosos para prevenir errores en el trazado de coordenadas.

Al abordar directamente el problema identificado en la **Figura 3**, la empresa tiene la oportunidad de reducir significativamente los desperdicios generados en la línea de producción. Esto no solo contribuirá a optimizar el uso de la materia prima, sino que también tendrá un impacto positivo en los costos de producción y en la eficiencia general del proceso.

**Figura 4** Diagrama de recorrido de la membrana



Nota: Elaboración Propia

Como se presenta en la **Figura 4**, el proceso de producción de tensomembranas comienza con la recepción de la materia prima en la planta. En esta etapa, se realiza una exhaustiva revisión para asegurarse de que los materiales lleguen en buen estado y cumplan con los estándares de calidad requeridos. Este paso es fundamental para garantizar que los productos finales sean de la más alta calidad. Una vez que se ha verificado la calidad de los materiales, se inicia el proceso de diseño según lo acordado con el cliente. A través de programas especializados, se crea un diseño personalizado que cumpla con los requisitos y especificaciones del cliente. Durante esta etapa, se determina la forma que tomará la tensomembrana y se generan las coordenadas necesarias para su producción. El departamento

de diseño juega un papel crucial en este proceso, ya que se encarga de elaborar los planos detallados que servirán como referencia para la plasmación de las coordenadas en la membrana. Estos planos contienen información precisa sobre los puntos y medidas específicas requeridas para la construcción de la tensomembrana. Una vez que se han establecido las coordenadas en la membrana, se procede al corte de los tramos dibujados en la tela. Este paso se realiza con precisión para asegurar que se obtengan las piezas exactas necesarias para la construcción final de la tensomembrana. Además, se lleva a cabo el proceso de sellado o unión de cada uno de los tramos cortados. Estos tramos se ensamblan de manera cuidadosa y precisa, siguiendo las especificaciones del diseño y los planos proporcionados por el departamento de diseño. Al completar esta etapa, se logra formar una tensomembrana lista para su instalación y uso aplicando estrictos controles de calidad para garantizar que cada etapa se realice de manera precisa.

**Tabla 4** *Material objeto de estudio*

<b>Control de Stock</b>		
<b>Código</b>	<b>Producto</b>	<b>Categoría</b>
MF1	MEMBRANA F1	Materia prima

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla 4** se presenta el material que será objeto de estudio para analizar la problemática relacionada con su uso en la empresa. Los datos recopilados en esta tabla que se presenta a continuación proporcionarán información relevante para comprender y abordar los desafíos asociados con el manejo de este recurso, además el objetivo principal del estudio es identificar las áreas donde se presenta dificultades o ineficiencias en el uso del material, así como cuantificar los impactos que esto tiene en términos de desperdicio, costos y productividad.

**Tabla 5** Registro de ingreso de material

<b>Fecha</b>	<b>Compra/venta/existencia</b>	<b>Comprobante</b>	<b>Código producto</b>	<b>Producto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Rollo</b>
04/01/2022	Compra	FC 899	MF1	Membrana F1	Materia prima	1225	10
01/02/2022	Compra	B-120	MF1	Membrana F1	Materia prima	1103	9
01/03/2022	Compra	NA-16	MF1	Membrana F1	Materia prima	980.0	8
05/04/2022	Compra	FC 12	MF1	Membrana F1	Materia prima	1837.5	15
03/05/2022	Compra	B-121	MF1	Membrana F1	Materia prima	1470	12
07/06/2022	Compra	PR-1271	MF1	Membrana F1	Materia prima	1838	15
05/07/2022	Compra	B-145	MF1	Membrana F1	Materia prima	2450	20
02/08/2022	Compra	FC-915	MF1	Membrana F1	Materia prima	1715	14
06/09/2022	Compra	B-192	MF1	Membrana F1	Materia prima	2450	20
04/10/2022	Compra	PR-1298	MF1	Membrana F1	Materia prima	1102.5	9
01/11/2022	Compra	NA-53	MF1	Membrana F1	Materia prima	1470	12
06/12/2022	Compra	B-342	MF1	Membrana F1	Materia prima	3062.5	25

Nota: Elaboración propia

Con el objetivo de realizar un estudio minucioso del material objeto de análisis se presenta la **Tabla 5** y se ha comenzado registrando el historial completo de ingreso de dicho material en el sistema de inventarios de la empresa. Este registro exhaustivo detalla la presentación en la que el material es adquirido, así como la cantidad exacta ingresada mensualmente del año 2022. El registro permite tener una visión clara y detallada de cómo ha sido el suministro de este material. Cada entrada de inventario se ha registrado meticulosamente, especificando la presentación del material en este caso en metros cuadrados. Además, se ha registrado la cantidad exacta ingresada mensualmente, lo que permite identificar cualquier variación o tendencia en el suministro del material a lo largo del año.

**Tabla 6** Totales y costos de los desperdicios

Mes	Salida	Producto	Categoría	Cantidad utilizado	Total de desperdicio	Peso (kg)	1.05	Costo (\$)
Ene-22	1225	Membrana F1	Materia prima	1012.0	213	223.65	1.05	1011.75
Feb-22	1103	Membrana F1	Materia prima	1063.8	39.2	41.16	1.05	185.2
Mar-22	980	Membrana F1	Materia prima	943.0	37	38.85	1.05	175.7
Abr-22	1837.5	Membrana F1	Materia prima	1798.4	39.1	41.055	1.05	185.725
May-22	1470	Membrana F1	Materia prima	1417.0	53	55.65	1.05	251.75
Jun-22	1838	Membrana F1	Materia prima	1802.5	35.5	37.275	1.05	168.625
Jul-22	2450	Membrana F1	Materia prima	2397.4	52.6	55.23	1.05	249.85
Agst-22	1715	Membrana F1	Materia prima	1659.3	55.7	58.485	1.05	264.575
Sept-22	2450	Membrana F1	Materia prima	2395.0	55	57.75	1.05	261.25
Oct-22	1102.5	Membrana F1	Materia prima	1088.1	14.4	15.12	1.05	68.4
Nov-22	1470	Membrana F1	Materia prima	1453.0	17	17.85	1.05	80.75
Dic-22	3062	Membrana F1	Materia prima	3026.0	36	37.8	1.05	171
<b>Total, ingreso</b>	<b>20703</b>		<b>Total, utilizado</b>	<b>20055.5</b>	<b>647.5</b>	<b>679.875</b>		<b>3075.625</b>

Nota: Elaboración propia

La **Tabla 6** nos proporciona una valiosa comparativa entre la cantidad de material que sale de la bodega y la cantidad utilizada en el proceso de producción. Esta comparación nos permite calcular el porcentaje de materia prima que se convierte en desperdicio una vez que la membrana ha pasado por los diferentes procesos descritos en la **Tabla 2**. Al tener en cuenta el conocimiento del precio del metro cuadrado de este material, también podemos determinar el costo de la utilidad perdida por la empresa debido a estos desperdicios. El cálculo del porcentaje de desperdicio es esencial para evaluar la eficiencia en el uso de la materia prima y entender el alcance del problema.

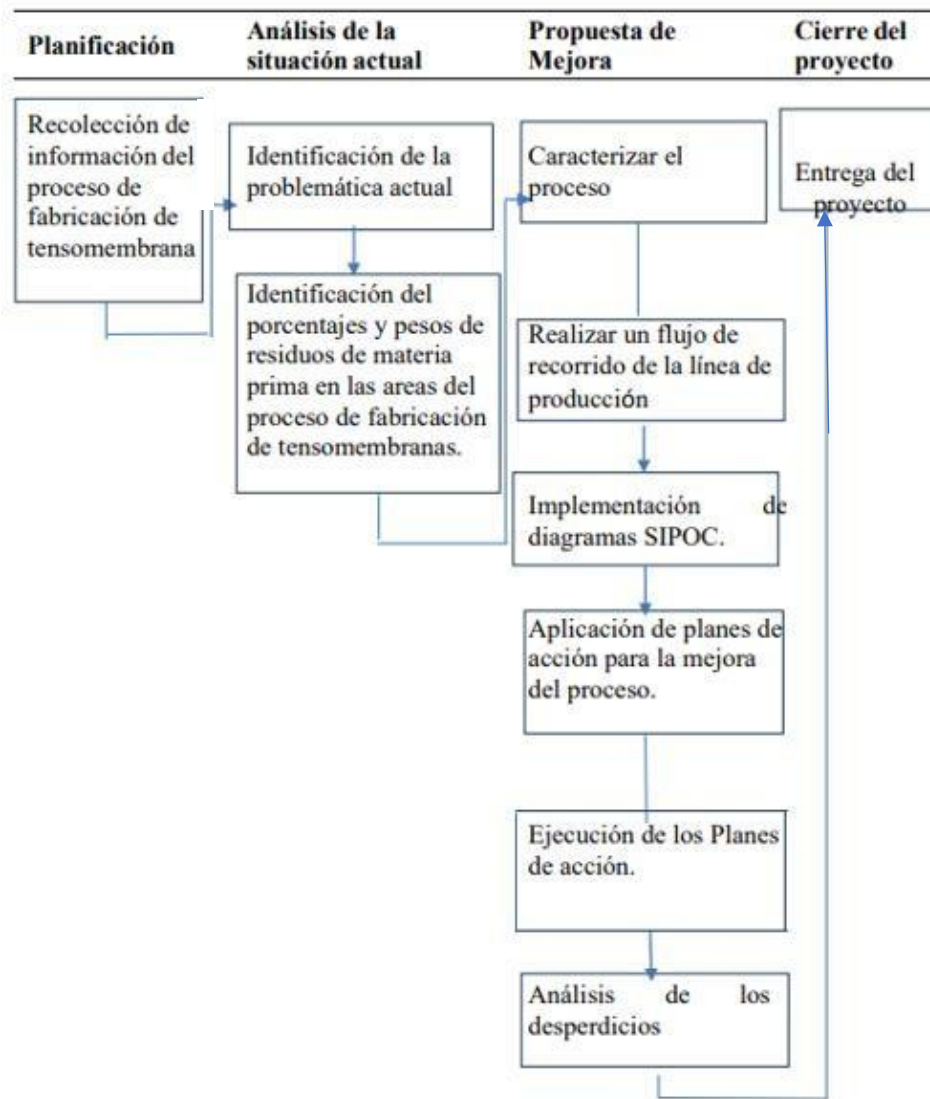
### Área de estudio

<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>
<b>Área de estudio</b>	Gestión de la producción
<b>Dominio</b>	Tecnología y sociedad
<b>Línea de investigación</b>	Sistemas Industriales
<b>Sub línea de investigación</b>	Control y supervisión de procesos de producción, para mantener óptimas las condiciones de funcionamiento de un sistema, así como sus aspectos medio ambientales.
<b>Campo</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área</b>	Procesos
<b>Aspecto</b>	Optimizar el proceso de producción y reducir desperdicios de materia prima.
<b>Objeto de estudio</b>	Empresa dedicada a la fabricación de tensomembranas.
<b>Periodo de análisis</b>	Año 2022



## Modelo Operativo

Figura 5 Modelo operativo



Nota: En esta tabla se indica el modelo operativo de la fabricación de Tensomembranas, elaborado por el autor.

El modelo operativo descrito en la **Figura 5** se establece como un enfoque sistemático para abordar los desafíos en la línea de producción de la empresa:

**Recolección de información:** En esta etapa se procede a identificar mediante los datos históricos cuales son los desperdicios de materia prima que se han generado en un determinado periodo de tiempo para que esto sirva como datos esenciales para el estudio en cuestión. Estos datos permiten

realizar una evaluación precisa de la situación actual de la empresa y determinar el problema principal que está afectando su línea de producción.

**Problemática actual:** En este capítulo, se ha identificado uno de los principales problemas que afecta al proceso de producción: el trazado incorrecto de las coordenadas en los paños de membrana. Este error resulta en un alto nivel de desperdicio, ya que el proceso de trazado es irreversible. Esta situación representa un gasto considerable para la empresa, generando pérdidas significativas en el proceso de producción. Es crucial abordar esta problemática de manera urgente, implementando medidas para mejorar la precisión y la calidad del trazado de coordenadas.

**Identificación de porcentajes de desperdicios de materia prima:** En este capítulo, se lleva a cabo una comparativa entre las cantidades registradas en el sistema del material en estudio, en este caso, la Membrana F1, y las cantidades en el proceso de producción. El resultado de esta comparación muestra las cantidades de materia prima que se convierten en desperdicios, representando una pérdida para la empresa. Esta discrepancia entre las cantidades ingresadas y utilizadas es crucial, ya que indica ineficiencias en el manejo y control del material durante el proceso. Es fundamental analizar y abordar estas discrepancias con el objetivo de reducir los desperdicios, optimizar el uso de la materia prima y minimizar las pérdidas económicas para la empresa.

**Caracterización del proceso:** El proceso de fabricación de las tensomembranas comienza con la recepción minuciosa de la materia prima, que en este caso es la membrana. Se lleva a cabo un riguroso control de calidad para detectar posibles fallos o daños en la membrana. Una vez que se ha verificado la calidad del material y se ha establecido un contrato de elaboración con el cliente, se procede al diseño de las membranas utilizando programas especializados. En la siguiente etapa, se traza el diseño de cada uno de los tramos en la membrana, aquí es donde se ha identificado el problema: la falta de experiencia en la del personal de la empresa, esto ha ocasionado numerosos fallos en el proceso de trazado de los diseños en la membrana. Para garantizar una correcta fabricación, es fundamental contar con personal experimentado y capacitado en esta etapa crítica del

proceso. Una vez que se ha logrado un trazado preciso sin errores, se procede a cortar cada uno de los tramos según las líneas guías establecidas. Posteriormente, se lleva a cabo el sellado de todos los tramos, transformando así la membrana en una tensomembrana completa, el proceso finaliza con el adecuado doblado de las membranas, su empaquetado y se encuentran listas para ser despachadas al cliente.

**Aplicación de planes de acción:** En esta fase, se llevará a cabo el análisis y la implementación de las posibles soluciones para abordar los fallos que existen en la línea de producción. Es crucial identificar y comprender a fondo los fallos específicos que están afectando la eficiencia y la calidad en la línea de producción. Esto se logra a través de un análisis detallado de los procesos, la recopilación de datos y la retroalimentación de los trabajadores involucrados. Una vez que los fallos se han identificado claramente, se procede a buscar soluciones efectivas. Esto implica evaluar diferentes enfoques, considerar las mejores prácticas de la industria y consultar a expertos si es necesario.

**Implementación de los planes de acción y análisis de los desperdicios:** En esta etapa, se llevará a cabo la implementación de los planes de acción en el proceso de fabricación de tensomembranas y se realizará un análisis exhaustivo de los desperdicios. Una vez que se hayan solventado los errores identificados en la producción, se procederá a documentar todos los procesos, asegurándose de que cada actividad esté claramente identificada. Se implementarán las mejoras propuestas en esta investigación, contando con el personal adecuado y asegurando una disponibilidad fluida de todos los implementos necesarios para la fabricación de las tensomembranas. Además, se realizará un muestreo de la materia prima desperdiciada una vez que se hayan implementado las soluciones propuestas. Esto permitirá medir cuánto desperdicio se ha logrado reducir a través de las mejoras aplicadas. Es importante llevar a cabo un análisis comparativo para evaluar el impacto de las medidas tomadas en la reducción de los desperdicios.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

#### Desarrollo de la propuesta

Basado en el análisis detallado en el capítulo y los registros de desperdicio de membrana en el área de trazado, tal como se muestra en las **Tabla 2** y **Tabla 3**, se concluye que el 52% de los errores en la línea de producción se localizan en esta área en particular. Este hallazgo subraya la necesidad de priorizar este problema y esforzarse en desarrollar una solución efectiva que produzca resultados significativos.

El alto porcentaje de errores identificados en el área de trazado indica la necesidad de mejorar los procesos, implementar soluciones y medidas correctivas adecuadas. Es fundamental llevar a cabo acciones dirigidas a reducir los desperdicios y minimizar los errores en esta etapa crítica del proceso de fabricación de las tensomembranas.

Basándonos en los datos obtenidos anteriormente, podemos concluir que el área de trazado es la principal generadora de desperdicios, lo que resulta en pérdidas significativas para la empresa. Estas pérdidas afectan directamente los costos de producción, incluyendo mano de obra, materia prima, tiempo implementado y costos administrativos. Además, se ha observado que no se aprovechó completamente la cantidad de membrana F1 ingresada al sistema de inventario por parte del departamento de producción.

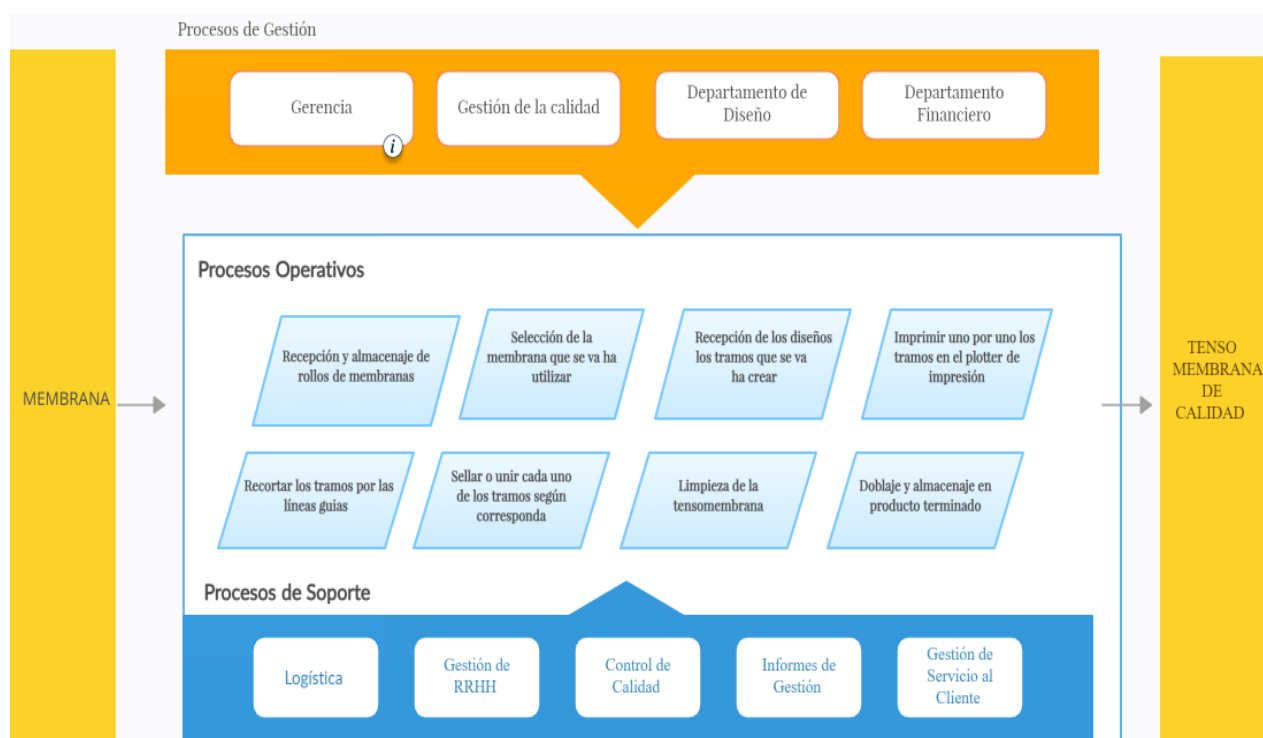
Para la optimización de la producción de tensomembranas se realizará los siguientes pasos:

- Caracterización del proceso
- Diagrama de flujo de recorrido
- Diagrama SIPOC
- Desarrollo de los planes de acción
- Propuesta de planeación

## Caracterización del proceso

En la **Figura 6** que se presenta a continuación, se muestra una representación categorizada de la empresa que se la divide en: procesos de gestión, procesos operativos y procesos de soporte teniendo como objetivo una caracterización clara de cada etapa del proceso de producción. A medida que las actividades se van efectuando, se presentan las actividades que se va a realizar en cada una de estas áreas: recepción, diseño, trazado, corte, sellado, limpieza, doblaje y almacenaje con el fin de que los operadores tengan la información clara de lo que se hace en cada área y puedan implementar su trabajo de manera clara y eficiente sin dejar a un lado las intervenciones que puedan tener los otros procesos propios de la línea de producción.

**Figura 6** Mapa de Procesos

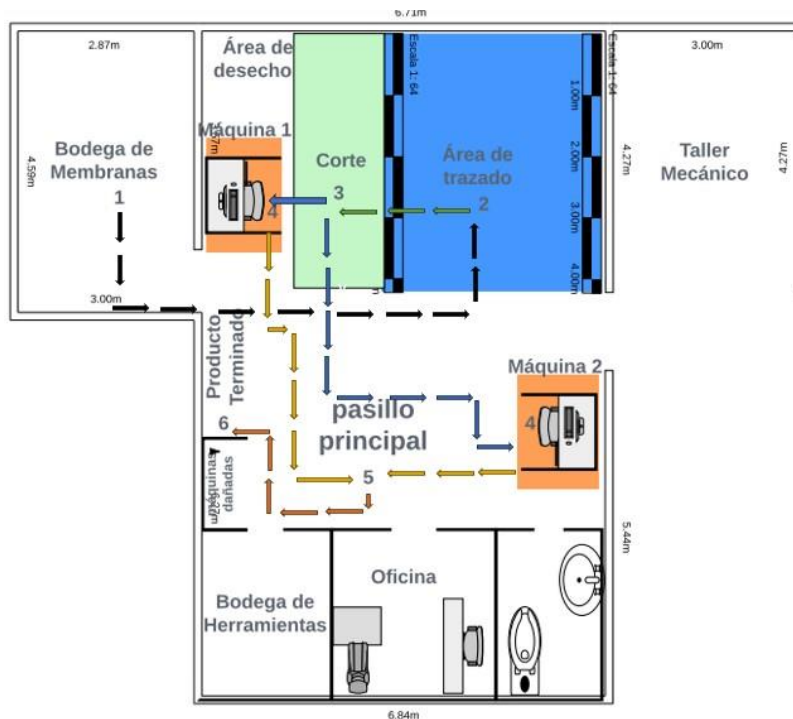


Nota: Elaboración Propia

## Diagrama de flujo de recorrido

En el siguiente diagrama de flujo se representa el recorrido actual que sigue la membrana a medida que pasa por todas las áreas correspondientes para su transformación de membrana en tensomembrana. Es crucial destacar que los flujos entre un área y otra se encuentran superpuestos. Sin embargo, el principal desafío radica en que los flujos de trabajo entre las áreas no están debidamente sincronizados, lo que provoca problemas en la eficiencia y capacidad del proceso. Estos puntos de intersección y superposición de flujos se conocen como cuellos de botella.

**Figura 7** Layout actual de la planta de Producción



Nota: Elaboración Propia

## Plan de acción

A continuación, se presenta la siguiente tabla donde se describe todas las etapas de producción de tensomembranas en las cuales se proponen varios planes de acción para disminuir los desperdicios.

**Tabla 7 Planes de acción**

<b>ÁREA</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
<b>Recepción</b>	Membrana con fallos de fábrica	Diagrama de flujo del proceso. Check list para el control de calidad.
<b>Diseño</b>	Errores en la creación de coordenadas	Diagrama de flujo del proceso. Verificación de las Medidas. Implementación de la firma de verificación.
<b>Trazado</b>	Las coordenadas son erróneas al dibujar en la membrana	Diagrama de flujo del proceso. Implementación del Plotter de impresión. Redistribución de Planta.
<b>Corte</b>	Cortes mal ejecutados. Suciedad en los filos de la Membrana	Diagrama de flujo del proceso. Capacitación al personal del corte óptimo de las membranas
<b>Sellado</b>	La línea de sellado no cumple con la medida establecida y no se sella con la calidad requerida	Diagrama de flujo del proceso. Capacitaciones del correcto sellado.
<b>Doblado y Almacenado</b>	Mal doblado de la membrana y cobertura mal hecha.	Diagrama de flujo del proceso. Capacitaciones de reglas de almacenado. Espacio adecuado para producto terminado.

Nota: Elaboración Propia

Estos pasos se deben ejecutar cronológicamente como se podrá observar en los diagramas de flujo que se encuentran a continuación:

## Planificación de capacitaciones

**Tabla 8** *Capacitación de Corte*

<b>TEMA: Capacitación al personal del corte óptimo de las membranas</b>	
<b>PROPÓSITO</b>	<b>PAUTAS PARA EL DESARROLLO</b>
<b>Que los colaboradores sepan el procedimiento correcto para elaborar las actividades de corte de los tramos de tensomembranas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que las líneas trazadas sean claras.</li> <li>• Tener las tijeras con un filo adecuado.</li> <li>• Hacer un corte constante sin muchas paradas para garantizar que el corte sea uniforme.</li> <li>• Verificar el corte efectuado.</li> <li>• Corregir el corte en caso de ser necesario.</li> </ul>
<b>RECURSOS</b>	
<b>Tijeras bien filas, pedazos de telas para las pruebas, las líneas trazadas bien claras y consecutivas.</b>	
<b>TIEMPO</b>	
<b>1 hora por turno</b>	
<b>PARTICIPANTES</b>	
<b>Todos los colaboradores.</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	
<b>Jefe de Taller y Jefe de Operaciones</b>	

Nota: Elaboración Propia.

**Tabla 9** *Capacitación de Sellado*

<b>TEMA: Capacitación al personal del sellado tramo con tramo</b>	
<b>PROPÓSITO</b>	<b>PAUTAS PARA EL DESARROLLO</b>
<b>Que los colaboradores sepan el procedimiento correcto para sellar o unir cada uno de los tramos según su orden.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constatar que la máquina esta lista para trabajar.</li> <li>• Verificar que los tramos que se va a unir o sellar sean los correctos.</li> <li>• Colocar los tramos en la selladora y limpiar cualquier suciedad con alcohol y waype.</li> <li>• Medir los 2.5cm de sellado.</li> <li>• Sujetar los tramos a la medida tomada.</li> <li>• Proceder a sellar.</li> </ul>
<b>RECURSOS</b>	
<b>Selladora previamente calentada, pedazos de telas para pruebas, masking, regla de 2.5cm, alcohol, Waypes.</b>	
<b>TIEMPO</b>	
<b>2 horas por turno</b>	
<b>PARTICIPANTES</b>	
<b>Todos los colaboradores.</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	
<b>Jefe de Taller y Jefe de Operaciones</b>	



Nota: Elaboración Propia.

**Tabla 10** *Capacitación de Almacenaje*

**TEMA: Capacitación al personal en BPA**

<b>PROPÓSITO</b>	<b>PAUTAS PARA EL DESARROLLO</b>
<b>Que los colaboradores sepan la manera correcta del almacenaje de cada uno de los componentes tanto materia prima como producto terminado.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar que material o producto se va almacenar. _____</li><li>• Adecuar el lugar para salvaguardar el producto a guardar. _____</li><li>• Etiquetar en cantidad y producto guardado. _____</li><li>• Mantener la limpieza de los lugares asignados. _____</li></ul>
<b>RECURSOS</b>	
<b>Espacios designados para el almacenamiento</b>	
<b>TIEMPO</b>	
<b>1,5 hora por turno</b>	
<b>PARTICIPANTES</b>	
<b>Todos los colaboradores.</b>	
<b>RESPONSABLES</b>	
<b>Jefe de Taller y Jefe de Operaciones</b>	

Nota: Elaboración Propia

## Documentación de las actividades para la fabricación de Tensomembranas

Para desarrollar de manera más efectiva el proceso de fabricación de tensomembranas a continuación, se procede a identificar las actividades que se deben realizar en cada etapa: recepción, diseño, trazado, corte, sellado y almacenaje.

**Tabla 11** Caracterización y flujograma del área de Recepción

Flujograma Esperados	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados
	Se hace el pedido de los rollos de membrana.	Orden de compra	Dpto. de Compras	Abastecimiento de materia prima
	Llega la membrana a la planta.	N/A	Operador	Correcto traslado de los materiales
	Se recibe los rollos de membrana	Guía de remisión o factura	Jefe de Taller	Buena rotación de inventario
	Se hace la revisión minuciosa de cada uno de los rollos.	Check list de control de recepción de membrana	Jefe del Taller	Rollos de membrana correctamente verificados y libres de desperfectos
	Si todo está correcto pasa a ser almacenado caso contrario se hará la devolución al proveedor correspondiente.	# de Ingreso	Jefe del Taller	Almacenamiento apropiado

*Nota:* En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de recepción, elaboración propia.

**Tabla 12** Caracterización y flujograma del área de Diseño

Flujograma	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados Esperados
<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Diseño[Diseño]     Diseño --&gt; Verificación{Verificación}     Verificación -- No --&gt; Devolucion[Devolución]     Devolucion --&gt; Diseño     Verificación -- Sí --&gt; Entrego[Entrego]     Entrego --&gt; Fin([Fin])         </pre>	Se toma las medidas del lugar donde va instalada la tensomembrana	Dibujos	Dpto. de Diseño	Las medidas correctamente tomadas.
	Diseño de las coordenadas de cada uno de los tramos	Uso de ordenador	Dpto. de Diseño	Correcto diseño de los tramos.
	Verificación de las coordenadas que estén acorde con las medidas tomadas.	Sello de verificación	Dpto. de Diseño	Los planos y coordenadas bien verificados.
	Entrega de planos y coordenadas a trazado	Planos y Coordenadas	Dpto. de Diseño	Los planos y coordenadas en lugar correcto.
	Se verifica que estén todos los planos y coordenadas.	N/A	Dpto. de Trazado	Información clara de los tramos a trazar.

*Nota:* En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de Diseño, elaboración propia.

**Tabla 13** Caracterización y flujograma del área de Trazado

Flujograma	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados Esperados
<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Lectura[Lectura]     Lectura --&gt; Analisis[Análisis]     Analisis --&gt; Punteado[Punteado]     Punteado --&gt; Verificacion{Verificación}     Verificacion -- No --&gt; Borrar[Borrar]     Borrar --&gt; Analisis     Verificacion -- Si --&gt; Trazado[Trazado]     Trazado --&gt; Fin([Fin])         </pre>	Se recibe los planos y las coordenadas.	N/A	Jefe de Área	Control sobre documentos
	Interpretación de la información.	N/A	Jefe de Área	Encontrar posibles fallos
	Análisis del punto de inicio y punto de cierre.	N/A	Jefe de Área	Optimización del uso de la membrana
	Colocación de puntos en cada coordenada.	N/A	Operario	Puntos de referencia bien ejecutados
	Se verifica las medidas de los tramos	N/A	Jefe de Área	Los tramos tengan las medidas establecidas en el plano.
	Se hace la unión de cada una de las coordenadas.	N/A	Operario	Dibujo claro de la forma de tramo.
	Control del dibujo del tramo	N/A	Jefe de Área	Dibujo sin errores

*Nota:* En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de Trazado, elaboración propia.

**Tabla 14** Caracterización y flujograma del área de Corte

Flujograma	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados Esperados
<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Verificacion{Verificación del dibujo trazado}     Verificacion -- No --&gt; Reproceso[Reproceso]     Reproceso --&gt; Correccion[Corrección de trazado]     Correccion --&gt; Inicio     Verificacion -- Si --&gt; Corte[Corte del tramo]     Corte --&gt; Limpieza[Limpieza del excedente de tinta en los filos]     Limpieza --&gt; Fin([Fin])         </pre>	Se extiende la membrana a medida del tramo que se va a cortar	N/A	Operario	Facilidad de cortar
	Verificación del dibujo trazado	Planos y Coordenadas	Operario	Efectuar el corte de mejor manera
	Corte del tramo	N/A	Operario	Corte bien hecho sin rebabas.
	Limpieza del excedente de tinta en los filos	N/A	Operario	Tramo limpio
	Visualización de Cortes	N/A	Jefe de área	Verificación de corte

*Nota:* En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de Corte, elaboración propia.

**Tabla 15** Caracterización y flujograma del área de Sellado

Flujograma	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados Esperados
<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; Verificación[Verificación]     Verificación --&gt; Coincidir{Coincidir}     Coincidir -- No --&gt; Verificación     Coincidir -- Sí --&gt; Sellado[Sellado]     Sellado --&gt; Fin([Fin])         </pre>	Se toma los dos tramos que se va a sellar	N/A	Operario	Escoger los tramos correctos
	Verificación de los códigos de los tramos	Etiqueta de tramo	Operario	Escoger los tramos correctos
	Encajar los tramos con la medida del sellado	N/A	Operario	El sellado se uniforme
	Accionar la máquina selladora sobre los tramos expuestos	N/A	Operario	Bien sellado de un tramo con el otro
	Verificación del sellado	N/A	Operario	Tensomembrana completamente sellada

*Nota:* En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de Sellado, elaboración propia.

**Tabla 16** Caracterización y flujograma del área de Almacenado

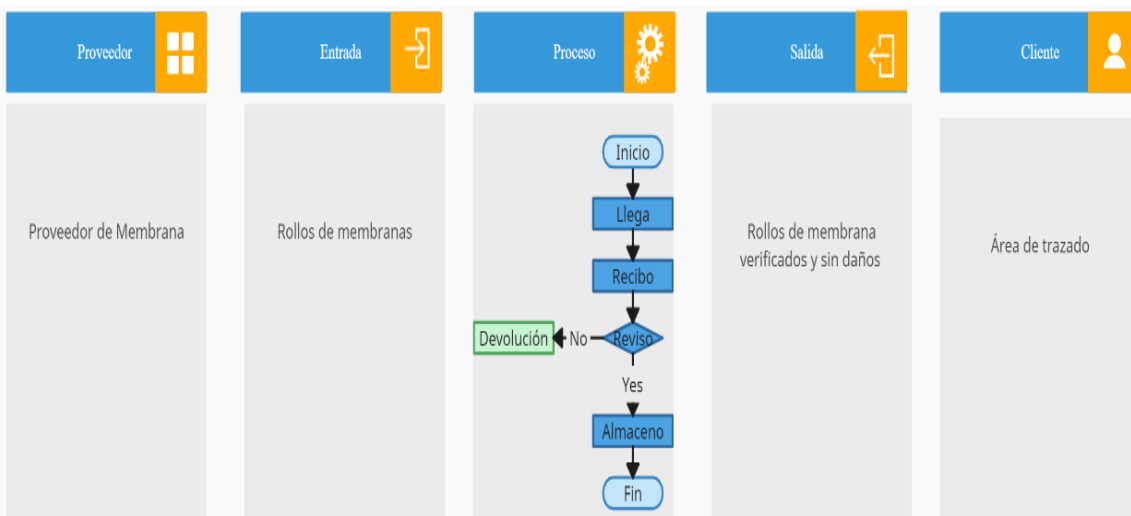
Flujograma Esperados	Descripción	Documentos	Ejecutor	Resultados
	Verificación completa del sellado	N/A	Jefe de Área	Último filtro de revisión de detalles
	Limpieza de toda la tensomembrana	N/A	Operario	Membrana totalmente limpia
	Doblar la membrana	N/A	Operario	Facilidad de transportar
	Guardar la membrana en bodega de producto terminado identificando el número de proyecto correspondiente	Identificación del proyecto	Operario	Conservar en óptimas condiciones hasta el día de la entrega al cliente

Nota: En esta tabla se describe el diagrama de flujo del área de Almacenado, Elaboración propia.

**Diagramas SIPOC**

A continuación, en la **Figura 8** presentamos un diagrama especificando el proceso correcto en el área de recepción de los rollos de membranas.




**Figura 8** Diagrama SIPOC del área de Recepción



Nota: Elaboración Propia

En la **Figura 9** representamos el modelo Check list que se tomara en cuenta para la recepción de membranas con el fin de recibir sin desperfectos garantizando así un producto de calidad para el proceso de producción.

**Figura 9** Check list para la recepción de Membranas

Cod. RM-01		Recepción de Membrana		Firma	
		Fecha.....	Responsable.....	Estado	Estado
#	Elemento a comprobar	Descripciones			
<b>1</b>	<b>Envoltura</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.1	Código de Barra		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.2	Número de Lote		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.3	Serie de Color		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.4	Fecha de Fabricación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1.5	Origen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>2</b>	<b>Cono de Cartón</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.1	Estado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2	Posición		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.3	Entrada		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.4	Salida		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>3</b>	<b>Membrana</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.1	Limpieza		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2	Estado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.3	Filos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

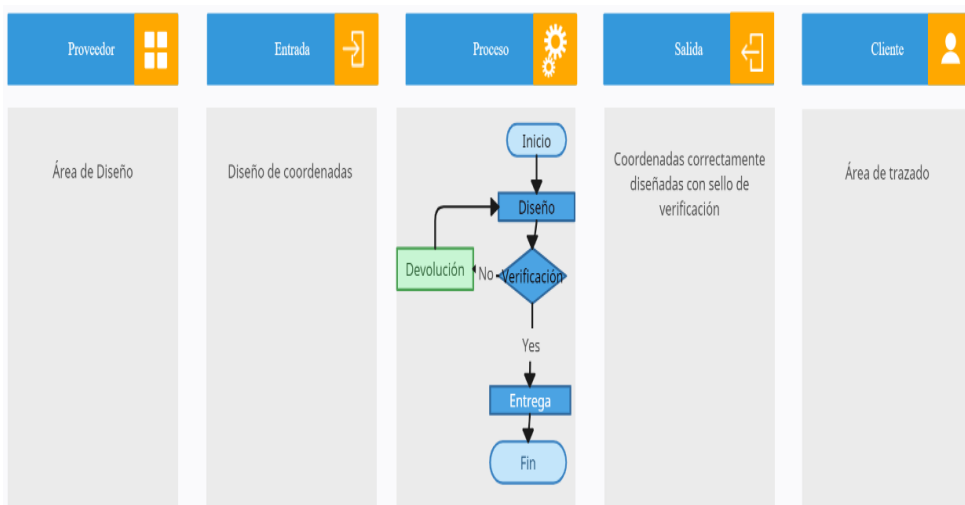
Nota: Dentro del Check list el color verde representa aprobado y el color rojo representa no aprobado, Elaboración Propia.

En la siguiente **Figura 10** representamos un diagrama especificando el proceso correcto en el área de diseño de las coordenadas de cada uno de los tramos. En este punto se ha implementado un punto de verificación que ayuda a el control preciso de la información con el fin de que las



coordenadas saldrán con la respectiva firma de verificación por parte de cada arquitecto encargado.

**Figura 10** Diagrama SIPOC del área de Diseño

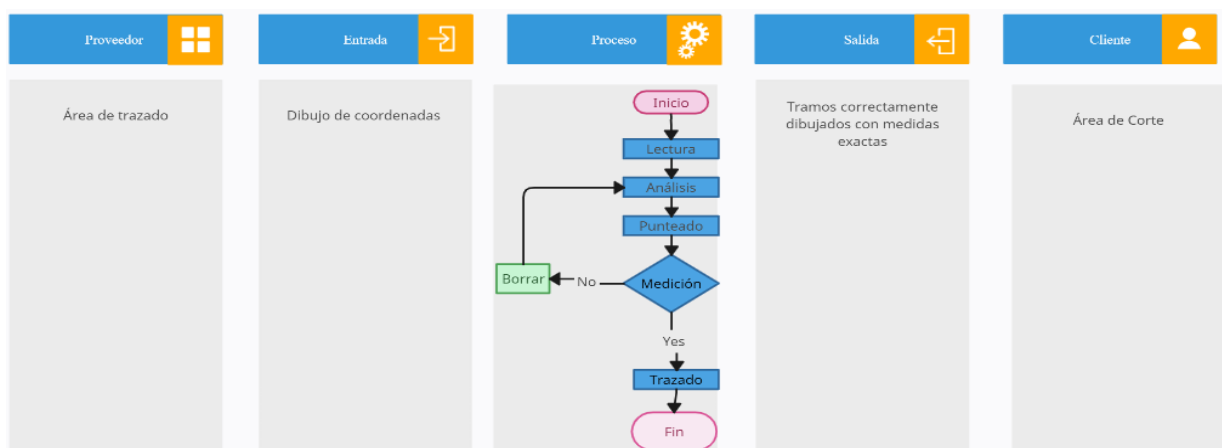


Nota: Elaboración Propia

En la **Figura 11**, se presenta de manera detallada el flujograma que corresponde al área de trazado, donde se registran meticulosamente las coordenadas en la membrana.

Es crucial destacar que esta actividad debe llevarse a cabo siguiendo los estándares más rigurosos y exigentes.

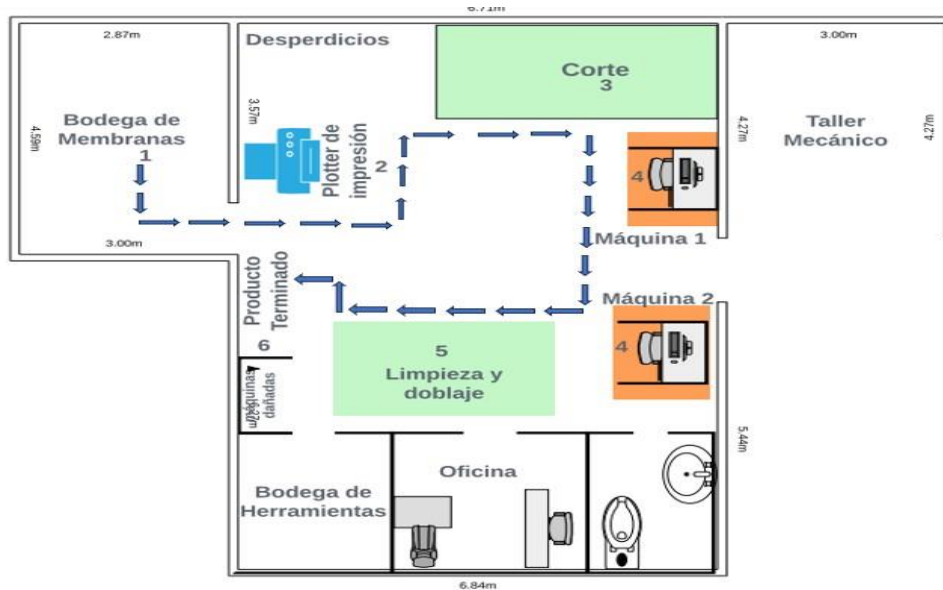
**Figura 11** Diagrama SIPOC del área de Trazado



Nota: Elaboración Propia

En la **Figura 12** presentada a continuación describimos una estrategia complementaria para mejorar aún más el proceso de implementación del plotter de impresión sería llevar a cabo una reestructuración en la disposición de la planta, con el objetivo de optimizar el flujo de materia prima y eliminar posibles cuellos de botella.

**Figura 12** *Layout propuesto para la planta*



Nota: Elaboración Propia

**Redistribución de planta**

**Tabla 17** *Coeficientes para la redistribución de planta*

Razón de la Empresa	Coefficiente K
Industria Alimenticia	0.05 – 0.15
Trabajo en cadena, transporte Mecánico	0.10 – 0.25
Textil-hilado	0.05 – 0.25
Tertil-Tejido	0.05 – 0.25
Relojería, Joyería	0.75 – 1.00
Industria mecánica pequeña	1.50 – 2.00
Industria Mecánica	2.00 – 3.00

Nota: Elaboración Propia

Haciendo referencia a la tabla podemos evidenciar las medidas actuales de cada uno de los departamentos o áreas en los cuales interactúan para la fabricación de tensomembranas.

**Tabla 18** *Medidas actuales por área actual*

Área o Departamento	Superficie Estática	N
<b>Recepción</b>	12	2
<b>Trazado</b>	32	2
<b>Corte</b>	16	2
<b>Sellado</b>	18	2
<b>Limpieza y Almacenado</b>	4	1
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	

Nota: Elaboración Propia

En el cuadro que se presenta a continuación, se detalla el área total de 846 metros cuadrados requerida para la fabricación de tensomembranas, resaltando la considerable extensión ocupada por el área de trazado en relación con la actividad llevada a cabo en ese espacio.

**Tabla 19** *Medidas totales de la planta actual*

Área o Departamento	Superficie Estática	N	Sg	Se
<b>Recepción</b>	12	2	24	90
<b>Trazado</b>	32	2	64	240
<b>Corte</b>	16	2	32	120
<b>Sellado</b>	18	2	36	135
<b>Limpieza y Almacenado</b>	4	1	4	20
<b>TOTAL</b>	<b>82</b>	<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>605</b>

$$ST=82+160+605= 846 \text{ metros cuadrados}$$

Nota: Elaboración Propia

### **Propuesta de Mejora para la redistribución de planta**

Dentro de la propuesta de mejora, se destaca una reducción significativa en la cantidad de metros necesarios. Esto se logra al introducir la tecnología de plotter de impresión, lo que

implica que el área de trazado ocupará únicamente un espacio mínimo, el necesario para acomodar la máquina de manera eficiente. Con esta innovadora propuesta, se logrará una optimización espacial sustancial, permitiendo un uso mucho más eficiente del espacio disponible.

**Tabla 20** *Propuesta mejorada*

Área o Departamento	Superficie Estática	N
Recepción	6	2
Trazado	18	2
Corte	16	2
Sellado	16	2
Limpieza y Almacenado	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	

Nota: Elaboración Propia.

**Tabla 21** *Total de espacios utilizados en la mejora*

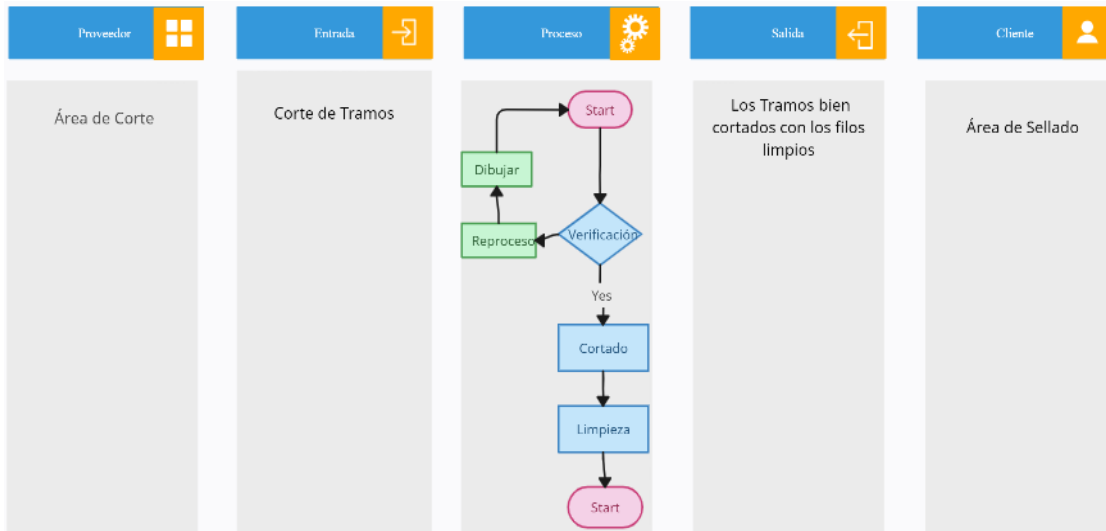
Área o Departamento	Superficie Estática	N	Sg	Se
Recepción	6	2	12	45
Trazado	18	2	36	135
Corte	16	2	32	120
Sellado	16	2	32	120
Limpieza y Almacenado	2	1	2	10
<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>430</b>

$$ST=66+132+430= 628 \text{ metros cuadrados}$$

Nota: con la propuesta solo se ocupará 628 metros cuadrados para la fabricación de tensomembranas, Elaboración Propia.

A continuación, presentamos la **Figura 13** en la cual se observa el flujograma en el área de corte.

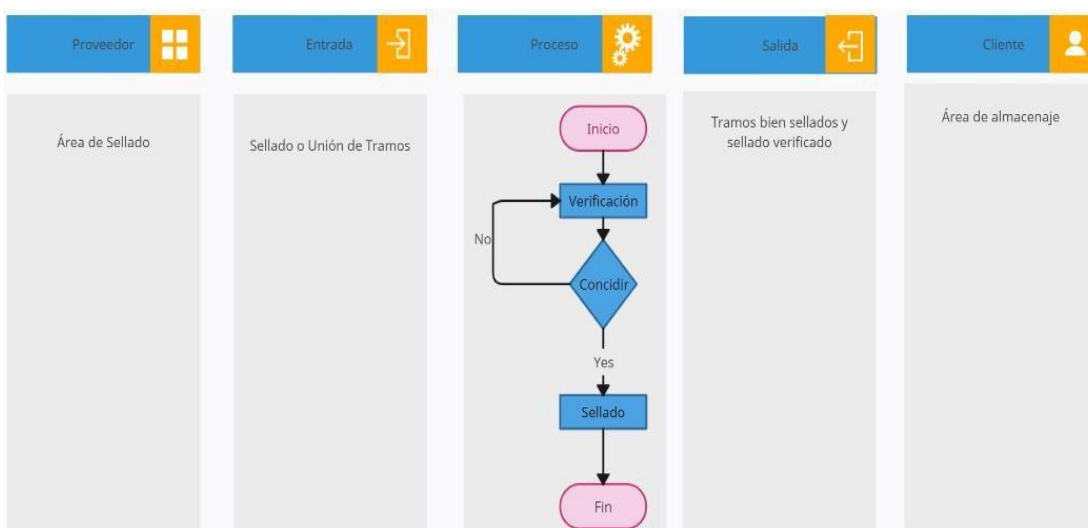
**Figura 13** Diagrama SIPOC del área de Corte



Nota: Elaboración Propia

A continuación, se presenta la siguiente **Figura 14** donde se identifica el flujograma del área de sellado.

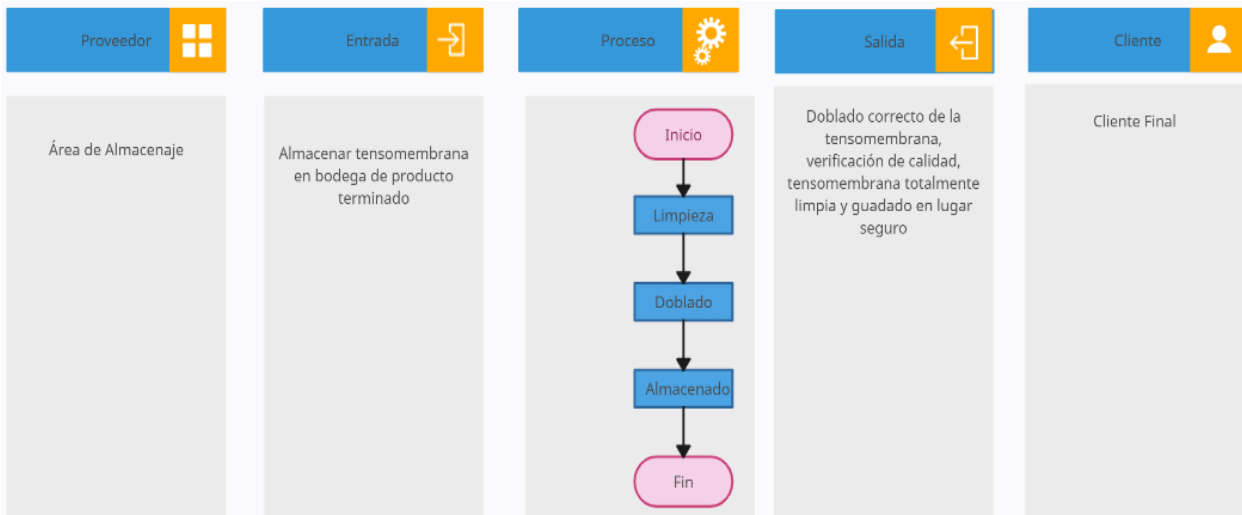
**Figura 14** Diagrama SIPOC del área de Sellado



Nota: Elaboración Propia

En la **Figura 15** que presentamos a continuación, presentamos la última fase de la línea de producción que corresponde al área de doblado y almacenaje de la tensomembrana.

**Figura 15** Diagrama SIPOC del área de Almacenaje



Nota: Elaboración Propia

### Plotter de impresión

Para abordar el principal problema identificado en el capítulo anterior, el mismo que ocasiona el mayor desperdicio en la línea de producción en el área de trazado, se ha sugerido la introducción de un plotter de impresión.

Este dispositivo es capaz de eliminar completamente los problemas asociados con el trazado, debido a su capacidad para operar automáticamente y adaptarse a un gran número de tramos sin requerir múltiples mediciones manuales.

Su implementación permitirá maximizar el uso de la membrana F1, minimizar los costos de producción y mejorar la rentabilidad global de la empresa. Por ende, se caracterizarán tres opciones posibles y se determinará la máquina más adecuada para resolver este problema.

**Tabla 22** *Plotters de impresión y características*

Equipos	Características	Imagen
Plotter de Impresión	<p>Voltaje: 220V - 60HZ Potencia del equipo: 2000 w - 2 KW Tiempo de impresión moderado: 30m<sup>2</sup> por hora. Tiempo programable: 0 a 24 horas. Cantidad de rollos: 1 Material: PVC y Metal Tinta continua: 300ml Dimensión de entrada de tela: 300 cm X 3,8 cm de altura. Dimensiones de la máquina: 386,5cm ancho X 97cm alto Material del cuerpo de la maquina: Acero con recubrimiento plástico.</p>	 A large-format plotter machine, likely a HP DesignJet T730, is shown from a three-quarter perspective. It is a white and black machine with a large roll of paper being processed. The machine has a control panel on the right side and is mounted on a black stand with wheels.

Plotter de  
Impresión  
M32S

Modelo: M32s  
Motores: Motor paso a paso  
Software: Maintop  
Formato de archivos: TIFF, PDF, AI,  
JPG  
Área de trabajo: 320cm  
Tipo de tinta Eco solvente  
Cabezal: Dos cabezales Epson DX5  
Colores de impresión: CMYK  
Calentamiento: Posterior, medio y frontal  
Tanque de tintas: 1 lt y reserva de 500ml  
Movimiento Deslizamiento suave sobre  
guías lineales cuadradas de alta precisión.  
Precisión: 0.004mm  
Control de velocidad de impresión:  
Baja, Media, Alta.  
Resolución: 1440dpi  
Requerimientos eléctricos: 220 V,  
monofásico, 60 Hz.  
Dimensiones de la máquina (413 × 132 ×  
93.5 cm)  
Sistema operativo: Windows XP/7/8/10  
32/64bits  
Peso 500kg  
Garantía: 1 año





Plotter de  
impresión  
FB-2513S

No. De Modelo: FB-2513S  
Cabezal: 2/3/4 x Epson i3200-U  
Altura del cabezal de impresión: 12 cm  
Media Tamaño: 2500 x 1300 (mm)  
Velocidad  
Calidad Normal: 50m<sup>2</sup>/h(CMYK)  
Calidad Estándar: 32 m<sup>2</sup>/h(CMYK)  
Tinta Tipo Tinta UV  
Color: CMYK/CMYKLcL/blanco o  
Barniz  
Capacidad: 500 ML por tanque principal  
de cada color, monitoreo automático de  
cantidad de tinta, sin parar con tinta  
independiente (cuatro zonas)  
Resolución 2400 dpi MAX  
sistema de Operación PCWindows  
7/XP/10  
Entorno de operación Temperatura: 18°C  
– 26°C; Humedad: 40% – 60%  
Fuente de alimentación Max  
3.6KW, AC, 50/60Hz, 220V  
(±10%)>12A  
Formato de imagen: TIFF, JPEG, EPS,  
PFD  
Tamaño Máquina: L3700 W2300 H1550  
(mm)  
Embalaje: L3800 W2400 H1650 (mm)  
Peso Máquina 850 KG  
Embalaje 1000 KG



*Nota:* En esta tabla se describe las características de los 3 tres Plotters de impresión, Elaboración propia.

Después de un análisis detallado de las opciones disponibles en la **Tabla 22**, se ha determinado que el plotter de impresión **MODELO M32S** es la mejor elección para abordar los problemas en el área de trazado de la empresa. Su conjunto de características y funcionalidades específicas satisfacen las necesidades del área de trazado, lo que resultará en una mejora significativa en la eficiencia y precisión de los trabajos de trazado realizados en la empresa.

El plotter de impresión **MODELO M32S** ha sido seleccionado debido a que sus características se alinean perfectamente con los requisitos del área de trazado. Estas características incluyen: una alta resolución de impresión, la capacidad de manejar diversos formatos y tamaños de membranas, un software especializado que permite una gestión eficiente de los archivos de trazado, y la capacidad de imprimir de manera rápida y precisa.

Una característica importante de esta máquina es la capacidad para imprimir directamente desde el ordenador, utilizando los diseños de cada tramo y sus correspondientes coordenadas. Esta funcionalidad elimina por completo los errores asociados con el trazado manual realizado por los trabajadores. Al transferir los diseños digitalmente a la máquina, se garantiza una precisión y exactitud sin precedentes, lo que se traduce en una notable mejora en la calidad de los trazados.

Además, este enfoque automatizado agiliza considerablemente el proceso de producción, permitiendo un flujo de trabajo más eficiente y reduciendo los tiempos de entrega. En general, esta máquina desempeñará un rol crucial al eliminar los errores humanos y mejorar la precisión en el trazado, lo que a su vez impulsará la productividad.

El resultado final del trabajo será altamente estético, gracias a la utilización de un espacio reducido en la planta de producción. Esta optimización en la distribución del espacio permitirá

un planteamiento más eficiente de la planta, lo cual se traducirá en un mayor espacio disponible para otros procesos que lo requieran.

## Selección de alternativas

### Factores Ponderados

**Tabla 23** Factores de ponderación

Factores	Peso Relativo (%)	Alternativas		
		M32s	HP MXs-300	FB-2513S
Consumo energético	25	8	6	9
Facilidad de Adquisición	20	9	7	6
Inversión	14	7	8	6
Vida Útil	12	7	5	7
Facilidad de Montaje	10	8	7	8
Garantías	10	7	6	6
Precio de Mantenimiento	9	8	9	3
<b>Puntuación Total</b>		<b>7,84</b>	<b>6,73</b>	<b>6,8</b>

$$AM32s = (8 * 0.25) + (9 * 0.20) + (6 * 0.14) + (7 * 0.12) + (8 * 0.1) + (7 * 0.1) + (8 * 0.09) = 7,84$$

$$AHP MXs - 300 = (6 * 0.25) + (7 * 0.20) + (8 * 0.14) + (5 * 0.12) + (7 * 0.1) + (6 * 0.1) + (9 * 0.09) = 6,73$$

$$AFB - 2513S = (9 * 0.25) + (6 * 0.20) + (6 * 0.14) + (7 * 0.12) + (8 * 0.1) + (6 * 0.1) + (3 * 0.09) = 6,8$$

Como se puede evidenciar en los factores ponderados obtenemos como mejor opción al modelo **M32s** ya que se acopla mejor a las necesidades que la empresa necesita. Es importante mencionar que como segunda opción tenemos al modelo **FB-2513S** que a pesar de ser más cara tiene mejores características para cumplir la demanda que la empresa requiere.

**Tabla 24** Costos de máquinas

<b>PLOTTERS DE IMPRESIÓN</b>			
<b>COSTOS</b>	<b>M32s</b>	<b>HP MXs-300</b>	<b>FB-2513S</b>
<b>INVERSIÓN</b>	\$15500	\$13000	\$32000
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO Y MANO DE OBRA</b>	\$580	\$460	\$910
<b>COSTO DE ENERGIA</b>	\$1932	\$2852	\$4370
<b>COSTO DE CAPACITACIÓN</b>	\$300	\$200	\$450
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$18312</b>	<b>\$16512</b>	<b>\$37730</b>

Nota: Elaboración Propia

En el proceso de evaluación de alternativas, se ha tomado la decisión de priorizar la opción de adquirir el modelo M32s, a pesar de que su inversión inicial sea superior a la del modelo HP MXs-300. Esta elección se basa en el hecho de que la máquina M32s presenta ventajas significativas, como un consumo eléctrico notablemente más bajo y una mayor vida útil en comparación con los modelos alternativos. Estas características hacen que la opción M32s sea la preferida, ya que a largo plazo ofrece un mayor rendimiento, eficiencia energética y durabilidad.

### **Resultados esperados**

Se han realizado importantes mejoras en cada uno de los procesos de la línea de producción para abordar los problemas que causaban desperdicios de materia prima. Para identificar las causas raíz de estos desperdicios y desarrollar soluciones efectivas, se utilizaron seis diagramas de flujo con sus correspondientes registros de verificación.

Estos diagramas de flujo proporcionan una representación visual del flujo de trabajo en cada proceso, mientras que los registros de verificación permiten realizar un seguimiento y control exhaustivo de las mejoras implementadas. Cada uno de los planes de acción implementados se enfocó en abordar las causas específicas de los desperdicios de materia prima. Se llevaron a cabo las siguientes acciones y mejoras en cada proceso:

**Recepción:** En esta área, se recibían rollos de membrana que presentaban daños de fábrica, así como daños ocasionados durante el transporte y manipulación, los cuales no estaban relacionados con la empresa. Estos problemas solo se detectaban cuando se iba a utilizar la membrana, lo que generaba contratiempos y pérdida de recursos.

Para abordar esta situación, se ha implementado un diagrama de flujo detallado del proceso, junto con un checklist específico, con el objetivo de realizar un control minucioso de los rollos de membrana. De esta manera, se garantiza que solo las membranas en óptimas condiciones ingresen al inventario de la empresa, evitando así fallos y desperdicios.

**Diseño:** En este departamento, se presentaba un inconveniente recurrente donde se enviaban al área de trazado planos y coordenadas con errores y fallas en las medidas de las longitudes de los tramos. Para solucionar esta situación, se ha implementado un flujo de proceso detallado que establece las actividades a realizar para asegurar un proceso eficiente y libre de errores. Además, se ha introducido un sistema de firma de verificación que funciona como una constancia de que los planos y las coordenadas han sido revisados y están correctamente elaborados.

**Trazado:** Dentro de esta área se identificó un problema significativo de desperdicios de materia prima, con un porcentaje del 52% del total de desperdicios. Esta situación representaba una problemática considerable que requería atención. Para abordar este desafío, se ha llevado a cabo la adquisición de un Plotter de impresión, el cual desempeñará un papel fundamental en la reducción de errores en esta área.

La implementación del Plotter de impresión permitirá mejorar considerablemente la precisión y la calidad de los procesos en esta área evitando así un 85% de los errores que se ocurría en esta área. Los errores que anteriormente se generaban debido a un método de trazado tradicional podrán ser minimizados o incluso eliminados con el uso de esta máquina

especializada. Además de los beneficios relacionados con la reducción de errores, la implementación del Plotter de impresión también permitirá optimizar el espacio dentro de la planta. El método tradicional de trazado requería una cantidad considerable de espacio físico para llevar a cabo los procesos necesarios. Sin embargo, con la introducción de esta máquina, se podrá optimizar el espacio disponible en la planta y utilizarlo de manera más eficiente.

**Corte:** En este proceso se identificó un problema recurrente en el que los operarios de planta, en su mayoría personal inexperto en el área, realizaban cortes incorrectos de los tramos. Esta situación generaba desperdicio de materia prima y afectaba la calidad del producto final. Para abordar esta problemática, se ha propuesto una solución integral que incluye la capacitación de todo el personal de esta área y la implementación de un diagrama de flujo detallado para guiar el proceso de corte.

**Sellado:** En esta área, se identificó un problema relacionado con las medidas incorrectas de los sellados y la unión deficiente entre tramo y tramo. Estas deficiencias afectaban la calidad de los sellados, lo que resultaba en una variabilidad significativa y la necesidad de reprocesos frecuentes. Para abordar esta situación, se ha implementado un diagrama de flujo que detalla las actividades necesarias para llevar a cabo el proceso de manera óptima. Además, se brindará capacitación al personal de esta área para mejorar sus habilidades y conocimientos.

**Almacenaje:** En el proceso de almacenaje, se identificó un problema relacionado con la falta de un lugar específico para guardar las membranas terminadas. Esto resultaba en daños a las membranas debido a un embalaje incorrecto y una falta de protección adecuada.

Para abordar esta situación, se ha implementado una solución mediante la nueva distribución de planta, que incluye un lugar específico designado para el producto terminado, tal como se muestra en la **Figura 12**. Además, se ha desarrollado un diagrama de flujo que proporciona una guía clara de las actividades a realizar en el proceso de almacenaje.

## Análisis de los desperdicios reducidos

**Tabla 25** *Análisis de desperdicios*

ÁREAS	Desperdicios sin aplicar las mejoras	Porcentaje de eliminación de desperdicios	Total de desperdicios reducidos	Desperdicios que se generara por área
	PESO (kg)	%	PESO (kg)	PESO (kg)
<b>Trazado</b>	366.80	73	267.76	99.03
<b>Diseño</b>	192.41	75	144.30	48.10
<b>Sellado</b>	71.22	80	56.97	14.24
<b>Limpieza y Almacenaje</b>	49.46	85	42.04	7.42
<b>TOTAL</b>	<b>679.88</b>		<b>TOTAL</b>	<b>168.80</b>

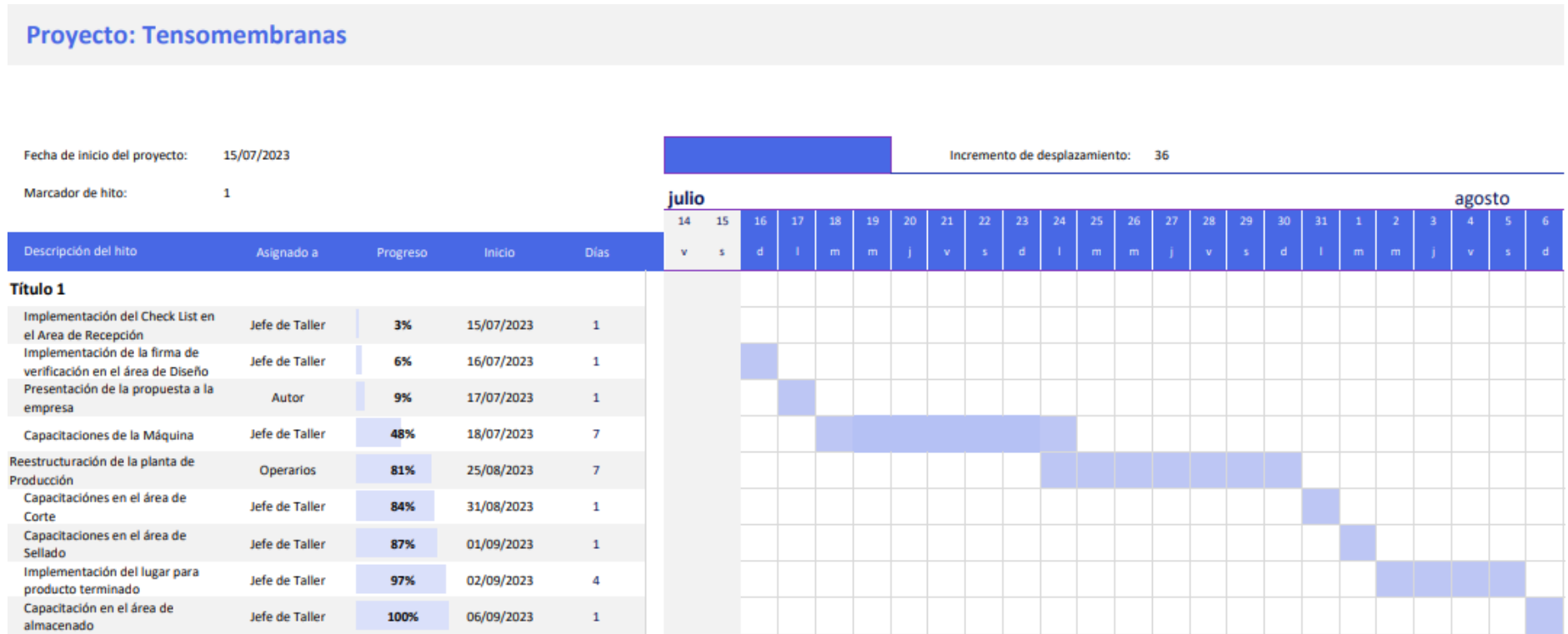
Nota: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla adjunta, previo a la ejecución de los planes de acción en el marco de esta investigación, se registraba un desperdicio total de 679.88 kg. No obstante, gracias a la implementación de las nuevas mejoras y estrategias, esta cifra ha disminuido significativamente, situándose ahora en 168.80 kg. Esta reducción considerable refleja los efectos positivos de las medidas tomadas.

Es importante resaltar que esta disminución no solo impacta positivamente en la eficiencia de la empresa al reducir sus gastos operativos, sino que también contribuye al cuidado del medio ambiente al disminuir la generación de residuos. Este logro demuestra cómo la implementación de medidas conscientes puede conllevar beneficios tanto económicos como ecológicos, y reafirma nuestro compromiso con la sostenibilidad y la mejora continua.

## Cronograma de actividades

Figura 16 Diagrama de Gantt para la implementación de la propuesta



Nota: Elaboración Propia



En la **Figura 16**, se describe las diferentes propuestas de mejora que se va a implementar dentro de la empresa y sus posibles cambios a continuación, las actividades a realizar:

- **Implementación del Check List en el Área de Recepción:** El objetivo de esta actividad es garantizar que solo se introduzcan en el sistema de inventario membranas en óptimas condiciones, con el fin de prevenir cualquier desperdicio en el futuro.
- **Implementación de la Firma de verificación en el área de Diseño:** El propósito de esta propuesta de mejora es asegurar que el departamento de Diseño entregue al área de trazado planos y coordenadas que hayan sido debidamente verificadas.
- **Capacitaciones de la Máquina:** La persona a cargo del taller asumirá la responsabilidad de realizar un control meticuloso de la máquina, con el objetivo de brindar las capacitaciones necesarias a los operadores para que puedan aprovechar al máximo su funcionamiento.
- **Demostración del uso de la Máquina:** En esta etapa de la implementación de la propuesta, se realizarán las primeras pruebas de la máquina una vez que haya sido calibrada y se hayan implementado todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Estas pruebas serán llevadas a cabo por la persona responsable del taller, quien posee el conocimiento necesario sobre la función y operación de la máquina, la persona responsable del taller se encargará de verificar que todos los ajustes y configuraciones de la máquina estén correctamente realizados de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas. Así mismo, pondrá en marcha la máquina y llevará a cabo las primeras pruebas para evaluar su desempeño y funcionamiento en condiciones reales de trabajo.

Durante esta fase de pruebas, se prestará especial atención a la precisión de los trazados, la velocidad de operación, la estabilidad y cualquier otro parámetro relevante para asegurar un rendimiento óptimo de la máquina. En caso de que se identifiquen ajustes o mejoras necesarias,

la persona responsable del taller realizará las correcciones correspondientes y repetirá las pruebas hasta obtener los resultados deseados.

- **Plan de acción reestructuración de la planta:** Esta reestructuración implicará evaluar y rediseñar la disposición de los puestos de trabajo y los flujos de trabajo existentes. Se buscará optimizar la distribución de los operadores, equipos y materiales en el área de producción, teniendo en cuenta los requisitos específicos de la máquina y los procesos asociados.
- **Capacitaciones para el área de Corte:** El objetivo de este tipo de capacitaciones es brindar al personal las habilidades necesarias para realizar eficientemente las actividades en el área de corte, asegurando así que estén debidamente capacitados para llevar a cabo dichas tareas.
- **Capacitaciones para el área de Sellado:** En esta área, se ofrecerán las capacitaciones necesarias para que los operarios adquieran las habilidades requeridas para llevar a cabo las tareas de sellado con la calidad deseada, cumpliendo con todos los parámetros establecidos.
- **Implementación del lugar para producto terminado:** Durante esta etapa de implementación y basándose en la nueva propuesta de reestructuración de planta, se establecerá un espacio adecuado y en condiciones óptimas con el propósito de almacenar las membranas terminadas hasta su entrega al cliente, garantizando así su calidad durante todo el proceso.
- **Capacitaciones para el área de almacenado:** Durante estas capacitaciones, se proporcionarán las herramientas y conocimientos necesarios para que los operarios de esta área lleven a cabo sus actividades de manera eficiente, prestando especial atención al estado de las membranas y cuidando cada detalle minuciosamente. El objetivo es garantizar que se cumplan los estándares de calidad y se optimice el rendimiento en el manejo de las membranas.

## Análisis de costos

**Tabla 26** *Análisis de costos*

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Implementación del Check List en el Área de Recepción</b>	1 jefe 1 capacitador	2 horas c/u	\$23,6
<b>Implementación de la Firma de verificación en el área de Diseño</b>	1 jefe 1 capacitador	2 horas c/u	\$23,6
<b>Plotter de impresión una tinta 3m</b>	Modelo: M32S	1 und	\$15,500
<b>Calibraciones y programación</b>	Poner a punto de trabajo	1 und	\$100,00
<b>Logística</b>	Trasporte de maquina al taller	1 und	\$150,00
<b>Tinta</b>	Tinta de 1 mes	2 litros	\$50,00
<b>Capacitaciones de la Máquina</b>	10 operarios 1 capacitador	12 horas c/u	\$539,4
<b>Demostración del uso de la Máquina</b>	10 operarios 1 capacitador	10 horas c/u	\$449,5
<b>Plan de acción reestructuración de la planta</b>	5 operarios	20 horas c/u	\$80,2
<b>Capacitaciones para el área de Corte</b>	2 operarios 1 capacitador	2 horas c/u	\$17,72
<b>Capacitaciones para el área de Sellado</b>	2 operarios 1 capacitador	2 horas c/u	\$17,72
<b>Implementación del lugar para producto terminado</b>	2 operarios	16 horas c/u	\$64,16
<b>Capacitaciones para el área de almacenado</b>	1 operario 1 capacitador	2 horas c/u	\$8,86
<b>TOTAL, DE COSTOS</b>			<b>\$17.024,76</b>

Nota: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES

- Se identificó que en la empresa objeto de estudio se presentaron varios desperdicios de materia prima en cada una de las áreas de la línea de producción. Tras realizar los cálculos correspondientes y analizar el total de desperdicios, se observó que el área de trazado es responsable del 52% del desperdicio total, según se muestra en la **Tabla 2**. Además, al examinar detalladamente un periodo de muestra de tres meses, se encontró que el área de trazado es la que tiene la mayor cantidad de desperdicios, con valores que superan el 50%, tal como se evidencia en la **Tabla 3**.
- El proceso de producción se compone de 6 áreas: recepción, diseño, trazado, corte, sellado y almacenado. Estas áreas se encargan de transformar la materia prima, conocida como membrana F1, en un producto final denominado tensomembrana. Para comprender mejor el funcionamiento de cada área, se llevó a cabo un mapeo del proceso mediante diagramas para cada una. Estos diagramas han sido fundamentales para identificar las entradas, salidas, proveedores y clientes involucrados en cada etapa del proceso. También se crearon diagramas de flujo para cada área, lo que ha facilitado el reconocimiento de las actividades relacionadas en cada una de ellas. Estos diagramas de flujo proporcionan una visión detallada de cómo fluye el proceso dentro de cada área, permitiendo identificar posibles puntos de mejora y optimización en la producción, de igual manera se procederá a proponer planes de acción para cada una de las etapas de la línea de producción.
- Se propusieron planes de acción específicos para mejorar cada área del proceso: en el área de recepción: Se implementó un Check list para asegurar que solo se reciban productos en óptimas condiciones reduciendo así el 100% de estos desperdicios, en el área de diseño: Se estableció la firma de verificación para garantizar que la información recibida sea debidamente revisada y verificada por el departamento encargado el fin de esta verificación es reducir un 80% de desperdicios, en el área de trazado donde se identificó el problema principal, se llevó a cabo la selección de un Plotter de Impresión con características que cumplen con las necesidades del proceso (referenciado en la **Tabla 23**, modelo **M32S**). Además, se rediseñó el Layout de la planta, aprovechando el espacio liberado por el área de trazado ya que la máquina al utilizar menor espacio facilita el espacio restante para otras actividades como observamos en la **Figura 12**. finalmente, como se observa en la **Tabla 11** hasta la **Tabla 16** se puede identificar los diagramas de flujo mejorados para cada área con el fin de tener un proceso más estandarizado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar los planes de acción propuestos en esta investigación para mejorar los procesos dentro de la empresa y mejorar el aprovechamiento de la materia prima en el proceso de producción de tensomembranas.
- Se recomienda realizar un análisis exhaustivo del proceso de diseño, ya que se ha identificado que es la segunda área que más desperdicios genera. El fin de este análisis es identificar las posibles causas de los desperdicios y proponer acciones de mejora específicas para esta área.
- Se recomienda mejorar la implementación de los lugares de trabajo dentro de la planta de producción, teniendo en cuenta aspectos clave como la infraestructura, la calibración y el estado de los materiales utilizados. El objetivo principal de esta recomendación es evitar posibles fallos en las actividades realizadas en la empresa.
- Se recomienda hacer un estudio específico de cadena de valor con el fin de tener los procesos productivos y establecer nuevos puntos de mercado para las membranas producidas.

**Figura 17** *Tabla de valor de Mano de Obra*

RUBRO\EMPLEADO	Gerencia	Analista Calidad	Jefe	Operario	Presentador	TOTAL
Salario Minimo Vital (2023)	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	
Sueldo	3000.0	600.0	800.0	450.0	550.0	4400.0
IESS Patronal (11,35%)	340.5	68.1	90.8	51.1	62.4	499.4
13	250.0	50.0	66.7	37.5	45.8	366.7
14	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	112.5
FR	250.0	50.0	66.7	37.5	45.8	366.7
Vacaciones	125.0	25.0	33.3	18.8	22.9	183.3
Desahucio	62.5	12.5	16.7	9.4	11.5	91.7
TRANSPORTE						0.0
<b>Total Mensual</b>	4065.5	843.1	1111.6	641.7	776.0	6020.2
<b>Incremento</b>	35.52%	40.52%	38.95%	42.60%	41.08%	
<b>Personal</b>	3.0	3.0	1.0	12.0	6.0	
<b>Total</b>	12196.5	2529.3	1111.6	7700.4	4655.8	15837.4

400  
37.8  
362.2

Capacitación

<b>Horas mes</b>	160	160	160	160	160	1			
Costo Minuto	0.423	0.088	0.116	0.067	0.081	Gerente	Técnicos (2)	Operarios (10)	TOTAL
Costo Hora	25.409	5.269	6.948	4.011	4.850	25.41	10.54	138.9541667	174.90
Costo hora extra 50%	25.409	5.269	6.948	4.011	4.850	25.41	10.54	138.95	174.90
Costo hora extra 100%	33.879	7.026	9.264	5.348	6.466	33.88	14.05	185.2722222	233.20
Gerente	4	101.6375							
Presentador	36	174.5925							
Jefe	32	222.3266667							
<b>TOTAL</b>		498.5566667							



## REFERENCIAS

- Andrango, K., & Araujo, A. (2018). *Diseño estructural del coliseo multiuso y tribuna con cubierta de tensomembrana para el Complejo Deportivo de Selva Alegre, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui*. Obtenido de Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14739>
- Asana. (2022). *¿Qué es la gestión de proyectos Lean? Los 5 principios para implementarla*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/lean-project-management>
- Buitron, A. (2022). *PREYSI*. Obtenido de Arquitectura Textil: <https://www.clave.com.ec/preysi/>
- Carranza, F., & Taco, J. (2011). *CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CUBIERTA DEL MERCADO CENTRAL DE LA PARROQUIA DE PÍNTAG EN BASE A TENSO-ESTRUCTURA CON EL USO DE BAMBÚ GIGANTE (DENDROCÁLAMUS ASPER)*. Obtenido de Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3175/1/T-ESPE-031072.pdf>
- Cerdá, M. (2019). *MEMBRANAS PARA ESTRUCTURAS SUPERFICIALES TENSADAS*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica Superior de Arquitectura: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115286/memoria\\_20451381.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115286/memoria_20451381.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Compras Públicas EC. (2020). *PROVISION E INSTALACION DE TENSOMEMBRANAS DE POLIESTER Y PVC, CON PATENTE DE PRETENSADO A LOS DOS SENTIDOS*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiukL7F9cz-AhVLVTABHcG8A98QFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.compraspublicas.gob.ec%2FProcesoContratacion%2Fcompras%2FPC%2FbajarArchivo.cpe%3FArchivo%3DENR-lyjC0kUX3Oc9>
- ConstruEX. (2023). *Membrana Tensada Tensomembrana*. Obtenido de [https://construex.com.ec/exhibidores/tecnodimension/producto/membrana\\_tensada\\_tensomembrana](https://construex.com.ec/exhibidores/tecnodimension/producto/membrana_tensada_tensomembrana)
- Lahoyan, S. (2022). *Metodologías de mejora de procesos y cómo hacer una propuesta*. Obtenido de ASANA: <https://asana.com/es/resources/process-improvement-methodologies>
- Llorens, J. (2011). *LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS TENSO ESTRUCTURAS*. Obtenido de Escuela de Arquitectura de Barcelona: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/15512/PONENCIA\\_LLORENS.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/15512/PONENCIA_LLORENS.pdf)
- PREYSI. (2019). *Tensomembranas*. Obtenido de Arquitectura Textil: <https://www.preysi.com/productos/tensomembranas/>
- Quivira, V., & Jeldes, J. (2009). *MEMBRANAS TENSADAS*. Obtenido de Construcciones flexibles, sutiles raptos de luz: [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5500/UCH5766\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCH5766_01.pdf)
- Viteri, D. (2022). *DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL DEL COLISEO MULTIDEPORTIVO PARA LA PARROQUIA DE IZAMBA, CANTÓN AMBATO*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ve>



d=2ahUKEwjnmpCblc3-  
AhXeRTABHcx0AQwQFnoECCAQAQ&url=http%3A%2F%2Frepositorio.uta.edu.ec%2Fbitstrea  
m%2F123456789%2F35453%2F1%2FTesis%2520I.C.%25201574%2520-  
%2520Viteri%2520Salas%

Whitaker, S. (2022). *INVESTIGACIÓN - TENSOMEMBRANAS*. Obtenido de ISSUU:  
[https://issuu.com/santiagowhitaker/docs/bitacora\\_construc3/s/11478189](https://issuu.com/santiagowhitaker/docs/bitacora_construc3/s/11478189)