



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Diseño I

Diseño para Incrementar la Producción de Protectores de Colchón en una Empresa Manufacturera

Natalia Romero Valencia^c, Santiago Bejarano Gutierrez^{a,c}, Juan José Andrade Bueno^{a,c},

Alvaro Figueroa Cabrera^c

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen en español

Nubeflex S.A.S., una empresa líder en el sector manufacturero de la ciudad de Cali se enfrenta al desafío de aumentar su proceso de producción para responder ante el aumento de la demanda del mercado. La oportunidad se ha presentado con datos de producción respaldados por proyecciones, incluyendo la posibilidad de exportar a través de un acuerdo comercial con un país clave. El objetivo principal es consolidarse en la industria de textiles para el hogar a nivel nacional.

La empresa opera bajo un sistema de producción *make to order*, prescindiendo de inventarios en el proceso. Sin embargo, se ha identificado la necesidad de mejorar la productividad, especialmente debido a altos índices de reprocesos generados por una de las máquinas, lo que afecta el rendimiento general de Nubeflex. En respuesta, se propuso la alternativa de rediseñar el proceso de producción en el propósito de maximizar la eficiencia, utilizando herramientas *lean* para reducir tiempos y minimizar los reprocesos.

Este proyecto busca que la empresa alcance el aumento de producción deseado permitiendo a su vez satisfacer la demanda actual, pero también mejorar los procesos productivos a través de la implementación de prácticas eficientes, aprovechando sus recursos al máximo.

Palabras claves: Producción, Textiles del hogar, Herramientas Lean, Procesos, Reprocesos, Capacidad de producción

Abstract

Nubeflex S.A.S., a leading manufacturing company in the city of Cali, look towards the challenge of increasing its production process to respond to increased market demand. The opportunity has presented itself with production data backed by projections, including the possibility of exporting through a trade agreement with a key country. The main objective is to consolidate the company's position in the domestic home textile industry.

The company operates under a make-to-order production system, dispensing with inventories in the process. However, the company has identified the need to improve productivity, especially due to high reprocessing rates generated by one of the machines, which affects Nubeflex's overall performance. In response, the alternative of redesigning the production process was proposed in order to increase efficiency, using lean tools to reduce time and minimize reprocesses.

This project aims for the company to achieve the desired production increase, allowing it to meet current demand, but also to improve production processes through the implementation of efficient practices, making the most of its resources.

Keywords: Production, Home Textiles, Lean Tools, Processes, Reprocesses, Production Capabilities

Tabla de contenido

I. DEFINIR	4
A. Contexto y Justificación (¿por qué?)	4
B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)	9
C. Requerimientos	11
II. MEDIR	12
A. Plan de recolección de datos	12
B. Exploración del mercado	14
III. ANALIZAR	20
A. Análisis de Causas	20
B. Revisión de literatura	22
C. Exploración de ideas y selección de alternativa	26
D. Objetivos	27
E. Plan de trabajo (PdT)	28
IV. DISEÑAR	28
A. Desarrollo del diseño de la solución	28
B. Validación del diseño propuesto	45
V. CONTROLAR	52
A. Medición de los impactos	54
B. Estandarización de la solución	54
C. Conclusiones	57
D. Recomendaciones	58
V. GLOSARIO	58
VI. REFERENCIAS	59

Índice de Tablas

TABLA I. REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y DESEMPEÑO COMERCIAL POR PRODUCTO EN EL AÑO 2022.....	6
TABLA II. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS Y PONDERACIÓN DE IMPACTO E INFLUENCIA	10
TABLA III. REQUERIMIENTOS SEGÚN LOS GRUPOS DE INTERÉS DE LA EMPRESA	11
TABLA IV. INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR	13

<i>TABLA V. TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL LOTE DE PROTECTORES DE COLCHÓN DE MEDIDA DOBLE DE LA PRODUCCIÓN DE PROTECTORES</i>	15	16
<i>TABLA VII. RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO</i>		17
<i>TABLA VIII RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA</i>		20
<i>TABLA IX. PLAN DE TRABAJO</i>		24
<i>TABLA X. ANÁLISIS DE CONDICIONES DE LA PLANTA</i>		29
<i>TABLA XI. TABLA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES</i>		33
<i>TABLA XII. DIAGNÓSTICO VERIFICACIÓN DE PLANTA</i>		34
<i>TABLA XIII. ANÁLISIS DE POLIVALENCIA</i>		38
<i>TABLA XIV. MEJORAS DE CONDICIONES DEL PROCESO</i>		43
<i>TABLA XV. DISEÑO PARA EL CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES</i>		44
<i>TABLA XVI. INDICADORES DE DESEMPEÑO BASADOS EN LOS RESULTADOS</i>		49
<i>TABLA XVII. INSTRUCTIVO PARA EL PERSONAL OPERATIVO</i>		56
<i>TABLA XVIII. INSTRUCTIVO PARA EL PERSONAL OPERATIVO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS 3S</i>		58
<i>TABLA XIX. TABLA DE ANEXOS</i>		63

Índice de Figuras

<i>Fig. 1. Pareto de todos los productos de Nubeflex (2022) [4]</i>	5
<i>Fig. 2. Pareto de los tipos de protectores de colchón de Nubeflex (2022) [4]</i>	7
<i>Fig. 3. Mapa de procesos de la empresa Nubeflex . [5]</i>	8
<i>Fig. 4. Cantidad de protectores de colchón acolchados que se necesitan para exportar. [6]</i>	9
<i>Fig. 5. Matriz Impacto o Influencia de los grupos de interés.</i>	11
<i>Fig.6. Tiempo promedio de procesamiento por máquina 2023. [7]</i>	17
<i>Fig.7. Diagrama SIPOC Nubeflex [8]</i>	18
<i>Fig.8. Flujograma de la producción para el protector de colchón [9]</i>	19
<i>Fig.9. Diagrama causa y efecto de la oportunidad de Nubeflex [10]</i>	21
<i>Fig. 10 Lluvia de ideas empleando método scamper</i>	26
<i>Fig.11 VSM Actual [18]</i>	29
<i>Fig.12 VSM con mejoras [18]</i>	31
<i>Fig.13 Flujo para la implementación 3S [19]</i>	34

<i>Fig.14 Reporte de estado general Nubeflex [20]</i>	38
<i>Fig.15 Diagrama proceso de producción protectores de colchón [21]</i>	40
<i>Fig.16 Diagrama celda de manufactura proceso de producción protectores de colchón [21]</i>	41
<i>Fig. 17 Celda de manufactura propuesta [21]</i>	41
<i>Fig.18 Planos actuales del primer piso [22]</i>	42
<i>Fig.19 Planos actuales del segundo piso [22]</i>	42
<i>Fig.20 Planos actuales del tercer piso [22]</i>	43
<i>Fig. 21 Planos nuevos del segundo piso [22]</i>	43
<i>Fig. 22 Planos nuevos del tercer piso [22]</i>	44
<i>Fig.23 Diagrama de Flujo del Material Actual [23]</i>	46
<i>Fig.24 Diagrama de Flujo del Material Nuevo [24]</i>	48
<i>Fig.25 VSM Futuro [18]</i>	49
<i>Fig.26.Cursograma analítico actual [25]</i>	50
<i>Fig.27.Cursograma analítico propuesto [25]</i>	51
<i>Fig.28. Ejemplo del diagrama de barras de la producción mensual [27]</i>	53

I.DEFINIR

A. Contexto y Justificación (¿por qué?)

El sector textil cuenta con una variedad de productos para el hogar y el descanso, desempeñando un papel esencial al ofrecer una amplia gama de productos que satisfacen las necesidades cotidianas de las personas. Desde las sábanas que brindan una comodidad en las camas, hasta los cojines que aportan estilo a los espacios, este sector se encuentra en una posición clave dentro de la cadena de producción de bienes de consumo. Su proximidad al consumidor final y su capacidad para proporcionar productos de alta calidad y variedad contribuyen en gran medida al bienestar y la satisfacción de las personas, convirtiéndose en un componente fundamental de la industria textil a nivel global.

En el mercado colombiano, el sector textil ha experimentado un crecimiento constante en respuesta a la creciente demanda de sus productos. Los datos de producción real de la industria manufacturera indican un aumento significativo del 23,5% en un período de tres años, desde marzo de 2019 hasta marzo de 2022, acompañado de un incremento del 24,2% en las ventas reales [1]. Sin embargo, en lo que va del año 2023, la producción industrial ha experimentado fluctuaciones, con valores negativos desde enero hasta mayo. Aunque en junio se registró una variación positiva del 1,7% con una contribución del 0,3%, en donde la fabricación de estos productos aún se sitúa un 15,3% por debajo de los niveles de 2022[2]. Estos porcentajes se atribuyen al índice de producción industrial, en donde en el primer semestre la producción textil, tuvo una producción total real del 60,33%. Esta cifra está dada por un cálculo realizado por el DANE el cual se puede evidenciar en la Ecuación.1. El fenómeno puede atribuirse a diversos factores, entre ellos la estacionalidad típica de los primeros meses del año, el aumento de los costos operativos y la producción orientada hacia la exportación [2].

$$IPI_t = \sum_{j=1}^{26} (I_j^t * W_j)$$

(1)

El índice de producción industrial está dado por la sumatoria del dominio y que va desde uno hasta 26, “según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas” [3], en donde se multiplica el índice de dominio y por el tiempo t por la ponderación del dominio j.

Este caso de estudio se enmarca en un enfoque práctico y tiene lugar en una empresa del sector privado, ubicada en el sur de la ciudad de Cali, respaldada por 27 años de experiencia en el mercado textil. Esta empresa se dedica a la manufactura de una gran variedad de productos para el hogar como protectores de colchón y de almohadas acolchados, cubre lechos, *duvets*(*forro en tela tipo sábana*), cojines decorativos, almohadas, colchones y colchonetas.

En la actualidad, Nubeflex está considerando un proyecto con la finalidad de incrementar sus ventas en un 12%, las cuales en el año 2022 fueron de \$1 684 721 804 millones de pesos colombianos (COP). y para el año 2023 las ventas alcanzaron un valor de \$ 1 749 216 000 millones de pesos colombianos (COP). Para conseguir este objetivo, la estrategia principal de la empresa es expandir su mercado hacia Perú mediante exportaciones. Este objetivo se alcanzó a través de una alianza estratégica con un posible socio comercial a partir del año 2024. Con un plan a futuro que consiste en establecer "Nubeflex Perú", una entidad que se dedicará exclusivamente a la venta de productos fabricados por Nubeflex Colombia. Esta nueva entidad comenzará con el producto que genera la mayor cantidad de ventas en Colombia.

Como se puede observar en el gráfico de Pareto Fig. 1, de nubeflex correspondiente al año 2022 por tipos de línea de producción (se define por el tipo de producto a fabricar), la principal fuente de producción es la fabricación de protectores de colchón acolchados. Estos, a su vez, son la mayor fuente de ventas obtenidas, representando para ese año el 44,9% de la producción total para la empresa con un valor obtenido de sus ventas de \$1 084 721 804 pesos colombianos (COP).

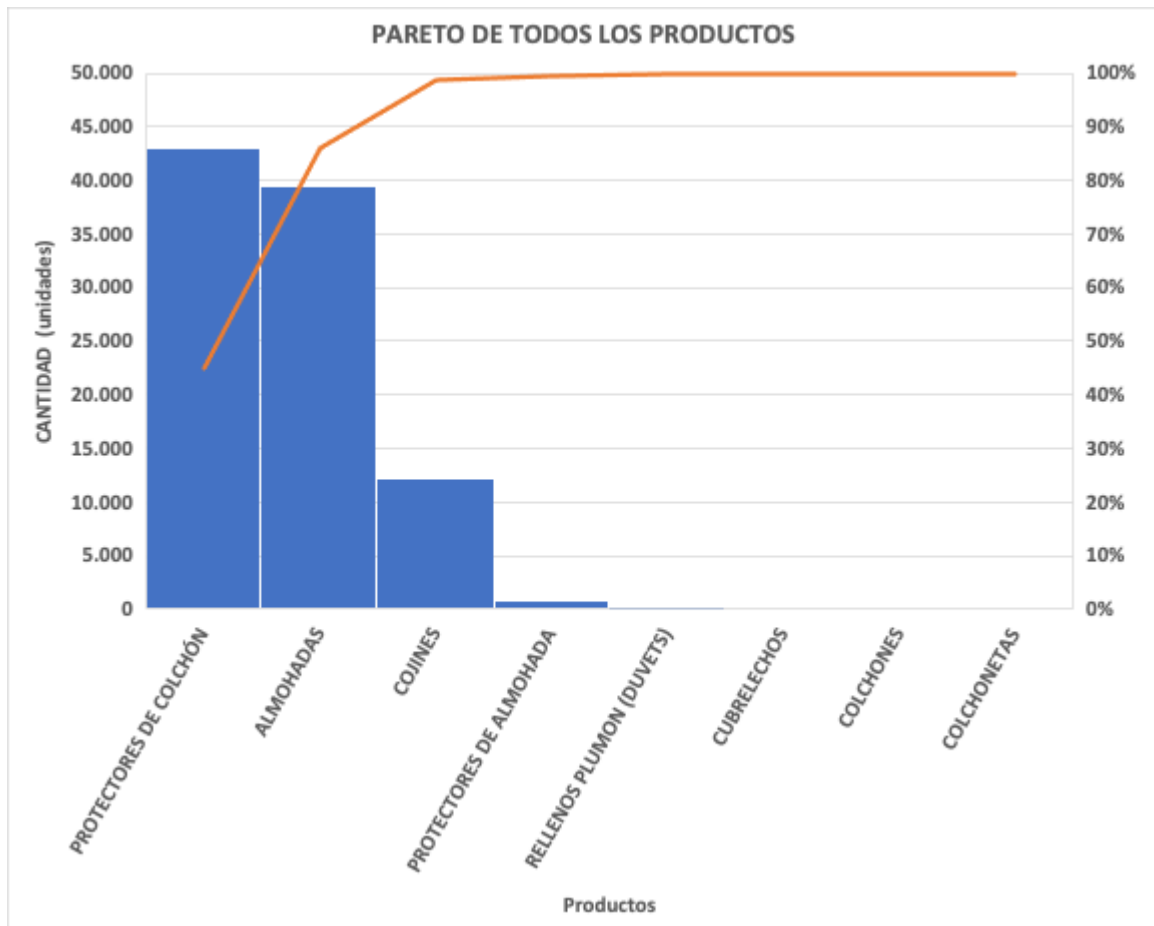


Fig. 1. Pareto de todos los productos de Nubeflex (2022) [4]

De acuerdo a la información obtenida a través de la Fig. 1, se observa una variedad de referencias para la línea de protectores de colchón, en donde se encuentran por diversos tamaños como se muestra en la tabla I, con las cantidades producidas en el año 2022, su valor en venta y el porcentaje de participación entre las diferentes referencias de los protectores de colchón.

TABLA I.
REGISTRO DE PRODUCCIÓN Y DESEMPEÑO COMERCIAL POR PRODUCTO EN EL AÑO 2022

Referencia de protector de colchón	Cantidad(UND)	Valor venta	% Participación de protectores de colchón
Doble 1,40 x 1,90 m	19 124	471 732 945	44,52
EXTRADOBLE 1,60 x 1,90 m	7 129	189 576 757	16,60
Semidoble 1,20 x 1,90 m	5 879	132 444 632	13,69
Sencillo 1,00 X 1,90 m	5 570	121 871 844	12,97
King 2,00 x 2,00 m	5 250	169 095 626	12,22

En la Fig. 2, según el análisis de Pareto, la referencia con mayor participación en la línea de protectores de colchón corresponde a los protectores dobles con dimensiones de 1,40 x 1,90 m. Este producto representó el 44,5% del total de las referencias producidas durante este año.

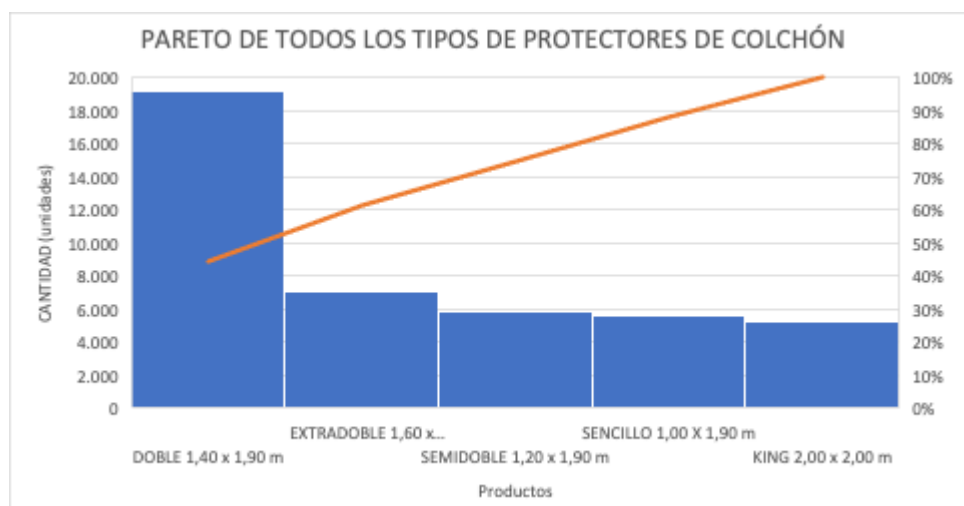


Fig. 2. Pareto de los tipos de protectores de colchón de Nubeflex (2022) [4]

Mediante la información obtenida a través de la Fig. 2, se ha realizado una segmentación del producto que fue seleccionado para el equipo de trabajo. Esta selección permitirá obtener datos de producción y evaluar la capacidad de la empresa para fabricar este producto específico. Tal como se ilustra en la Fig. 3, Nubeflex posee una amplia gama de actividades, presentando una variedad en sus productos, logrando comprender diversos procesos, incluyendo los estratégicos, misionales y de apoyo. El equipo de trabajo está realizando sus estudios en el área de producción y taller, que se encuentra dentro de los procesos misionales de la

organización. Esta participación directa resalta la importancia de esta iniciativa para las operaciones centrales de Nubeflex. Con la intención de contribuir a la factibilidad de la estrategia de exportación. Además, esta evaluación acercará al cumplimiento de satisfacer la demanda adicional generada por esta expansión de mercado.

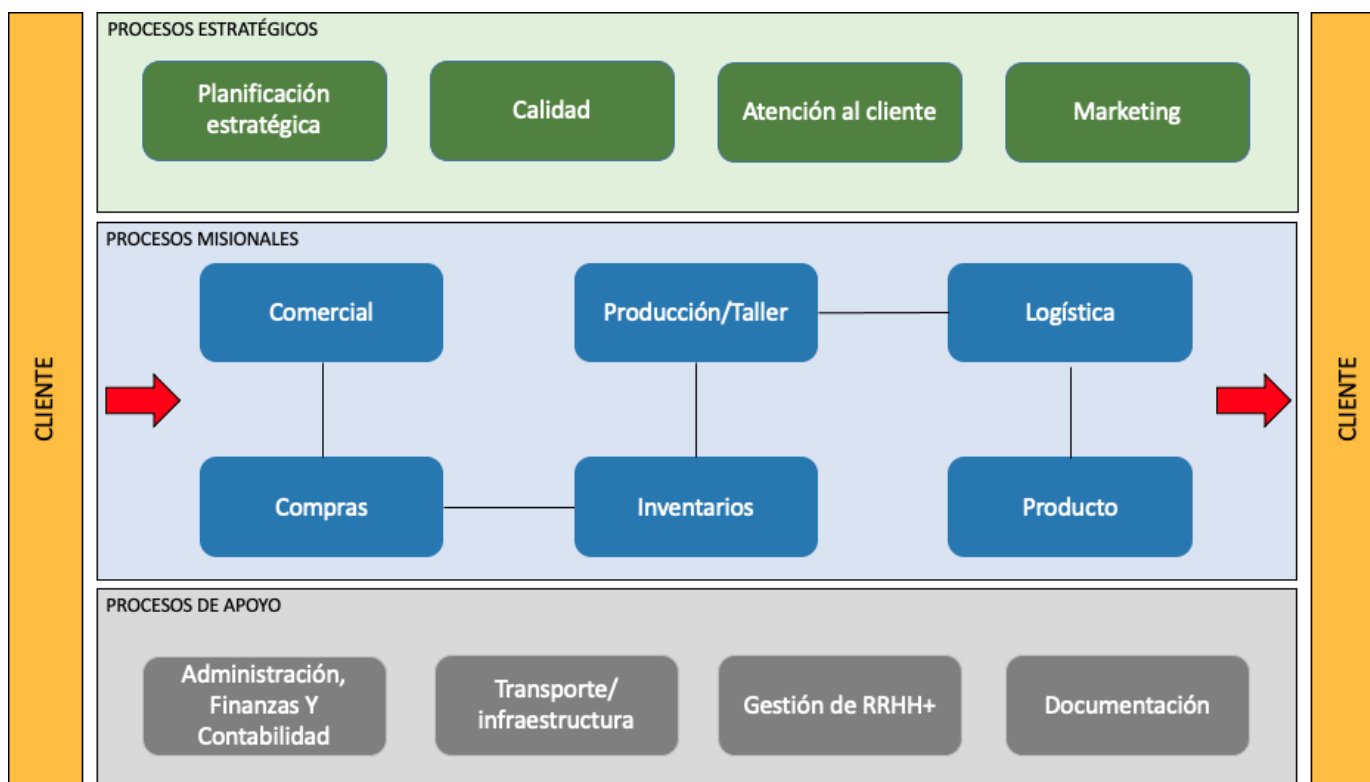


Fig.3 . Mapa de procesos de la empresa Nubeflex. [5]

Antes, Nubeflex tenía una capacidad efectiva considerando los tiempos de parada y los tiempos que se les otorgan de acuerdo a las tablas de la OIT. Esta capacidad daba para producir hasta 300 protectores de colchón al día, siempre y cuando se dedique exclusivamente a la fabricación de este producto y no se presenten reprocesos. Durante el año 2022, la empresa produjo en promedio 3 639 protectores al mes. Esto representa aproximadamente el 60% de la capacidad total para los protectores de colchón. Es importante resaltar que, hasta la fecha, Nubeflex ha logrado satisfacer su demanda regional. Esto se debe a que la empresa opera bajo un modelo de fabricación por pedido. En este modelo, la producción depende directamente del pedido realizado por el cliente y de la frecuencia con la que se solicita.

Para el proyecto, es esencial considerar la información proporcionada por el representante legal de Nubeflex. Como se ilustra en la Fig.4, la empresa ha realizado una simulación que muestra cómo se llenaría un contenedor con protectores de colchón acolchados, considerando dos tipos de contenedores. Para una demanda baja, se prevé el uso de un contenedor de 20 pies, que se llenaría al 60% con una cantidad de 1 171 unidades de protectores de colchón. En caso de una demanda más alta, se optaría por un contenedor de 40 pies, que también se llenaría al 60% con este mismo producto con un total de 2 403 unidades. Estas cifras indican las posibles unidades de productos que podrían venderse mensualmente a Perú, y representan las cantidades que la empresa debería ser capaz de producir cada mes para cumplir con la demanda internacional.

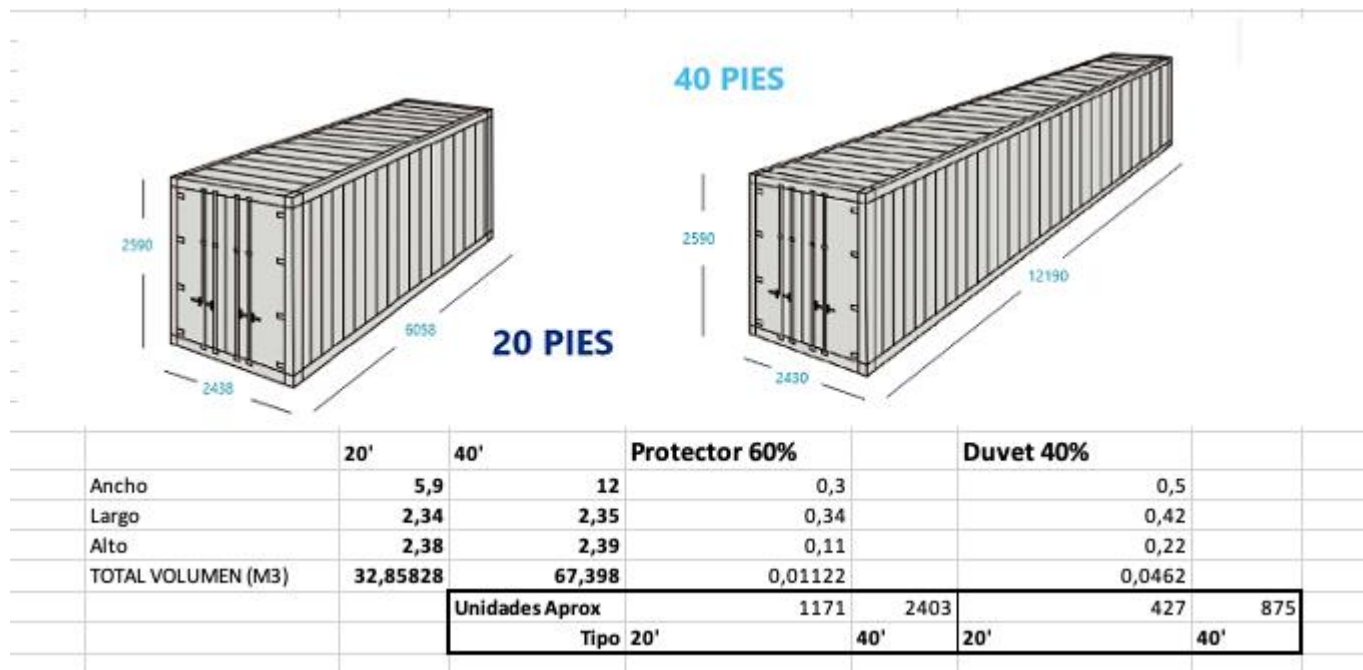


Fig.4 . Cantidad de protectores de colchón acolchados que se necesitan para exportar. [6]

Siguiendo las indicaciones del representante legal, el objetivo es lograr la exportación de un contenedor de 40 pies cada mes. Esta meta proporciona un factor determinante para analizar la capacidad de producción requerida mensualmente para satisfacer la demanda internacional.

El equipo del proyecto tuvo una oportunidad única que se extiende por un año, comenzando en el segundo semestre de 2023. Esta oportunidad radica en aumentar la producción de Nubeflex S.A.S. Logrando que a la empresa se le facilite exportar al socio de Perú y pueda cumplir con la demanda nacional e internacional.

El proyecto proporciona a Nubeflex beneficios reales, como el aumento de ingresos debido a una mayor producción y una mayor eficiencia operativa en los procesos internos. Además, se logra reducir el desperdicio y mejorar la estandarización en el proceso productivo.

En cuanto a los beneficios potenciales, la expansión internacional abrirá nuevas oportunidades comerciales y permitirá acceder a una base de clientes más amplia. Aumentar la producción permitirá atender la demanda nacional y la nueva demanda internacional, impulsando las ventas y las ganancias. El éxito en la expansión y la mejora de la producción fortalecerá la imagen de marca de Nubeflex. Además, esta expansión podría brindar oportunidades para establecer alianzas estratégicas con otras empresas, reforzando así la posición de Nubeflex en el mercado. Estos beneficios potenciales contribuirán a un crecimiento sostenible a largo plazo, beneficiando tanto a la empresa como a sus partes interesadas.

B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)

Nubeflex es una empresa que busca aumentar la producción como medida preventiva ante la futura implementación de exportaciones internacionales. Su objetivo principal es evitar desafíos logísticos y retrasos en los pedidos al ingresar a nuevos mercados y garantizar la satisfacción del cliente. Esta estrategia respalda su visión a largo plazo en la industria textil del hogar.

En este proceso, se identifican los grupos de interés clave:

Dueños de la empresa (Asamblea General): Como principales interesados, se encuentran altamente comprometidos con el éxito del proyecto. Anticipan que el aumento en la producción impulsará significativamente los resultados financieros y el crecimiento de Nubeflex.

Jefe de Producción: El jefe de producción es otro grupo de interés crucial. Su rol implica directamente la implementación de las mejoras en la capacidad de producción. Está interesado en garantizar que el proceso sea eficiente, el cual busca utilizar los recursos disponibles de la mejor manera posible que permitan minimizar los desperdicios y maximizar la productividad.

Ministerio de Industria y Comercio: El Ministerio de Industria y Comercio es un grupo de interés externo importante. Está interesado en fomentar el crecimiento de la industria textil y las exportaciones. Puede brindar apoyo o regulaciones que afecten el proceso de expansión de Nubeflex, por lo que es fundamental mantener una comunicación adecuada con esta entidad.

El equipo del proyecto: El equipo está compuesto por los estudiantes dedicados a investigar y aplicar sus conocimientos adquiridos a lo largo de sus carreras para resolver los desafíos que enfrenta Nubeflex en su expansión y mejora de la capacidad de producción para las exportaciones.

En la siguiente tabla II, se presenta la Matriz de Impacto e Influencia, la cual destaca y describe los grupos de interés relevantes para el proyecto propuesto. Esta matriz proporciona una breve descripción de cada grupo y su impacto potencial en el proyecto, que puede ser positivo o negativo. Cada grupo también se califica en una escala del 1 al 10, donde 1 representa una baja calificación y 10 una calificación alta en términos de impacto e influencia.

TABLA II.
CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS Y PONDERACIÓN DE IMPACTO E INFLUENCIA

Partes interesadas	Descripción(interésados)	Efecto (del proyecto hacia grupos interés)	Impacto	Influencia
<i>Dueños empresa (Asamblea general)</i>	<i>Propietarios interesados en el éxito financiero y el crecimiento de Nubeflex.</i>	<i>El proyecto puede llevar a un aumento significativo en los resultados financieros de Nubeflex y al crecimiento de la empresa.</i>	<i>10</i>	<i>10</i>

<i>Jefe de producción</i>	<i>Responsable de la eficiencia y en el aumento de la producción.</i>	<i>El proyecto busca mejorar la eficiencia en la producción, lo que puede facilitar su trabajo y optimizar los recursos.</i>	9	9
<i>Equipo de proyecto</i>	<i>Encargado de llevar a cabo la propuesta de diseño de incrementar la capacidad de producción</i>	<i>Posibilidad de aplicar conocimientos y habilidades para contribuir al éxito del proyecto</i>	8	7

A partir de la matriz de impacto vs. influencia, se realiza la ilustración en un plano cartesiano que representa los grupos de interés con un impacto considerable y un alto nivel de influencia en el proyecto en la Fig.5.

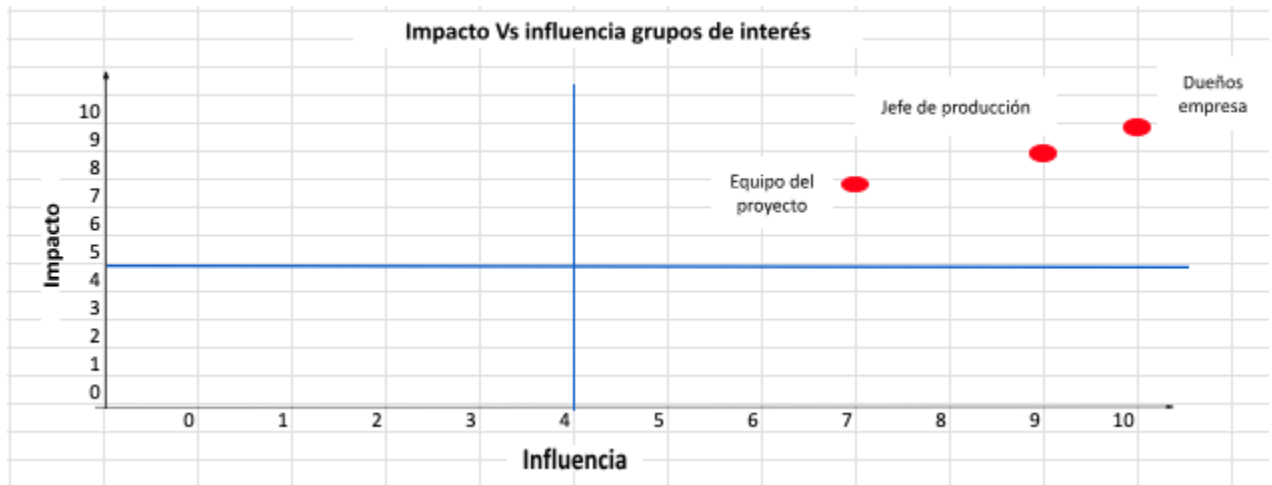


Fig. 5. Matriz Impacto o Influencia de los grupos de interés.

C. Requerimientos

Con la intención de garantizar el éxito del proyecto de expansión y mejora de la capacidad de producción de Nubeflex en preparación para las exportaciones internacionales, es fundamental tener en cuenta los requerimientos y restricciones que surgen de la Matriz de Impacto e Influencia de los grupos de interés clave. Los requerimientos se diseñaron en respuesta a los aportes de los grupos de interés, ilustrada en la tabla II “CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS Y PONDERACIÓN DE IMPACTO E INFLUENCIA” Partiendo de escuchar (VoC) cada uno de los grupos involucrados, por lo cual se realizó una dinámica de preguntas (abiertas y cerradas). Permitiendo identificar las restricciones del diseño, en la búsqueda de conocer las limitaciones y brindar alternativas desde las especificaciones de este. Posterior a esto, se analizó cada una de las respuestas y recolectar la información requerida, así mismo darle un nivel de importancia al conocer las leyes y normativas que incurran en el análisis de los grupos de interés.

TABLA III.
REQUERIMIENTOS SEGÚN LOS GRUPOS DE INTERÉS DE LA EMPRESA

Grupos de interés	VoC(Requisito grupo de interés)	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Asamblea general	1). Mejorar el estado actual de las unidades producidas de los protectores de colchón acolchados de Nubeflex. 2).Cumplir con la capacidad requerida en producción	1). Alto reproceso en la fabricación de los productos por maquinaria 2).Bajo rendimiento en las máquinas de una producción esperada	Tener conocimiento específico del área de producción y manejo de capacidad Disminuir al menos un 30% los reprocesos generados en los procesos	No aplica	No aplica
Jefe de producción	Escalar el proceso productivo a mayor volumen de producción	No hay producto final en stock, se maneja bajo pedido la producción	Sistema de planificación de la producción Incrementar en 1000 unidades semanales la producción	ISO 9001 Sistema de gestión de calidad	Para el jefe producción tendrá un efecto significativo, implica utilizar los recursos disponibles de manera más eficiente
Equipo de proyecto	Satisfacer a los grupos de interés con la propuesta planteada	Datos a trabajar, informes de ventas y producción año 2022, para el año 2023 aún no se han proporcionado	Satisfacer a los grupos de interés un 95%	No aplica	No aplica

II.MEDIR

A. Plan de recolección de datos

De acuerdo con los criterios que lean plantea para escoger un producto y desarrollar un VSM en el proyecto, uno de ellos es el volumen de venta, que son los productos que más alto volumen tengan. Por esta razón, se trabajó con los protectores de colchones acolchados de medida 1,40 x 1,90 m representando un 45% del valor total de las ventas. Basándose en los datos y en el análisis

de Pareto, que reveló que estas unidades son las más solicitadas por los clientes regionales. Por lo tanto, el equipo de proyecto se centralizó en esta referencia para conocer la capacidad actual de producción de la empresa.

La recolección de datos es fundamental para el proyecto de Nubeflex, ya que permite identificar, medir y analizar las variables clave del proceso. En particular, se evalúan los tiempos de producción de los protectores de colchones acolchados de medida 1,40 x 1,90 m. Basándose en los datos y en el análisis de Pareto, que reveló que estas unidades son las más solicitadas por los clientes regionales, en conjunto con el dueño de la empresa se justificó la estrategia de potenciar la venta de este producto. Por lo tanto, el equipo de proyecto se centralizó en esta referencia para conocer la capacidad actual de producción de la empresa.

Para recoger datos sobre las variables que afectan la capacidad de producción de Nubeflex, se tomaron muestras de dos lotes de producción, cada uno con 20 piezas, sumando un total de 40 piezas. Esta cantidad se determinó mediante la fórmula de tamaño de muestra (2). En cada estación de trabajo, se midieron estas piezas y se registró el tiempo total de procesamiento en minutos. Además, se analizarán los datos históricos para evaluar el rendimiento pasado. Estos datos, proporcionados por el representante legal, permitieron a Nubeflex obtener una visión completa del estado actual de su producción y tomar decisiones informadas para mejorar su proceso productivo

$$n = \frac{[(Z)^2 * (\sigma)^2]}{\epsilon^2} \tag{2}$$

En donde Z es el nivel de confianza, es el error máximo, es la desviación estándar.

Al realizar cada cálculo se encontró

$$n = \frac{[(1,96)^2 * (7,14^2)]}{2,21^2} = 40 \tag{2}$$

Durante la fabricación de estos protectores, los productos atraviesan diversas estaciones de trabajo. Las primeras tres estaciones, Guatera, Acolchado y Corte de tamaños, están equipadas con una máquina automática específica para cada proceso. En contraste, las últimas tres estaciones requieren la intervención manual del personal, con una cantidad de 5 operarios que realizan cada uno de los siguientes procesos: Corte de esquinas, Fileteado y Empaque. El conocimiento del proceso permite ajustar la producción a los requisitos de los grupos de interés del proyecto.

Para la recolección de datos, la empresa proporcionó algunos tiempos de proceso de cada estación de trabajo, con esto el grupo del proyecto simuló un entorno que cumpliera con estos tiempos, logrando así obtener la recolección de datos (Ver anexo 6), de la referencia del tipo de protector de colchón de 1,40 x 1,90 m.

Siguiendo lo solicitado por el jefe de producción, el objetivo del grupo de trabajo es aumentar la producción de los productos en 1000 unidades a fabricar semanales. Finalmente, tras obtener los datos necesarios para medir los indicadores que evalúan el progreso hacia el objetivo principal, se decide llevar a cabo las mediciones y analizar el proceso actual. Esto permite evaluar el estado actual del proceso. Para esto, se indicaron las variables mediante la Tabla IV, para así saber cómo se van a medir cada uno de los objetivos planteados y lograr tener un panorama del entorno actual de la empresa y saber en qué se puede mejorar cada una de las variables.

TABLA IV.
INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Tiempo de producción (hora hombre)	Mejorar la productividad de la fabricación de protectores de colchón	Tiempo desde que la materia prima ingresa a la línea de producción, hasta que termina el proceso final (con los tiempos de espera incluidos)	$\begin{aligned} & \text{Tiempo de ciclo} = \sum TA \\ & \text{(tiempo de alistamiento)} \\ & + \\ & \sum TEp \text{ (Tiempo de espera entre procesos)} \\ & + \\ & \sum TS \text{ (tiempo de salida)} \\ & + \\ & \sum TE \text{ (tiempo de entrada)} \end{aligned} \quad (2)$
Cantidad producida en unidades de los productos protector de colchón	Mejorar el proceso de producción de Nubeflex	El número de operarios disponible en cada proceso, el número de máquinas disponible para cada área y la cantidad producida diaria	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producido(UND)}}{\text{Consumido(Horas)}}$
Capacidad de producción por máquina	Aumentar la capacidad del sistema	Tiempo de lote en cada proceso	$Cpr = \frac{\sum \text{Lotes o Piezas}}{\text{Tiempo de ciclo}}$
Cantidad total de producto terminado sin reproceso	Identificar dónde se presenta la mayor problemática en los procesos de producción	Total, de unidades de protectores terminado (listo para despachar) que no hayan pasado por reproceso	$X = \text{unidades sin reproceso}$ $\frac{\sum X}{D} = \text{unidades sin reproceso/ total de lo producido}$
Cantidad total de producto terminado con reproceso	Identificar dónde se presenta la mayor problemática en los procesos de producción	Total, de unidades de protectores terminado (listo para despachar) que hayan pasado por reproceso	$Y = \text{unidades con reproceso}$ $D = \text{Total de lo producido}$






			$\sum Y/D =$ unidades con reproceso/ total de lo producido
--	--	--	--







B. Exploración del mercado

Con ayuda del PRD (Ver anexo 5), se midieron los tiempos de proceso de cada pieza en cada estación de trabajo. Los tiempos variaron a partir de la etapa de Corte de tamaños. En Nubeflex, una persona se encargó de medir los tiempos de proceso con un cronómetro. Estos datos fueron entregados al equipo del proyecto para realizar una simulación en excel de dos lotes, cada uno con 20 unidades. La estación de Acolchado tuvo tiempos constantes, ya que solo se necesitaba un rollo de 50 metros de cada materia prima (guata, tela y tela no tejida) para cada lote. Este rollo se pasa al proceso de acolchado y luego al proceso de corte de tamaños para fabricar las 20 piezas que conforman un lote. Por lo tanto, se estimó el mismo tiempo para cada protector de colchón.

El tiempo total de fabricación del sistema, incluyendo reprocesos, se calcula sumando los tiempos de espera durante los cambios de maquinaria, alistamiento y subprocesos necesarios para el proceso principal. Los detalles se presentan en la Tabla V.

*TABLA V.
TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL LOTE DE PROTECTORES DE COLCHÓN DE MEDIDA DOBLE*

Protectores de colchón Acolchados de 1,40 x 1,90 metros				
Operación	Elementos	Operarios atendiendo en las áreas manuales	Tiempo Promedio 1 unidad (minutos)	Tiempo total del sistema fabricando 40 unidades
	Llevar guata y telas a zona de acolchado	Transporte	6,92	6,92
	Acolchado (rollo de 50 m)	Automática	50,00	50,00
	Llevar la tela acolchada a zona de corte	Transporte	14,085	14,085
	Corte (piezas de 1,40 x 1,90m)	Automática	1,07	42,84
	Llevar las piezas a la zona de corte de esquinas	Transporte	11,525	11,525

	Corte de esquinas	6	2,47	16,45
	Llevar las piezas a la zona de fileteado	Transporte	1,425	1,425
	fileteado	5	4,90	39,213
	Maquina cuello largo (arreglos de calidad)	1	10,92	109,212
	Llevar los protectores de colchón a la zona de empaquetado	Transporte	1,51	1,51
	Empaquetado	6	2,11	14,0765
	Total, tiempo en minutos		106,94	307,26
	Total, tiempo en Horas		1,782305	5,120997222

De acuerdo a la Tabla VI y el Anexo No.6, el proceso de fabricación de dos lotes toma 5,12 horas. La empresa dispone de 9 horas laborales al día, durante las cuales se pueden fabricar hasta 70 protectores de colchón. Sin embargo, se ha identificado un problema crítico relacionado con la maquinaria. La máquina acolchadora, es obsoleta e ineficiente, ha estado en funcionamiento durante casi dos décadas sin el mantenimiento periódico necesario. Esto ha resultado en retrasos y reprocesos debido a problemas de calidad del producto.

*TABLA VI.
TIEMPOS TOTALES DE LA PRODUCCIÓN DE PROTECTORES*

	Tiempo total sin reprocesos 40 protectores	Tiempo total con reprocesos
Minutos	198,05	307,26
Horas	3,30	5,12

Los reprocesos añaden un tiempo considerable al proceso de fabricación de los protectores de colchón. Según el anexo 6, se observa que, en dos lotes de 40 protectores, el 50% presenta problemas que requieren reprocesos. Esto resulta en un tiempo adicional de 1,82 horas para solucionar estos problemas. Debido a la frecuencia de estos reprocesos, la empresa ha contratado a

una operaria encargada de resolver los problemas de sobresaltos de los hilos con la máquina de cuello largo, lo que incrementa aún más los tiempos de producción.

Como se muestra en la Fig.6, los tiempos promedio para un lote de protectores de colchón en donde este se divide por los diferentes procesos que componen su fabricación.

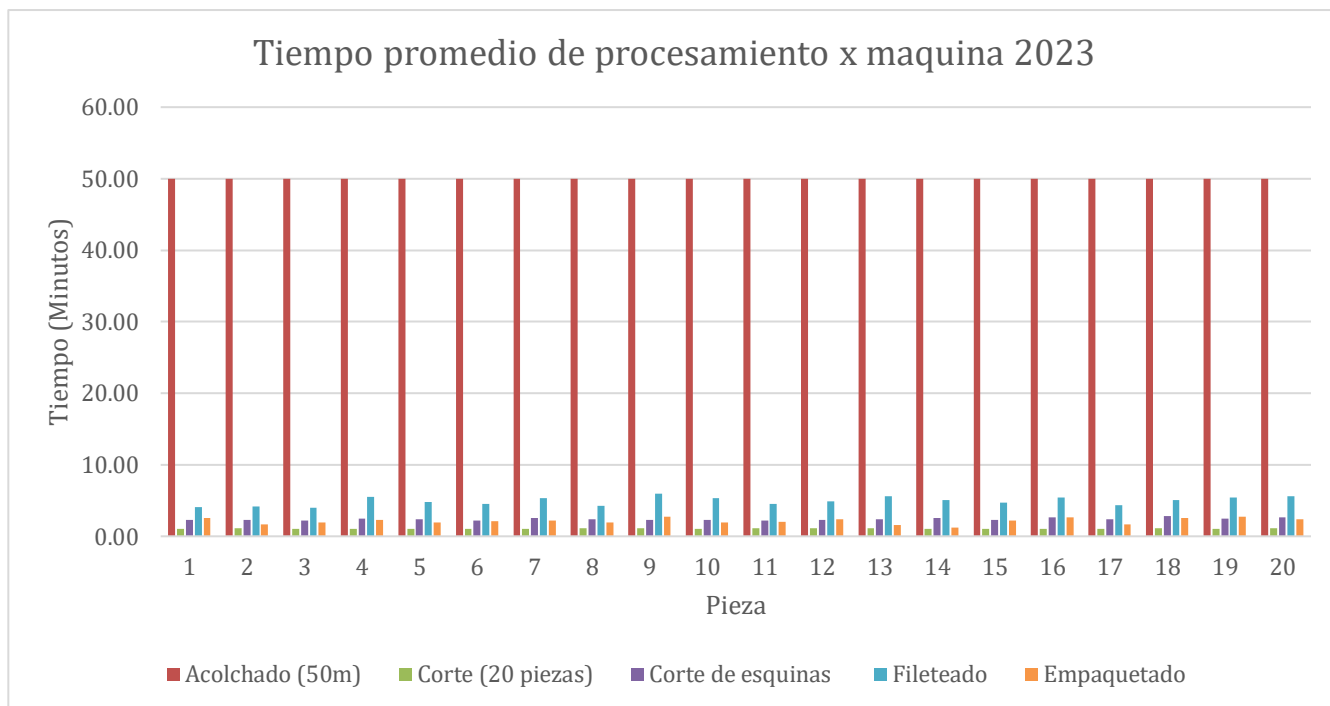


Fig.6. Tiempo promedio de procesamiento por máquina 2023. [7]

La identificación y descripción precisa del proceso de producción de protectores de colchón es esencial. Para esto, se utilizaron herramientas como diagramas de flujo, y el diagrama SIPOC para comprender en detalle cada etapa del proceso, los recursos involucrados y las demandas de los clientes. Esto permite asignar recursos de manera eficiente y cumplir con las expectativas de la empresa y sus clientes en cada orden de producción.

El diagrama SIPOC que se observa en la Fig. 7. Demostró ser particularmente valioso al identificar de manera precisa los recursos generales utilizados en el proceso. Se encuentra que no todos los recursos se emplean en todas las etapas, sino que se aplican específicamente cuando son requeridos para satisfacer las necesidades particulares de la empresa y de sus clientes. Esta caracterización detallada del proceso se vincula directamente con la orden de producción que se establece al inicio de la fabricación del producto en la planta. El SIPOC se alinea con esta orden al indicar cuándo y cómo se utilizan los recursos para cumplir con los requisitos y expectativas tanto de la empresa como de sus clientes.

La creación de estas herramientas proporcionó una visión en profundidad de las etapas del proceso, los roles desempeñados por los empleados, las regulaciones aplicables, los indicadores clave de desempeño, las variables críticas, los recursos necesarios y las entradas y salidas esenciales que forman parte integral de los subprocesos establecidos.

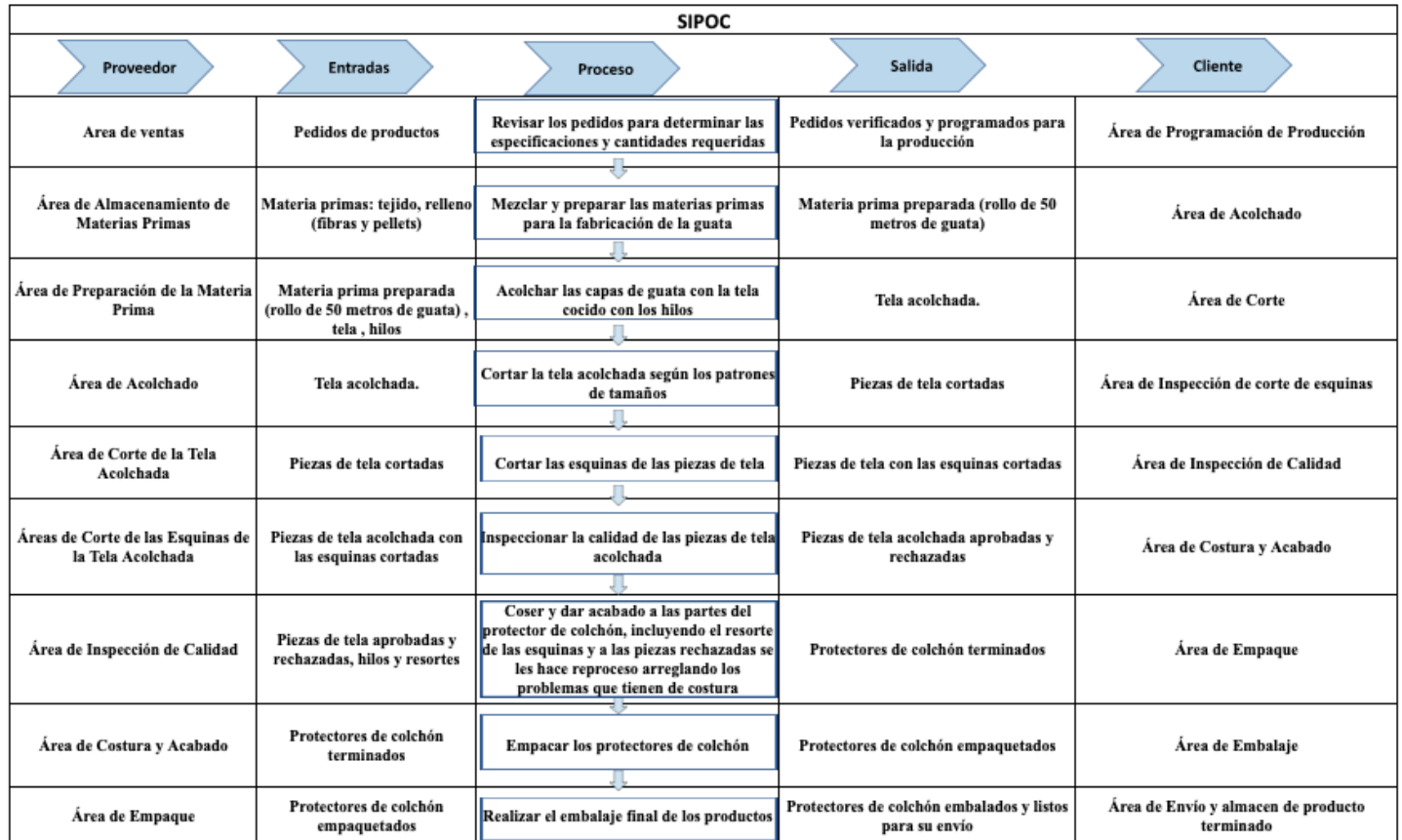


Fig.7. Diagrama SIPOC Nubeflex [8]

Se ha diseñado un flujograma Fig. 8, para identificar y representar los subprocesos necesarios, los cuales se detallan en la Fig.7. Esta herramienta se utiliza para esquematizar la secuencia de actividades desde la etapa inicial de producción hasta la obtención del producto terminado.

El proceso de fabricación del protector de colchón comienza con el proceso de guata, que se lleva a cabo un día antes del desarrollo del protector de colchón puesto que es una de las materias primas que se utilizan en su proceso de fabricación. Una vez que esta actividad se ha completado, Al día siguiente, se inicia la etapa de acolchado, donde se combinan la guata, la tela de microfibra y la tela no tejida. El resultado es un rollo de 50 metros de tela acolchada, listo para la elaboración del protector de colchón. En este subproceso es donde se generan los reprocesos; en donde sí se mejora este cuello de botella, se podría producir más cantidades de protectores en un menor tiempo.

Inmediatamente después de completar el proceso de acolchado, el rollo de tela se traslada al segundo piso para continuar con el siguiente proceso, en el cual, se utiliza una máquina cortadora para dar forma a las piezas de los protectores según las medidas especificadas. En este caso, las dimensiones son de 1,40 x 1,90 metros. Una vez se han obtenido todas las piezas de tela cortadas a la medida, se trasladan las piezas de protector cortadas en tamaños al tercer piso en donde se procede a un segundo proceso de corte, en el cual los operarios encargados realizan cortes en las esquinas de cada protector. Además de los cortes, en esta etapa se realiza un control de calidad de las costuras. Si se detecta alguna anomalía, los protectores se envían a una máquina especial de

cuello largo, que resuelve los problemas de costura. Por otro lado, si los protectores pasan la inspección de calidad, se dirigen al área de fileteado, donde las esquinas cortadas se unen y se cosen con los resortes correspondientes. Finalmente, se realiza un análisis de calidad integral de cada protector para verificar que todo esté en orden. Posterior a este paso, los protectores son trasladados al área de empaque, donde se preparan para su distribución.

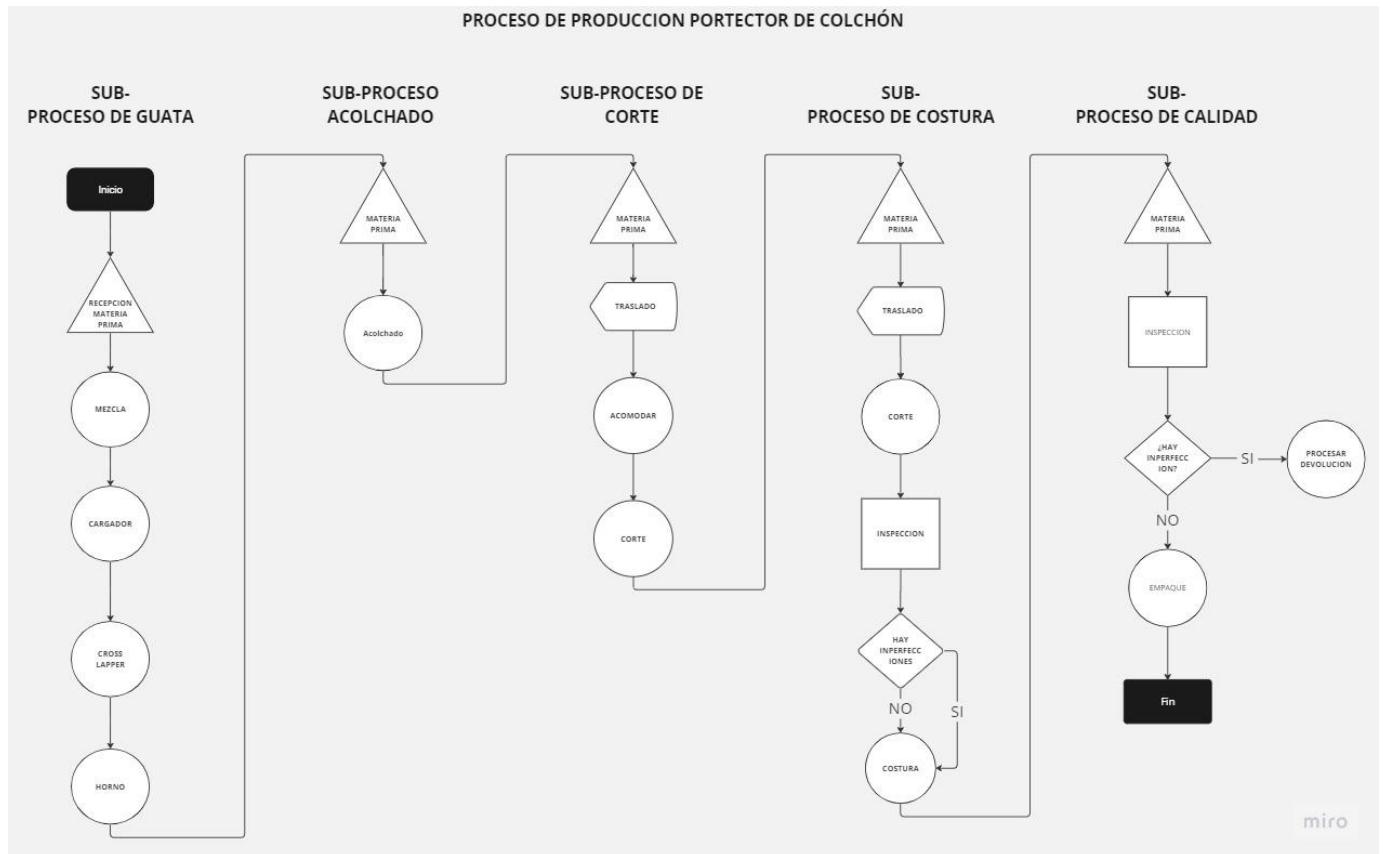


Fig.8. Flujo de la producción para el protector de colchón [9]

En la identificación de variables que se realizó en el análisis del proceso de fabricación de los protectores de colchón, mediante el PRD (Ver anexo 5), se procedió a evaluar los indicadores de desempeño relevantes para el proyecto. Se compararon los resultados actuales con las metas que se establecieron según los requisitos del grupo de interés (Ver anexo 4) como se muestra en la siguiente Tabla VII.

TABLA VII.
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Actualidad	Meta
Tiempo de producción (hora hombre)	En la actualidad 1 lote (20 piezas) tarda 150 minutos	Mediante la simulación del tiempo de producción realizada en excel, se debe cumplir con el objetivo, se debe de tardar 22,2 minutos producir 1 lote (20 piezas)
Cantidad producida en unidades de los productos protector de colchón	Se producen 70 protectores al día, cada operario hace 14 y son 5 operarios	Nubeflex desea producir 200 unidades diarias
Capacidad de producción por máquina	En la actualidad la máquina 2 representa el 19% de utilización , máquina 3 representa el 8% de utilización , La máquina 4 que corresponde el 27% de utilización.	Buscar que la máquina 4 tenga una mejor utilización de por lo menos un 40% sin aumentar los costos.
Cantidad total de producto terminado sin reproceso	La cantidad total de producto terminado sin reproceso para 1 lote (20 piezas) representa el 50%	Aumentar la cantidad de productos sin reproceso para 1 lote (20 piezas) en al menos un 70%.
Cantidad total de producto terminado con reproceso	La cantidad total de producto terminado para 1 lote (20 piezas) con reprocesos representa el 50% del total producido	Disminuir la cantidad de reprocesos para 1 lote (20 piezas) al menos en un 30%.

III. ANALIZAR

A. Análisis de Causas

En el contexto del proyecto de grado, se ha realizado una cuidadosa recolección de datos centrada en los Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) para diagnosticar la situación actual de Nubeflex. Posteriormente, se ha emprendido un análisis de causalidad detallado. Este análisis es un componente crítico del proyecto, ya que permite identificar y comprender los factores que están contribuyendo a la oportunidad que se planteó inicialmente. La identificación precisa de las causas fundamentales es esencial, ya que permite seleccionar la mejor opción de mejora para aprovechar la oportunidad. Además, este análisis de causalidad proporciona un conocimiento valioso que servirá como base para el diseño de una estrategia efectiva. Este diseño implica la elaboración de estrategias y acciones específicas que aborden las causas identificadas, buscando aumentar la producción, mejorar los procesos, reducir los tiempos de reprocesos, y maximizar los resultados empresariales.

Para desarrollar una evaluación completa de los factores que incitan el desenlace, el grupo de trabajo llevó a cabo una sesión de generación de ideas conocida como "tormenta de ideas". Esto es fundamental para establecer una conexión sólida entre el equipo y la empresa, ya que la sinergia resultante de ambos sectores permitirá generar un número suficiente de enfoques. Estos enfoques, a su vez, posibilitará un análisis detallado con causas específicas identificadas por el personal operativo, la alta dirección y el propio equipo de trabajo.

Durante la tormenta de ideas (generar la mayor cantidad de ideas posibles), se evaluaron posibles causas que generan la oportunidad de aumentar la producción de los protectores de colchón de Nubeflex. Estas ideas se recopilieron y se utilizaron en un diagrama de causa y efecto Fig.9, comúnmente conocido como diagrama de Ishikawa o espina de pescado. Este diagrama normalmente es utilizado para conocer el problema, sin embargo también se puede emplear para la solución, el cual fue el caso del proyecto. Esta herramienta gráfica le permite al grupo del proyecto identificar las causas positivas y unas soluciones que están relacionadas entre sí. El diagrama se estructura como una espina de pescado, con el enunciado de la oportunidad o efecto en la cabeza del pez y las causas potenciales representadas por ramas o espinas. Con base en lo expuesto previamente, se procede a la elaboración del diagrama de causa y efecto (ver anexo 9).

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (ISHIKAWA)

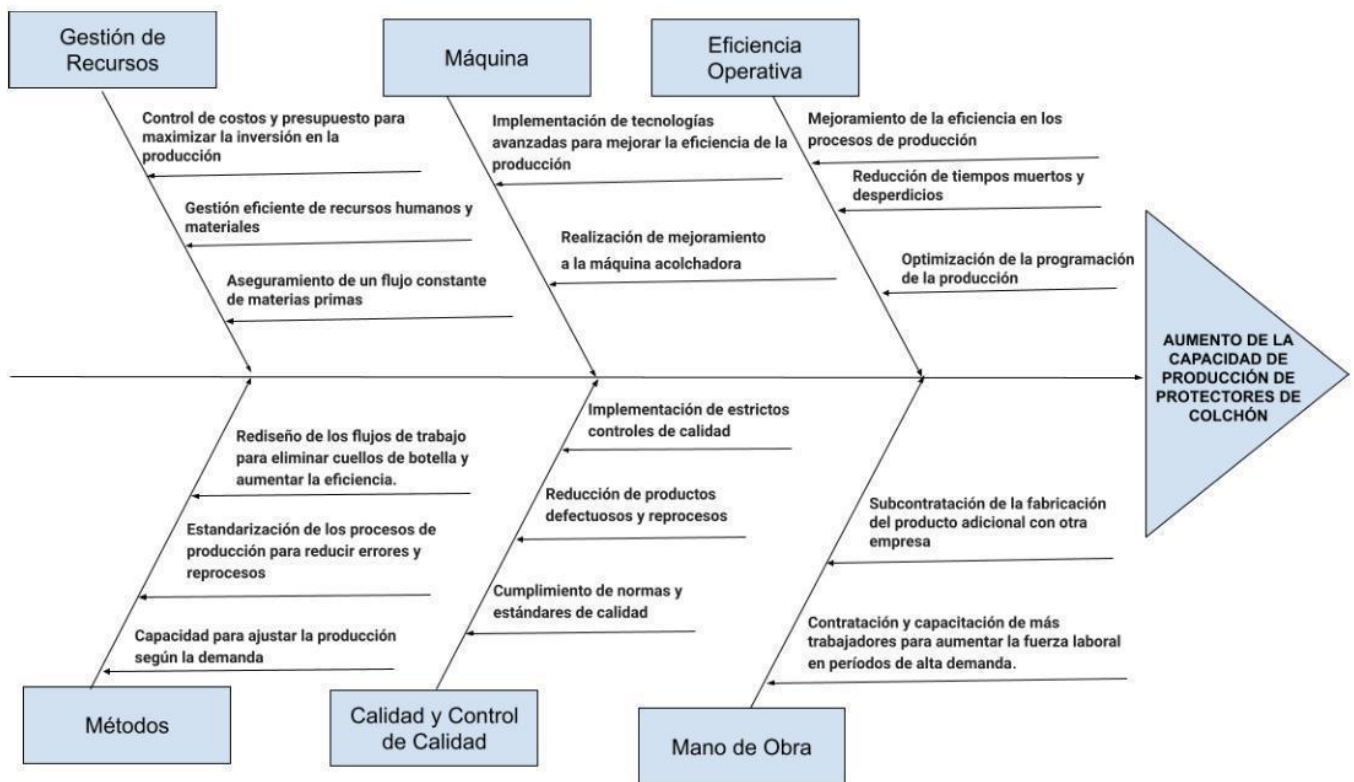


Fig.9 Diagrama causa y efecto de la oportunidad de Nubeflex [10]

Luego de la realización del diagrama de causa y efecto, el equipo de proyecto seleccionó las cuatro causas más significativas. Para esta selección, cada integrante escogió por separado las causas que consideraba más importantes de cada una de las ramas de la espina de pescado. Posteriormente, entre todos identificaron cuáles causas se habían repetido y surgieron aquellas que, según el equipo, eran las más influyentes.

Para confirmar todo lo anterior, se llevó a cabo una reunión con el dueño de la empresa, quien tiene un amplio conocimiento en el área de producción. Durante la reunión, se le presentó la espina de pescado, la cual coincidía con las causas elegidas por el grupo. Además, se le preguntó cuáles otras causas él consideraba importantes (Ver anexo 10). De esta manera, se logró llegar a las causas finalmente elegidas, las cuales fueron:

1. Mejoramiento de la eficiencia en los procesos de producción.
2. Mejora a la máquina acolchadora actual para minimizar los sobresaltos en el flujo de hilos.
3. Estandarización de los procesos de producción para reducir errores y reprocesos.

B. Revisión de literatura

En este segmento del estudio, se llevó a cabo una investigación académica enfatizada en aumentar la capacidad de producción para la empresa Nubeflex. La revisión de literatura realizada se precisó en libros y artículos científicos, permitiendo encontrar una gran variedad de métodos para llegar a posibles soluciones adecuadas. Esta dinámica permitió realizar un análisis detallado, donde la información obtenida dio lugar para identificar las metodologías empleadas y sus respectivas características. Además, en el proceso investigativo, permitió encontrar las herramientas utilizadas y los resultados obtenidos empleando el método basado en su filosofía estudiada.

Para la exploración de alternativas, es importante recalcar que el proceso de producción de protectores de colchón es un proceso centrado en la máquina, en el cual las máquinas desempeñan un papel fundamental en la realización de las operaciones para la fabricación del producto. Y es así, que para la evaluación de las alternativas el equipo de trabajo se enfocará donde la participación de las máquinas tenga un gran valor significativo, considerando también, la facilidad de implementación, la viabilidad económica y sobre todo la eficiencia operativa.

La primera alternativa, se realizó mediante la búsqueda en el libro Sistemas de ejecución de fabricación: diseño, planificación e implementación del área de gestión de la producción, se obtuvo información mediante la anticipación y aplicación de medidas de mantenimiento en las máquinas, incluyendo acciones preventivas., como es el caso de Nubeflex en una de las áreas de fabricación. Adicional, contribuye a través de una amplia información de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) existentes en el mercado son de gran medida sistemas administrativos, y explica que los nuevos sistemas necesarios deben de incluir control y registro pero que no solo actúan, si no, también reaccionen en tiempo real, y es aquí donde menciona los sistemas de ejecución de fabricación (MES). estos sistemas actualmente se están implementado bajo varios proveedores de software, logrando optimizar la gestión de producción, controlando los mantenimientos a máquinas y equipos, es así que, empleando, estos sistemas brindan para el proyecto la posibilidad de obtener mejores resultados específicamente en nuestra maquinaria, donde presentan un alto grado de ineficiencia principalmente causados por la falta de mantenimientos y antigüedad. [11]

Para la segunda alternativa, el cual trata de Un modelo combinado de herramientas de manufactura esbelta para aumentar la eficiencia en una empresa textil peruana, presentó evidencia de cómo aplicando la filosofía lean manufacturing, emplearon un modelo que permitiera centrarse en la reducción de errores para mejorar su competitividad, mediante una implantación de coste que puede ser aplicada en pequeñas empresas, en la validación del modelo, realizaron prueba piloto utilizando SMED, POKA-YOKE y herramientas de estandarización, obteniendo una significativa reducción en el porcentaje de procesos recurrentes y tiempos de preparación. Este modelo aporta para el proyecto la estandarización en cada uno de sus procesos [12]

En la tercera alternativa, el texto investigado, hace referencia a las tecnologías clave y tendencias que impulsan la estandarización. explicando lo importante que es combinar el espacio físico con el espacio digital, quiere decir que es fundamental en la actualidad introducir en los controles de calidad de los productos la digitalización, porque anteriormente no estaban disponible en tiempo real y no era transparente, sin embargo, hoy en día el espacio digital ha mejorado en la recolección de datos, generando un proceso más rápido y de creando decisiones oportunas. Mencionan también sobre la visión artificial involucrando dispositivos o robots con las tareas de inspeccionar y analizar el producto generando mayor eficacia y permitiendo generar cambios en los modos de producción, esto genera una gran oportunidad en el proyecto al emplear tecnologías y dispositivos en función de optimizar los procesos. [13]

Para la cuarta alternativa, este estudio combina las técnicas lean manufacturing y Six sigma para formar una técnica denominada Lean Six Sigma (LSS). La aplicación de enfoques de mejora de calidad, eficiencia y tecnología en el proyecto puede contribuir a un aumento significativo en la capacidad de producción de la empresa, al tiempo que reduce los reprocesos y los productos defectuosos. Esto puede tener un impacto positivo en la rentabilidad y la competitividad de la empresa. [14]

En la quinta alternativa de, se obtiene información en el cual se propone un modelo CBM integrado (Mantenimiento basado en condición), donde, en primera ocasión se identifican las variables de degradación del sistema de fabricación que conducen al deterioro de la calidad del producto y se establece un modelo de tasa de fallos del sistema. posterior a eso, se utiliza el IC para reflejar el estado del sistema de fabricación y se compara con el umbral CBM para decidir si se debe realizar una actividad de mantenimiento, aplicar este modelo en el proyecto, sería ideal enfocado al mantenimiento de la máquina, esto puede mejorar eficazmente la fiabilidad del sistema de fabricación, generando también que la máquina trabaja de manera eficiente. [15]

Para la sexta alternativa, se obtiene el trabajo realizado en una pyme textil de Perú, el cual trato de mejorar el proceso de corte mediante Lean Manufacturing, donde se identificó que presenta problemas en su proceso productivo, especialmente en el proceso de corte, los cuales afectan su desarrollo eficiente y el uso continuo constante de todos sus recurso, esta metodología estudiada ayuda al proyecto en el proceso productivo de confección reduciendo sus tiempo de operación, eliminando actividades que no generen valor y sobre todo contribuyendo en aprovechar los recursos para el aumento de la producción sin un coste excesivo en su contabilidad. [16]

En la última alternativa, la presente investigación busca mejorar el funcionamiento de las máquinas utilizando la metodología Lean Manufacturing, mediante el uso del mantenimiento autónomo TPM, y mantenimiento planificado TPM, adicional haciendo uso de las herramientas SMED y el modelo 5S. Aplicar esta alternativa al proyecto ayudará en la máquina acolchadora a realizar un trabajo eficiente, pero también, eliminando tiempos de inactividad. [17]

TABLA VIII
RESUMEN REVISIÓN DE LITERATURA

Tipo	Título	Autor (es)	Año	Industria	Objetivo	Método	Herramientas	Resultados	Aporte al Proyecto
Libro	<i>Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment, 1st Edition</i>	Heiko Meyer	2009	Manufacturera	Optimizar la gestión de producción, mantenimiento y calidad con el software MES.	Modernización de planta tecnología de la información (TI)	Utilización de un software orientado a la producción	Contribuye significativamente a los objetivos de calidad mediante la anticipación y aplicación de medidas de mantenimiento, incluyendo acciones preventivas.	Mantenimiento preventivo a la maquinaria para obtener mejores resultados en la calidad del producto
	[11]								
Artículo de investigación	<i>A Combined Model of Lean Manufacturing Tools to Increase Efficiency in a Peruvian Textile Company</i>	Kevin Orlando Condeso Carrizales, Lisbeth Naysha Nolasco Chuco, Rosa Fernanda Salas Castro	2022	Manufacturera	Mejorar la competitividad de una empresa dedicada a la producción de prendas de vestir en Perú.	Lean Manufacturing, SMED (Single-Minute Exchange of Die),	Poka-Yoke, Estandarización del Trabajo	Los resultados del trabajo demostraron una reducción del 25% en los reprocesos, una disminución del 30% en los tiempos de preparación de máquinas y una mejora del 7% en la eficiencia del proceso de producción de pantalones.	Guía sólida, herramientas y ejemplos para optimizar la eficiencia y estandarizar los procesos de producción en una empresa textil.
	[12]								

								Estos resultados destacan el impacto positivo de las herramientas de Lean Manufacturing en la calidad y la eficiencia de la empresa de confección de prendas de vestir en Perú.	
Artículo de investigación	Toward Smart Manufacturing: Key Technologies and Trends Driving Standardization [13]	Sha Wei, Yuanye Ma, Ruiqi Li, and Lin Hu	2020	Manufactura	Optimizar el proceso de producción con un control de calidad en tiempo real	Simulación de operaciones	AI Inteligencia artificial IOT Internet de las cosas	Estandarización, minimización de los costos y recurso, maximización eficiente en la producción, manteniendo la calidad y sostenibilidad, logrando acelerar la respuesta del mercado	Optimizar los procesos de producción mediante entornos simulados que con ayuda de la IA, se puede mejorar la toma de decisiones.
Artículo	Enhancing manufacturing excellence with Lean Six Sigma and zero defects based on Industry 4.0. [14]	Duc, M. Ly1,2 Hlavaty, L.2 Bilik, P.2 Martinek, R.2	2023	Manufactura	lograr una manufactura más eficiente y libre de defectos	Metodologías lean six sigma y la industria 4.0, y el concepto "cero defectos"	Mapas de Flujo de Valor (Value Stream Maps) Análisis de Pareto Diseño de Experimentos (DOE) 5S (Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Sostenibilidad) Automatización y Control de Procesos	Una de las metas principales es la reducción significativa de productos defectuosos. Esto puede llevar a una mejora en la calidad de los productos finales y una disminución en los costos asociados a los reprocesos y garantías. La aplicación de Lean y la automatización basada en la Industria 4.0 pueden conducir a una mayor eficiencia en los procesos de producción, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos y una mayor capacidad de producción.	La aplicación de enfoques de mejora de calidad, eficiencia y tecnología en el proyecto puede contribuir a un aumento significativo en la capacidad de producción de la empresa manufacturer a textil, al tiempo que reduce los reprocesos y los productos defectuosos. Esto puede tener un impacto positivo en la rentabilidad y la competitividad de la empresa.

Artículo de investigación	<i>integrated condition-based maintenance and quality improvement model for deteriorating single-machine manufacturing systems considering condition indicator</i> [15]	Haohao Shi Xiaohui Chen Ji Zhang Youjun An	2020	Manufactura	Proponer una política de mantenimiento más eficaz para el sistema de fabricación de una sola máquina.	Weibull proportional hazards model (WPHM) Condition indicator (CI) Preventive maintenance (SPC)	Gamma process Weibull distribution	Con el modelo propuesto de CBM de una sola máquina, se logró un ahorro de los costos del 10,34% y se disminuyó el tiempo en la máquina	Tener una decisión clara del tiempo en la máquina al considerando los factores de tiempo de mantenimiento o preventivo y los costos asociados a los de producción y operación
Artículo de investigación	<i>Improving the Cutting Process Through Lean Manufacturing in a Peruvian Textile SME</i> [16]	B. S. Alanya K. E. Dextre V. H. Nuñez G. E. Marcelo J. C. Álvarez	2021	Manufactura	mejorar el proceso de corte en una pequeña y mediana empresa (PYME) del sector textil en Perú	la filosofía de Lean Manufacturing	Value Stream Mapping (VSM) y 5S	Mediante la aplicación de las herramientas SMED y VSM se logró eliminar cuellos de botella en el área de corte, evidenciando así la reducción de su tiempo de operación de 3,4 días a 1,12 días. El aumento de la productividad en el área de corte y producción en general (de 1.008 a 1,18) respecto al índice productivo a nivel nacional (1.009) muestra que la empresa cuenta con procesos más efectivos	Presenta una metodología específica para abordar problemas de la producción textil, apoyado mediante la aplicación lean manufacturing, principalmente empleada para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia en la producción. También el artículo cuantifica el impacto económico de los errores en el proceso de corte, lo que te ayudará a comprender la importancia de abordar este problema y cómo justificar inversiones en mejoras.
Artículo de investigación	<i>Modelo TPM, SMED y 5S para aumentar la eficiencia en una línea de producción automatizada para una empresa del sector alimentario</i>	Stephano Barbieri-Silva; Alberto Flores-Perez; José C. Alvarez	2022	Manufactura	Maximizar la eficiencia operativa. Esto se logra reduciendo el tiempo de inactividad de equipos mediante un mantenimiento proactivo,	Filosofía lean manufacturing	TPM, SMED, MODELO 5S	incrementando en un 39% la disponibilidad de producción a través de la herramienta SMED, seguido del Mantenimiento Autónomo TPM, donde se las	El TPM incluye la realización de un mantenimiento o preventivo programado para evitar fallas inesperadas en las máquinas. Al

	[17]				<p><i>optimizando los cambios rápidos de producción y creando un entorno de trabajo organizado para mejorar la eficiencia y la calidad del producto.</i></p>			<p><i>obstrucciones disminuyeron en un 42% y se incrementó la capacidad de producción con base en el Mantenimiento Planificado del TPM en un 26%. Con base en el software de simulación Arena</i></p>	<p><i>realizar mantenimientos o regular según un plan predeterminado, se pueden abordar problemas potenciales antes de que afecten la producción, minimizando así el tiempo de inactividad no planificado.</i></p>
--	------	--	--	--	--	--	--	---	--

Los trabajos anteriormente consultados y analizados convergen al propósito inicial del proyecto y su justificación, al contribuir con información relevante en cuanto metodologías y mejoras implementadas en procesos de producción manufacturera, con participación de maquinarias. adicional las alternativas encontradas contribuyen en gran parte al sistema de producción, enfocado en mejorar la eficiencia y estandarizando el sistema actual de la empresa, dichos resultados obtenidos de la presente revisión de literatura fueron de gran apoyo para continuar con las etapas posteriores del proyecto.

C. Exploración de ideas y selección de alternativa

Para establecer la alternativa más adecuada que direccionará el proyecto en función de la oportunidad planteada, se llevó a cabo una actividad mediante el método *scamper*, el cual consiste en generar ideas y alternativas de posibles soluciones En la siguiente Fig. 10, se exponen las ideas con el fin de crear mediante las mismas nuevas alternativas que permitan aprovechar la oportunidad.

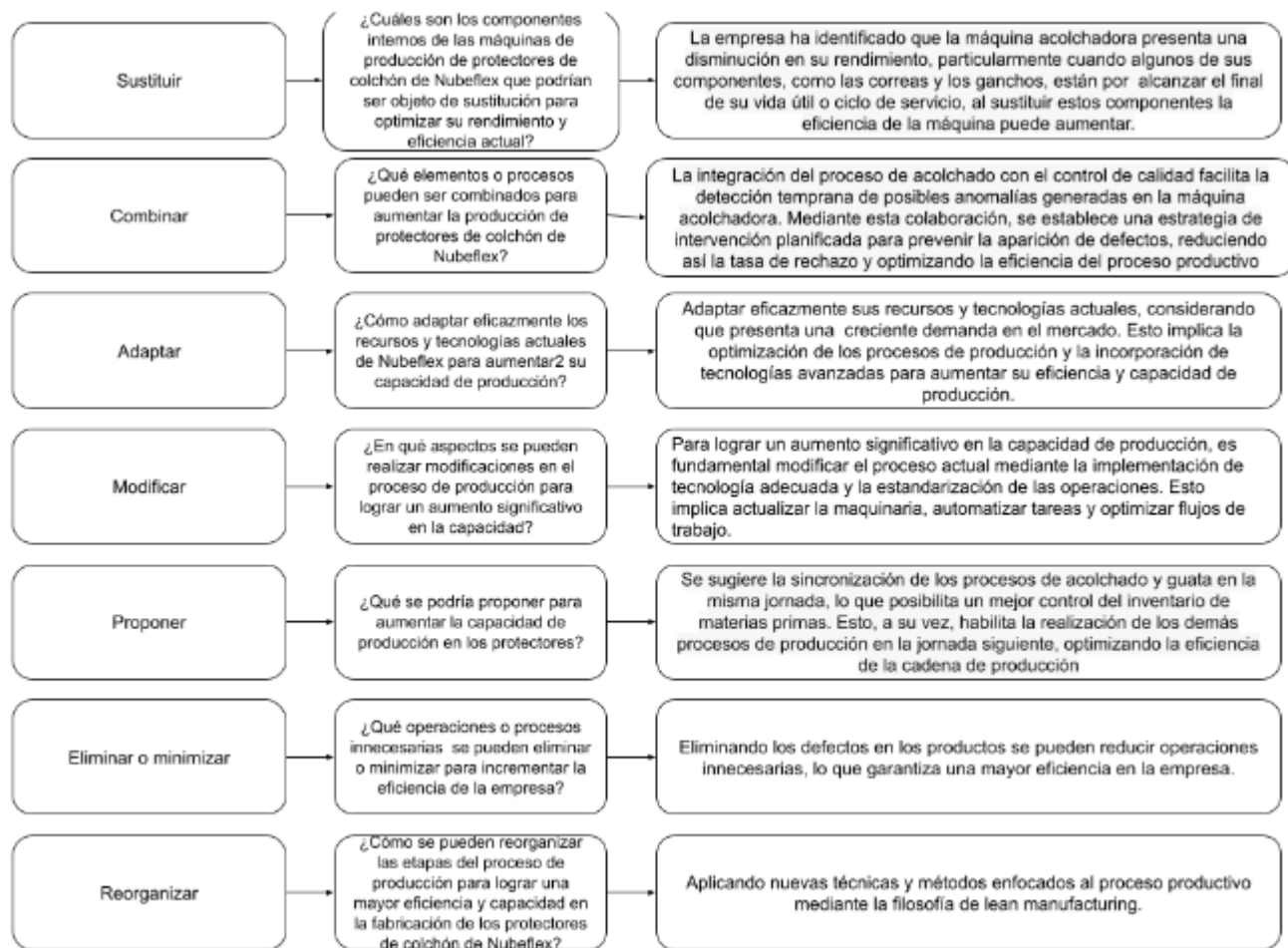


Fig.10 Lluvia de ideas empleando método Samper

Siguiendo las directrices establecidas por la dirección de la empresa y basándose en el análisis actual del proceso productivo, se ha buscado una alternativa que permita aprovechar la oportunidad existente en el sector. Esta estrategia se orienta hacia la expansión de la capacidad productiva de protectores de colchón, con el propósito de escalar la producción para satisfacer la demanda del mercado internacional.

A continuación, se detallan las cuatro alternativas generadas a través de una tormenta de ideas utilizando la técnica SCAMPER, complementada con algunas ideas derivadas de la revisión de literatura. Cada alternativa ha sido evaluada y seleccionada con el propósito de garantizar que estas estén sujetas a las metas del proyecto. A continuación, se presentan las siguientes alternativas propuestas:

Alternativa 1. Mantenimiento Productivo Total (TPM) Es un sistema de mejora continua, que se centra en el mantenimiento y funcionamiento de equipos. Su idea es que todos los empleados deben realizar el mantenimiento de su propio entorno de trabajo, por lo que se debe de efectuar inspecciones periódicas. Con este sistema, se pueden detectar problemas mediante un estudio de tendencias operativas o análisis de datos para adoptar medidas de prevención, al igual que en la formación de los operarios para obtener una mejor eficiencia y eficacia. Con este método se lograría desarrollar pequeños cambios dirigidos para mejoras en el proceso con el fin de maximizar la eficiencia utilizando los ocho pilares.

Alternativa 2. CBM Mantenimiento basado en condiciones (Condition based maintenance) Es una técnica de mantenimiento que se centra en el monitoreo y la evaluación del estado de los activos, como maquinaria, equipos o sistemas, para determinar cuándo se requiere mantenimiento.

Alternativa 3. Implementación SMED. Para reducir los tiempos de cambio y aumentar la fiabilidad del proceso, reduciendo el número de defectos y averías en el sistema, esto incrementará el OEE del proceso. Para la implementación de esta técnica se debe inicialmente identificar el proceso a mejorar para así reconocer los elementos que están inmersos en el proceso de cambio para luego identificar los elementos internos y externos y simplificarlos.

Alternativa 4. Lean Manufacturing es un método que se centra en la mejora continua y optimización del sistema de producción. Con este sistema se puede evidenciar la eliminación de desperdicios y la maximización de la eficiencia en los procesos de producción. Es un método que logra aplicar varios conceptos como el *just in time* (JIT), el *TPM*, el *OEE*; por lo que es un método muy completo para la mejora de procesos, mediante una serie de pasos en específicos.

Para la selección de la alternativa más favorable que permita desarrollar la oportunidad y satisfacer las necesidades del propietario de la empresa, se utilizó la matriz AHP (Ver anexo 11) en el cual se han establecido cuatro criterios para evaluar las posibles opciones. Estos criterios son: Costos asociados a las alternativas, Facilidad de implementación (N° personas involucradas en la decisión), Velocidad de implementación (tiempo que toma), Sostenibilidad de la alternativa. Estos son los criterios que el equipo del proyecto ha definido para evaluar las cuatro alternativas propuestas. Además, se asignará un valor a cada criterio en función de las prioridades del equipo de trabajo y el alcance del proyecto.

D. Objetivos

Objetivo General

Rediseñar el proceso de producción actual, mediante herramientas lean, para incrementar la capacidad de producción de protectores de colchón de Nubeflex.

Objetivos específicos

- Caracterizar los procesos actuales e identificar en ellos las variables críticas
- Diseñar las soluciones utilizando las herramientas lean
- Diseñar los procedimientos de las nuevas soluciones estandarizadas para cada etapa de procesos
- Validar la propuesta presentada a través de un análisis financiero

E. Plan de trabajo (PdT)

*TABLA IX.
PLAN DE TRABAJO*

Objetivo General					
Rediseñar el proceso de producción actual, mediante herramientas lean, para incrementar la capacidad de producción de protectores de colchón de Nubeflex.					
Objetivo	Área IISE	Actividad	Herramientas de Ingeniería Industrial	Entregable (alcance)	Fecha entrega

Caracterizar los procesos actuales e identificar en ellos las variables críticas	Supply Chain Management	Examinar cómo los materiales y productos fluyen a lo largo de la cadena de suministro. Identificar cualquier punto donde se produzcan demoras, ineficiencias o posibles cuellos de botella	Mapa de Valor (Value Stream Mapping) Diagrama de Flujo del Material	Mapa de valor de la cadena de suministros actual Diagrama de flujo del material actual	05/02/2024
	Engineering Management	Determinar y asignar los recursos necesarios para llevar a cabo la caracterización de procesos, incluyendo personal, tiempo y herramientas.	Cursograma Analítico	Cursograma Analítico	09/02/2024
Diseñar las soluciones utilizando las herramientas lean	Engineering Management	Determinar las mejores herramientas Lean a utilizar para el proyecto.	3 S Celdas de Manufactura	Actividades y Responsabilidades y la Hoja de Verificación de planta. Análisis de polivalencia y el Diagrama de las celdas de manufactura	14/02/2024
Diseñar los procedimientos de las nuevas soluciones estandarizadas para cada etapa de procesos	Work Design and Measurement	Desarrolla procedimientos estándar para cada etapa del proceso y Evalúa y ajusta la secuencia de operaciones para minimizar tiempos muertos y maximizar la eficiencia	Diagrama de Proceso de Valor (Value Stream Mapping - VSM Flujogramas (Flowcharts)	VSM Flujo de actividades por proceso	23/02/2024
Validar financieramente la propuesta presentada	Engineering Economic Analysis	Identificación de Costos y Beneficios Evaluación de Riesgos y Contingencias	Ingeniería Económica	Análisis financiero de la alternativa	28/02/2024

IV.DISEÑAR

A. Desarrollo del diseño de la solución

En esta fase se realiza el análisis del Value Stream Mapping (VSM) de Nubeflex, una herramienta visual clave para mejorar el flujo de materiales e información en el proceso productivo. El VSM actual permitió identificar los "desperdicios" y eliminar aquellos que no añadían valor al producto, mejorando así la eficiencia de manera significativa.

Como se muestra en la Fig. 11. El proceso productivo de Nubeflex comienza con una demanda mensual de aproximadamente 1200 unidades, equivalente a una producción semanal de 300 protectores. Se inicia con la compra de materias primas, como telas y guata, por parte del centro de control a los proveedores, con una adquisición mensual de 5000 metros de estos materiales. Una vez almacenados, el proceso se divide en 5 etapas: acolchado, corte, corte de esquinas, fileteado y empaque.

Para alcanzar la producción de protectores deseado por parte del grupo de interés, la etapa de acolchado y corte de piezas solo requiere un turno, mientras que el corte de esquinas, fileteado y empaque necesitan 2,6 turnos, ya que esta etapa logra producir aproximadamente 70 unidades por turno. Todas las máquinas comienzan la producción al mismo tiempo, aprovechando el

inventario existente, como el rollo de 50 metros de tela acolchada que queda del día anterior, para cortarlo en la máquina de corte de piezas, del cual se obtienen 20 unidades de protectores.

Cada etapa tiene un tiempo de ciclo específico: 2,5 minutos para el acolchado, 1,1 minutos para el corte de piezas y 0,15 minutos para el corte de esquinas, fileteado y empaque. Sumando los tiempos de alistamiento y ocupación, el tiempo total de producción por pieza es de 21,03 minutos, de los cuales solo 4,05 minutos agregan valor al producto. Esto significa que solo el 16,6% del tiempo total de producción se dedica a actividades que realmente transforman el producto y lo hacen más valioso para el cliente. El 86,3% restante se destina a actividades que no agregan valor, como esperas, movimientos innecesarios, reprocesos, almacenamiento y transporte interno.

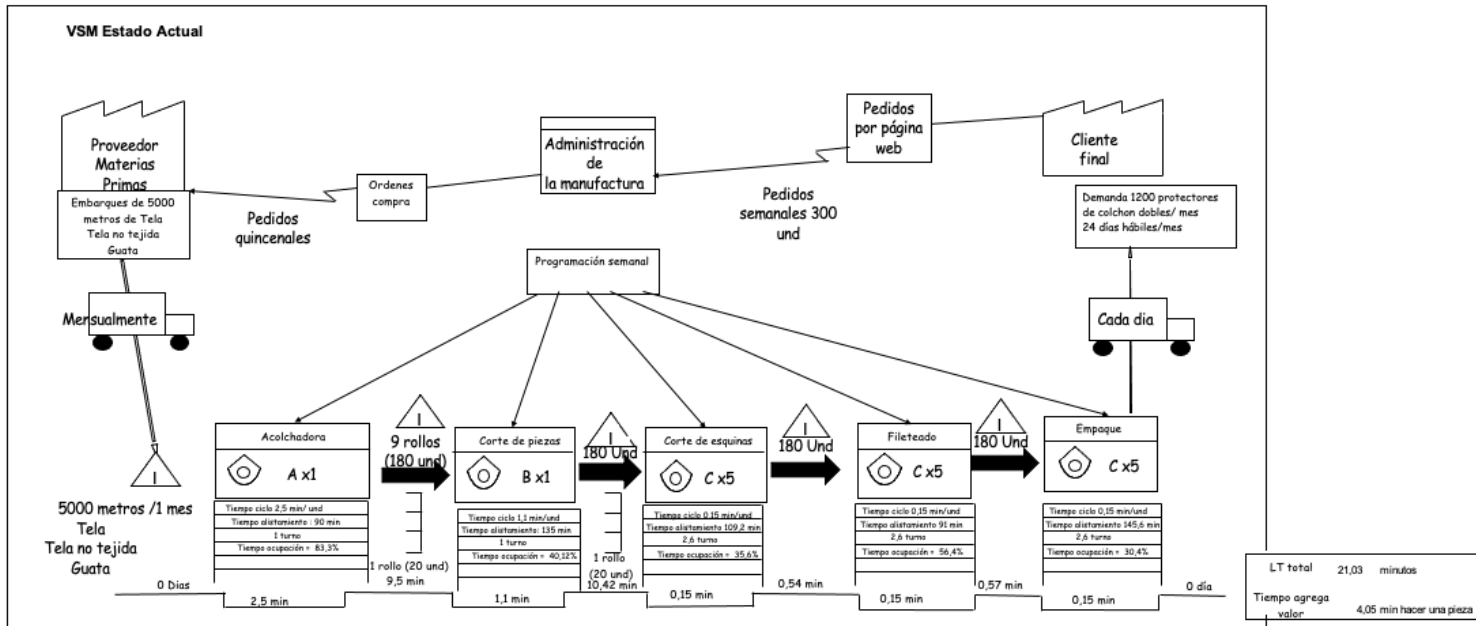


Fig.11 VSM Actual [18]

Para mejorar la capacidad de producción en Nubeflex, se utilizó el Value Stream Mapping (VSM), representado en la Fig. 12. Este análisis incluyó propuestas de soluciones para implementar en la empresa y en sus áreas respectivas. El VSM permitió al equipo visualizar cómo está compuesto el proceso de producción de protectores de colchón, identificando oportunidades para mejorar la eficiencia y el flujo de trabajo. Además, ayudó a identificar y abordar áreas críticas que limitaban la capacidad de producción de Nubeflex, facilitando la implementación de mejoras concretas y medibles en el proceso productivo.

Para incrementar la capacidad de producción, se propone implementar las tres primeras "S" de las 5S (Seiri: clasificar, Seiton: ordenar, Seiso: limpiar) en todos los procesos. Esto se centraría en mejorar la organización y limpieza en el lugar de trabajo. Inicialmente, se implementarían solo estas tres "S", ya que es un cambio cultural y estructural que requiere tiempo para ser asimilado por los empleados que están adoptando estos hábitos. Dado que la empresa carece de un plan detallado para evaluar su estado en relación con estas prácticas, esta implementación sería un paso importante.

Además, se requiere tener un operario presente todo el tiempo para supervisar cada área, como se demostró con el símbolo de "Vaya a ver" al Departamento de Programación. En el área de acolchado, esto permitiría identificar problemas de calidad, como los sobresaltos de hilos, y corregirlos ajustando las agujas. Según lo discutido en la empresa, detener la máquina en ese momento y realizar los ajustes tomaría aproximadamente entre dos a tres minutos antes de volver a encenderla y continuar con la producción.

Asimismo, contar con un operario en el área de corte de piezas para realizar inspecciones sería beneficioso. Este operario llevaría a cabo la clasificación de protectores de colchón con problemas de reproceso y de aquellos que están en buen estado. Se propone la implementación de *stickers* para esta clasificación, colocándolos en los protectores que presenten problemas de sobresaltos de hilos, lo que contribuiría a mejorar los tiempos de producción.

La incorporación de un operario en el área de corte de esquinas sería de utilidad para Nubeflex. Este operario llevará un registro de las unidades con problemas de calidad, como los sobresaltos de hilos, y de aquellas que no presentan estos problemas. Con un registro adecuado, Nubeflex podría identificar patrones y tendencias, implementando medidas preventivas para evitar su recurrencia y mejorar la eficiencia global del proceso.

Además, contar con un operario para supervisar los procesos de corte de esquinas y fileteado sería beneficioso. Este operario podría evaluar el desempeño individual de los cinco operarios involucrados en ambos procesos, identificando sus fortalezas y áreas de mejora. De esta manera, se podría brindar apoyo, distribuir mejor las actividades y ofrecer capacitación específica para mejorar su desempeño en las áreas correspondientes.

En paralelo, se llevó a cabo un análisis de polivalencia en el área crítica de corte de esquinas, fileteado y empaque. Este análisis estratégico permitiría evaluar la distribución actual de los empleados respecto a las actividades, identificar posibles cambios necesarios y capacitar a los empleados en esta zona. Así mismo, facilita la implementación de celdas de manufactura, las cuales mejorarían la eficiencia del proceso al reducir tiempos de espera y movimientos innecesarios. La adopción de esta metodología “justo a tiempo” arreglaría los espacios de trabajo, reduciría inventarios de materia prima en proceso y mejoraría el control de calidad al inspeccionar continuamente el producto durante su fabricación.

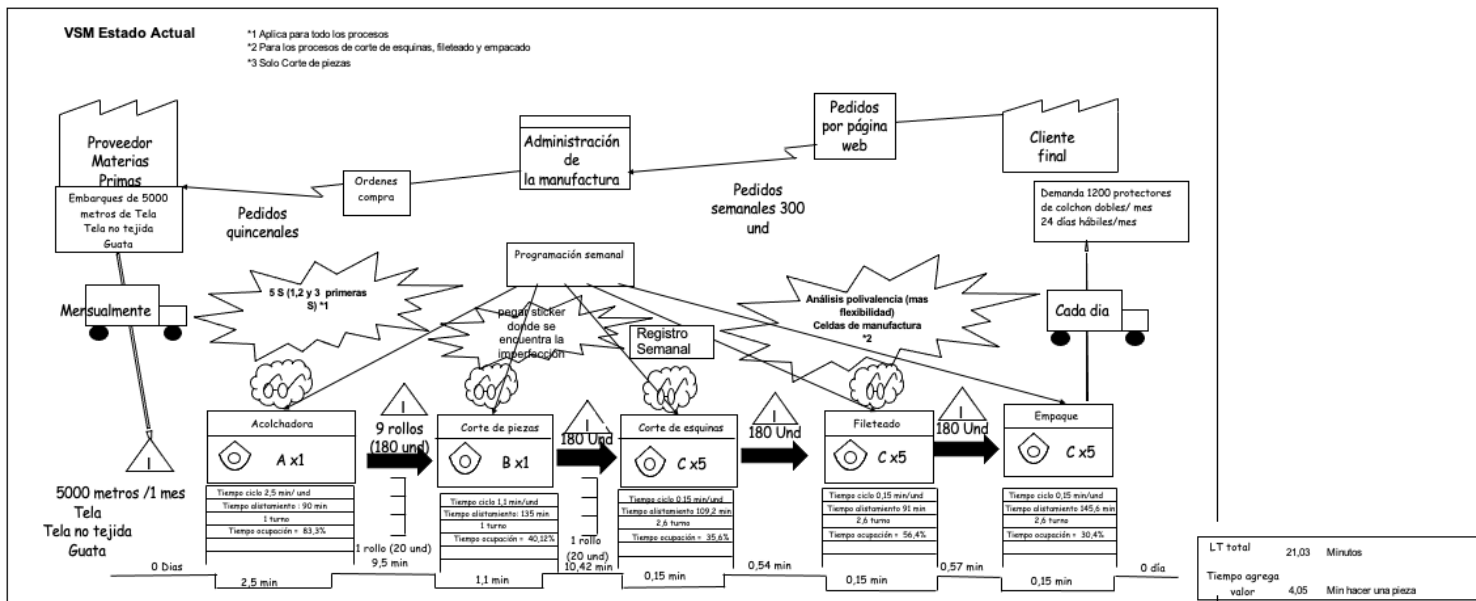


Fig.12 VSM con mejoras [18]

Siguiente a esto, se implementan las propuestas, incluyendo las 3S (Seiri: clasificar, Seiton: ordenar, Seiso: limpiar), como parte de la filosofía de mejora continua en Nubeflex.

Estas acciones contribuirán a crear un ambiente laboral más seguro y eficiente, lo que a su vez se traducirá en una mejora de la capacidad de producción de la empresa. A continuación, se presentan las áreas de trabajo y sus condiciones actuales.

TABLA X.
ANÁLISIS DE CONDICIONES DE LA PLANTA



Acolchado

En esta área de producción de Nubeflex, hay desorden y riesgos evidentes. Las materias primas están regadas por todas partes, y no hay vías transitorias establecidas. Esto dificulta el acceso a los materiales necesarios y puede causar demoras y accidentes.



Corte de piezas

En el área de corte de piezas de Nubeflex, se observa un problema de almacenamiento y organización. Las piezas cortadas se dejan en el suelo, sin vías transitorias establecidas, lo que crea desorden y dificulta el flujo de trabajo. Además, se encuentran productos terminados que no deberían estar en esa zona de producción, lo que contribuye al desorden y puede causar confusiones en el proceso.



Corte de esquinas

Se observa una aglomeración de piezas de protectores con defectos, además de la acumulación de piezas agrupadas, falta de vías transitorias claras y almacenamiento de elementos que podrían ser desechados. El espacio presenta un alto nivel de desorden, con productos que no deberían estar en esa zona específica de producción. Además, justo al lado, se acumula una gran cantidad de productos que aún no han sido terminados, ya que esta área es la que logra completar la menor cantidad de protectores, lo que causa la acumulación.



Fileteado

Se observa la presencia de materiales que no se utilizarán en el proceso, lo que genera obstrucciones y desorden. Los puestos de trabajo están desorganizados y los protectores que se van a filetear están tirados en el suelo.



Empaque

Se presenta un desafío adicional debido a su proximidad con otras áreas donde los productos están tirados en el suelo. Esta situación puede generar confusiones, ya que los productos que están en proceso pueden confundirse con los que ya están terminados, lo que dificulta la identificación rápida y precisa. Además, en el área de empaque, se observa que algunos productos están en el suelo mientras que otros están sobre una mesa, lo que indica una falta de orden y organización.

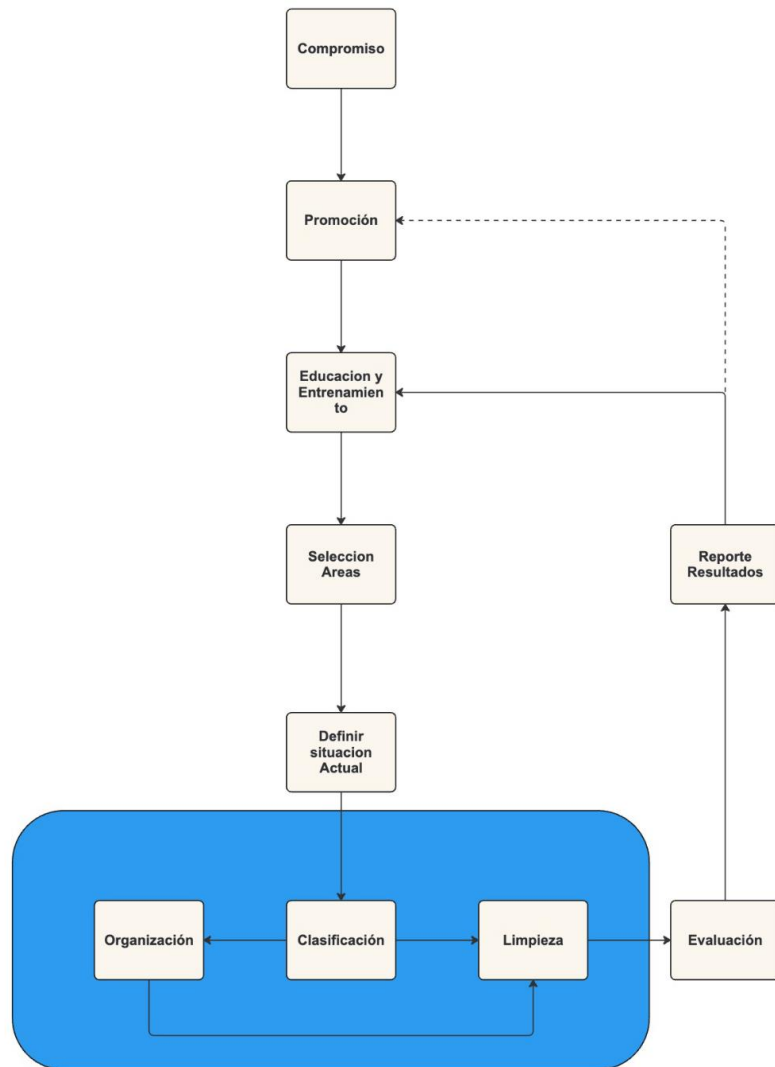


Fig.13 Flujo para la implementación 3S [19]

En la figura 13, el flujograma, muestra la ruta de un plan de acción para la implementación y evaluación de las 3S en la empresa, con el propósito de mantener y evaluar una nueva aplicación de estas prácticas. Este plan tiene como objetivo crear un ambiente de buen funcionamiento y orden en la empresa. En primer lugar, se deben asignar compromisos generales y específicos a cada operario. Luego, es importante utilizar herramientas para promover y llevar a cabo entrenamientos que permitan evaluar las áreas más críticas y definir la situación actual para las 3S que se van a desarrollar

Con lo anterior, se realiza la tabla de actividades y de responsabilidades. Con el propósito de organizar y planificar eficientemente cada tarea relacionada con la implementación de las 3S. Esta herramienta detalla nueve actividades específicas, asignando a cada una un responsable encargado de su ejecución. Donde la frecuencia de las actividades varía, desde una vez al año hasta dos veces al mes. Así mismo, las utilidades de las labores varían desde la comunicación hasta la participación, de esta manera se busca

garantizar que las funciones relacionadas con las 3S, se implementen de manera eficaz y eficiente, permitiendo alcanzar el objetivo estipulado.

*TABLA XI.
TABLA DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES*

	Actividad	Responsable	Frecuencia	Utilidad
1	Encuesta por cada área respecto a las 3S	Ayudante de jefe producción	Una vez al mes	Reto
2	Divulgación de noticias de las 3S	Secretaria	Una vez al mes	Comunicación
3	Educación y entrenamiento de las 3S en cada área	Facilitador	Una vez al mes	Educación
4	Establecimiento del proyecto de las 3S	Grupo de trabajo y supervisor	Según cronograma	Participación
5	Poster y eslogan de la campaña de las 3S	Todos	Una vez al año	Participación
6	Uso de insignia de las 3S	Todos	Todo el año	Concientización
7	Evaluación para agregar una nueva S	Jefe de producción	Una vez cada 6 meses	Reto
8	Reuniones de mejoramiento de las 3S	Ayudante de jefe producción	2 viernes al mes	Recordatorio
9	Reuniones para presentación de informes sobre proyecto 3S	Ayudante de jefe producción	una vez cada 6 meses	Concientización

[20]

Después de llevar a cabo el análisis visual de lo identificado por el grupo de trabajo en la empresa, se procedió a entrevistar al jefe de producción (Ver anexo 14). Esta actividad permitió evaluar el estado de la planta de producción de protectores de colchón. Para esta evaluación, se utilizó una clasificación que asignaba valores del 0 al 4 para cada aspecto a verificar, donde:

0 significa que no hay espacios asignados o definidos.

1 indica que el espacio está desorganizado.

2 señala que el espacio está medianamente desorganizado.

3 indica que el espacio está medianamente ordenado.

4 significa que hay un amplio espacio y está bien organizado.

En la siguiente tabla XII, se presenta el diagnóstico de la verificación de la planta de producción:

TABLA XII.
DIAGNÓSTICO VERIFICACIÓN DE PLANTA

Hoja de Verificación planta							
Fecha: 4/4/2024	Total puntos: 35	Área: Producción de protectores de colchón					
3S	Evaluación	Puntuación					
	Aspectos	Qué verificar	0	1	2	3	4
SEIRI (Clasificación)	Inventario	Producto en proceso obsoleto			X		
		Materiales en exceso		X			
	Equipo	Equipo obsoleto averiado		X			
		Equipo innecesario		X			
		Sillas sin uso tiradas en las áreas				X	
	Espacios	Paredes libres de objetos			X		
		Anaqueles libres de objetos innecesarios		X			
		Objetos personales			X		
	Otros	Desechos basuras			X		
	SEITON (Organización)	Materia prima	No hay lugar para cada cosa. Materiales tirados	X			
Existe un lugar pero no está organizado			X				
Materiales recuperables sin organización			X				
Almacén		Artículos difíciles de identificar a simple vista		X			
		Producto terminado sin lugar específico		X			

	Herramientas	Hay lugar para herramientas pero no se respeta		X				
		No existe un lugar para herramientas			X			
	Pasillos y espacios	Están obstruidos con objetos y materiales	X					
		Los pasillos no están claramente identificados		X				
Seiso (Limpiar)	Áreas de trabajo	Ausencia de suciedad y desorden			X			
	Mantenimiento	Utilización de equipos de limpieza				X		
	Residuos	Gestión de eliminación de los residuos				X		

[20]

Estos resultados permiten identificar áreas específicas que requieren atención y mejoras en cuanto a organización y limpieza en la planta de producción de Nubeflex, en línea con la implementación de las primeras 3S. Así mismo, esta tabla la podrán utilizar los operarios para la evaluación cada cierto tiempo y realizar un análisis de mejoramiento para determinar la implementación de una nueva S si cumple con el criterio (Utilizar anexo 15).

Utilizando los resultados de la tabla XII, se genera un informe del estado con un gráfico de radar de los procesos en la empresa (Ver anexo 15), Para comprender adecuadamente el rendimiento de las 3S en Nubeflex, se elaboró dicho gráfico para comparar estas tres variables. Se destaca un cumplimiento alto en *la limpieza* en comparación con *la clasificación* y *la organización*, con un rendimiento del 66%. Se observa que las áreas que abarcan la implementación de *la limpieza* están mejor ejecutadas, incluyendo el área de mantenimiento, áreas de trabajo y gestión de residuos. De estas áreas, la gestión de residuos tiene la mayor participación. Sin embargo, en el caso de *la clasificación* y *la organización*, se registra un rendimiento del 36% y 16%, respectivamente, siendo *el orden* el más bajo. Esta situación plantea un desafío para Nubeflex, ya que el bajo nivel de cumplimiento en el orden indica una debilidad. Específicamente, en la organización se incluyen áreas críticas como materia prima, almacén, herramientas, pasillos y espacios. Es preocupante notar que el área de materia prima presenta un cumplimiento del 0%, lo que sugiere una falta de organización en este aspecto. Esto se refleja claramente en la Tabla XII, donde se evidencian las

deficiencias en la organización de materiales. Es esencial abordar esta debilidad en acomodar para mejorar la eficiencia y la efectividad general de las operaciones en Nubeflex.

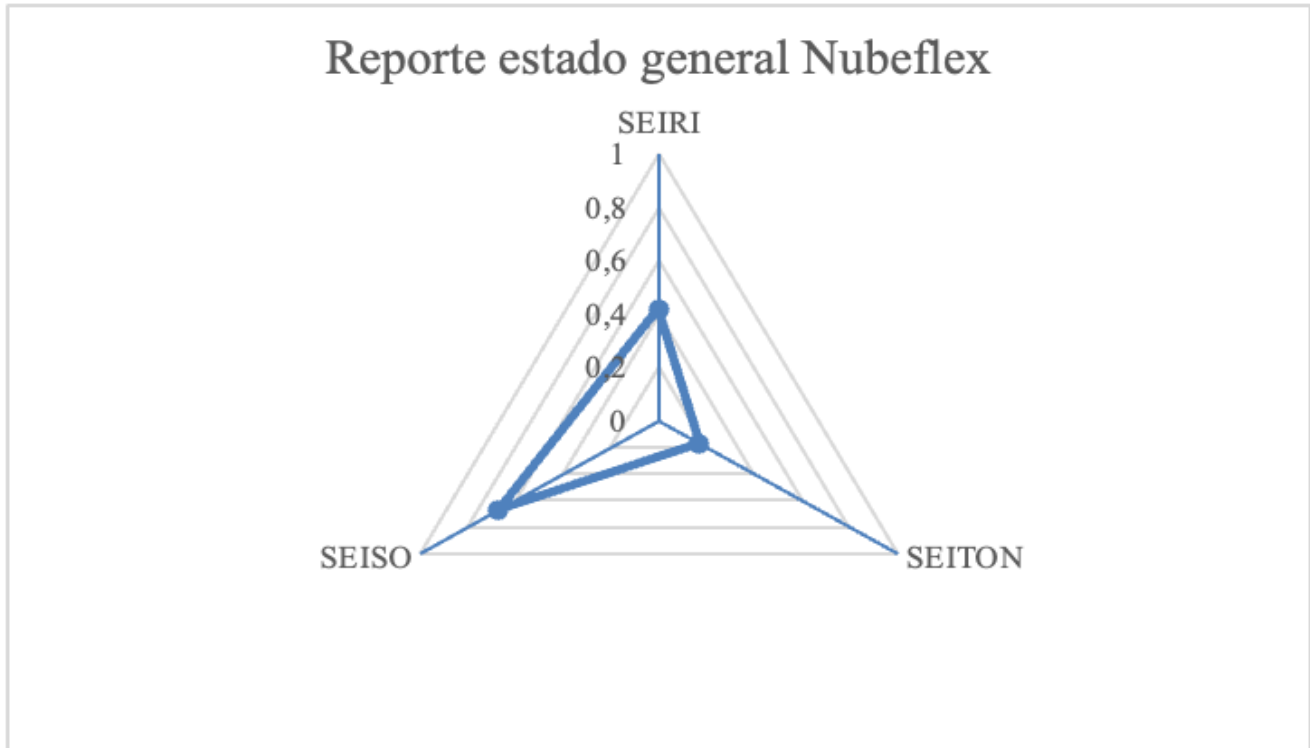


Fig.14 Reporte de estado general Nubeflex [21]

Se realizó un análisis de polivalencia, el cual corresponde a una evaluación que se realiza dentro de una organización para determinar la capacidad de los empleados para desempeñar múltiples roles o tareas. La polivalencia está basada en calificaciones que oscilan entre cero y uno, donde cero significa que el operario no es apto para realizar esa labor, y uno es apto para realizar la labor y capacitar al personal. Si obtiene una calificación de 0,5 quiere decir que debe de estar monitoreado por el trabajador con mayor puntaje y capacitado, si obtiene una puntuación de 0,8 quiere especificar que el operario es capaz de realizar la labor, pero no puede capacitar. En la siguiente tabla XIII, se presentan los resultados de las tareas por cada operario.

TABLA XIII.
ANÁLISIS DE POLIVALENCIA

Tareas	Corte esquina	Fileteado	Empaque
	10	11	12

Nombre	Piso 3			Total	% Versatilidad personal
	75%				
1	0,50	0,50	1,0	2,0	67%
2	0,8	0,8	1,0	2,5	83%
3	0,50	1,0	0,8	2,3	75%
4	0,8	1,0	0,8	2,5	83%
5	0,8	0,50	0,8	2,0	67%
Sumatoria	3,3	3,8	4,3	Operarios	5
% Versatilidad	65%	75%	85%	Tareas	3

[20]

A través del análisis polivalencia llevada a cabo con la supervisión del área, se ha obtenido una visión detallada de la versatilidad de cada uno de los cinco operarios encargados de las tres tareas de producción de protectores: corte de esquina, fileteado y empaque. La tabla ha revelado información crucial sobre la habilidad de cada operario en estas diferentes tareas. Por ejemplo, los operarios 2 y 4 han demostrado una versatilidad del 83%, una cifra que los posiciona como referentes en la planta. Esta versatilidad sobresaliente sugiere que estos operarios no solo son capaces de desempeñarse eficazmente en todas las etapas de producción, sino que también tienen el potencial de liderar y entrenar a otros en estas tareas. Por otro lado, los operarios 1 y 3, aunque muestran una versatilidad del 67% y del 75%, muestran áreas de mejora que necesitan ser abordadas mediante un entrenamiento más focalizado. Este enfoque puede ayudarles a fortalecer sus habilidades en las tareas que presentan mayores desafíos, contribuyendo así a una mayor eficiencia y calidad en la producción.

Por otro lado, el operario 5 destaca en el proceso de corte de esquinas y empaque, pero enfrenta desafíos en el proceso de fileteado. Estos hallazgos subrayan la importancia de identificar las áreas de fortaleza y debilidad de cada operario para una mejor asignación de tareas y garantizar una producción eficiente y de alta calidad.

Después de realizar el análisis de polivalencia para la asignación de responsabilidades, se implementó el método de celdas de manufactura o sistemas flexibles de manufactura. Las celdas de manufactura son agrupaciones de máquinas y estaciones de trabajo

organizadas para realizar un conjunto específico de tareas relacionadas. Su objetivo es mejorar el rendimiento, minimizar costos, reducir tiempos de producción y disminuir el estrés de los operarios al asignarles tareas específicas.

Existen varios tipos de celdas de manufactura, incluyendo celdas de flujo en línea, celdas de flujo en U y celdas en jaulas o en islas. Cada tipo está diseñado para mejorar diferentes aspectos del proceso productivo, como el espacio, la flexibilidad y la eficiencia operativa.

La implementación de celdas de manufactura, como sistema de producción, se considera viable para este proyecto porque permite una mayor adaptación a las demandas cambiantes del mercado y a la variabilidad en la producción. Además, facilita la especialización de los operarios, reduce el tiempo de preparación y aumenta la calidad del producto al enfocar el trabajo en tareas específicas dentro de la celda. Esta estrategia, por lo tanto, contribuye a mejorar el rendimiento general, disminuir costos y tiempos de producción, y reducir el estrés de los operarios, logrando una mayor eficiencia en el proceso productivo.

En el diagrama de procesos de fabricación de protectores de colchón se organizó por los procesos o tareas con sus tiempos y predecesores, donde el proceso de acolchado (A) tiene un tiempo de 2.5 minutos, el corte de piezas (B) con un tiempo de 1.07 minutos, el corte de esquina (C) de 2.35. El (E) es el proceso de revisión o la máquina de cuello largo; en este proceso, tiene como predecesor el de corte de esquinas, ya que ahí es donde se identifica la imperfección del producto por lo que, si hay algún retroceso, se manda a (E) para corregir y después de manda al fileteado (D) para luego ser empacado (F).

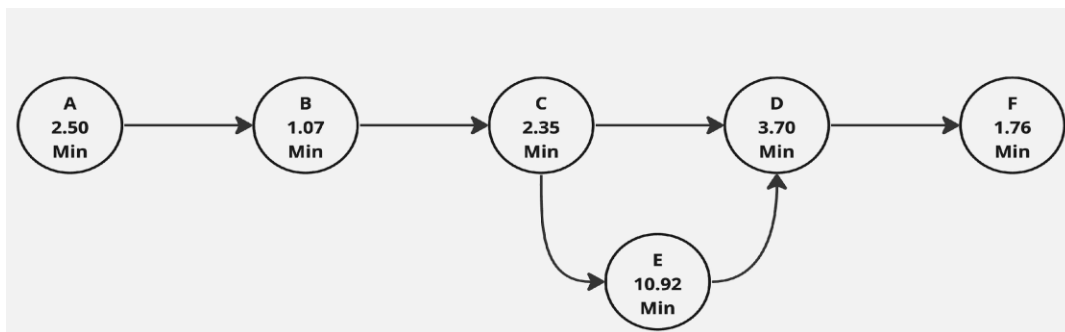


Fig.15 Diagrama proceso de producción protectores de colchón [22]

Después de realizar la tabla de los datos de proceso y el diagrama, se procede a calcular el peso de cada actividad para determinar el mayor peso, donde se realiza una pirámide comenzando desde el último proceso hasta el primero (Ver anexo 17 para mayor detalle del proceso). Luego se saca el takt time, el cual es de 4,8 minutos para determinar la celda de manufactura en el proceso. Se encontró una celda, de acolchado y corte de piezas; sin embargo, estas dos máquinas son fijas por lo que se determinó la celda de corte de piezas y corte de esquina que cumple con la condición del takt time, evidenciada en la Fig. 16.

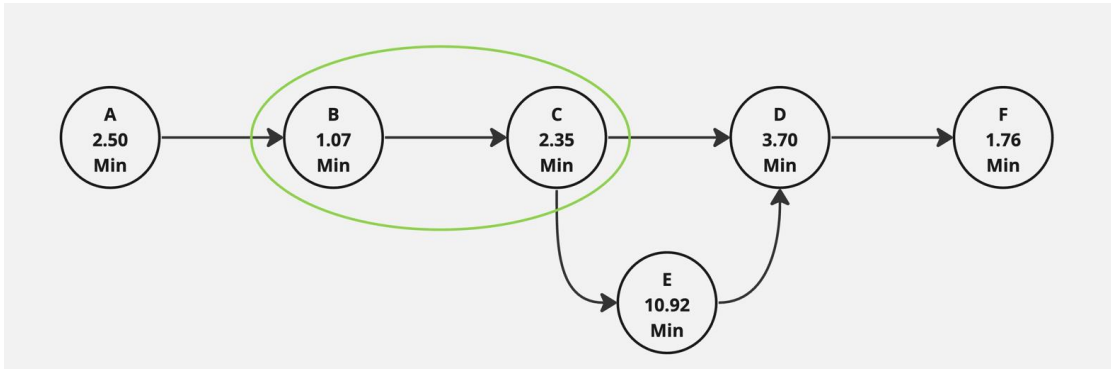


Fig.16 Diagrama celda de manufactura proceso de producción protectores de colchón [22]

La Fig. 17, se plantea una celda de tres procesos donde abarca el corte de piezas, esquinas y el de revisión, debido a que este último requiere del corte de esquina y con este proceso se estaría identificando una mayor rapidez de retrocesos mediante una herramienta de comunicación que permita separar el protector con defectos con los que no tienen. De esta manera no generar mayor espera dado que el corte de esquinas y la máquina de cuello largo estarían trabajando al mismo tiempo y así, lograr un flujo continuo en la producción.

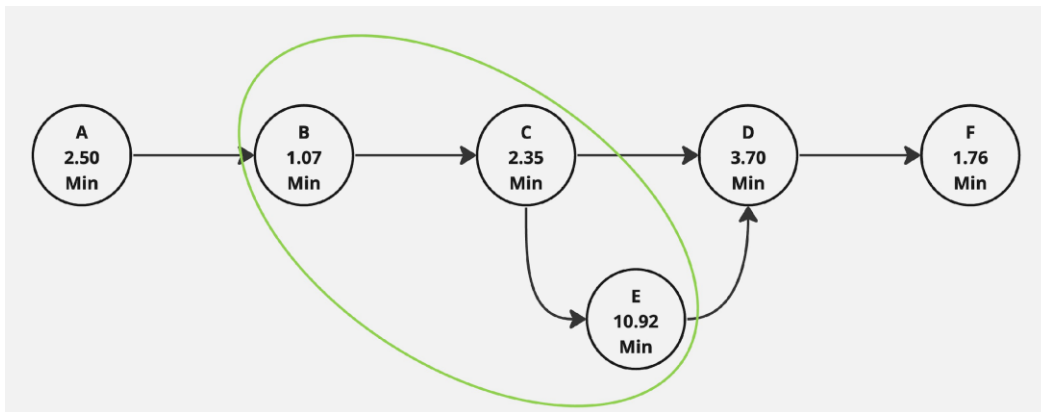


Fig. 17 Celda de manufactura propuesta [22]

Respecto a los resultados obtenidos en las celdas de manufactura se presentan los cambios en los planos de la empresa.

Planos actuales de la empresa

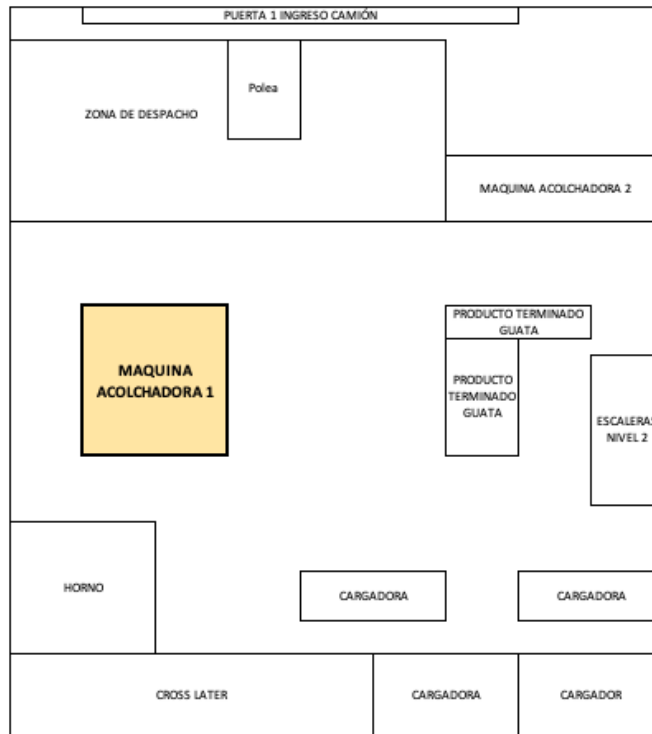


Fig.18 Planos actuales del primer piso [23]

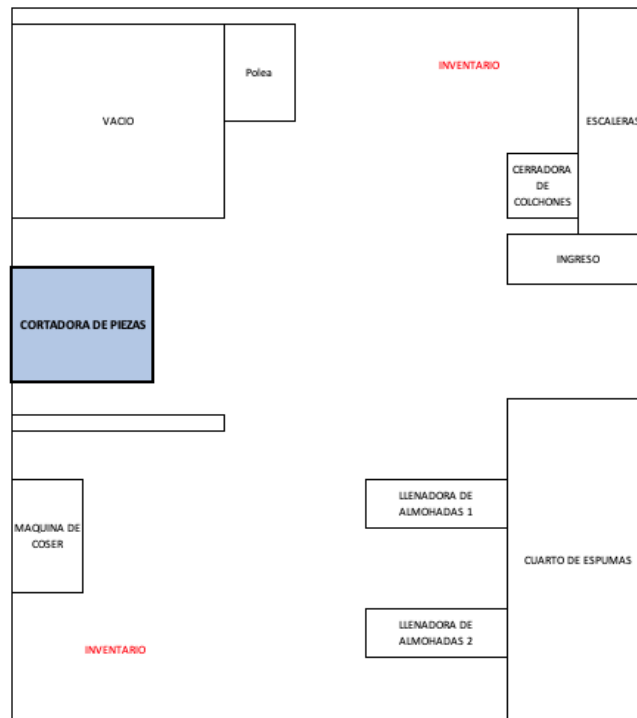


Fig.19 Planos actuales del segundo piso [23]

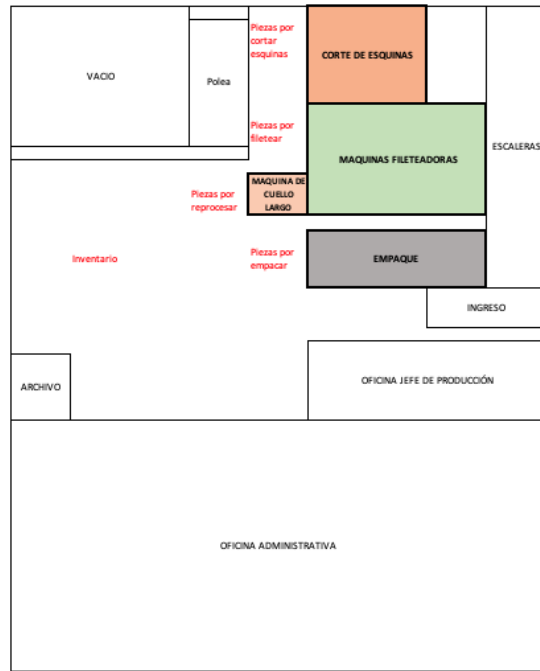


Fig.20 Planos actuales del tercer piso [23]

Planos implementando la solución

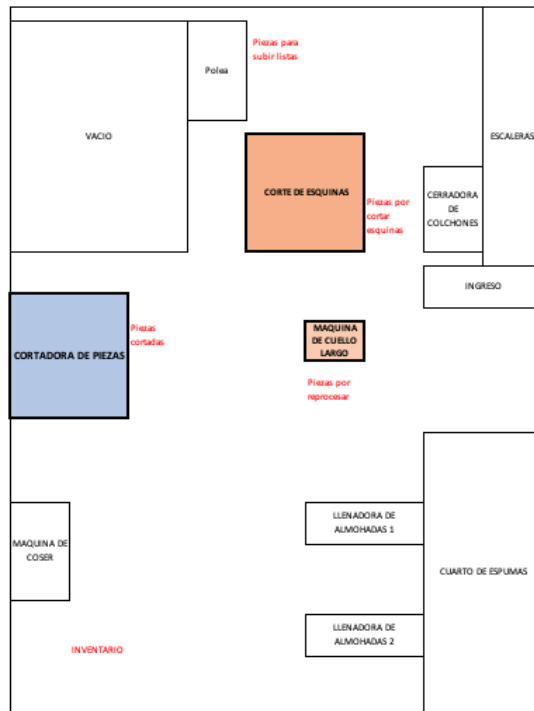


Fig. 21 Planos nuevos del segundo piso [23]

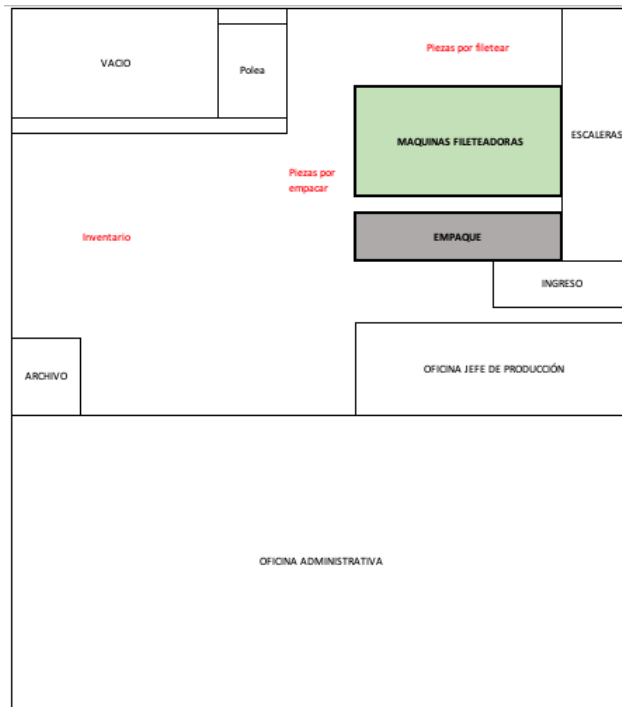


Fig. 22 Planos nuevos del tercer piso [23]

En la Tabla XIV se presentan las mejoras propuestas para ser implementadas en las diversas áreas de producción de Nubeflex. Esta tabla ofrece una visión general de las acciones tomadas para mejorar las condiciones del proceso en la empresa, lo que contribuye significativamente a su crecimiento y desarrollo continuo.

TABLA XIV.
MEJORAS DE CONDICIONES DEL PROCESO

Área/Proceso	Tipo de Mejora	Descripción de la Mejora	Impacto
Acolchado	Eficiencia y Control de Calidad	Supervisar el proceso para detener la máquina antes de que ocurran problemas de calidad en el rollo de tela acolchada y acomodar las agujas.	Mejora en la detección y resolución de reprocesos para reducir los tiempos de búsqueda y solución.
Corte de Piezas	Calidad	Inspección durante el proceso para detectar problemas	Reducción de unidades con reprocesos
Corte de Esquinas	Eficiencia	Implementación de stickers para clasificación de unidades	Mejora en la organización y tiempos de producción
Fileteado	Eficiencia	Análisis de polivalencia para mejorar la distribución laboral	Reducción de tiempos de espera y movimientos innecesarios
Empaque	Calidad	Supervisión continua para asegurar calidad del producto	Reducción de unidades defectuosas

Mediante la siguiente Tabla XV, se presenta el diseño propuesto para el cumplimiento de restricciones en el proceso de producción de Nubeflex. Este diseño se enfoca en abordar y superar las restricciones identificadas en las soluciones propuestas por el equipo del proyecto.

TABLA XV.
DISEÑO PARA EL CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES

Alternativas de solución	Restricciones asociadas	Diseño o modelo	Legislación y requisitos aplicables
Celdas de manufactura	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de reorganizar el flujo de trabajo actual por el bajo rendimiento en las máquinas respecto a una producción esperada. - La capacitación requerida para los empleados en las nuevas configuraciones de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir claramente las celdas de manufactura. - Asignar responsabilidades y tareas específicas a cada celda nueva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con las normativas de seguridad laboral y de calidad de productos impuestas por Nubeflex . - Cumplir con la ergonomía de los puestos de trabajo. - La capacitación de los empleados en nuevas técnicas de producción.
Inspecciones en todas las áreas	<ul style="list-style-type: none"> - Alto reproceso en la fabricación de los productos por maquinaria - 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de controles de calidad más estrictos en cada etapa del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas internas para garantizar altos estándares de calidad en los productos. - ISO 9001 Sistema de gestión de calidad.
3S	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de cultura organizacional orientada a la limpieza y orden. - Necesidad de cambio de hábitos y mentalidad de los empleados 	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer un plan detallado de implementación que incluya capacitaciones, seguimiento y evaluación periódica 	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas internas relacionadas con la limpieza y organización del lugar de trabajo que deben seguirse.

B. Validación del diseño propuesto

Continuando con el orden del plan de trabajo, se elaboró un diagrama de flujo del material que refleja la situación actual de la empresa, que se muestra en la Fig. 23. Este diagrama fue basado para un solo lote del cual salieron 20 piezas, lo que proporciona un ejemplo aproximado de cuántos protectores se logran finalizar por lote producido. En este caso, con un 50% de reprocesos, 10 unidades requieren ser reprocesadas, mientras que las otras 10 continúan con el proceso normal de la empresa al no presentar problemas de calidad. Por lo tanto, de las 20 unidades iniciales, se logra terminar 14, mientras que los 6 restantes se quedan en inventario para ser reprocesadas.

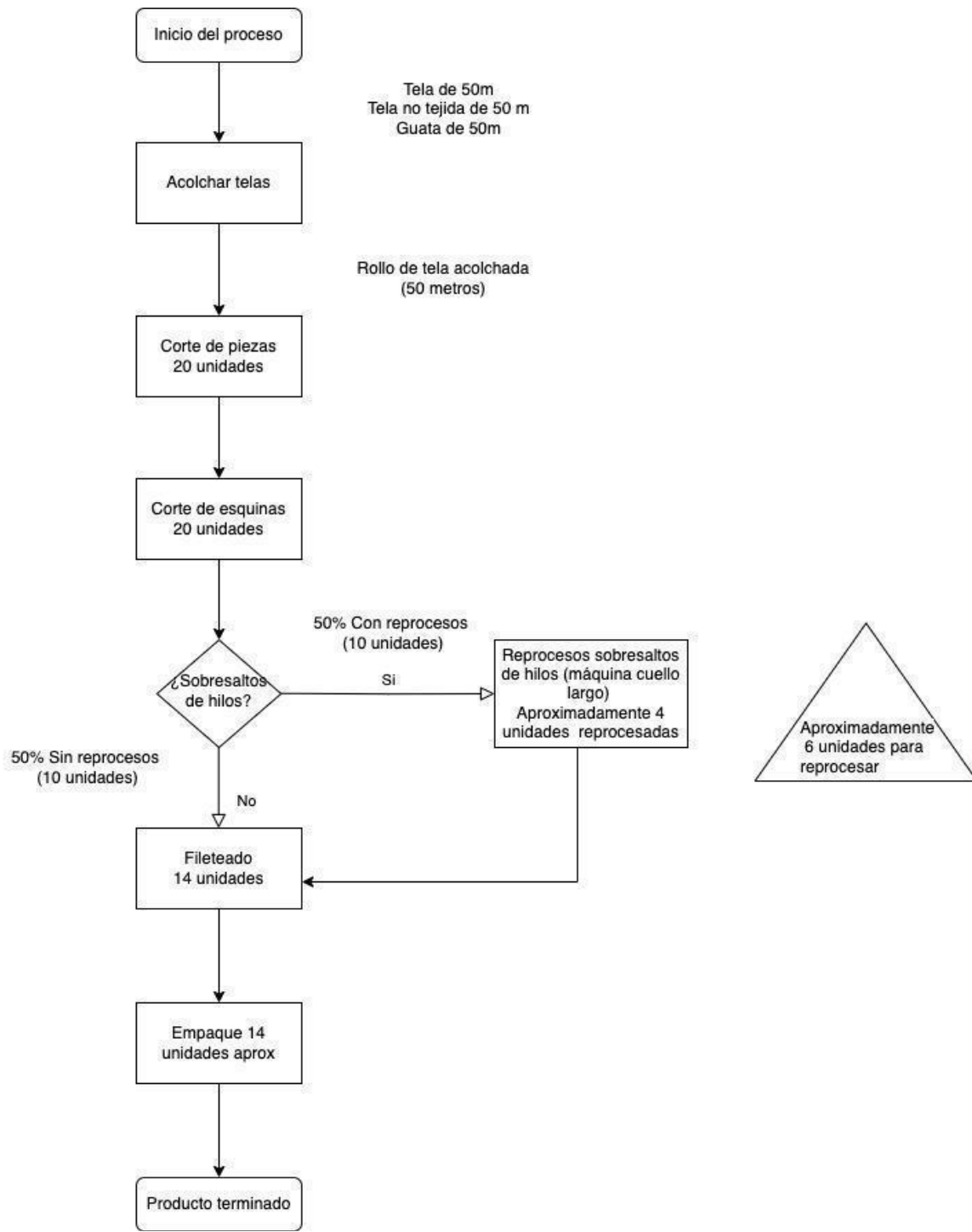


Fig.23 Diagrama de Flujo del Material Actual [24]

Para esta etapa Nubeflex empleo en toda el área de producción de los protectores una corrida de prueba prototipo para un lote de productos de Nubeflex (ver anexo 20). Durante esta prueba, se tomaron tiempos y se realizó un estimado de la eficiencia y el

rendimiento del proceso propuesto, el cual se puede lograr visualizar en el anexo 20 donde se encuentran los tiempos sacados y los otros factores considerados.

Se asignó un operario a tiempo completo en la máquina acolchadora para monitorearla y detenerla cuando se presentaban sobresaltos de hilos. En la producción de 2 lotes, la máquina se detuvo un total de 4 veces. Cada pausa duraba aproximadamente 2,3 minutos, durante las cuales el operario corregía la aguja desacomodada o la tensión incorrecta del hilo. Estas pausas totalizaron 9,2 minutos en total para ajustar los hilos.

En cuanto al corte de piezas, se designó al operario de esta área para marcar los protectores de colchón con problemas de reproceso con un *sticker*. Esto permitió que fuera él quien realizara la primera inspección de calidad para agilizar el proceso. Gracias a la implementación de celdas de manufactura, se logró consolidar el corte de piezas y el corte de esquinas en el mismo piso, asignando a las operarias más eficientes para estas tareas. Basado en el reacomodo de celdas de manufactura, se ubica una mesa del segundo piso cerca del proceso de corte de piezas, unificando ambos procesos en un solo lugar. Además, la máquina de cuello largo se trasladó al segundo piso, cerca del área de corte de esquinas y de la cortadora. Esto permitió concentrar los procesos de corte en un área, facilitando la corrección de problemas de calidad antes del fileteado en el tercer piso, junto con el área de empaque y manejar un mejor flujo en el sistema de producción.

Los tiempos de reproceso se redujeron al corregir las agujas problemáticas, disminuyendo en un 40% en la máquina de cuello largo. Esta mejora evitó la acumulación de unidades por reprocesar en el inventario.

Además, se optimizó la organización del área de trabajo al redistribuir el espacio. El área de corte de esquinas se trasladó al segundo piso, junto con el área de reprocesos, liberando espacio en el piso superior para colocar las unidades listas para el fileteado. Esta separación mejoró la clasificación de las áreas de trabajo y optimizó las primeras tres "S" de las 5S (Seiri, Seiton y Seiso), mejorando la organización, limpieza y eficiencia en el área de producción.

Se diseñó un diagrama de flujo de los materiales, representado en la Fig. 24, para visualizar el proceso de producción. En la máquina acolchadora, se producen 20 unidades en un rollo de 50 metros de tela acolchada. Durante este proceso, se realizan inspecciones para detectar problemas, como los sobresaltos de hilos, que puedan requerir pausas para corregir las agujas. Si la máquina funciona correctamente, continúa sin necesidad de interrupciones.

Después, el rollo de 50 metros se dirige al proceso de corte de piezas, donde se corta para obtener 20 unidades. Aquí se realiza una inspección de calidad, y las unidades con reprocesos se identifican con un *sticker* y se separan de las que no los requieren. Cerca del 30% de las unidades presentan reprocesos. Las piezas sin reprocesos se trasladan al área de corte de esquinas, donde se procesan en aproximadamente 32,9 minutos. Las unidades con reprocesos se llevan a la máquina de cuello largo, donde se corrigen en unos 36 minutos. Si el área de corte de esquinas ya ha terminado con las unidades sin reprocesos, comienza a trabajar en las unidades ya corregidas para evitar tiempos de espera innecesarios. Finalmente, las 20 unidades de protectores pasan al tercer piso para la máquina fileteadora, que procesa los protectores de colchón, y luego se dirigen al área de empaque.

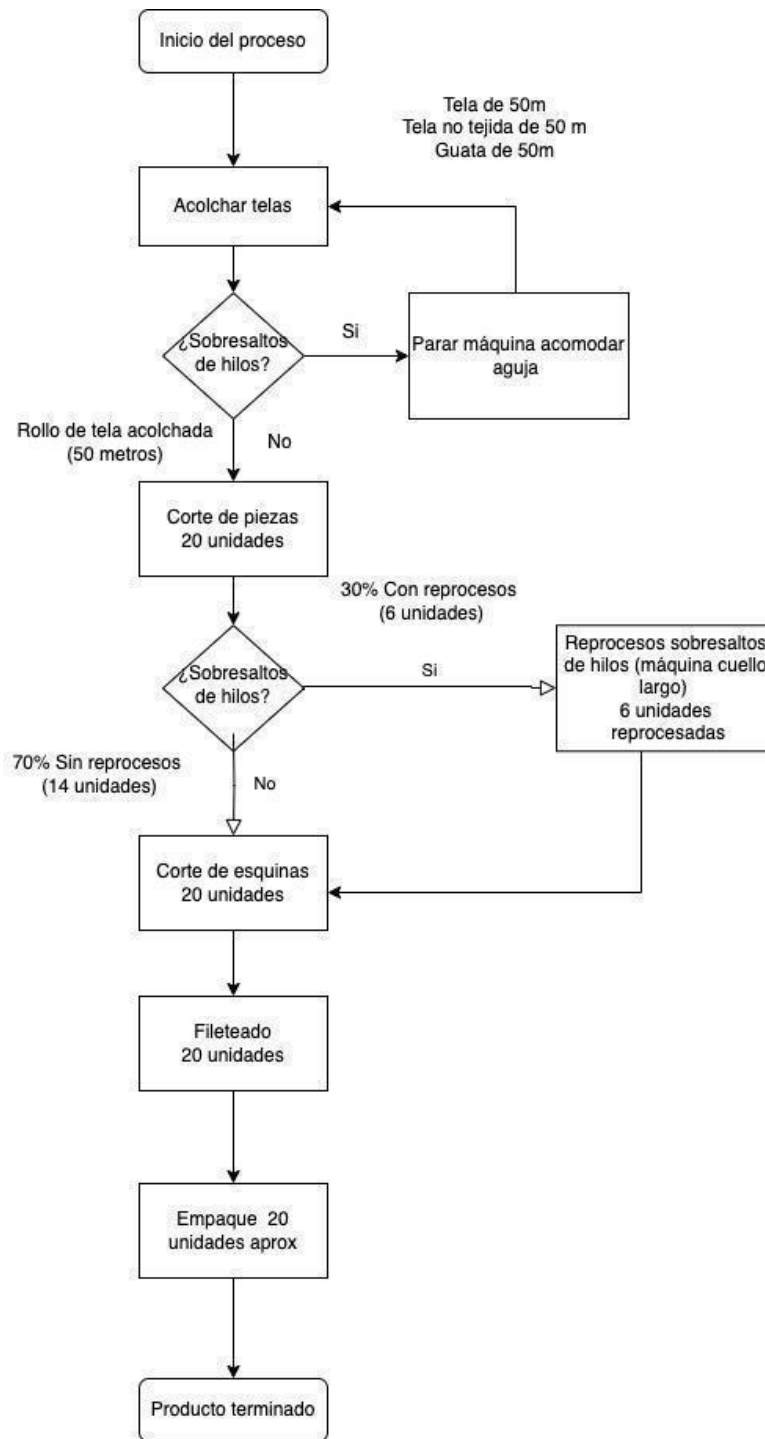


Fig.24 Diagrama de Flujo del Material Futuro [25]

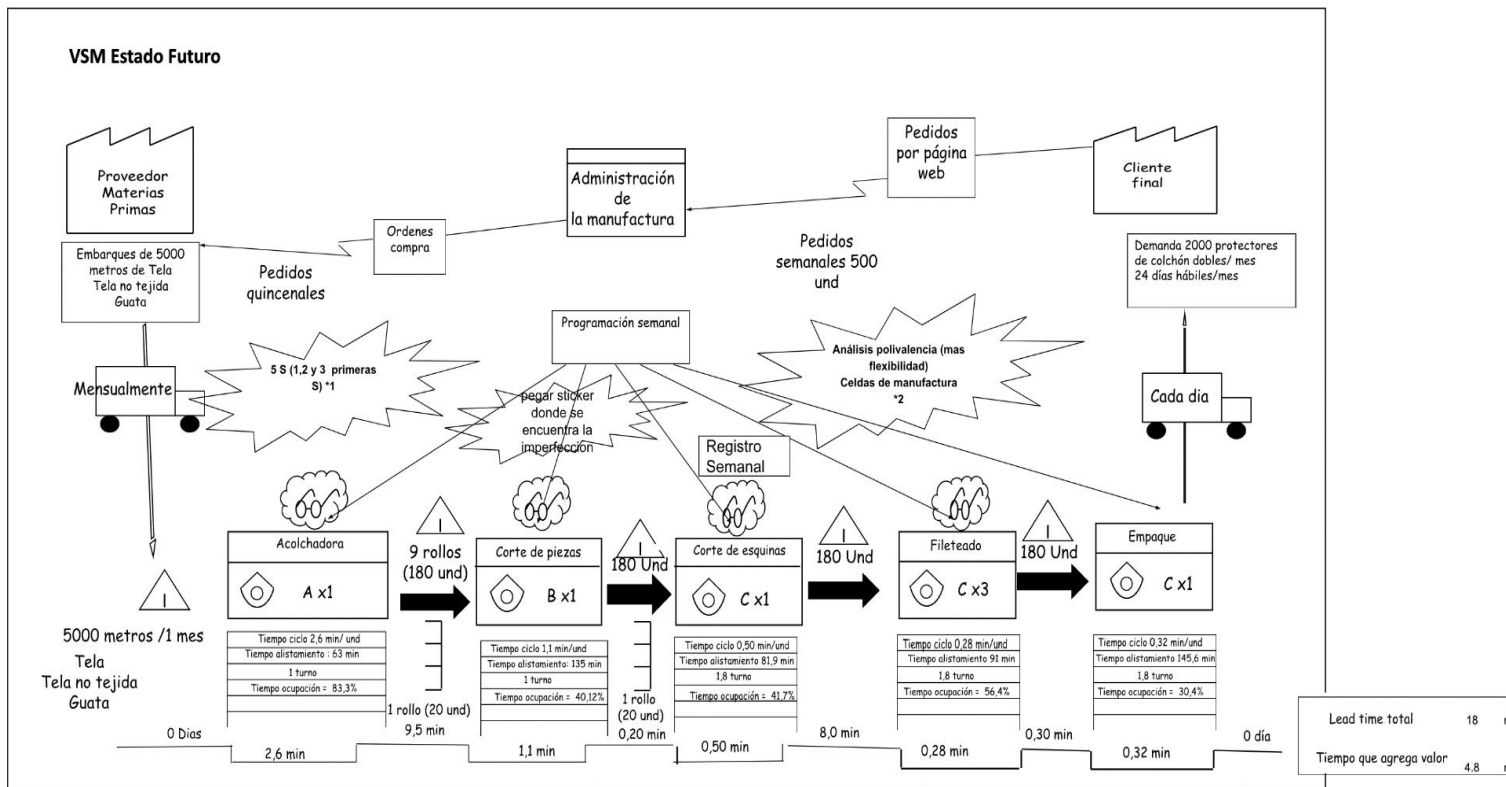


Fig.25 VSM Futuro [18]

Como se observa en el VSM futuro presentado en la Fig. 25, mediante una prueba piloto de un día de producción, teniendo los tiempos, se observa un mayor tiempo de ocupación por cada proceso; así mismo, con la redistribución de operarios teniendo en cuenta la versatilidad presentada en la Tabla del análisis de polivalencia (Ver Tabla XIII). También se elaboró un cursograma analítico, que describe el proceso de producción de protectores de colchón en Nubeflex. Este documento incluye todas las actividades involucradas en el proceso, como transporte, espera, inspección, almacenamiento y operaciones. Cada actividad se acompaña de su tiempo de ciclo y la distancia recorrida, cuando es relevante. El cursograma permite realizar un análisis completo del proceso, identificando tiempos muertos, operaciones innecesarias y distancias excesivas, así como sugiere oportunidades de mejora.

El cursograma analítico actual muestra un total de 17 operaciones, una inspección, siete traslados y un almacenamiento, como se ilustra en la Fig. 26. Dando un total de tiempo de 43,11 minutos.

Formato cursograma analítico



Diagrama Num: 1		Hoja Núm: 1 de 1		Resumen				
Objeto: Protectores de colchón en unidad		Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Producción de protectores de colchón de 1,40 x 1,90 m		Operación		17				
Método: Actual/Propuesto		Transporte		7				
Lugar: Nubeflex		Espera		0				
Operario (s): 7		Inspección		1				
Fecha: / /		Almacenamiento		1				
Aprobado por: / /		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)						
Compuesto por: Santiago Bejarano, Juan Jose Andrade, Natalia Romero.		Costo						
Fecha: / /		- Mano de obra						
		- Material						
		Total						
Descripción	Cantidad (unidad)	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Símbolo			Observaciones	
Traer los rollos de tela, tela no tejida v avata	Acolchadora	1	1	5			Traer en las manos	
Prender la maquina	Acolchadora	1	2					
Acomodar los rollos en la maquina	Acolchadora	1	2					
Acomodar la maquina respecto al tipo de estampado que hará el tejido	Acolchadora	1	1					
Maquina acolchando automatica	Acolchadora	1	2,25				Proceso visto por unidad	
Coer el rollo de tela acolchada v subirlo por la polea al segundo piso	Acolchadora	1	5	4,19			Con ayuda de la polea	
Coer el rollo de tela acolchada que lleva del primer piso	Cortadora de pie	1	0,5					
Prender la maquina	Cortadora de pie	1	1					
Acomodar el rollo en la maquina	Cortadora de pie	1	1					
Maquina cortando piezas automatica	Cortadora de pie	1	1,07					
Coer las piezas de protectores y subir las por la polea al tercer piso	Cortadora de pie	1	5	2,19			Con ayuda de la polea	
Recoger las piezas agrupadas por 20 unidades que suben por la polea	Cortadora de esa	1	1					
Tender el protector encima de la mesa	Cortadora de esa	1	0,5					
Recortar las esquinas de cada pieza de protector	Cortadora de esa	1	2,47					
Revisar si tiene problemas de calidad	Cortadora de esa	1	1				Si tiene problemas de calidad se	
Llevarlo a la maquina de cuello largo	Cortadora de esa	1	0,5					
Trasladar los protectores a la siguiente area	Cortadora de esa	1	1	2			Llevarlos en las manos	
Coer los resortes e hilos del almacen de materia prima	Fileteado	1	1	16				
Alistar la maquina fileteadora	Fileteado	1	1,5					
Coer unidades de piezas de protector con esquinas va cortadas	Fileteado	1	0,5					
Coer el Resorte v unir las esquinas de los protectores	Fileteado	1	3,91					
Coer los protectores v llevarlos a la siguiente area	Fileteado	1	1,5	2			Llevarlos en las manos	
Traer del almacen de materias primas los empaques	Empaque	1	3	16				
Recoger un protector v doblarlo	Empaque	1	1,11					
Meter el protector en el empaque	Empaque	1	1					
Dejarlos en el almacen de producto terminado	Empaque	1	1,8	8				
Total			43,11	55,38	17	1	7	1

Fig.26.Cursograma analítico actual [26]

El cursograma analítico propuesto por el equipo de trabajo muestra un total de 18 operaciones, una inspección, seis traslados y un almacenamiento, como se ilustra en la Figura 27. Este nuevo diseño reduce el tiempo total del proceso de producción de una pieza de protector de colchón en 8,52 minutos, resultando en un tiempo total de 34,59 minutos.

Formato cursograma analítico



Diagrama Num: 2		Hoja Núm: 1 de 1		Resumen				
Objeto: Protectores de colchón en unidad		Actividad		Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Producción de protectores de colchón de 1,40 x 1,90 m		Operación			18			
Método: Actual/Propuesto		Transporte			6			
Lugar: Nubeflex		Espera			0			
Operario (s): 7		Inspección			1			
Fecha: Fecha:		Almacenamiento			1			
Aprobado por:		Distancia (m)						
Compuesto por: Santiago Bejarano, Juan Jose Andrade, Natalia Romero.		Tiempo (min-hombre)						
Fecha:		Costo						
Fecha:		- Mano de obra						
		- Material						
		Total						
Descripción		Cantidad (unidad)	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Símbolo		Observaciones	
Traer los rollos de tela, tela no teñida v azuata	Acolchadora	1	0,7	5	○	→	Traer en las manos	
Prender la maquina	Acolchadora	1	2		○			
Acomodar los rollos en la maquina	Acolchadora	1	2		○			
Acomodar la maquina respecto al tipo de estampado que hará el teñido	Acolchadora	1	0,56		○			
Maquina acolchando automatica	Acolchadora	1	2,25		○		Proceso visto por unidad	
Coer el rollo de tela acolchada v subirlo por la polea al segundo piso	Acolchadora	1	3,8	4,19	○	→	Con ayuda de la polea	
Coer el rollo de tela acolchada que lleza del primer piso	Cortadora de piezas	1	0,5		○			
Prender la maquina	Cortadora de piezas	1	1		○			
Acomodar el rollo en la maquina	Cortadora de piezas	1	1		○			
Maquina cortando piezas automatica	Cortadora de piezas	1	1,07		○			
Revisar si tiene problemas de calidad	Cortadora de piezas	1	1		□			
Llevarlo a la maquina de cuello largo	Cortadora de piezas	1	0,65		○	→		
Coger las piezas buenas y pasarlas al area de corte de esquinas	Cortadora de piezas	1	0,3	1	○		Llevar en las manos	
Tender el protector encima de la mesa entre dos operarias	Cortadora de esquinas	1	0,33		○			
Recortar las esquinas de cada pieza de protector	Cortadora de esquinas	1	2,47		○			
Realizar reporte de unidades con y sin reprocesos	Cortadora de esquinas	1	0,5		○			
Trasladar los protectores al area de fileteado en el tercer piso	Cortadora de esquinas	1	3,4	4,19	○	→	Llevarlos en las manos	
Coer los resortes e hilos del almacen de materia prima	Fileteado	1	0,85	16	○			
Alistar la maquina fileteadora	Fileteado	1	1		○			
Coer unidades de piezas de protector con esquinas va cortadas	Fileteado	1	0,4		○			
Coer el Resorte v unir las esquinas de los protectores	Fileteado	1	3,91		○			
Coer los protectores v llevarlos a la siguiente area	Fileteado	1	0,58	2	○	→	Llevarlos en las manos	
Traer del almacen de materias primas los empaques	Empaque	1	3	16	○			
Recoer un protector v doblarlo	Empaque	1	0,3		○			
Meter el protector en el empaque	Empaque	1	0,67		○			
Dejarlos en el almacen de producto terminado	Empaque	1	1	8	○	▽		
Total			34,59	56,38	18	1	6	1

Fig.27.Cursograma analítico propuesto [26]

Para finalizar esta etapa, es importante destacar que, aunque los indicadores de desempeño del tiempo de producción y la cantidad de protectores producidos en unidades no lograron cumplirse en su totalidad, se registraron mejoras significativas del 28% y 42,86%, respectivamente (Ver TABLA XVI). Por otro lado, los indicadores restantes, que incluyen la capacidad de producción por máquina, la cantidad total de producto terminado sin reproceso, y la cantidad total de producto terminado con reproceso, lograron cumplirse satisfactoriamente.

TABLA XVI.
INDICADORES DE DESEMPEÑO BASADOS EN LOS RESULTADOS

Variable	Antes (Muestra etapa medir)	Después (Prueba piloto)	Meta	Cumplimiento
Tiempo de producción (hora hombre)	150 minutos 20 piezas	108 minutos 20 piezas	Mediante la simulación, para cumplir con el objetivo se debe de tardar 22,2 minutos producir 1 lote (20 piezas)	No se cumplió la meta pero se aumentó
Cantidad producida en unidades de los productos protector de colchón	70 protectores al día	100 protectores al día	Nubeflex desea producir 200 unidades diarias	No se cumplió la meta pero se aumento
Capacidad de producción por máquina	La máquina 2 representa el 19% de utilización , máquina 3 representa el 8% de utilización , máquina 4 el 27% de utilización.	Utilización del 44% en la máquina 4 (corte de esquinas)	Buscar que la máquina 4 tenga una mejor utilización de al menos del 40% sin aumentar los costos	Sí, se cumplió la meta
Cantidad total de producto terminado sin reproceso	El 50% del total producido	El 70% del total producido	Aumentar la cantidad de productos sin reproceso para 1 lote (20 piezas) en al menos un 70%.	Sí, se cumplió la meta
Cantidad total de producto terminado con reproceso	El 50% del total producido	El 30% del total producido	Disminuir la cantidad de reprocesos para 1 lote (20 piezas) al menos en un 30%.	Sí, se cumplió la meta

V. CONTROLAR

Para garantizar que Nubeflex mantenga su capacidad de producción sin volver a enfrentar problemas que afecten su eficiencia, el equipo de proyecto ha desarrollado una plantilla en Excel (Ver Anexo 23), organizada en hojas correspondientes a cada mes para llevar un control detallado de la producción. Cada hoja requiere que el operario registre la fecha, el tipo de producto fabricado, la cantidad producida sin problemas de calidad, la cantidad que requirió reprocesamiento, y la producción objetivo "meta". Además, incluye una columna de "variación" que indica con colores si se cumplió exactamente (verde), se superó (azul) o no se alcanzó (rojo) la meta establecida.

También se ha habilitado un espacio para observaciones, donde el operario puede registrar cualquier evento inusual que haya afectado la producción durante el mes, ya sea positiva o negativamente. Estas observaciones permiten comprender mejor los

resultados de producción e identificar áreas de mejora. Por ejemplo, se podría registrar si una máquina se averió y estuvo inoperativa durante un período.

Cada hoja mensual presentará esta misma estructura de información. Finalmente, hay una hoja llamada "COMPARACIÓN", donde el operario puede visualizar un gráfico de barras que muestra la producción a lo largo del tiempo, permitiendo identificar los meses con mejor y peor desempeño. La línea de meta también está representada en el gráfico. Las observaciones registradas en cada mes ayudan a entender los factores que contribuyeron a los cambios en la producción, ya sea para alcanzar o no la meta propuesta por la empresa.

El Anexo 23 muestra un ejemplo con los meses de marzo y abril, demostrando el funcionamiento de esta herramienta Excel para facilitar su comprensión y uso por parte del operario.

A continuación, se presenta el gráfico de barras del ejemplo, que ilustra la producción mensual. Este gráfico permite visualizar de manera clara y concisa cómo ha variado la producción a lo largo de los meses, comparando la cantidad producida con la meta establecida por la empresa. Cada barra representa un mes, y la línea de meta se muestra como referencia. Esto facilita la identificación de los meses con mejor desempeño, aquellos que han cumplido o superado la meta, así como aquellos que han tenido un rendimiento inferior.

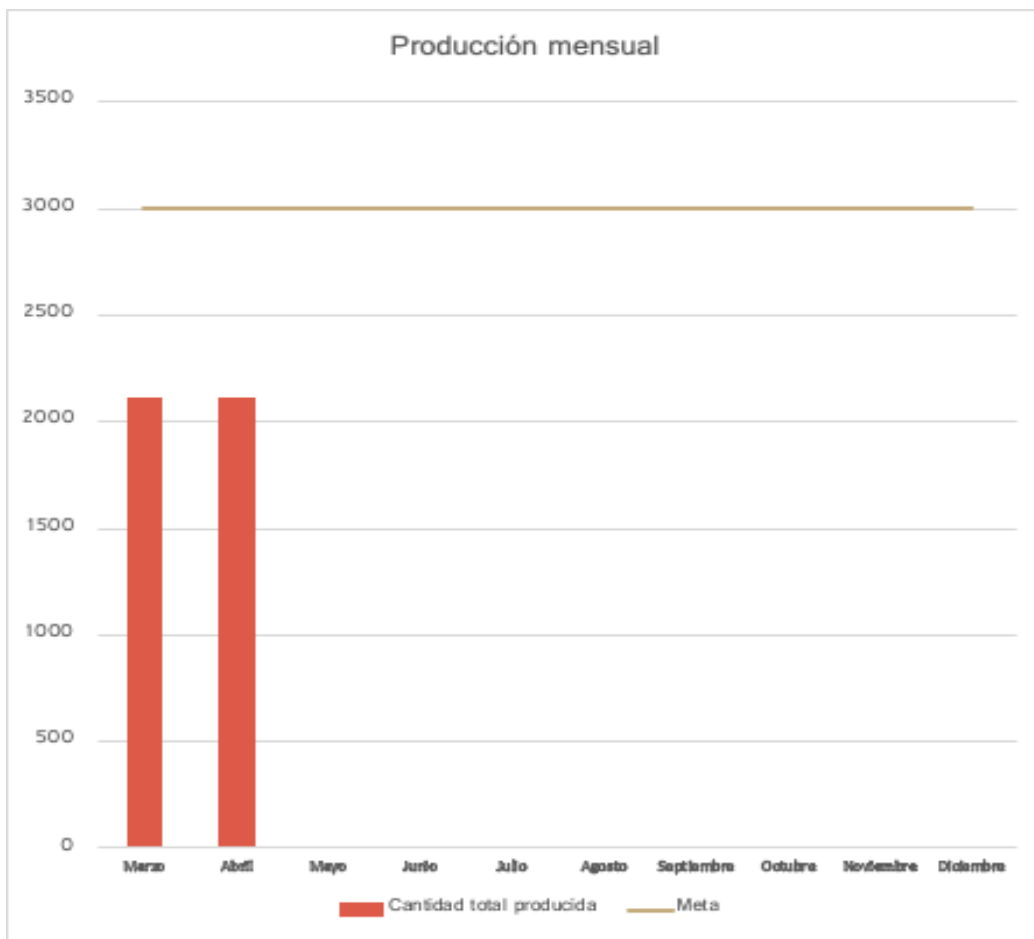


Fig.28. Ejemplo del diagrama de barras de la producción mensual [27]

A. Medición de los impactos

El aumento de la capacidad de producción en Nubeflex representa un paso importante hacia su meta de exportación a Perú, ya que contribuye significativamente a fortalecer su estructura financiera. Este crecimiento también ha traído consigo impactos positivos en el ámbito ambiental y ergonómico de la empresa.

En el área financiera, Nubeflex emplea a ocho operarios en la producción de protectores de colchón, donde laboran ocho horas/día durante cinco días/semana, pagando a cada uno de ellos el salario mínimo legal vigente, que es de \$1 358 000 mensuales. Esto representa un gasto mensual incluida a la carga prestacional de \$10 864 000 en salarios. En el año 2023, la empresa producía 70 protectores de colchón diarios, de los cuales el 50% requerían reprocesamiento. Para el presente año, la producción aumentó a 100 protectores diarios, con solo el 30% de ellos necesitando reprocesamiento. El costo de producción por protector se mantuvo en \$20 338, mientras que el precio de venta fue de \$78 090 tanto en el año 2023 como en la actualidad, las ventas diarias generaban \$5 446 300, cifra que aumentó en un 43%, alcanzando un valor de ventas por \$7 809 000. El producir 30 unidades más que el año anterior significó un costo de \$610 140, [ver anexo 25]

Mediante los TPY (Throughput Yield) realizados [Ver anexo 25]. En el año 2023, el RTY (Throughput Yield) fue del 50%. Esto significa que la mitad del salario total, equivalente a \$5 868 280, se destina al pago de operarios por unidades reprocesadas. Mientras que, en el presente año, con el nuevo sistema, el RTY aumentó al 70%, lo que representa un incremento del 20%. Ahora, solo \$3 259.000 del salario total se destinan al pago por unidades reprocesadas.

Este cambio demuestra una mayor rentabilidad para Nubeflex. La empresa está utilizando sus recursos de manera más efectiva, lo que se traduce en un impacto positivo en su operación. Adicionalmente, la productividad de Nubeflex mejoró significativamente, pasando de 1,09 en 2023 a 1,56 en 2024, representando un incremento del 47%.

En términos ambientales, la implementación de celdas de manufactura y las primeras tres S de las 5S ha mejorado notablemente la gestión de los residuos generados durante el proceso de producción. Antes, estos residuos se desperdiciaban, dificultando su reutilización y generando desechos innecesarios. Ahora, con una mejor organización y limpieza, se ha logrado un mejor uso de los residuos. Por ejemplo, los recortes de tela que antes se descartaron ahora se reutilizan para rellenar cojines y almohadas de gama más baja. Esto no solo reduce la cantidad de desperdicios, sino que también promueve una gestión más eficiente de los recursos al darles una segunda vida útil.

En el ámbito ergonómico, estas mejoras han tenido un impacto positivo en el bienestar de los trabajadores. La nueva organización en las áreas de trabajo ha reducido el estrés de los empleados al brindarles un ambiente más ordenado y controlado. Esto se traduce en una mayor sensación de calma y seguridad en el trabajo, lo que contribuye a reducir la ansiedad y la presión diaria. Además, la disminución del estrés también se ha reflejado en el jefe de producción, quien experimenta menos presión al contar con un ambiente de trabajo más eficiente. Asimismo, la operaria encargada de los reprocesos ha visto mejorada su eficiencia y reducido su estrés al disminuir los tiempos de reprocesos, lo que le permite cumplir con los plazos de producción de manera más efectiva.

B. Estandarización de la solución

Para satisfacer la creciente demanda de producción y acercar a la empresa a su objetivo de exportación, se ha desarrollado un manual completo, que detalla los procesos y su descripción a detalle. Este manual se ha diseñado siguiendo el Procedimiento Operativo Estándar (POE). La efectividad de esta estrategia depende en gran medida de que los operarios de la empresa sigan las actividades prescritas en el documento. (Ver Anexo 24). A continuación, se muestra un instructivo que servirá también de apoyo para los operarios en donde se presenta cada celda de manufactura con sus respectivos procesos y la descripción de estas actividades.

TABLA XVII.
INSTRUCTIVO PARA EL PERSONAL OPERATIVO

Celda de manufactura	Proceso	Descripción
1	Acolchado	El operario responsable debe asegurarse de que la máquina acolchadora esté abastecida con las materias primas necesarias, como tela, tela no tejida, guata e hilos. Debe supervisar que la máquina esté correctamente configurada con todos los hilos en su lugar y las telas y la guata bien acomodadas antes de iniciar la producción. Esta máquina tiene la capacidad de fabricar 9 rollos de 50 metros cada día. Durante la producción de cada rollo, el operario debe realizar una inspección continua de la tela acolchada para detectar sobresaltos. Si se identifica algún problema, la máquina se detiene para ajustar la aguja y corregirlo, evitando así problemas de calidad en los productos acabados. Al finalizar cada rollo, el operario debe transportarlo al segundo piso utilizando una polea para que pueda continuar con el siguiente proceso.
2	Corte de piezas	El operario encargado de este proceso debe preparar la máquina para recibir el rollo de tela acolchada que viene del proceso anterior. Mientras el operario de la máquina acolchadora sube el rollo utilizando la polea, el operario de corte de piezas lo recibe y lo acomoda en la máquina para iniciar el proceso de corte. Durante este proceso, el operario debe realizar una inspección continua de las piezas de protector para identificar cualquier problema de calidad. Cada vez que una pieza esté lista, el operario debe clasificar utilizando <i>stickers</i> y separar las piezas que necesitan reprocesos en una columna aparte.
	Corte de esquinas	Las operarias de este proceso recogen las piezas de protector que no necesitan reprocesos y comienzan cortando las esquinas. Posteriormente, recogen los protectores que han sido reprocesados en la máquina de cuello largo y cortan sus esquinas. Durante este proceso, realizan una inspección adicional para asegurarse de que los protectores no presenten ningún otro problema de calidad antes de continuar con el proceso.
	Maquina de cuello largo	La operaria debe recolectar las piezas de protector que fueron clasificadas con el <i>sticker</i> , las cuales estarán agrupadas en una columna específica. Luego, procede a realizar el proceso necesario para corregir los sobresaltos que se hayan generado en estas piezas.
3	Fileteado	Las operarias de esta área reciben las piezas de protectores de colchón que han sido subidas por las operarias del proceso anterior. Utilizan resortes para unir las esquinas de cada protector y van dejando los protectores que van quedando listos en una columna organizada.
	Empaque	La operaria de esta área recoge los protectores que van quedando listos y las bolsas de almacenamiento del almacén de materias primas. Realiza una última inspección al abrir el protector para asegurarse de que no esté sucio ni presente problemas de calidad. Finalmente, empaqueta los protectores en las bolsas.

El siguiente es un instructivo diseñado para guiar a los operarios de Nubeflex en la implementación de las primeras tres S de las 5S: Seiri (Clasificación), Seiton (Organización) y Seiso (Limpieza). Estas acciones forman parte de un cambio cultural en la empresa, buscando mejorar la eficiencia, la seguridad y el orden en todas las áreas de producción. Es fundamental que cada

operario esté familiarizado con este instructivo y lo ponga en práctica en su día a día para lograr los objetivos de la implementación de las 3S.

*TABLA XVIII.
INSTRUCTIVO PARA EL PERSONAL OPERATIVO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS 3S*

Área de Producción	Seiri (Clasificación)	Seiton (Organización)	Seiso (Limpieza)
Acolchado	Clasificar y organizar los materiales necesarios para el acolchado	Organizar las herramientas de trabajo para facilitar su acceso	Limpiar diariamente la máquina acolchadora para mantenerla en óptimas condiciones
Corte de Piezas	Clasificar las piezas según su estado (buen estado, reproceso)	Organizar las piezas cortadas en áreas designadas para su posterior procesamiento y también organizar aquellas cosas que no se van a utilizar o que no hacen parte del proceso.	Limpiar la máquina de corte y mantener el área libre de desechos para prevenir que las piezas de protectores cortadas se ensucien.
Corte de Esquinas	Clasificar las piezas cortadas que requieren corte de esquinas en áreas designadas según su estado (por cortar, cortadas).	Organizar las piezas cortadas en áreas designadas para su posterior procesamiento y en orden haciendo una pila ordenada, formando una torre	Limpiar las mesas de corte y mantener el área libre de desechos para prevenir accidentes y que se ensucien los protectores
Máquina de Cuello Largo	Clasificar los materiales necesarios para la máquina según su uso	Organizar los materiales cerca de la máquina para un acceso rápido. Al finalizar con un protector que necesita reproceso, este debe ser colocado en una pila ordenada, formando una torre.	Limpiar la máquina y el área circundante. También se debe calibrar la aguja de esta para prevenir problemas de calidad en los productos
Fileteado	Clasificar los protectores según su estado (buen estado, reproceso)	Organizar los protectores listos para el fileteado en áreas designadas y separadas de aquellos que aún no han sido procesados. Mantener todos los protectores, tanto los que han sido fileteados como los que no, en una pila ordenada, formando una torre	Limpiar las mesas de trabajo y las máquinas. Mantener el área libre de desechos para un proceso de fileteado eficiente

Empaque	Clasificar los protectores fileteados en áreas designadas según su estado (listos para empaque, en espera de empaque).	Mantener los materiales de empaque (bolsas, etiquetas, etc.) en un lugar designado y ordenado, de fácil acceso para el operario	Limpiar las mesas de trabajo y mantener el área libre de desechos para un proceso de empaque eficiente
---------	--	---	--

C. Conclusiones

- Anteriormente, de los 3 639 protectores de todos los tamaños que se producían al mes, 1 594 unidades correspondían a protectores de tamaño doble. Ahora, se ha logrado una producción mensual aproximada de 2 400 unidades, lo que ha permitido aumentar la producción de protectores de colchón dobles a 806 unidades. Estas unidades adicionales pueden ser destinadas a la exportación. Este aumento en la producción se debe a la reducción de los tiempos de ocupación en maquinaria clave, como la cortadora de esquinas y las fileteadoras, que han mejorado en un 6,1% y un 19% respectivamente.
- Mediante el diseño del VSM, las celdas de manufactura y las otras herramientas de manufactura, se hizo un esquema mejorado del proceso de producción; donde, mediante de la prueba piloto, se logró reducir el porcentaje de unidades de protectores con problemas de calidad del 50% al 30% con las mejoras implementadas. En el proceso de acolchado, el operario ahora supervisa continuamente la máquina para identificar y corregir problemas de calidad, como los sobresaltos de hilos, lo que ha permitido reducir los tiempos de reproceso.
- Gracias a la implementación de herramientas lean en el proyecto, como las 3S y las celdas de manufactura, se logró aumentar la producción diaria de protectores de colchón de 70 a 100 unidades. Esto le permitió a la empresa poder iniciar con esta cultura de orden y limpieza que todos los empleados de Nubeflex han empezado a conocer e implementar. Esta iniciativa no solo ha reducido los desperdicios, sino que ha permitido reutilizar los recortes de esquinas para rellenar cojines, manteniendo las áreas de trabajo organizadas.

La reorganización de las celdas de manufactura también mejoró significativamente la producción dentro de la empresa. Se trasladaron dos operaciones, el corte de esquinas y la máquina de cuello largo para reprocesos, del tercer piso al segundo. Esta disposición mejoró el flujo de producción en donde los protectores clasificados para reprocesos se envían a la máquina de cuello largo, mientras que los que están en buen estado pasan directamente al corte de esquinas. Siguiendo a esto aquellos protectores que ya habían sido reprocesados continuaban con el proceso de corte de esquinas.

- En el corte de piezas, el operario clasifica de manera eficiente los protectores con problemas de calidad y los que no los tienen, agilizando el proceso de inspección y clasificación. Además, la máquina de cuello largo ahora opera de manera más sincronizada con el corte de esquinas, ya que las unidades con problemas de calidad se envían para su corrección mientras que las unidades sin problemas avanzan al siguiente proceso. Esta mejora ha acelerado significativamente el

proceso, ya que la operaria de la máquina de cuello largo no necesita esperar a que todas las unidades estén listas para el corte de esquinas, lo que agiliza la producción y reduce los tiempos de espera.

- Este logro permitirá a Nubeflex maximizar sus ganancias al realizar ventas internacionales. Por cada protector de colchón vendido al socio de Perú, el precio unitario es de \$48 000 pesos colombianos, lo que significa una ganancia mensual de \$38 688 000 pesos colombianos.
- A pesar de aumentar la producción de protectores de colchón de 70 a 100 unidades diarias, la empresa logró mantener el costo de producción por protector constante en \$20.338. Esto permitió demostrar una mayor eficiencia en la utilización de recursos. y el obtener un incremento del 20% en el RTY (Throughput Yield) representó una disminución muy importante en recursos de capital y energía para elaborar unidades reprocesadas.

D. Recomendaciones

- Se recomienda preservar los tiempos de proceso actuales para garantizar que las fluctuaciones en este factor no afecten la cantidad de producción mensual a lo largo del tiempo.
- Se recomienda considerar la implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la máquina acolchadora como parte de un futuro proyecto. Esto implicaría realizar las mejoras necesarias en la máquina para evitar el desajuste de las agujas, lo que contribuiría a mejorar la eficiencia y la calidad en el proceso de producción.
- Se recomienda continuar con el esfuerzo y compromiso en la implementación de la cultura de las 3S que se está llevando a cabo en la empresa. Este enfoque sistemático y organizado no solo mejora la eficiencia, sino que también fomenta un ambiente de trabajo más seguro y productivo. A medida que la empresa se familiarice y domine las 3S (Seiri - Organización, Seiton - Orden, y Seiso - Limpieza), será beneficioso comenzar a introducir las dos S restantes (Seiketsu - Normalización, y Shitsuke - Disciplina) para completar la metodología 5S. Esto permitirá a la empresa alcanzar un nivel superior de organización, eficiencia y productividad. Puesto que, la implementación exitosa de las 5S requiere tiempo, paciencia y un compromiso constante con la mejora continua.
- Se recomienda a la empresa seguir trabajando para mejorar el tiempo de producción por hora hombre. Actualmente, se tarda 108 minutos en producir un lote de 20 piezas, lo cual representa una mejora significativa respecto a los 150 minutos que tomaba anteriormente. Aunque este avance es notable, se sugiere continuar buscando formas de mejorar el proceso para alcanzar la meta establecida de 22,2 minutos.
- Se recomienda a la empresa continuar trabajando en el aumento de la cantidad producida de protectores de colchón. Actualmente, se logra producir 100 unidades al día, lo que representa un avance significativo respecto a las 70 unidades diarias que se producían antes de implementar este proyecto. Sin embargo, dado que la meta de la empresa es

alcanzar las 200 unidades diarias, se sugiere seguir buscando mejoras en el proceso para aumentar la eficiencia y lograr este objetivo.

- Se recomienda utilizar el procedimiento utilizado para el diseño del aumento de la de producción en los protectores en los demás productos que maneja la empresa. empleando cada una de las técnicas y prácticas utilizadas en el proceso de producción para los protectores de colchón

V.GLOSARIO

Guata: es un material suave y esponjoso utilizado en textiles y acolchados para proporcionar suavidad y aislamiento térmico.

Cross Lapper: Máquina que sirve para doblar y pavimentar la malla después de peinar uniformemente en cierto ancho y grosor, luego transferirlo al siguiente procedimiento después de la presurización. Se utiliza para la obtención en el proceso de fabricación de la guata.

Máquina Acolchadora: En el contexto de la producción de productos textiles de descanso, es un equipo utilizado para la fabricación de colchones y otros productos similares.

Maquina Fileteadora: Realiza los acabados en los bordes para proporcionar una costura limpia y duradera.

Maquina cuello largo: Realiza tejidos muy específicos, donde realiza bordes más finos en patrones más complejos de la tela

Just in Time: Es un enfoque de gestión, tanto de inventario como de producción. Se centra en la entrega de productos o servicios en el momento y la cantidad necesarios, con el fin de eliminar desperdicios y minimizar el inventario.

OEE: Es un indicador clave de rendimiento utilizado para medir la eficiencia de un proceso de producción, la cual proporciona información sobre la utilización del tiempo de producción y el desempeño de las máquinas en cuestión de disponibilidad.

VI. REFERENCIAS

[1] “Comunicado de Prensa - Dane,” Resultados EMMET, EMC, EMS, EMA y MTA, <https://www.dane.gov.co/files/comunicados/comunicado-economicas-marzo-2022.pdf> (accessed Sep. 7, 2023).

[2] “Producto Interno Bruto (PIB) nacional trimestral,” Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica> (accessed Sep. 7, 2023).

[3] D. M. Pinzon, Ed., “FICHA METODOLÓGICA IPI - ÍNDICE DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL,” Dane, <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/indice-de-produccion-industrial-ipi> (accessed Sep. 7, 2023).

[4] Nubeflex, Pareto productos Nubeflexs (Formato Excel – Anexo 1)

- [5] Nubeflex, Mapa de procesos de Nubeflex (Formato pptx – Anexo 2)
- [6] Nubeflex, Simulación exportación a Perú (Formato Excel – Anexo 3)
- [7] NUBEFLEX, Tiempos maquinas Nubeflex 2 lotes (Formato Excel - Anexo 6)
- [8] NUBEFLEX, SIPOC (Formato excel - Anexo 7)
- [9] NUBEFLEX, Proceso elaboración protector de colchón (Formato JPG - Anexo 8)
- [10] NUBEFLEX, Diagrama causa y efecto de la oportunidad de Nubeflex (Formato Excel - Anexo 9)
- [11] Meyer, Heiko. 2009. “Core Function—Order Processing.” Chap. 6 in Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment. 1st ed. New York: .
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071623834/chapter/chapter6>
- [12] Kevin Orlando Condeso Carrizales Industrial Engineering Program et al., “A combined model of lean manufacturing tools to increase efficiency in a Peruvian textile company: Proceedings of the 8th International Conference on Industrial and Business Engineering,” ACM Other conferences, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3568834.3568892> (accessed Nov. 5, 2023).
- [13] S. Wei, Y. Ma, R. Li, and L. Hu, “Toward Smart Manufacturing: Key Technologies and Trends Driving Standardization,” IEEEExplore, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9465776> (accessed Nov. 13, 2023).
- [14] L. Minh, L. Hlavaty, P. Bilik, and R. Martinek, Enhancing manufacturing excellence with Lean Six Sigma and zero defects based on Industry 4.0.,
- [15] H. Shi, X. Chen, J. Zhang, and Y. An, “Integrated condition-based maintenance and quality improvement model for deteriorating single-machine manufacturing systems considering condition indicator,” IEEEExplorer, <https://ieeexplore.ieee.org/search/advanced> (accessed Nov. 13, 2023).
- [16] B. S. Alanya, D. E. Dextre, V. H. Nuñez, G. E. Marcelo, and J. C. Alvarez, “Improving the cutting process through lean manufacturing ... - IEEE xplore,” IEEEExplorer, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9309992> (accessed Nov. 13, 2023).
- [17] S. B. Silva, A. Flores, and J. C. Alvarez, “TPM, SMED and 5S model to increase efficiency in an ... - IEEE xplore,” IEEEExplorer, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9953721/> (accessed Nov. 13, 2023).
- [18] NUBEFLEX, VSM ACTUAL Y FUTURO (Formato Excel - Anexo 12)
- [19] 2023208 - Anexo 13. Flujo para la implementación 3S (Formato Excel - Anexo 13)
- [20] A. Figueroa, “Lean Manufacturing”, posgrado manufactura, Universidad Javeriana, Cali, 03 de abril del 2024.
- [21] 2023208 - Anexo 15. Hoja 3S (Formato Excel - Anexo 15)
- [22] 2023208 - Anexo 17. Celdas de Manufactura (Formato Excel - Anexo 17)
- [23] 2023208 - Anexo Anexo 18. Planos PD Nubeflex (Formato Excel - Anexo 18)
- [24] 2023208 - Anexo Anexo 19. Diagrama de Flujo del Material Actual (Formato Drawio - Anexo 19)
- [25] 2023208 - Anexo 21. Diagrama de Flujo del Material Futuro (Formato Drawio - Anexo 20)

[26] 2023208 - Anexo 22. Cursograma Analítico Nubeflex (Formato Excel - Anexo 22)

[27] 2023208- Anexo 23. Control del proceso Nubeflex (Formato Excel - Anexo 23)

VI. ANEXOS

*TABLA XIX.
TABLA DE ANEXOS*

No. Anexó	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2023208 - Anexo 1. Pareto productos Nubeflex	Propio	Excel
2	2023208 - Anexo 2. Mapa de procesos de Nubeflex	Terceros	pptx
3	2023208 - Anexo 3. Simulación exportación a Perú	Terceros	Excel
4	2023208 - Anexo 4. Encuesta a los grupos de interés	Propio	Word
5	2023208 - Anexo 5. Plan para Recolección de Datos (PRD)	Propio	Excel
6	2023208 - Anexo 6. Tiempos maquinas Nubeflex 2 lotes	Propio	Excel
7	2023208 - Anexo 7. SIPOC	Propio	Excel
8	202308 - Anexo 8.- Proceso elaboración protector de colchón	Propio	JPG
9	202308 - Anexo 9.- Diagrama causa y efecto de la oportunidad de Nubeflex	Propio	Excel
10	202308 - Anexo 10.- CAUSAS ELEGIDAS POR EL DUEÑO DE LA EMPRESA Y EL GRUPO DE PROYECTO	Propio	Word
11	202308 - Anexo 11.- MATRIZ AHP	Propio	Excel
12	202308- Anexo 12.- VSM ACTUAL Y FUTURO	Propio	Drawio
13	2023208 - Anexo 13. Flujo para la implementación 3S	Propio	Excel

14	2023208 - Anexo 14. Entrevista Jefe producción 3S	Propio	Word
15	2023208 - Anexo 15. Hoja 3S	Propio	Excel
16	2023208- Anexo 16. Matriz de Versatilidad Polivalencia Lean Manufacturing AFC	Propio	Excel
17	2023208 - Anexo 17. Celdas de Manufactura	Propio	Excel
18	2023208- Anexo 18. PLANOS PD NUBEFLEX	Terceros	Excel
19	2023208- Anexo 19 Diagrama de Flujo del Material Actual	Propio	Drawio
20	2023208- Anexo 20. Nuevos Tiempos maquinas Nubeflex	Propio	Excel
21	2023208- Anexo 21. Diagrama de Flujo del Material Futuro	Propio	Drawio
22	2023208- Anexo 22. Cursograma Analítico Nubeflex	Propio	Excel
23	2023208- Anexo 23. Control del proceso Nubeflex	Propio	Excel
24	2023208- Anexo 24.POE NUBEFLEX	Propio	Excel
25	2023208-Anexo 25. Impacto financiero	Propio	Excel