

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

Propuesta de Optimización de un Centro de Trabajo crítico de una empresa de producción textil, ubicada en la ciudad de Quito usando la Teoría de Restricciones

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA DE LA PRODUCCIÓN

MARÍA VICTORIA IZURIETA MERCHÁN

maria.izurieta@epn.edu.ec

DIRECTOR: VICTOR HIPÓLITO PUMISACHO ÁLVARO

victor.pumisacho@epn.edu.ec

DMQ, julio 2024

CERTIFICACIONES

Yo, MARÍA VICTORIA IZURIETA MERCHÁN declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

MARÍA VICTORIA IZURIETA MERCHÁN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por MARÍA VICTORIA IZURIETA MERCHÁN, bajo mi supervisión.

VICTOR HIPÓLITO PUMISACHO ÁLVARO
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

MARÍA VICTORIA IZURIETA MERCHÁN

VICTOR HIPÓLITO PUMISACHO ÁLVARO

DEDICATORIA

A mis padres quienes son mis mejores amigos y un pilar fundamental en mi vida.

Mi madre que nunca se rindió conmigo y siempre me impulsó mejorar.

Mi padre que nunca falló al darme su apoyo y consejo cuando enfrenté dificultades.

A mis hermanos que son mi inspiración y ejemplo a seguir.

Mi hermano Edgar, quién es mi referente de dedicación y excelencia.

Mi hermano Darío, quién es mi referente de creatividad y perseverancia.

A mi familia, a quiénes amo con todo mi corazón y por quiénes me levanto cada día.

A mis tres pequeñas princesas, que alegran mi vida y la completan.

Mis dos príncipes, que siempre están para animarme.

A mi amigo, Jonathan Puente, en quien confío y a quién quiero como a un hermano.

A mi padrino, Henry Naranjo, de quién nunca me faltó cariño y consejo.

A mi amiga, Caro Narváez, quien siempre me ha brindado una amistad reconfortante.

A mis amigos y futuros colegas, especialmente a Heidy, Erika, Marjori, Ariel, Emily, Paola y Jajaira; quienes me han acompañado en los buenos y malos momentos, y con quienes compartí las experiencias maravillosas de esta etapa.

A mis estimados profesores, quiénes han compartido su conocimiento y experiencia guiándonos con paciencia y dedicación en un camino de crecimiento profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a mis padres, Edgar Izurieta y Eva Merchán, quienes me brindaron su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida; y, cuyo sacrificio y consejo me permitió lograr esta meta. Su educación y dedicación con nosotros se refleja en quienes somos, las virtudes y los logros que tenemos; y, este trabajo es solo uno más de los frutos de su perseverancia. Gracias por creer en mí, los amo.

Igualmente, quiero agradecer a mis hermanos, Edgar Izurieta y Darío Izurieta, quienes me han demostrado su amor toda la vida y en quienes sé que pueda confiar en cualquier momento. Ustedes siempre me inspiran a ser mejor, más dedicada, más comprometida, más creativa y arriesgada. Este trabajo no hubiese sido posible sin su apoyo y asistencia. Los amo mucho. Gracias por su ayuda.

Extiendo mi gratitud a mi querido docente y tutor de tesis, Víctor Hipólito Pumisacho Álvaro, por su guía, constancia, dedicación y paciencia durante este proyecto. Sus enseñanzas, consejos y apoyo fueron fundamentales para poder completar esta investigación y, el conocimiento que ha compartido con nosotros a lo largo de estos años es una base sólida para nuestra carrera profesional.

Agradezco a la fábrica textil, denominada "ABC", y a Adriana Paulina Saltos Ramos, por abrirme sus puertas para completar la presente investigación y, otorgarme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos generando propuestas de optimización a su sistema productivo con la metodología TOC. Sin su apertura y constante apoyo este trabajo no sería posible, espero que mis resultados puedan aportar a su desarrollo y crecimiento; quedo a su completa disposición para cualquier consulta o requerimiento hacia mi persona.

Finalmente, agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera tan bonita como lo es la Ingeniería de la producción, por brindarme los recursos para prepararme y desarrollarme como futura ingeniera; y, por reconocer mis esfuerzos y logros académicos.

Este trabajo es un logro que dedico a todas las personas que me han acompañado en esta etapa de mi vida. Gracias a todos por su compañía y cariño. Seguiré esforzándome para mantener en alto nuestro orgullo politécnico y lograr cada uno de mis sueños.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. ALCANCE	3
1.4. MARCO TEÓRICO	4
1.4.1. Teoría de Restricciones.....	4
1.4.1.1. Restricciones	4
1.4.1.2. Principios de la TOC	5
1.4.1.3. Aplicación de la TOC	6
1.4.1.3.1. Sistemas de tambor-amortiguador-cuerda	8
1.4.1.4. Mejora Continua con la TOC.....	8
1.4.1.4.1. Indicadores de desempeño de la TOC.....	9
1.4.2. Lean Manufacturing.....	11
1.4.2.1. Herramientas Lean en la TOC.....	12
1.4.2.1.1. VSM.....	13
1.4.2.1.2. Las 5S.....	14
1.4.2.1.3. Kanban	16
1.4.3. Sistemas de Producción	17
1.4.3.1. Tipos de sistemas de producción	17
1.4.3.2. Entorno de producción	18
1.4.3.3. Lote de producción.....	19
1.4.4. Simulación en la mejora continua	20
1.4.4.1. Simulación	20
1.4.4.2. Tipo de modelos de simulación	21
1.4.4.3. Herramientas de simulación	21
1.4.4.4. Aplicaciones en la Industria Manufacturera	22
1.4.5. Cadena de Valor.....	23
2. METODOLOGÍA	24
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1.1. Enfoque.....	24
2.1.2. Alcance.....	25
2.1.3. Población.....	26
2.1.3.1. Muestreo.....	26
2.1.3.1.1. Unidad de muestreo o análisis.....	26
2.1.3.1.2. Tipo de muestra.....	26
2.2. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	27

2.2.1.	Fuente de datos.....	27
2.2.2.	Técnica de investigación	28
2.2.3.	Instrumentos de investigación y registro.....	28
2.2.4.	Tiempo de recolección.....	29
2.2.5.	Plan de recolección de datos y análisis	29
2.2.5.1.	Muestreo para levantamiento de información.....	30
2.2.5.2.	Medición de capacidad de producción	30
2.2.5.2.1.	Técnicas de Medición	31
2.2.5.2.1.1.	Estudio de tiempos.....	31
2.2.5.2.1.1.1.	Levantamiento de proceso productivo	32
2.2.5.2.1.1.2.	Medición de tiempos.....	32
2.2.5.2.1.1.2.1.	Medición preliminar.....	32
2.2.5.2.1.1.2.2.	Medición complementaria	33
2.2.5.2.1.1.3.	Determinación de estándares	33
2.2.5.2.2.	Análisis de resultados de medición.....	34
2.2.5.3.	Análisis en Simulación de escenarios	34
3.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
3.1.	RESULTADOS	36
3.1.1.	Descripción de empresa textil “ABC”	36
3.1.1.1.	Contexto comercial y productivo	36
3.1.1.2.	Cadena de valor.....	37
3.1.1.3.	Operaciones.....	38
3.1.1.4.	Sistema de producción.....	40
3.1.2.	Proceso de producción empresa textil “ABC”.....	40
3.1.2.1.	Descripción del proceso.....	40
3.1.2.1.1.	Corte	42
3.1.2.1.2.	Paqueteo.....	43
3.1.2.1.3.	Confección	45
3.1.2.1.4.	Pulido y terminado.....	49
3.1.2.2.	Determinación de muestra	52
3.1.2.3.	Capacidad de producción.....	54
3.1.2.3.1.	Medición de capacidad	54
3.1.2.3.1.1.	Muestra de levantamiento de información	54
3.1.2.3.2.	Determinación de estándares de capacidad	55
3.1.2.4.	Análisis de desempeño inicial	57
3.1.3.	Aplicación de la TOC.....	60
3.1.3.1.	Identificación de restricción	60
3.1.3.2.	Explotar restricción.....	63
3.1.3.3.	Subordinar el sistema a la restricción.....	69
3.1.3.4.	Elevar desempeño de la restricción	72
3.1.3.5.	Buscar nueva restricción	74
3.1.4.	Estrategias de optimización.....	75
3.1.5.	Propuesta de mejora	78
3.1.5.1.	Análisis de desempeño con propuesta de mejora	83
3.2.	CONCLUSIONES.....	84
3.3.	RECOMENDACIONES.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
	ANEXOS.....	90

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular se centró en la aplicación de la conocida Teoría de Restricciones (Theory of Constraints – TOC) en la empresa textil “ABC”, ubicada en Quito - Ecuador; para lo cual, se requirió la identificación del proceso productivo textil, estudio de tiempos y capacidad e indicadores de desempeño. El principal objetivo de la investigación es optimizar la producción de ropa básica en la empresa “ABC” por medio de la TOC; donde, una vez analizada la situación inicial del sistema, se completaron los pasos de la TOC con el apoyo de herramientas de *Lean Manufacturing* (identificar la restricción, explotar su capacidad, subordinar el sistema, elevar su desempeño y repetir el ciclo) y, se finalizó con el planteamiento de una propuesta de mejora para reducir la restricción encontrada. Adicionalmente, para evaluar las estrategias de mejora propuestas, se utilizó el software de simulación *FlexSim*; por medio del cual se pudo comparar, con aproximaciones, los escenarios de mejora con el inicial ideal. Es importante recalcar que la implementación de la propuesta de mejora está fuera del alcance de la presente investigación; y, las mejoras de desempeño se analizan en la simulación. La estructura del estudio se divide en tres capítulos: Descripción del estudio (Objetivos, alcance y marco teórico); Metodología (Descripción técnica de investigación, recolección y procesamiento de datos); y, Resultados (Descripción y caracterización del sistema productivo, aplicación de la TOC, conclusiones y recomendaciones). El documento concluye con las referencias de investigación y Anexos para complementar la información expuesta.

PALABRAS CLAVE: TOC, restricción, Lean, mejora continua, industria textil, optimización.

ABSTRACT

This research project focused on the application of the well-known Theory of Constraints (TOC) in the textile company "ABC", located in Quito - Ecuador; for which, it was required the identification of the textile production process, study of time and capacity and performance indicators. The main objective of the research is to optimize the production of "basic clothing" in the company "ABC" by the application of TOC methodology; wherein, once the initial situation of the system was analyzed, the steps of TOC were completed with the support of *Lean Manufacturing* tools (identify the constraint, exploit its capacity, subordinate the entire system, raise its performance and repeat the cycle) and, it ended with an improvement proposal to reduce the constraint found. Additionally, to evaluate the proposed improvement strategies, the FlexSim simulation software was used to compare the improvement scenarios with the initial ideal scenario. It is important to emphasize that the implementation of the improvement proposal is beyond the scope of this research; so, the performance improvements are analyzed in the simulation scenarios. The structure of this research project is divided in three chapters: Description of the study (Objectives, scope and theoretical framework); Methodology (Technical description of the research, collection and analysis of data); and Results (Description and characterization of the production system, application of TOC, conclusions and recommendations). The document ends with research references and Annexes to complement the information of the research project.

KEYWORDS: TOC, Constraints, Lean, continuous improvement, textile industry, optimization.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente proyecto busca analizar y proponer mejoras al sistema productivo de una empresa textil por medio de la metodología conocida como “Teoría de Restricciones”, en inglés llamada “Theory of Constraints” (TOC); la cual pretende, la mejora continua de un sistema, en este caso productivo, al identificar las restricciones o limitaciones del mismo y buscar la forma de equilibrarlas, armonizarlas y/o mitigarlas en el sistema. Además, con este modelo de solución, se plantea la aplicación de otras herramientas, relacionadas al mejoramiento de productividad, para lograr una propuesta de plan de acción que mejora la productividad, mientras reduce desperdicios de tiempo y movimiento.

El presente estudio explora la industria textil, clasificada dentro del sector de manufactura, el cual, según el Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2024) es la segunda actividad económica que mayores ventas tuvo al finalizar el año 2023 y en los primeros cuatro meses del año 2024; así, el sector manufacturero se ha mantenido con una participación en las ventas nacionales de alrededor del 14%, solamente detrás del sector de comercio.

Considerando lo expuesto, para comprender el entorno textil, observar el comportamiento del sector de manufactura es esencial; siendo ello así, se presenta la siguiente gráfica referente a las ventas del sector a nivel nacional:

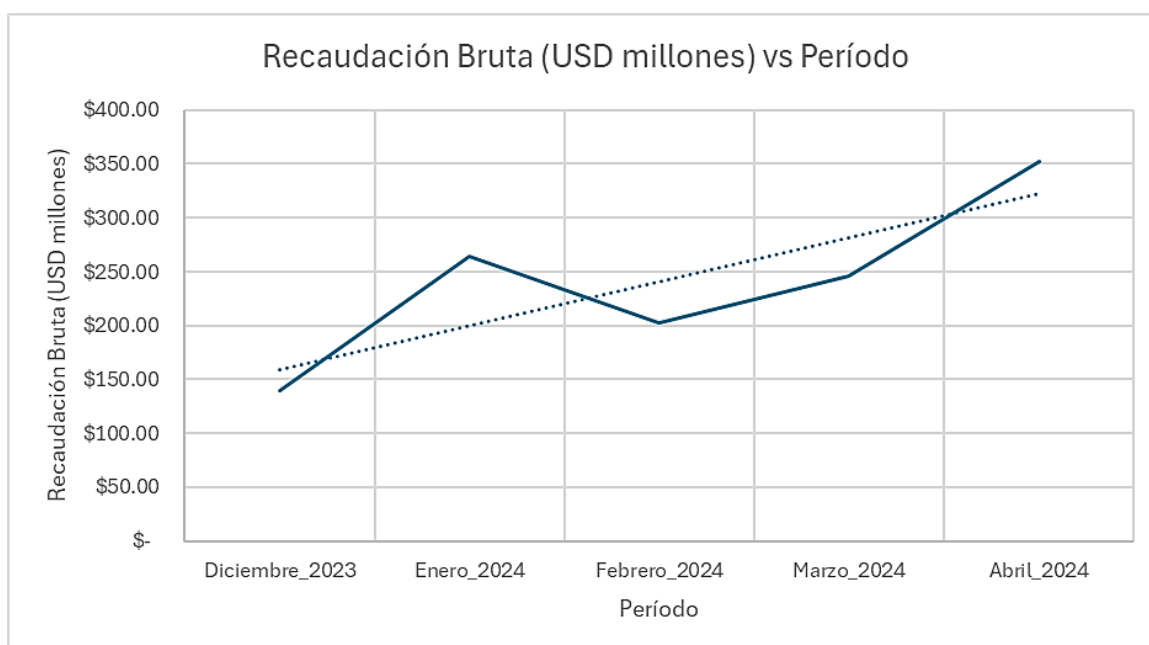


Figura 1.1. Recaudación Bruta (USD millones) vs Período – Sector de manufactura
Fuente de información: Boletines de cifras del sector productivo 2024 (Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca, 2024)

La *Figura 1.1*, muestra una tendencia positiva para el sector en los últimos meses, siendo esto un factor que demuestra crecimiento en el sector. Además, se conoce que para el mes de Abril del año 2024, se reporta un total de 110.304 mil empresas, distribuidas en: 106.128 mil microempresas, 2.088 empresas pequeñas, 1.333 empresas medianas y 755 empresas grandes del sector de manufactura.

Dentro de este conjunto de organizaciones ecuatorianas, se encuentra la industria textil y de confección, en constante crecimiento y, según datos del Banco Central del Ecuador (2020) la mayor presencia está en Pichincha (53%), luego Tungurahua (21%), Guayas (14%) e Imbabura (5%); además, la industria textil resalta como un generador de empleo importante a nivel nacional, registrando en 2022 aproximadamente 172 mil plazas de empleo. Así, la industria textil se ha levantado con el sector manufacturero tras la pandemia, donde se observó un total de ventas de \$1.498 millones, presentando un total de ventas nacionales de \$1.447 millones y \$97 millones en exportaciones según Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (2024).

Siendo esto así, el objeto de estudio se contempla como compañía “ABC”, una empresa ecuatoriana, ubicada en Quito, que produce una gran variedad de productos textiles – confección - de diseño propio y bajo pedido; de manera que, se define una capacidad productiva de 32.000 prendas diarias entre las siguientes: pantalones, camisas, camisetas y chompas. Además, se conoce que la compañía tiene 105 empleados fijos; y, en cuanto al uso de materiales, trabaja con distintos tipos de telas como: índigo, gabardina, planas y de punto. Es importante añadir que, su sistema productivo se organiza por centros de trabajo, entre los cuáles se tiene procesos en común, para todos los productos, como: corte, paqueteo, pulido y planchado; sin embargo, cada producto tendrá, adicionalmente, un módulo individual para confección y terminado de los productos.

Los “cuellos de botella” se pueden encontrar “... en todo tipo de procesos de manufactura, incluyendo procesos por trabajo, procesos en línea y procesos continuos. Como estos procesos difieren en diseño, intención estratégica y asignación de recursos [...] la identificación y administración de cuellos de botella también difiere según el tipo de proceso.” (Krajewski et al., 2013). Así, en este caso de estudio, se tendrá un enfoque por centros de trabajo o *Work Centers* (WC); es decir, que se estudiará el sistema productivo del objeto de investigación en base a los WC comunes, debido a que estos afectan todo el sistema. El proyecto analizará este sistema productivo y reconocerá, cuáles centros de trabajo limitan el rendimiento del mismo; así, se planteará una propuesta, bajo la misma

metodología ampliando el estudio a una identificación de desperdicios, y posibles soluciones para que la organización logre una producción mejorada.

En este componente, se plantea iniciar con una familiarización de los procesos productivos, reconocimiento de productos más rentables con un análisis “ABC”, y, la elaboración de un Value Stream Map (VSM); así, se puede conocer mejor el sistema de producción e iniciar con el ciclo TOC: Reconocer Restricción, Explotar restricción, Subordinar otros procesos, Elevar desempeño de restricción y Repetir el proceso. Así, la simulación permite identificar los cuellos de botella en la producción, señala (Alzubi et al., 2019), mediante tiempos de espera y utilización reflejada. Además, menciona (Janosz, 2018), la TOC requiere la medición de las acciones por implementar con indicadores de rendimiento, inventario y gastos operativos para certificar la mejora esperada por la metodología. Finalmente, el estudio propondrá un plan de acción para mejorar la productividad del objeto de estudio.

1.1. Objetivo general

Optimizar la línea de producción de ropa básica en la compañía textil “ABC” utilizando la metodología TOC.

1.2. Objetivos específicos

1. Identificar los cuellos de botella existentes en el proceso actual de producción de ropa básica.
2. Proponer estrategias de optimización del proceso productivo, mediante la aplicación la TOC y uso de herramientas de simulación.
3. Desarrollar una propuesta de plan de acción con indicadores de desempeño para optimizar la línea de producción de ropa básica de la compañía textil “ABC”.

1.3. Alcance

El presente componente incluye una identificación del proceso productivo en la compañía “ABC” donde se aplicará el estudio, levantamiento de la información relativa a los centros de trabajo, mediciones de tiempos, capacidad e indicadores de desempeño; y, la aplicación de la Teoría de restricciones, que especifica: identificación de restricciones, explotación de restricciones, subordinación de la línea productiva al cuello de botella y planteamiento de

propuesta de mejora que reduzca las restricciones. Por tanto, se reconoce que el estudio parte de la recolección de información en la línea productiva y el respectivo análisis de estos datos con herramientas de la TOC y simulación de escenario original y propuestas de mejora; además, pretende finalizar con una propuesta de plan de acción que al ser aplicado mejoraría el desempeño de la línea de producción textil analizada y la formalización de indicadores de desempeño. Cabe recalcar que la implementación del plan de acción está fuera del alcance del presente estudio académico, pues depende de las decisiones de los líderes de la organización.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Teoría de Restricciones

La Teoría de Restricciones (Theory Of Constraints - TOC), es una metodología propuesta y desarrollada por Dr. Eliyahu Goldratt, a lo largo de los años 80, logrando un rotundo éxito con su aporte a la gestión del área productiva de la época; así, esta filosofía se ve expuesta de forma práctica en su obra “La Meta: un proceso de mejora continua” (E. Goldratt & Cox, 1984), donde se presenta el desarrollo lógico del método y su impacto en un sistema productivo a manera de una novela. Esta obra, en resumen, enfatiza que “Todo sistema tiene un factor limitante o restricción. Centrar los esfuerzos de mejora para utilizar mejor esta restricción suele ser la forma más rápida y eficaz de mejorar la rentabilidad.” (Vorne Industries, 2023). Por tanto, se reconoce que estos factores limitantes definen el ritmo productivo de un sistema y no permiten que este cumpla sus objetivos con efectividad; así mismo, se los puede reconocer como elementos de control, que no permitirán que la compañía tenga infinita producción o ingresos.

1.4.1.1. Restricciones

Un factor limitante o restricción, conocido comúnmente como cuello de botella o *bottleneck*, no tiene una forma específica o una fórmula que la defina; por el contrario, pueden tomar diferentes aspectos en cada organización y su tratamiento es único en cada momento. Según Vorne Industries (2023), las restricciones más comunes son:

- Factores limitantes Tangibles:
 - Maquinaria

- Mano de Obra
 - Inventario
 - Materiales
 - Espacio de Trabajo
 - Entre otros.
- El Mercado como ente regulador de la demanda
 - Políticas internas y externas de la organización (formales e informales)
 - “Paradigmas” – Cultura Organizacional

En las organizaciones, de manera general, se otorga mayor protagonismo a los cuellos de botella tangibles; sin embargo, es importante resaltar que existen restricciones “pasivas” que no se notan a simple vista, pero pueden tener gran impacto al momento de considerarlas dentro del análisis TOC.

Así también, dentro de un sistema productivo, se encuentran otros recursos que funcionan de acuerdo a las restricciones; es decir, que se ven dirigidos por los *bottleneck* y limitados a servir su capacidad. Por tanto, enfatiza Vorne Industries (2023), la eficiencia de estos recursos no limitantes y su gestión es un problema secundario; pues, por definición, manejan un cierto grado de exceso de capacidad, el cual permitirá actuar sobre un cuello de botella para reducir su impacto operativo.

1.4.1.2. Principios de la TOC

Una vez se ha definido la TOC, es importante resaltar sus 7 principios clave que deben estar presentes a lo largo de un análisis de cuellos de botella, según Krajewski (2013) estos son:

- 1) Enfoque en balance de flujo de producción, no en capacidad.
- 2) Maximizar la producción y eficiencia de cada recurso no siempre impacta de la misma forma todo el sistema.
- 3) Una hora pérdida en un *bottleneck* afecta todo el sistema, y una hora ahorrada en un proceso no limitante no mejora la productividad.

- 4) El inventario se necesita solo antes de un cuello de botella.
- 5) El trabajo debe ser enviado a la línea de producción cuando un cuello de botella lo demanda.
- 6) Activar un recurso no limitante no representa mejoras en productividad.
- 7) Toda inversión debe verse desde su impacto global en Rendimiento, Inventario y Gastos Operativos (*Throughput, Inventory and Operating Expenses* - TIOE).

1.4.1.3. Aplicación de la TOC

La aplicación de la TOC se propone en distintos niveles de una organización; sin embargo, en una organización industrial, para incrementar la productividad y desempeño "... el flujo de producción debe ser optimizado en el nivel de piso de fábrica..." (Pozo & Picchiali, 2009) donde los resultados se verán en reducción de stock, tiempos, desperdicios, y, por supuesto, una reducción en los costos relacionados. Considerando esto, según E. M. Goldratt (1993) y Krajewski (2013), existen 5 pasos para lograr reducir y/o eliminar las limitantes de un sistema físico, los cuáles se exponen en la *Figura 1.2*.

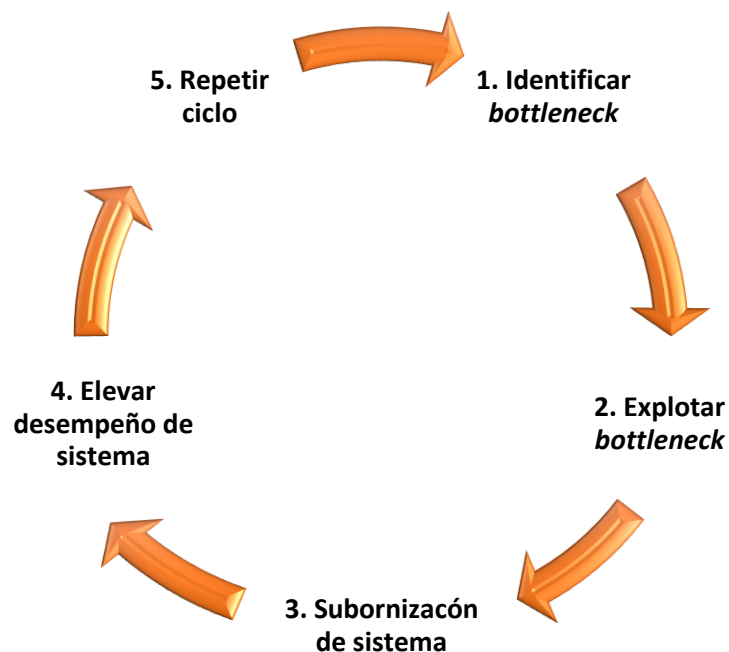


Figura 1.2. Pasos de la TOC
Fuente: Elaboración propia

Estos pasos se detallan a continuación:

1. Identificar la Restricción o “Cuello de Botella”: Analizar el sistema y reconocer el proceso, que limita la producción y/o marca el ritmo productivo. Esto se lo puede hacer mediante indicadores, el más recomendado es la utilización; el cuál se ve descrito por aspectos como la capacidad o tiempo de proceso.
2. Explotar la Restricción: Utilizar los recursos existentes en la restricción para maximizar su capacidad; es decir, monitoreando programación a corto plazo del centro de trabajo, identificado en el paso anterior, asegurándose de que siempre este ocupado maximizando su producción.
3. Subordinar/Sincronizar el sistema a la Restricción: Equilibrar/Armonizar los distintos procesos con el “Cuello de Botella”. Así, como en el paso anterior, se busca establecer un ritmo productivo que maximice la utilización del factor limitante.
4. Elevar el desempeño de la Restricción: Si la restricción sigue existiendo, aplicar más recursos o invertir en mejores que mitiguen/eliminen la restricción. Este paso se puede llevar a cabo mediante la expansión de la capacidad del “cuello de botella” (nuevo equipo, espacio, nuevo personal o aumento de horas de horas de trabajo) y/o rediseño del proceso.
5. Repetir el proceso (Buscar nueva restricción): Una vez eliminada la restricción, la TOC informa que una nueva aparece; por tanto, se debe repetir estos pasos para mantener a la organización competitiva y en constante mejoramiento.

Adicionalmente, para explorar y aplicar los pasos de la TOC, Villaseñor & Galindo (2009) presenta el siguiente valor para evaluar un sistema y las soluciones que la TOC puede otorgar:

- *Lead Time* – Tiempo de entrega del producto al cliente desde que se realiza el pedido.

$$\text{Lead Time} = T. \text{ recepción pedido} + T. \text{ procesamiento de pedido} + T. \text{ despacho} \\ + T. \text{ entrega} \quad [\text{min}]$$

Ecuación 1.1. Lead Time

1.4.1.3.1. Sistemas de tambor-amortiguador-cuerda

Dentro de la filosofía TOC, se encuentra el método de tambor-amortiguador-cuerda (*Drum-Buffer-Rope* – DBR) como un sistema de planeación y control que de la producción; el cual:

“Funciona regulando el flujo de los materiales de trabajo en proceso en el cuello de botella [...] El programa del cuello de botella es el *tambor* porque establece el paso o la tasa de producción [...] El *amortiguador* es el margen de tiempo que planea los flujos previos hacia el cuello de botella y con ello lo protege de interrupciones [...] la *cuerda* representa la liga de la liberación de material al ritmo del tambor [...] es un dispositivo de comunicación para asegurar que la materia prima no se introduzca en el sistema a una tasa mayor de la que puede manejar el cuello de botella.” (Krajewski et al., 2013)

Siendo esto así, el DBR se presenta como una forma de control para mantener al cuello de botella activo, sin interrupciones; y, además, amortiguar la capacidad de la restricción en todo el proceso productivo.

1.4.1.4. Mejora Continua con la TOC

En base a los pasos para reducir las restricciones, señalados anteriormente, se puede reconocer un efecto de mejora continua en un proceso productivo por medio de las TOC como una solución cíclica; ya que, se enfocan directamente en el “problema”, esto es la restricción y la atacan directamente aumentando el desempeño del sistema. De esta manera, se puede armonizar un proceso productivo y evitar desabastos o amplios tiempos muertos en el sistema; los cuales, representan costos y una mala imagen hacia el cliente, debido a largos tiempos de demora. Según el Institute of Management Accountants & Arthur Andersen LLP (1999), los beneficios y usos más conocidos de esta teoría son los siguientes:

- Mejora continua del proceso productivo.
- Reducción de *Lead Time*.

- Reducción de desperdicios en tiempo.
- Mejora de calidad del producto.
- Aumento de rentabilidad.
- Niveles de inventario reducidos.
- Mejora de posición competitiva.
- Facilidad de decisiones operacionales y de estrategias de marketing.

1.4.1.4.1. Indicadores de desempeño de la TOC

Considerando estos antecedentes, se puede completar la definición de la TOC como una metodología que, según el Institute of Management Accountants & Arthur Andersen LLP (1999), concentra la atención de los administradores en los factores que restringen el desempeño del sistema para, continuamente, buscar la mitigación de los mismos y lograr notables mejoras en sus resultados; los cuales, pueden ser medidos y evaluados antes, durante y después de la aplicación de la metodología con indicadores de rentabilidad y desempeño que pueden verse desde aspectos monetarios, de tiempo, inventario e, incluso, desperdicios.

La medición de desempeño en la TOC en el ámbito productivo se define, principalmente, por indicadores operativos resumidos en TIOE, generalmente dados en dólares por día; según el Institute of Management Accountants & Arthur Andersen LLP (1999) y René & Moya (2015) , estos se pueden describir de la siguiente forma:

- *Throughput (T)*

Tasa de producción en relación con el tiempo.

$$T = \frac{\textit{Producción total}}{\textit{Tiempo de procesamiento}}$$

Ecuación 1.2. Throughput

El *Throughput* puede calcularse con valores monetarios considerando las ganancias generadas por medio de las ventas con mención de los costos de materia prima, subcontratación, transporte, comisiones de venta, entre otros rubros que varían con las

ventas. En este caso de estudio, se contempla únicamente el aspecto productivo de la organización; por tanto, no se accedió a información de costos de ventas.

- *Inventory (I)*

En la TOC, el Inventario total incluye el inventario de materia prima y final; pero, se otorga mayor relevancia al tratamiento del Trabajo en Proceso (*Work In Process – WIP*); pues, la metodología TOC busca su reducción mediante la mitigación de los cuellos de botella. El inventario también puede analizarse en dinero, considerando lo pagado por componentes externos a la empresa y utilizados en el proceso de manufactura. En el presente proyecto, se plantea el análisis de WIP en cantidades y tiempo.

- *Operating Expenses (OE)*

Refiere a los recursos monetarios utilizados para convertir el *input* en *output*. Este valor incluirá costos de mano de obra directa e indirecta, materia prima, contratos externos, intereses y depreciación. Este valor monetario puede incluir o excluir valores según sea su funcionamiento; así, para la presente investigación y su fin, se priorizan los costos de mano de obra directa, mano de obra indirecta, materia prima y recursos requeridos por la industria textil.

En base a estos valores, se puede calcular otros indicadores clásicos en la medición del desempeño:

- *Productividad* (en unidades producidas por dólar invertido):

$$Productividad = \frac{T}{OE}$$

Ecuación 1.3. Productividad

- Eficiencia Global de la Planta (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*):

$$OEE = Disponibilidad * Desempeño * Calidad \quad [\%]$$

Ecuación 1.4. Eficiencia Global de la Planta 1

$$OEE = \frac{Tiempo\ de\ Ciclo * (Unidades\ Procesadas - Defectos - Reprocesos)}{Tiempo\ disponible} \quad [\%]$$

Ecuación 1.5. Eficiencia Global de la Planta 2

Estos indicadores permiten a la organización evaluar el estado inicial de la planta del sistema productivo y el impacto generado por la implementación de la metodología TOC en el mismo.

1.4.2. Lean Manufacturing

La filosofía *Lean Manufacturing* o Manufactura esbelta, cuyo origen se atribuye a Taiichi Ohno con la revolución de Toyota, se reconoce por buscar la reducción de desperdicios dentro de un sistema productivo; así, su principal objetivo se presenta como "... generar un aumento en los índices de productividad, eficiencia, competitividad y rentabilidad de las empresas." (Muñoz Guevara et al., 2022) mediante la aplicación de herramientas propias para obtener una producción ajustada con desechos mínimos. En *Lean Manufacturing*, se plantean los siguientes tipos básicos de desperdicios, según Muñoz Guevara et al (2022):

- 1) Sobreproducción
- 2) Tiempo de espera
- 3) Movimientos innecesarios
- 4) Transportes innecesarios
- 5) Sobre inventarios
- 6) Procesos innecesarios
- 7) Defectos y reprocesos
- 8) Desaprovechar el talento humano

A nivel mundial, las empresas que han aplicado la filosofía *Lean* presentan resultados alentadores, Muñoz Guevara et al (2022) enlistan los siguientes ejemplos:

- Reducción en los costos de producción
- Disminución de los inventarios
- Disminución en el área ocupada por la planta
- Aumento de la calidad de sus productos
- Disminución del *lead time*
- Aumento de la eficiencia y de la productividad
- Mermar la rotación del personal
- Aumentar la utilidad del negocio

1.4.2.1. Herramientas Lean en la TOC

De manera general, las herramientas más conocidas de *Lean Manufacturing* para la mejora continua pueden resumirse en la *Figura 1.3* a continuación:

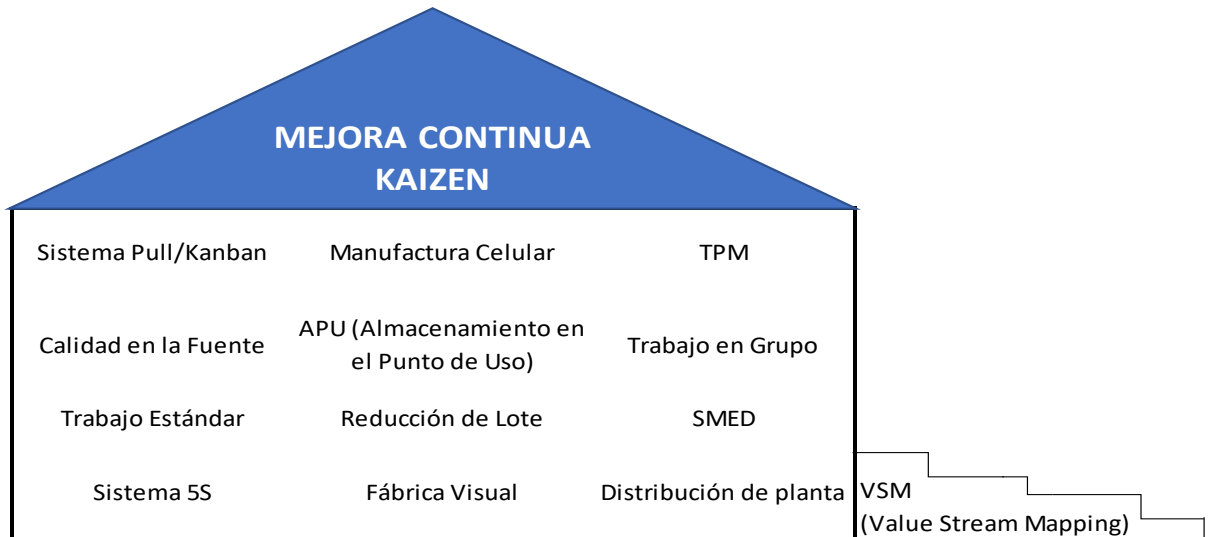


Figura 1.3. Técnicas de Lean Manufacturing para Mejora Continua.

Fuente: Elaboración propia en base a información de Villaseñor & Galindo (2009)

Vorne Industries (2023), describe la combinación de la metodología TOC con la Manufactura *Lean*, resaltando como la primera permite reconocer y priorizar los procesos para mejora y la segunda otorga una gran variedad de herramientas para lograr el objetivo de optimización. Estas herramientas se pueden utilizar dentro de las etapas de aplicación de la TOC, de la siguiente manera, según lo describe el Institute of Management Accountants & Arthur Andersen LLP (1999) y Muñoz Guevara et al (2022):

1. Identificar la Restricción o “Cuello de Botella”:
 - **Matriz de priorización** – Selección de opciones en base a una ponderación previa
 - **Mapeo de Flujo de Valor (Value Stream Mapping – VSM)** – Mapa que permite identificar desperdicios, mostrando el flujo de materiales, información y procesos.
2. Explotar la Restricción:
 - **5S** – Elimina desperdicios generados por mala organización, motivando 5 pasos: Clasificar, Organizar, Limpiar, Estandarizar y Disciplinar. Esta herramienta puede mejorar el desempeño de un cuello de botella y facilitar la identificación del mismo.

- **Estandarización de trabajo** – Documenta las mejoras prácticas laborales, lo cual puede mejorar el desempeño de la restricción y reducir la variación de esta.
3. Subordinar/Sincronizar el sistema a la Restricción:
- **Sistema Pull/Kanban** – Permite regular el flujo de materiales mediante señales visuales claras y sincronizar la producción por medio de la demanda exigida.
4. Elevar el desempeño de la Restricción:
- **Single-Minute Exchange of Die (SMED)** – Método que permite aumentar la utilización de una restricción.
 - **Poka-Yoke** – Detecta y previene errores en la restricción.
 - **Rediseño de flujo de material y trabajo** - Rediseño del sistema de producción para elevar el desempeño de la restricción; esto puede incluir la producción en células de manufactura.
5. Repetir el proceso – buscar una nueva restricción:
- **Kaizen** – Sistema de mejora continua que involucra a todos los miembros en encontrar soluciones para mantener al sistema productivo actualizado con sus restricciones; de manera que, estas se reduzcan paulatinamente y mantengan la producción esbelta perseguida.

Así, las herramientas de la Manufactura Esbelta pueden permitir lograr una aplicación de la TOC mucho más alineada a la mejora continua.

1.4.2.1.1. VSM

Villaseñor & Galindo (2009) presentan al mapa de flujo de valor (Value Stream Map – VSM) como una herramienta de *Lean Manufacturing* caracterizada por contener todas las actividades que agregan o no valor al crear un producto, considerando el flujo de producción de este desde la materia prima hasta el cliente; y, que puede ser utilizada para visualizar el flujo de material en todos los procesos de producción, determinar desperdicios y sus fuentes, plantea las conexiones entre el flujo de material y de información, y, en el presente proyecto, apoya la identificación de cuellos de botella en el sistema productivo.

Así, elaborar este mapa conlleva explorar el piso de producción, conocer cada nivel del proceso, determinar el flujo de material y recolectar datos de capacidad, inventarios, desperdicios, entre otros; los cuáles, luego serán analizados y ordenados en el VSM, cuyos íconos se resumen en la *Figura 1.4* (Villaseñor & Galindo, 2009).

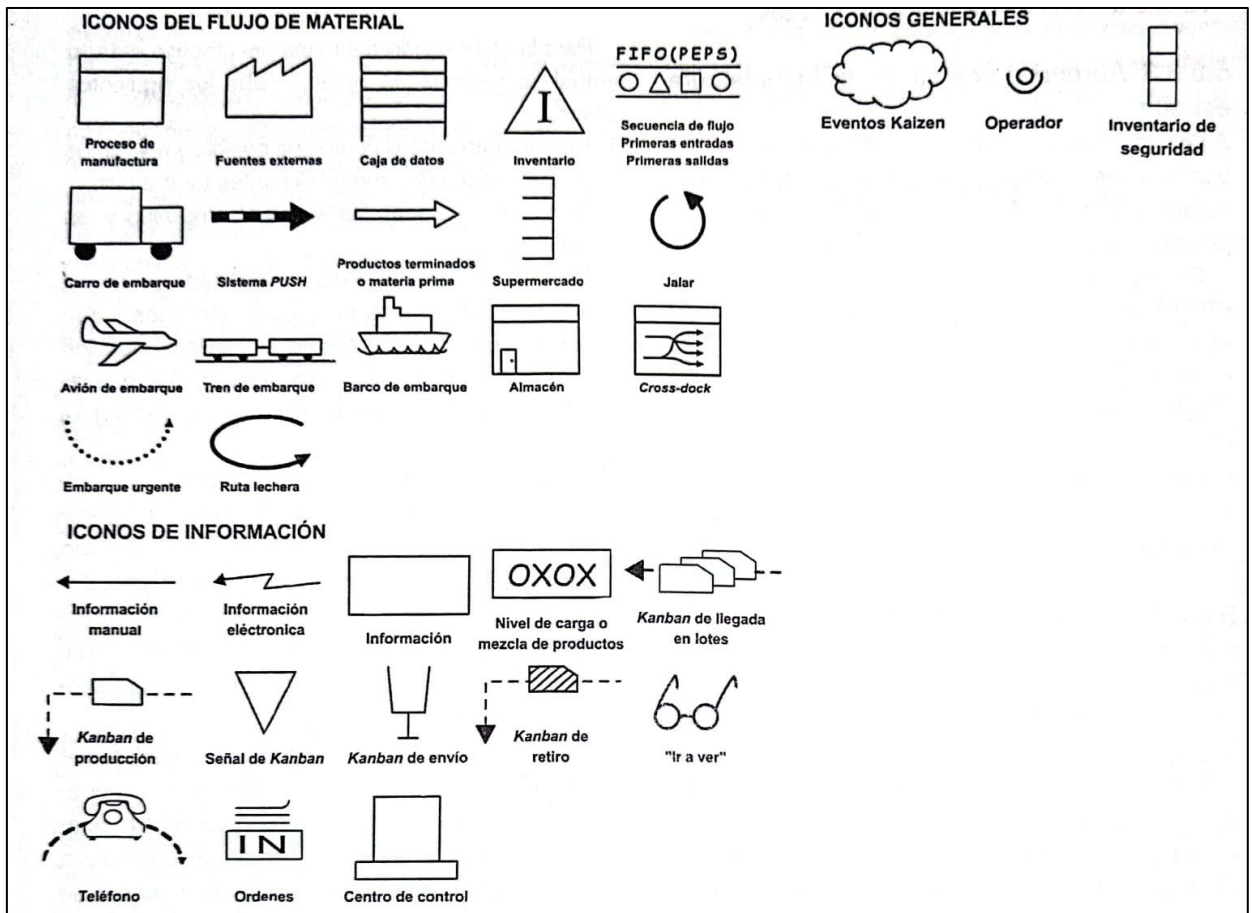


Figura 1.4. Íconos de mapeo en VSM
Fuente: (Villaseñor & Galindo, 2009, pág. 46)

1.4.2.1.2. Las 5S

Las 5S son herramientas ampliamente reconocidas en la manufactura esbelta, pues su aplicación puede realizarse desde cualquier puesto de trabajo y, establecer una cultura de orden y disciplina en el espacio de trabajo; lo cual, con el tiempo cimienta la implementación de herramientas más complejas de la filosofía *Lean*. Villaseñor & Galindo (2009) enlista algunos beneficios de la implementación de las 5S:

- Autodisciplina del trabajador.
- Identificar desperdicios.

- Reducir movimientos y trabajo inútiles.
- Facilita la comunicación, transporte y dinámica de trabajo.
- Reduce accidentes.
- Fomenta una cultura de economía, orden y disciplina.

De esta manera, el impacto más importante de las 5S se fundamenta en establecer un ambiente de trabajo ordenado que permita al trabajador realizar su trabajo en menos tiempo, con buena calidad y reduciendo costos provocados por accidentes, sobreproducción, reprocesos u otras anormalidades operativas. Siendo esto así, Villaseñor & Galindo (2009) describen a las 5S de la siguiente manera:

1) Seiri – Clasificación:

Clasificar las herramientas, materiales y otras cosas que se encuentran en puesto de trabajo entre aquellas que son necesarias para las actividades y aquellas que no, manteniendo únicamente lo justo y necesario.

2) Seiton – Organización

Ordenar los materiales y herramientas clasificados como necesarios para que estén a disposición siempre y sin complicaciones de por medio.

3) Seiso – Limpieza

Quitar la suciedad del espacio de trabajo clasificado y organizado para eliminar todo lo que provoca desorden y dificulta el cumplimiento de las actividades.

4) Shitsuke – Disciplina

Generar el hábito de las 3 primeras S en el personal, estableciendo reglamento y manteniendo control.

5) Seiketsu - Estandarización

Estandarizar el trabajo con normas o procedimientos formales para lograr el cumplimiento de las 4S previamente aplicadas. Según, Villaseñor & Galindo (2009), un cálculo muy utilizado en la estandarización técnica del trabajo es el siguiente:

- *Takt time* - Ritmo de producción que marca la demanda.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Demanda} \left[\frac{min}{u} \right]$$

Ecuación 1.6. Takt Time

El cumplimiento de esta herramienta debe ser constante en una organización, pues estas 5S tienen como objetivo establecer una cultura de orden en cada miembro del personal; por tanto, debe ser una práctica común y diaria que caracterice a cada trabajador para que los resultados que se observen con el tiempo sean permanentes.

1.4.2.1.3. Kanban

En *Lean Manufacturing*, Kanban se contempla como "... la herramienta indicada para controlar la información y regular el transporte de materiales entre los procesos de producción." (Villaseñor & Galindo, 2009); pues, este elemento traducido del japonés como "señal", pretende aplicar el uso de tarjetas informativas en una estación de trabajo para saber cómo y cuándo mover o producir un cierto producto. Así, el sistema Kanban persigue, según Villaseñor & Galindo (2009), los siguientes beneficios:

- Prevenir sobreproducción.
- Control de tiempo de movimiento y cantidad de material transportado.
- Herramienta de control visual de producción.
- Mejora continua mediante reducción de inventarios y desperdicios.

Además, según el uso del sistema Kanban, se puede determinar la siguiente clasificación:

- 1) **Kanban de retiro** – para mover/retirar del inventario.
 - a) *De proveedores* – materiales o productos externos.
 - b) *Entre procesos* – movilización interna.
- 2) **Kanban de producción** – para hacer/transformar el material.
 - a) *Señal Kanban* – programación de lotes en procesos.
 - b) *En proceso* – Programación del flujo en los procesos.

La señalización es una herramienta fundamental para lograr una producción esbelta; pues, promueve la producción en, únicamente, las cantidades que se requiere, evitando la sobreproducción y la generación de desperdicios.

1.4.3. Sistemas de Producción

Un sistema se define como un conjunto de elementos interconectados que se relacionan en un ambiente y actúan de forma conjunta para lograr un fin específico, indica René & Moya (2015); al respecto, Heizer et al. (2009) añaden, que la producción se comprende como la creación de un bien o servicio. Así, un sistema de producción se entiende como un conjunto de elementos (materia prima, herramientas, trabajadores, maquinaria, instalaciones, recursos, entre otros) que se relacionan dentro de un entorno productivo, transformando entradas o *inputs* en salidas u *outputs*; es decir, se interconectan con el objetivo de producir un producto o servicio determinado.

1.4.3.1. Tipos de sistemas de producción

Un sistema productivo, puede organizarse y administrarse de distintas maneras según el tipo de producto o servicio que oferte; así, a lo largo del desarrollo de las industrias, se han planteado los siguientes tipos de sistemas de producción, según Chase & Jacobs (2014) y René & Moya (2015):

- i. **Proyectos:** El producto es único, temporal, progresivo y es altamente personalizado.
- ii. **Taller de trabajo o Jobshop:** Elabora productos en baja cantidad, pero altamente personalizados; y, generalmente, contienen herramientas poco especializadas.
- iii. **Work Center (WC):** Fabricación por estaciones de trabajo en volumen pequeño, pero con gran variedad de diseños. Producción generada en lotes.
- iv. **Línea de Ensamble:** Producción en secuencia; donde, se ensambla un producto a lo largo de una "línea" equilibrada, en flujo sincronizado e ininterrumpido. El producto final suele ser contabilizado con unidades discretas.

- v. **Producción en Flujo Continuo:** Producción en flujo continuo de material, grandes cantidades; el cual, generalmente, tiene productos finales en unidades continuas como el azúcar o la extracción de petróleo.

1.4.3.2. Entorno de producción

El entorno de producción se comprende como el conjunto de condiciones en las que la fabricación de un producto o servicio se lleva a cabo; esto incluye el uso de materia prima, mano de obra, maquinaria, instalaciones y otros recursos para la obtención de un determinado producto. En un sistema de producción, este entorno se define en función de las condiciones del mercado, tamaño de la empresa, tipo de producto, costos de producción, capacidad instalada, proveedores, infraestructura, entre otros factores determinantes del tipo de producción que se maneje; Chase & Jacobs (2014) exponen los siguientes entornos de producción:

- i. **Fabricar para existencias (*Make To Stock – MTS*):** Se produce para atender al cliente con artículos del inventario de productos terminados; es decir, la producción termina antes de recibir el pedido del cliente. El entorno se caracteriza por altos costos de inventario, productos estandarizados y rápida respuesta al pedido de cliente.
- ii. **Ensamblar por pedido (*Assemble To Order – ATO*):** Se tienen fabricados componentes antemano, y se ensamblan con la llegada de un pedido de cliente; es decir, la orden penetra en el inventario de trabajo en proceso (*Work In process – WIP*). El entorno se caracteriza por permitir cierta personalización en pedido de cliente y respuesta rápida al mismo.
- iii. **Fabricar por pedido (*Make To Order – MTO*):** Se produce para atender al cliente después de obtener un pedido de su parte; es decir, la producción inicia desde la materia prima con la llegada de un pedido de cliente. El entorno se caracteriza por no generar inventario de productos terminado, mayor personalización del pedido y respuesta lenta al pedido de cliente.
- iv. **Diseño a la orden (*DTO*):** Se trabaja conjuntamente con el cliente para diseñar el producto dentro del tipo de negocio; luego, se produce en base a materiales, piezas

y componentes requeridos por el diseño específico. El entorno presenta alta personalización del producto, costos de producción mayores y tiempo de respuesta lento. Así también, el entorno **Ingeniería a la orden (Engineering To Order – ETO)**, se maneja de manera similar al DTO.

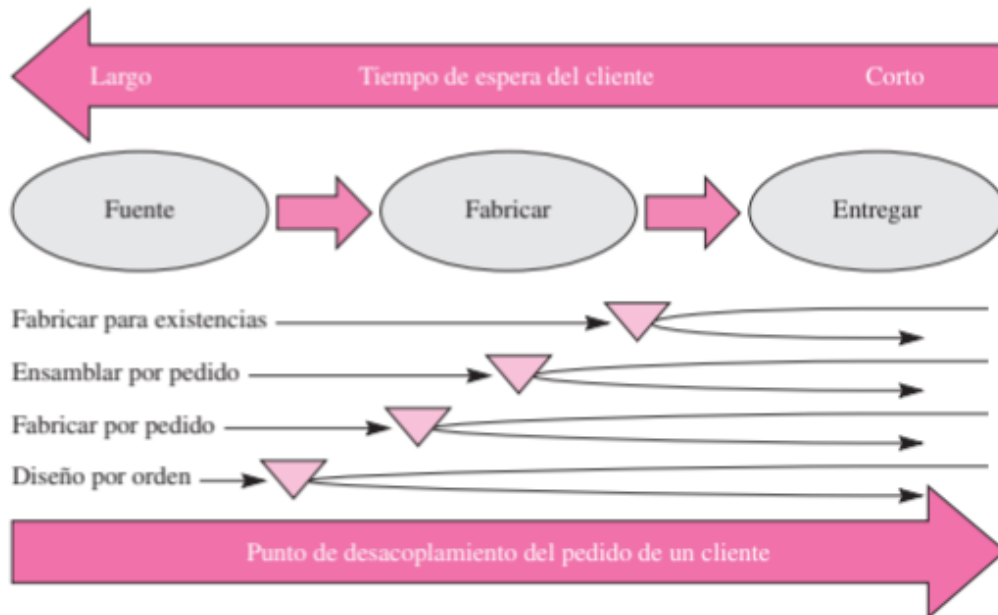


Figura 1.5. Entornos de producción en la cadena de suministro
Fuente: Chase & Jacobs (2014)

1.4.3.3. Lote de producción

Un lote se define como un “Conjunto de objetos similares entre sí que se agrupan con un fin determinado.” (Real Academia Española [RAE], 2024); por tanto, un lote de producción se puede definir como un conjunto de productos con las mismas características y especificaciones. Este concepto se observa dentro de sistemas productivos con un volumen y variedad de producción media; y, pueden determinarse en función de técnicas comunes como Lote por Lote (L4L), Cantidad de Pedido Económico (EOQ), Costo Total Mínimo (CTM) y Costo Unitario Mínimo (CUM), que según Chase & Jacobs (2014) apuntan a la reducción de costos de producción. En general, dentro del entorno productivo, se pueden determinar dos tipos de lotes básicos según la naturaleza de su tamaño:

1. Lote Fijo (Cantidad de producto fija, según capacidad de negocio)
2. Lote Variable (Cantidad de producto variable, según necesidades de negocio)

1.4.4. Simulación en la mejora continua

1.4.4.1. Simulación

La simulación puede definirse como una "... imitación del funcionamiento de un proceso o sistema del mundo real a lo largo del tiempo." (Banks et al., 2005); así, se puede generar escenarios ficticios de un proceso, manipulando sus características reales para observar el comportamiento o impacto de los cambios controlados. La observación de un sistema y su evolución puede estudiarse por medio de un modelo de simulación, que Banks et al. (2005), describe como un conjunto de suposiciones lógicas, matemáticas y de relaciones simbólicas entre elementos o entidades del sistema; así, este modelo, se puede someter a situaciones "*what if*" para probar cambios antes de poder aplicarlos en el sistema real.

La simulación puede ser una herramienta muy útil para evaluar variaciones, innovaciones o cualquier otro tipo de alteración en un sistema; ya que permite analizar el impacto y desempeño de muchos escenarios sin incurrir en un gasto, pérdida o riesgo real, es decir, sin completar un cambio tangible que requiera de tiempo para observar y medir su efecto. A pesar de las ventajas que puede tener estas herramientas, la simulación no es apropiada en todos los casos de estudio; así, Banks et al. (2005) plantea los siguientes beneficios de la simulación:

- Experimentación de las interacciones internas de un sistema complejo.
- Simulación de cambios informativos, organizacionales y ambientales, y su efecto.
- Estimular la generación de ideas de mejoras.
- Reconocer qué variables son más importantes y cómo interactúan entre ellas.
- Verificar soluciones analíticas.
- Aprendizaje sin el costo y la interrupción de instrucción en el trabajo.
- Visualización de mejoras con herramientas dinámicas.

Por otro lado, se observan las siguientes desventajas de la simulación:

- La simulación exige un experto entrenado.
- Interpretación de resultados puede ser compleja.
- Una simulación consume recursos como tiempo y dinero.

- Una simulación puede ser innecesaria en situaciones con solución de simple experimento o analítica.

1.4.4.2. Tipo de modelos de simulación

Los modelos de simulación se pueden clasificar, principalmente en matemáticos y físicos; así, el primero utiliza ecuaciones matemáticas para representar un sistema, mientras que el segundo presenta resultados más visuales y tangibles. Adicionalmente, los modelos de simulación se pueden clasificar en estáticos o dinámicos, deterministas o estocásticos, y discretos o continuos; Banks et al. (2005) describe los modelos de la siguiente forma:

- **Simulación estática** – o simulación de Monte Carlo, presenta un sistema en un momento específico.
- **Simulación dinámica** – Presentan un sistema que cambia con el tiempo.
- **Simulación determinista** - No contienen variables aleatorias.
- **Simulación estocástica** – Tiene una o más variables aleatorias.
- **Simulación discreta** – Variables cambian en un conjunto discreto de puntos en el tiempo.
- **Simulación continua** – Variables cambian continuamente con el tiempo.

En base a las características, datos disponibles y naturaleza de un sistema productivo se puede escoger el tipo de modelo de simulación que más se adapte; de manera que, los resultados sean lo más cercanos a la realidad y, por tanto, la interpretación de estos otorgue una visión de mejora segura.

1.4.4.3. Herramientas de simulación

En la actualidad se han desarrollado muchas herramientas para la simulación; las cuales, han evolucionado a la par de los actuales sistemas complejos de producción. Los softwares de simulación tienen algunas características comunes que incluyen "... una interfaz gráfica de usuario, animación y salidas recopiladas automáticamente para medir el desempeño del sistema." (Banks et al., 2005); así mismo, la mayoría de los softwares modernos de simulación brindan gráficas e indicadores de desempeño que facilitan la evaluación y comparación entre escenarios de prueba de un sistema. Algunos simuladores conocidos en la academia y en la industria, según (Banks et al., 2005), son:

- Arena

- AutoMod
- Extend
- FlexSim
- ProModel
- SIMUL8
- Etc.

Dentro de este conjunto de simuladores, para el presente proyecto se seleccionó la herramienta *FlexSim*, que se comprende como “... un software que permite modelar y analizar cualquier sistema o proceso en 3D [...] se puede crear escenarios dinámicos, validar resultados ...” (FlexSim Software Products, 2024). La aplicación resalta por su entorno 3D que provee una validación visual, toma en cuenta la variabilidad de un proceso considerando distribuciones estadísticas y valores aleatorios; además, presenta herramientas de análisis, gráficas y tablas que fortalecen la evaluación de una simulación. Siendo esto así, el uso del software *FlexSim* en la industria es recomendable para optimizar los sistemas productivos y promover la mejora continua.

1.4.4.4. Aplicaciones en la Industria Manufacturera

En la Industria de Manufactura, la simulación se puede aplicar, según Banks et al. (2005), en:

- Modelado dinámico de un sistema productivo.
- Benchmarking de un modelo estocástico de planificación de producción.
- Modelado para calidad y productividad
- Análisis de la capacidad de recursos.

En resumen, la simulación es una herramienta que permite a la industria evaluar cambios o posibles mejoras sin el riesgo real de estos; de dicha manera, la organización puede tomar decisiones en la manufactura moderna globalizada, donde las organizaciones “... necesitan mejores capacidades para responder velozmente a la dinámica del mercado y las demandas variables.”(Mourtzis et al., 2014). Además, la simulación permite “... establecer cuáles eran los factores que retrasan la producción y cuáles eran los puntos críticos de dicho proceso [...] para poder generar un plan de mejoramiento que pueda flexibilizar el flujo productivo y aumentar la capacidad de respuesta ...” (Fernández Henao et al., 2019) del sistema de producción manufacturera.

1.4.5. Cadena de Valor

La Cadena de Valor es un instrumento utilizado en el análisis estratégico de un negocio para reconocer las ventajas competitivas del mismo; es decir, el “valor” que la gente paga en un producto o servicio y una empresa suele medir en sus ingresos reflejados en el precio dado a su actividad. Bravo Carrasco (2011), describe los componentes de una cadena de valor de la siguiente forma:

A) Actividades primarias u operacionales

- i. **Logística de entrada:** Recepción y almacenamiento de materia prima.
- ii. **Operaciones:** Elaboración de producto.
- iii. **Logística de Salida:** Almacenamiento, despacho y distribución de producto.
- iv. **Marketing y Ventas:** Promoción del producto, comercialización y marketing.
- v. **Servicio:** Actividades posventa con el cliente.

B) Actividades de apoyo o soporte

- i. **Adquisiciones:** Compra de insumos y materia prima.
- ii. **Desarrollo de tecnología:** Refiere a las necesidades tecnológicas.
- iii. **Manejo de recursos humanos:** Gestión de Talento Humano.
- iv. **Infraestructura:** Planificación, Finanzas, Contabilidad, Compras, etc.

La cadena de valor de una organización permite conocer que actividades pueden priorizarse como agregadoras de valor para el cliente de un determinado producto o servicios; y, el modelo de cadena de valor de Porter, también, permite a un negocio reconocer su ventaja competitiva y concretar estrategias en base a ello.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de la Investigación

2.1.1. Enfoque

El presente proyecto se enmarca en la ruta cuantitativa de investigación; pues, vincula datos numéricos, su medición y análisis estadístico, describiendo de manera objetiva la realidad. Esta metodología pretende “Describir, explicar, comprobar o confirmar y predecir los fenómenos (establecer causalidad).” (Hernández, 2018) de un sistema, en este caso de la industria textil específica. Hernández (2018), caracteriza el desarrollo de este tipo de indagación con la recolección y medición científica de datos en forma de cantidades, utilizando herramientas validadas por la academia; y, el uso de métodos estadísticos para analizar la información obtenida y elaborar conclusiones respaldadas en un método comprobable. Así, este trabajo de investigación se desarrolla describiendo el proceso productivo de la empresa textil “ABC”, incluyendo la medición y análisis de datos numéricos de capacidad, en tiempos y unidades producidas, de cada estación del proceso de producción a especificarse.

La investigación cuantitativa “... busca conocer o capturar la realidad externa o fenómeno estudiado tal y como es, o al menos, aproximarse lo mejor posible a ello.”(Hernández, 2018); así, validándose de variables, factores, medibles con métodos científicos comprobables, siendo lo más objetiva posible. Sin embargo, es importante recalcar que “... las rutas se entrelazan y comparten ciertas cuestiones, no son “camino completamente independientes”.”. (Hernández, 2018); por tanto, a lo largo del trabajo investigativo se pueden considerar aspectos cualitativos del sistema para poder comprender y describir de mejor el proceso productivo textil estudiado.

Adicionalmente, la investigación se reconoce como no experimental, pues no manipulará intencionalmente variables independientes del proceso productivo de forma real, plantea Hernández (2018); sino que plantea un estudio analítico de la afectación a estas mediante simulación, observando y midiendo el fenómeno en su estado natural. El diseño de la investigación se extiende como transeccional o transversal; pues, plantea la recolección de datos en un momento determinado, refiriendo a la información generada en el mes de junio del año 2024. Este estudio, no experimental transeccional indica su propósito, según Hernández (2018), en los siguientes puntos:

- Describir variables en una muestra en un momento dado.
- Evaluar un fenómeno en un punto de tiempo determinado.
- Analizar la incidencia de determinadas variables y su interrelación en un momento específico.

2.1.2. Alcance

El alcance de una investigación indica el marco, límites y extensión de una indagación; es decir, permite determinar el inicio y fin de este, así como el método o estrategia de investigación. El alcance puede ser exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo; sin embargo, “No representan clases o tipo de investigación, ni son mutuamente excluyentes [...] en la práctica, cualquier estudio puede incluir elementos de uno o más de ellos.” (Hernández, 2018).

De esta manera, la presente investigación se plantea como un trabajo de alcance exploratorio, esto refiere a un proyecto que examina un fenómeno nuevo o poco estudiado, según define Hernández (2018); es decir, este caso de estudio específico para el proceso productivo de la empresa textil “ABC”, en un lugar y tiempo determinados, entraría en dicha categoría. Además, la indagación también se observa con un alcance descriptivo, pretendiendo “especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno [...] miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables [...] del fenómeno ...” (Hernández, 2018); así, para cumplir con los objetivos de la investigación, es necesario caracterizar el proceso de producción textil y describir cada etapa productiva.

La investigación permitirá recolectar información sobre la situación concreta, determinar e identificar cuellos de botella propios del proceso, y, proponer un plan de acción para optimizar la línea de producción de ropa básica del objeto de estudio con el uso de la herramienta TOC; es síntesis, el enfoque y centro del estudio estará siempre en la compañía “ABC” textil y sus características propias.

Es importante añadir que, una investigación cuantitativa, no experimental, transeccional de alcance exploratorio no requiere formular hipótesis debido a su naturaleza de novedosa y poco estudiada; pues, “Las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son solamente aquellas que tienen un alcance correlacional o explicativo, o las que tienen un alcance descriptivo, pero que intentan pronosticar una cifra ...” (Hernández, 2018).

2.1.3. Población

En una investigación, la población se define como el universo de todos los elementos involucrados en un fenómeno delimitado en el planteamiento del problema de investigación; es decir, incluye "... todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones." (Hernández, 2018). Bajo estas consideraciones, dentro de este proyecto, se define a la población como la producción completa de la empresa textil "ABC" en el año 2024; la cuál, se describe en un conjunto de productos compuesto por 3 familias – jeans, camisas y camisetitas – con sus respectivos modelos que varían mes a mes. No obstante, el amplio alcance de la población amerita un encuadre inicial que plantee un marco muestral para el estudio, según menciona McMillan (2016); así, se define este subconjunto como la producción textil del mes de junio del mismo año.

2.1.3.1. Muestreo

2.1.3.1.1. Unidad de muestreo o análisis

Antes de determinar las muestras de estudio, se requiere definir la unidad de muestreo, la cual refiere a un caso específico de la población y que integra la muestra; por tanto, considerando la definición de Hernández (2018), la unidad de muestreo comprende la producción de mayor impacto de la empresa textil "ABC" en el mes de junio del año 2024. Así también, la unidad de análisis, referente a las unidades de las cuales se extraerán los datos, se delimita al proceso de producción de una prenda de ropa en la compañía textil.

2.1.3.1.2. Tipo de muestra

Dentro de un sistema pueden existir varios elementos con determinado impacto, menor o mayor en el mismo; así, en un sistema productivo cada proceso, departamento, producto e incluso material, tiene un peso distinto sobre las decisiones que un administrador toma al momento de gestionar la producción. En un sistema complejo, las restricciones pueden encontrarse en varios puntos; y, en el caso de una industria con diversos productos, como la industria textil, estas pueden abordarse de distinta manera. En este caso específico, la investigación comprende a la población como la producción el año 2024 de la empresa textil "ABC" y la población de análisis o marco muestral como la producción del mes de junio; sin embargo, generalmente, "las investigaciones se realizan en muestras por cuestiones de ahorro de tiempo y recursos." (Hernández, 2018). Por tanto, considerando

la complejidad del sistema productivo y el tiempo destinado a la indagación cuantitativa, se plantea la necesidad de delimitar a la población descrita en una muestra.

Hernández (2018) define una muestra como un subconjunto de la población definida, de la cual se recolectará la información requerida en la investigación; y que, además, debe ser representativa, permitiendo generalizar los resultados obtenidos. En la presente investigación, la muestra se define como no probabilística intencionada, "... no depende de la probabilidad, sino de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación." (Hernández, 2018), y, según McMillan (2016), la muestra es representativa del conjunto de elementos con características similares que se estudia; pues, se delimita priorizando la familia de productos que más producción ha presentado en total en lo que lleva del año 2024.

2.2. Levantamiento y análisis de información

Una vez se ha determinado la muestra en la cual se fundamentarán los resultados de la presente investigación, es necesario planificar la recolección de datos y el posterior análisis de estos; por tanto, recordar el fin del estudio y su alcance, indicará la guía principal para el plan de recolección de datos. Siendo esto así, el objetivo de la investigación es generar una propuesta de optimización de producción de la compañía textil "ABC" utilizando la metodología TOC; la cual, busca identificar los cuellos de botella del proceso productivo y medir el desempeño del sistema. En favor de ello, considerando los recursos y tiempo de estudio, se delimita una muestra no probabilística intencionada para poder proceder con la investigación; así mismo, se recalca que las variables a recolectarse refieren a tiempos de producción, tiempos de espera y capacidad de unidades, adicionando, inventarios, unidades conformes, unidades no conformes y costos operativos.

2.2.1. Fuente de datos

Los datos requeridos en el presente estudio encuentran su lugar en los históricos de producción de la compañía textil "ABC" en lo que lleva del año 2024 y en el proceso productivo de la misma organización. El primer detalle permite determinar las muestras de estudio y la muestra de medición referida en el plan de recolección de datos; así como reconocer el funcionamiento del sistema de producción textil y su planificación. Por el mismo lado, la segunda fuente de datos es fundamental para completar el estudio de

tiempos requerido en la aplicación de la TOC y, en consecuencia, la elaboración de la propuesta de optimización para la producción textil el objeto de estudio.

Los históricos de producción han sido facilitados y controlados por la Gerente de Producción de la compañía “ABC” durante el presente proceso investigativo; y, se han manejado de manera digital y física, según la disponibilidad, salvaguardando los detalles confidenciales de la organización. Esta información es una fuente secundaria, definida por Fernández & Del Valle (2019) como toda aquella documentación previamente obtenida y organizada; pues, los datos fueron registrados por la Gerente de Producción durante cada mes del año 2024 y facilitados para la indagación.

Por otro lado, el proceso de producción textil se comprende dentro de las fuentes primarias; pues, “... son fuentes directas y requieren ser tanto identificadas y recopiladas por el investigador ...” (Fernández & Del Valle, 2019). Así, de dicho proceso, se recolectó datos sobre tiempos de producción, tiempos de espera, capacidad de unidades, adicionando, inventarios, unidades conformes, unidades no conformes y costos operativos; los cuales son fundamentales para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación.

2.2.2. Técnica de investigación

Como técnica de investigación se refiere, según Pimienta & De la Orden (2017), a los procedimientos por medio de los cuales se puede recabar y organizar la información requerida por la investigación. De esta manera, para la presente investigación se utilizó principalmente la técnica de *Observación*, misma que consiste en obtener la información mediante análisis a detalle de la unidad de análisis determinada; y, la modalidad aplicada es directa, poniéndose en contacto proceso productivo, e indirecta, considerando documentos y registros previos del proceso. Adicionalmente, le técnica de *Recolección de datos y análisis de documentos* se aplicó para organizar, clasificar y revisar la información reunida previamente, así, interpretándola en los resultados de investigación.

2.2.3. Instrumentos de investigación y registro

Un instrumento de investigación comprende “... herramientas o artefactos con los que se apoyan los métodos y las técnicas para la realización de operaciones de una investigación [...] sirven para recabar información que surge durante la observación ...” (Pimienta & De la

Orden, 2017). En virtud de lo expuesto, se planteó el uso de los siguientes instrumentos de investigación:

- Libreta de notas – Recolectar observaciones en el campo de investigación.
- Formularios impresos – Registro de mediciones y recolección de datos.
- Cámara fotográfica – Registrar y evidenciar proceso productivo estudiado.
- Cronómetro – Medición de datos de tiempos.
- Calculadora – Herramienta para cálculos sencillos.
- Computadora – Escritura de resúmenes y registro de datos recolectados para análisis en software.
 - Registro de datos y análisis estadístico - *Microsoft Office*
 - Simulación de proceso productivo – Software de simulación (*FlexSim*)

2.2.4. Tiempo de recolección

El tiempo de recolección planteado para la investigación fue de 4 semanas; pues, se considera la información de fuentes primarias y secundarias descritas en la indagación.

2.2.5. Plan de recolección de datos y análisis

Consecuentemente, la obtención y análisis de datos, menciona Hernández (2018), implica un plan detallado para recolectar los datos que son fundamentales en una investigación; por ello, se plantean los siguientes pasos:

1. Muestreo para levantamiento de información
2. Medición de Capacidad de Producción

2.1. Técnicas de Medición

2.1.1. Estudio de tiempos

2.1.1.1. Levantamiento de proceso productivo

2.1.1.2. Medición de tiempos

2.1.1.2.1. Medición preliminar

2.1.1.2.2. Medición complementaria

2.1.1.3. Determinación de estándares de tiempo

2.2. Análisis de resultados de medición

3. Análisis en Simulación de escenarios

2.2.5.1. Muestreo para levantamiento de información

La muestra de investigación determinada comprende una familia de productos textiles de la empresa "ABC"; la cual, a su vez, cuenta con un conjunto de modelos, conocidos como "referencias" que varían en detalles de diseño, color y manualidades agregadas a un modelo básico de la familia. Siendo esto así, dentro de una familia de productos, se pueden encontrar distintos ejemplares con un proceso productivo similar, pero acabados diferentes; por tanto, por la naturaleza de la industria y los recursos destinados al proyecto de investigación, se planteó la necesidad de determinar una muestra específica de levantamiento de información para obtener resultados representativos de la muestra de investigación. De esta manera, considerando las órdenes de clientes para el mes de junio, se localizó las referencias de mayor impacto según su volumen de producción, complejidad de elaboración, características más comunes y conveniencia de proximidad; además, en caso de empate se priorizó el cliente más relevante para la empresa textil "ABC". Así, se determina una muestra de levantamiento de información representativa, de la cual se obtendrán los datos de capacidad requeridos para la aplicación de la metodología TOC mencionada con anterioridad.

2.2.5.2. Medición de capacidad de producción

El levantamiento de datos de capacidad, en base a tiempos dentro del proceso productivo, es necesario para el reconocimiento de las restricciones expuestas en la metodología TOC; así, la obtención de estos datos en forma de tiempos de producción y tiempos de espera en cada estación de trabajo debe otorgar resultados que puedan generalizarse para la producción de la muestra de investigación determinada. En función de dicho objetivo, la medición del trabajo resalta como el método más adecuado en la medición de capacidad de producción; pues, este busca, según Chase & Jacobs (2014), establecer tiempos modelo para un trabajo específico y permite:

- Programar el trabajo y asignar capacidad
- Ofrecer una base objetiva para motivar la mano de obra y medir su desempeño
- Presentar cotizaciones de nuevos contratos y evaluar el desempeño de los existentes.
- Proporcionar puntos de referencia para mejorar

De tal manera, resaltando su uso en el registro, análisis y mejora de la capacidad, la medición de trabajo se contempló como el método adecuado de recolección de datos en la presente investigación.

2.2.5.2.1. Técnicas de Medición

Dentro de la medición del trabajo, se pueden observar cuatro técnicas básicas, como enlista Chase & Jacobs (2014), clasificadas dentro de dos métodos de medición:

- Observación Directa
 - Estudio de Tiempos – Medición de tiempos de trabajo
 - Muestreo del Trabajo – Registro de observaciones de trabajadores, maquinarias o herramientas.
- Observación Indirecta
 - Sistemas de datos de tiempos y movimientos predeterminados (SMTP)
 - Datos elementales – uso de bases de datos similares

Considerando la metodología descrita para el presente proyecto de investigación, se enfatizan los métodos de observación directa; y, específicamente, se seleccionó la técnica de Estudio de tiempos, pues está se refiere a la medición de tiempos de trabajo con el uso de un cronómetro – herramienta de investigación mencionada con anterioridad.

2.2.5.2.1.1. Estudio de tiempos

Chase & Jacobs (2014) definen el estudio de tiempos como una técnica de medición de trabajo que utiliza, generalmente, el cronometraje o video del trabajo como herramienta de recolección de datos; y, se compone de dos partes sencillas para completarse:

- 1) División de trabajo en partes medibles.
- 2) Cronometraje de partes individualmente.

2.2.5.2.1.1.1. Levantamiento de proceso productivo

El primer paso para el estudio de tiempos, comprende el levantamiento y segmentación del proceso productivo; por tanto, mediante observación, utilizando libreta de notas y formularios, se registró el proceso productivo propio de la muestra de levantamiento de información. Así, se obtiene una descripción detallada de las actividades que completan la producción de los productos textiles; y, se segmenta el proceso productivo en actividades medibles, las cuales se deben registrar, según Chase & Jacobs (2014), por las siguientes reglas para lograr una medición óptima:

- a. Cada parte debe durar poco tiempo, pero lo suficiente para ser cronometrada y medida.
- b. Si el operario trabaja con equipo independiente, es necesario dividir ambas acciones en elementos diferentes.
- c. Las demoras del operador o del equipo son elementos separados.

Sin embargo, la naturaleza de la industria textil exige el establecimiento de una muestra de levantamiento de información no uniforme; es decir, la muestra se compone de productos textiles de una misma familia, pero con distinta referencia en su acabado y diseño. Por tanto, el levantamiento y segmentación del proceso productivo se completa considerando el escenario más común dentro de la muestra de análisis determinada.

2.2.5.2.1.1.2. Medición de tiempos

El segundo paso del estudio de tiempos refiere al cronometraje individual de cada actividad segmentada del proceso productivo levantado por cada referencia; pero, esta recolección de datos se debe completar en base a una muestra de medición compuesta en dos partes: medición preliminar y medición complementaria.

2.2.5.2.1.1.2.1. Medición preliminar

Según Chase & Jacobs (2014), el estudio de los tiempos considera inicialmente una cantidad relativamente pequeña de observaciones, la cual es representativa de los muchos ciclos subsiguientes en un proceso, y comprende, por recomendación, un mínimo 10 mediciones. Los datos cronometrados se registran ordenadamente para cada actividad del proceso levantado y, se procede a calcular el tamaño final de muestra en función del promedio y desviación estándar para cada actividad.

2.2.5.2.1.1.2.2. Medición complementaria

Los datos de tiempo recolectados en la muestra preliminar arrojan promedio y desviación estándar, valores que pueden ser utilizados para un análisis y descripción de una actividad; sin embargo, al buscar mediante el estudio de tiempos, determinar un estándar del trabajo realizado, es necesario contar con la menor variabilidad de datos posible. Por tanto, tras recolectar la muestra piloto, se recomienda determinar el tamaño de la muestra de tiempos ideal; para, obtener un conjunto de valores que describan el trabajo estudiado de manera más fiel y certera con la realidad. El tamaño total de la muestra, con un margen de error del 5%, se puede calcular con el apoyo de la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Ecuación 2.1. Tamaño de muestra

Donde,

n: tamaño final de muestra.

n´: tamaño de muestra piloto o muestra preliminar.

x: tiempos observados

Cada actividad del proceso estudiado arrojará un tamaño final de muestra; por lo cual, para mantener datos consistentes para el proceso completo, se toma el tamaño de muestra calculado mayor como cantidad de datos ideal para el trabajo medido. En caso de necesitar más de los 10 datos de la muestra piloto, se recolectan los datos adicionales; y, se procede al análisis de la muestra obteniendo resultados con un 95% de confiabilidad.

2.2.5.2.1.1.3. Determinación de estándares

La medición de trabajo, específicamente el estudio de tiempos, permite determinar un estándar de tiempo para las actividades del trabajo medido; así, al finalizar la medición de tiempo, se calcula la estadística descriptiva básica, promedio y desviación estándar, de cada actividad registrada y se aplican 2 consideraciones especiales a los resultados, las cuales describen tanto Chase & Jacobs (2014) como Niebel (2009):

- **Calificación de desempeño de operario** – índice de desempeño (%)
- **Suplementos u holguras** – Tiempo extra por interrupciones personales (tomar agua o ir al baño), de fatiga o inevitables (problemas de herramientas, interrupción de supervisor, irregularidades de trabajo).

El tiempo observado se modifica para completar el cálculo de un tiempo estándar, el cual pueda describir una actividad específica medida; así, el proceso puede analizarse bajo la metodología TOC con los datos de capacidad otorgados por los tiempos de producción estándar calculados.

2.2.5.2.2. Análisis de resultados de medición

La medición de capacidad en base a tiempos de producción y el levantamiento del proceso productivo de la muestra de investigación, permite describir cualitativa y cuantitativamente, con apoyo estadístico, el proceso de producción textil de la compañía “ABC”; y, mediante el uso de apuntes físicos, computadores y software, la información recolectada se organiza para aplicar la metodología de la TOC explicada con anterioridad.

Los resultados de medición de capacidad son el primer paso requerido para iniciar un análisis bajo la TOC, pues son la base para identificar cuellos de botella en el proceso productivo; y, luego, proponer posibles mejoras en el mismo, para mitigar las restricciones. Siendo esto así, es necesario la organización, tabulación y descripción de los resultados mencionados, con apoyo de herramientas tecnológicas para iniciar con la ejecución del objetivo principal del presente proyecto de investigación.

2.2.5.3. Análisis en Simulación de escenarios

Dentro de los pasos de aplicación de la TOC, se plantea el uso de la simulación como una herramienta para proponer mejoras en el proceso productivo de la compañía “ABC”; de esta manera, los resultados de la medición del trabajo, de capacidad en tiempos y el

levantamiento del proceso, permiten generar un escenario de simulación inicial bajo condiciones ideales. Así mismo, las herramientas disponibles apoyan la generación de distintos escenarios de simulación para evaluar propuestas de mejora; dentro de los cuales, se obtiene indicadores de desempeño y tiempos de producción aproximados para completar la propuesta de mejora más adecuada para la compañía textil "ABC". Además, la simulación permite completar la aplicación de la TOC y cumplir los objetivos planteados en la presente investigación.

3. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Resultados

3.1.1. Descripción de empresa textil “ABC”

3.1.1.1. Contexto comercial y productivo

El objeto de estudio del presente proyecto de investigación se define como una compañía de la industria manufacturera ecuatoriana, específicamente integrando el grupo de empresas que generan productos textiles. La empresa textil “ABC” presenta como producto final ropa para hombres y mujeres de diversos grupos de edades – infantes, jóvenes, adultos y ancianos. Así, la empresa textil “ABC” clasifica comercialmente su producción en los siguientes grupos:

- Línea regular – producción completa de productos de diseño propio (marca propia) y de alianzas empresariales, sujeta a planificación previa.
- Línea Industrial – producción completa de productos bajo pedido con diseño predeterminado y/o diseño conjunto.
- Maquila – únicamente confección de productos con diseño predeterminado.

La línea regular se caracteriza por ser una producción frecuente en “ABC” planificada mensualmente, que incluye prendas de marca propia y pedidos de sus principales empresas cliente de contrato fijo; donde el producto es diseñado por la compañía y/o en conjunto con el cliente y, luego se genera un plan de producción con lotes mínimos de 60 unidades. Por otro lado, los dos grupos de producción restantes se originan de contratos ocasionales con clientes no frecuentes, que pueden ser integrados al plan de producción mensual con antelación o cuando el pedido se recepta por la compañía en cualquier momento del mes; siendo esto así, el diseño de la ropa y sus características suele ser predeterminado por el cliente y/o en conjunto con la empresa textil “ABC”.

Considerando el funcionamiento comercial de la organización, el entorno de producción que esta maneja puede definirse como una combinación de MTS (producción para marca propia), MTO (producción para empresas aliadas, línea industrial y maquila), DTO y ETO (producción para empresas aliadas y línea industrial). Por tanto, se puede definir un sistema complejo para el objeto de estudio, pues este se mantiene ligado a predicciones

de venta propias, pedidos de clientes frecuentes y pedidos de clientes irregulares; indicando una producción en lotes variables con diseños finales diversos.

Sin embargo, la empresa textil “ABC”, en busca de reducir la variabilidad propia de la industria y en favor de su planificación y flexibilidad, ha determinado una clasificación de familias de productos a nivel operativo para facilitar la programación de su producción. Estas familias son:

- Camisas – incluye prendas de tela de camisa (paños, mandiles, pantalones, etc.).
- Camisetas – subdividida en camisetas polo, camisetas cuello redondo y camisetas cuello V (incluye *hoodies*).
- Jeanes – incluye prendas de tela jean (overoles, faldas, chaquetas, etc.).

3.1.1.2. Cadena de valor

En función al modelo genérico de Cadena de Valor de Porter y las actividades descritas por Bravo Carrasco (2011), se puede exponer el giro de negocio de la empresa textil “ABC” en la *Figura 3.1*; la cuál, resume el flujo de valor de la organización y permite priorizar aquellas actividades que generan valor en el producto textil de la empresa para el cliente:



Figura 3.1. Cadena de valor empresa textil “ABC”
Fuente: Elaboración propia

Dentro de la Cadena de Valor de “ABC”, se puede reconocer a la actividad primaria *Operaciones* como una importante actividad agregadora de valor al producto final; pues, esta refiere al proceso de manufactura del producto principal de la organización. Siendo esto así, el presente estudio se concentra en la actividad operacional mencionada para la aplicación de la TOC y la propuesta de mejora resultante.

3.1.1.3. Operaciones

La actividad primaria de *Operaciones* en la cadena de valor de la empresa textil “ABC”, se compone de 3 elementos para servir un pedido de cliente; estos elementos son: Diseño de Producto, Planificación de producción y Producción física, los cuáles describen el proceso de respuesta de una orden textil requerida por sus clientes. Reconociendo el enfoque del presente estudio en esta actividad del sistema productivo de la empresa textil, se analiza su comportamiento en la *Figura 3.2*:

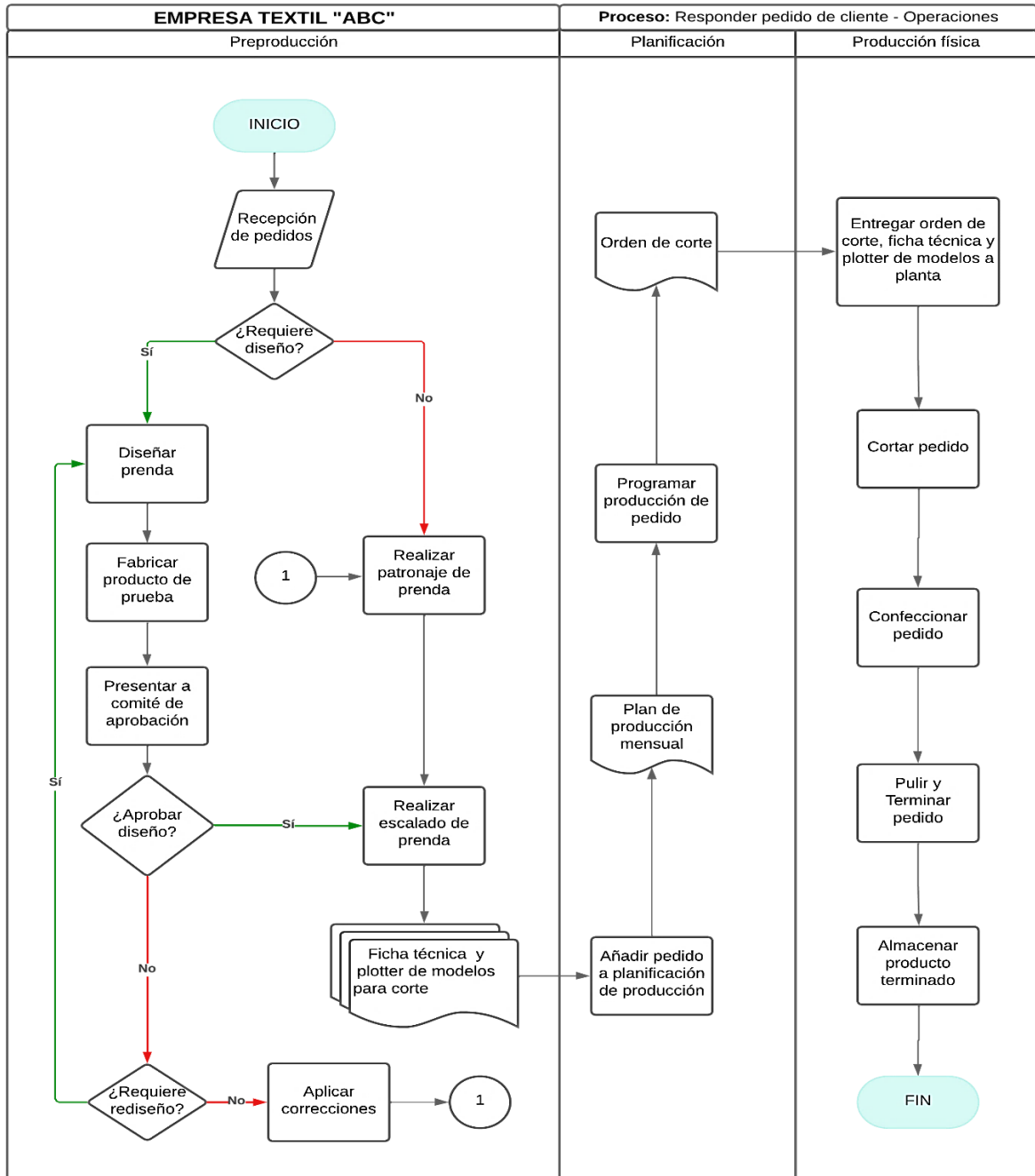


Figura 3.2. Diagrama de flujo actividad primaria - Operaciones
Fuente: Elaboración propia

El presente proyecto de investigación se enfocó en el proceso *Operación* y, específicamente en la *Producción física* que comprende a los subprocesos de Corte, Confección y, Pulido y Terminado; pues, está actividad primaria es la principal generadora de valor para la empresa textil “ABC”, ya que se encarga de manufacturar el producto que otorga rentabilidad a la compañía.

3.1.1.4. Sistema de producción

En función de las descripciones previas de la empresa, se puede comprender a la producción de la empresa textil “ABC” como un sistema de gran complejidad que demanda alta flexibilidad operativa para adaptarse a la naturaleza impredecible de la industria de moda; por tanto, se debe aspirar a una gestión y organización cuyos costos de cambio de producto en manufactura sean bajos, con *layout* sencillo de modificar o multifuncional, una baja acumulación de inventarios de WIP e inventarios finales, y un flujo de producción intermitente de lotes variables.

En este contexto, la observación realizada durante visitas a planta y los registros de información del proceso productivo recolectados, permitieron determinar en el sistema de producción la configuración de centros de trabajo (*Work Center* - WC); de manera que, la producción general de la empresa textil “ABC” se distribuye en las siguientes 4 estaciones de trabajo:

- 1) Corte
- 2) Paqueteo
- 3) Confección
- 4) Pulido y Terminado

3.1.2. Proceso de producción empresa textil “ABC”

3.1.2.1. Descripción del proceso

El proceso de producción física de la empresa textil “ABC”, mencionado en la *Figura 3.2*, se desarrolla detalladamente en 4 estaciones de trabajo; las cuales describen la manufactura textil desde la materia prima hasta el almacenamiento de producto terminado para la distribución a clientes. Así, el respectivo proceso se plasma en la *Figura 3.3*:

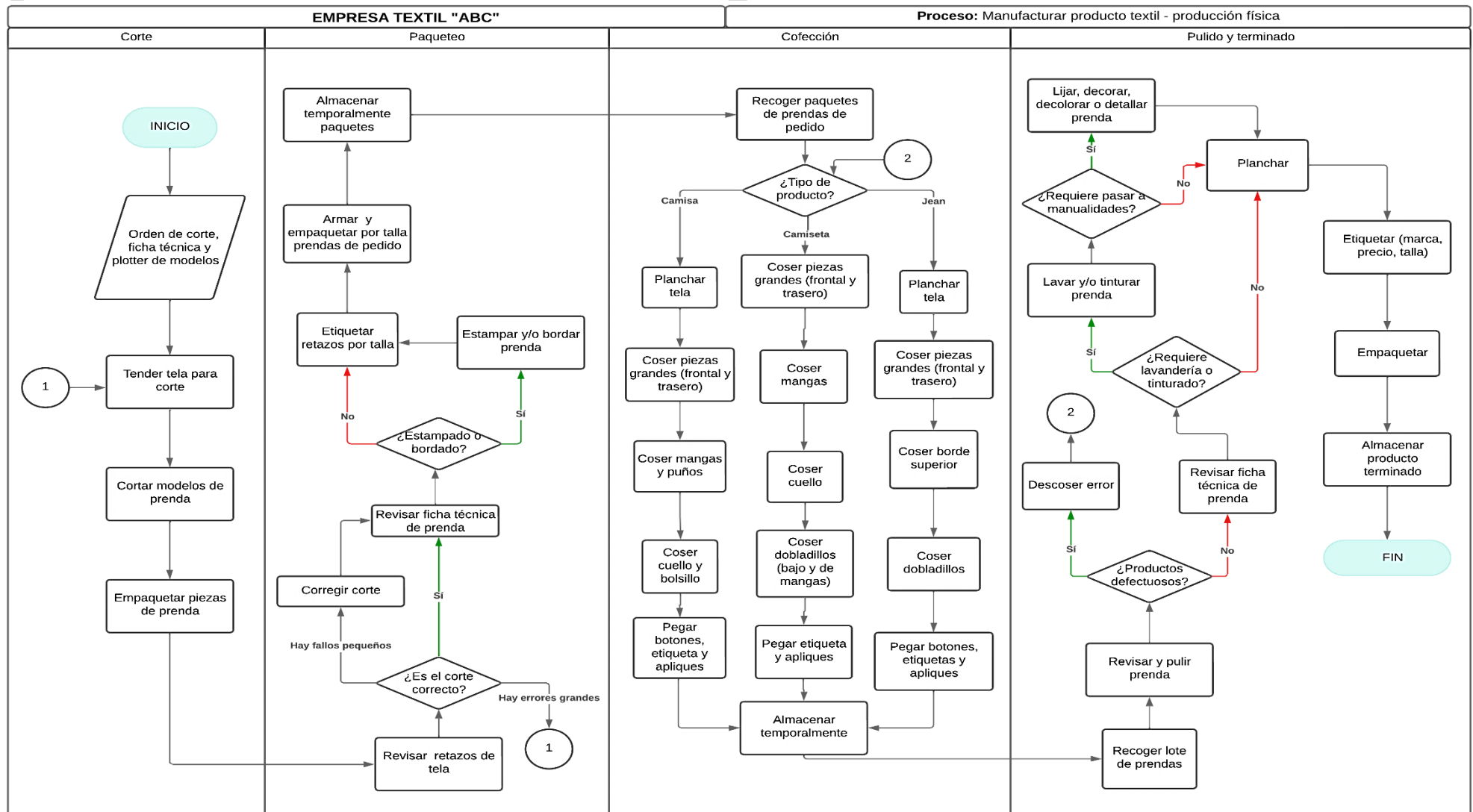


Figura 3.3. Diagrama de flujo - proceso de producción física

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe a mayor detalle lo que realiza cada estación mencionada para la producción general de la empresa textil “ABC”:

3.1.2.1.1. Corte

La estación de corte tiene como *input* a:

- **Ficha técnica del producto:** Describe al producto, indica ruta de producción, tipo de tela, dimensiones y número de prendas requeridas por talla.
- **Orden de corte:** Indica la cantidad de tela en metros que requiere el producto según patronaje y escalado para 1 producto por talla.
- **Rollo de tela**
- **Plotter de patronaje y escalado**
- **Cortadoras semiautomáticas fijas y móviles:** Maneja 3 mesas de corte con cortadoras fijas de corte horizontal; y, 1 cortadora móvil semiautomática.

Se desarrollan en esta estación tres subprocesos principales:

- 1) **Tendido** → Se ajusta el rollo de tela a un soporte horizontal y se va tendiendo la longitud de tela requerida en la orden de corte y se añaden capas de las mismas dimensiones según la cantidad total de prendas de la orden. Finalmente, se cubre la tela tendida con entretela y, el plotter de patronaje y escalado junto a las anotaciones necesarias. Esto se realiza con un mínimo de 2 personas.



Ilustración 3.1. Tendido.

- 2) **Cortado** → Un trabajador capacitado en el manejo de cortadora semiautomática móvil, asegura el plotter a la tela con cinta *masking* en los puntos centrales de los retazos de corte, elimina los excesos de tela laterales, divide el conjunto de corte

en 2 a 3 bloques; y, finalmente, corta cada parte de las prendas siguiendo las instrucciones y guía del plotter (cortes completos y señalización de apoyo para uniones en confección).



Ilustración 3.2. Cortado.

- 3) Empaquetado** → Tras completar el corte del modelo, el trabajador de corte revisa rápidamente que no existan fallos en el bloque de corte o que falten cortes completos o de señalización. Se amarra los bloques de retazos individualmente y se colocan en estanterías de almacenamiento temporal.



Ilustración 3.3. Empaquetado.

El WIP de esta estación se compone de bloques de retazos de tela que serán el input para la estación de paqueteo; y, se acumula, regularmente, con una semana de antelación a la planificación de confección de la prenda específica.

3.1.2.1.2. Paqueteo

La estación de paqueteo tiene como *input* a:

- **Ficha técnica del producto:** Describe al producto, indica ruta de producción, detalles y número de prendas requeridas por talla.

- **Reporte de corte:** Indica la cantidad de retazos de tela que requiere el producto según por talla y tipo.
- **Paquetes de retazos de tela cortados de un pedido.**
- **Etiquetadora automática y rollo de etiquetas de talla.**
- **Tiza lavable.**

Se desarrollan en esta estación tres subprocesos principales con el apoyo de un trabajador capacitado:

- 1) **Revisión** → Se revisa rápidamente los paquetes de retazos de tela cortados, específicamente la forma de las piezas, el tamaño de las tallas y las marcas de apoyo para unión de piezas. En caso de existir errores pequeños, se corrigen en la estación con tijeras; pero, si estos son muy complejos se envía una nueva orden de corte a la estación anterior.



Ilustración 3.4. Revisión de corte en paqueteo.

- 2) **Etiquetado** → Tras revisar cada paquete, se carga el etiquetador automático con la talla correspondiente a los retazos de tela y se procede a colocar la etiqueta de talla y, si es necesario, de identificación de retazo.



Ilustración 3.5. Etiquetado en paqueteo.

- 3) Armado y Empaquetado** → Se amarra los bloques de retazos, se agrupan los bloques por talla y se colocan en estanterías de almacenamiento temporal.



Ilustración 3.6. Armado y empaquetado.

En la estación de paqueteo, si el diseño de prenda requiere, los retazos de tela frontales, traseros o laterales se envían al área de etiquetado o bordado; y, luego regresan a la estación para completar los subprocesos descritos. Por otro lado, el WIP de esta estación se compone de grupos de bloques de retazos de tela que serán el *input* para la estación de confección específica; y, se acumula, regularmente, con 2 a 3 días de antelación a la planificación de confección de la prenda específica.

3.1.2.1.3. Confección

Dentro de la empresa textil “ABC”, la estación de trabajo de confección se divide en 2 módulos según tipo de tela y costura, y, se subdivide en 4 módulos de trabajo en base a las familias de productos a nivel operativo indicadas:

- **Módulo Plano**
 - i. **Módulo 1:** Jeanes – incluye prendas de tela jean.
 - ii. **Módulo 2:** Camisas – incluye prendas de tela de camisa.
- **Módulo de Punto**
 - iii. **Módulo 3:** Camisetas – camisetas polo, camisetas cuello redondo y cuello V.
 - iv. **Módulo 4:** Camisetas de marca *secundaria* de menor precio.



Ilustración 3.7. Área de confección.

La estación de confección, de manera general, tiene como *input* a:

- **Ficha técnica del producto:** Describe al producto, indica ruta de producción, hilos, detalles, añadidos y número de prendas requeridas por talla.
- **Reporte de paqueteo:** Indica la cantidad de retazos de tela entregados según talla y tipo.
- **Grupos de paquetes de retazos de tela de pedido.**
- **Hilos, etiquetas de indicaciones y talla, transfer (etiquetas de calor).**
- **Máquinas de coser simples y especializadas.**
- **Planchas a vapor.**
- **Placas de calor.**

En el caso de la confección, cada módulo maneja actividades comunes y específicas para completar el producto de pedido; sin embargo, se puede resumir las actividades que se desarrollan en esta estación dentro de siete subprocesos principales:

- 1) **Coser/Unir piezas grandes** → El trabajador prepara la máquina de coser semiautomática con los hilos especificados en la ficha técnica; y, luego une las partes más grandes de una prenda - frontal y trasera (en prendas superiores por los hombros y en inferiores por los laterales de los retazos de tela).



Ilustración 3.8. Confección piezas grandes.

- 2) **Coser/Unir piezas laterales, superiores o inferiores** → El trabajador cose a las prendas las piezas laterales (mangas y/o puños para prendas de uso superior), superiores (cuellos para camisas o camisetas y para prendas inferiores cinturillas) o inferiores (bordes o refuerzos para prendas superiores o inferiores).



Ilustración 3.9. Confección de piezas laterales y superiores.

- 3) **Coser/Unir Costados** → El trabajador cose los costados de las prendas de uso superior para cerrar la prenda y, añade la etiqueta interna de la ropa con indicaciones generales de mantenimiento de prenda y talla.
- 4) **Coser dobladillos** → El trabajador cose los dobladillos de las prendas (borde inferior para camisas y camisetas, borde de mangas para camisetas, y, borde de tobillos para prendas de uso inferior).



Ilustración 3.10. Confección de dobladillos.

- 5) **Rematar costuras** → El trabajador remata costuras de unión de retazos de los subprocesos 1 y 2 descritos; para lo cual, puede solamente utilizar hilo o tirillas de tela por dentro de la prenda.



Ilustración 3.11. Máquina de coser de 3 hilos para rematar costuras.

- 6) **Añadir botones, etiquetas, transfer o bolsillos** → En los casos que se requiera, la prenda puede añadirse bolsillos y botones; así, en el caso común de camisas y prendas de uso inferiores se añaden botones y bolsillos funcionales y no funcionales. Adicionalmente, en el caso de camisetas y *hoodies*, se añade un transfer con planchas de calor a la tela para indicar marca y talla.



Ilustración 3.12. Placas de calor para adherido de apliques y transfer.

- 7) **Revisión, virado y doblado** → Al final de la estación de confección, se revisa rápidamente la prenda, se coloca al derecho y se dobla sencillamente para conformar el lote de pedido ordenadamente por talla.



Ilustración 3.13. Revisión de confección, virado y doblado de prenda.

El WIP de esta estación se compone de las prendas de pedido en bloque por talla, las cuales serán el *input* para la estación de pulido y terminado; y, se acumula, un lote mínimo de 60 unidades, en un aproximado de 5 horas con 1 a 2 días de antelación de la fecha de entrega de pedido.

3.1.2.1.4. Pulido y terminado

La estación de pulido y terminado tiene como *input* a:

- **Ficha técnica del producto:** Describe al producto, indica ruta de producción y número de prendas requeridas por talla.
- **Prendas confeccionadas de pedido clasificadas por talla.**

- Tijeras de costura.
- Plancha a vapor.
- Lavadoras y secadoras industriales.
- Cámara de tinturado químico.
- Equipos de manualidades (lijado, decolorado, estampado simple, etc.)
- Etiquetas de marca, talla y precio.
- Alarma de prenda.
- Cartones y cinta adhesiva.

Se desarrollan en esta estación cuatro subprocesos principales:

- 1) **Revisión y Pulido** → Se revisa cada prenda, se cortan los hilos de costura y retazos de tela que sobresalen de la prenda sin función; y, en caso de encontrar prendas defectuosas, se envían de regreso a la estación de confección para reproceso de prenda.



Ilustración 3.14. Revisión final y pulido de prenda.

- 2) **Planchado** → Las prendas no defectuosas se planchan a vapor para dejar un acabado adecuado de pedido textil.



Ilustración 3.15. Ejemplo de planchado a vapor.

- 3) Etiquetado** → Se colocan etiquetas de marca, talla y precio a cada prenda no defectuosa y se agrupan las prendas terminadas por talla.



Ilustración 3.16. Ejemplo de etiquetado final de prenda.

- 4) Empaquetado** → Las prendas etiquetadas se doblan y empaquetan por talla en cartones; los cuales se embalan y se almacenan temporalmente junto a un informe y registro de entrega de pedido.

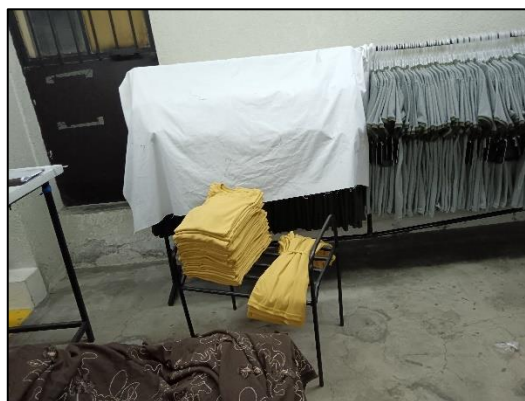


Ilustración 3.17. Empaquetado final de pedido.

Algunos diseños de prenda pueden requerir un tratamiento adicional antes de ser planchados; el cual refiere a un tinturado de tela, manualidad (lijado, decolorado, decorado

de joyería o marca, etc.) y, en el caso de tela jean y telas con encogimiento inicial, lavandería y secado para ajustar las tallas pedidas. Por otra parte, el almacenamiento de producto final de esta estación se caracteriza por ser de temporalidad diaria; es decir, que cada orden de pedido pasa por pulido y terminado el mismo día, en la mañana, que se espera su salida de la empresa textil “ABC” hacia el cliente.

3.1.2.2. Determinación de muestra

La industria textil a la que pertenece la empresa “ABC” en estudio se caracteriza por su gran complejidad, lotes de producción variables, poca certeza de pronósticos y un gran grado de personalización de producto; por tanto, para poder analizar la situación del proceso de producción física con los recursos disponibles en el presente proyecto, se considera primordial determinar una muestra representativa que permita generalizar los detalles necesarios para completar la investigación. De esta manera, la muestra del presente estudio se define como no probabilística intencionada y representativa por la gran variabilidad de modelos que “ABC” puede presentar en un tiempo determinado; este segmento de la población considera las familias operativas de productos de la empresa textil “ABC” y sus volúmenes de producción, para concretarse dentro del marco muestral de la producción de junio del año 2024. Así, en la *Tabla 3.1*, se observa el resumen de la producción de los primeros cinco meses del año 2024 y las órdenes registradas para el sexto mes, según registros históricos de la organización; en la cual, se recalca que los Submódulos 1 y 2 se refieren a productos de tela jean y tela de camisa, y, los Submódulos De Punto son exclusivos de camisetas.

Tabla 3.1. Resumen de órdenes de producción Enero a Junio 2024.

2024				
MES	MÓDULO	SUBMÓDULO	CANTIDAD PRODUCIDA	CAPACIDAD (personas - confección)
Enero	Plano	1	1262	8
		2	1261	5
	De Punto	3	1681	4
		4	0	0
Febrero	Plano	1	1266	7
		2	1266	6
	De Punto	3	1754	4
		4	0	0
Marzo	Plano	1	1407	4
		2	1407	4
	De Punto	3	3318	8
		4	0	0
Abril	Plano	1	1444	6
		2	1445	7
	De Punto	3	4669	4
		4	0	0
Mayo	Plano	1	1446	7
		2	1446	5
	De Punto	3	3655	4
		4	1407	3
Junio	Plano	1	1301	4
		2	1007	3
	De Punto	3	2919	4
		4	0	0

Fuente de información: Registros históricos de la empresa textil “ABC”

La *Tabla 3.2*, presente a continuación, resume la información de la *Tabla 3.1* para poder describir cada familia de productos de la empresa textil “ABC”; y, calcular valores totales y promedio de producción y capacidad en personal para cada Submódulo registrado.

Tabla 3.2. Resumen segmentado de órdenes de producción Enero a Junio 2024.

Resumen 2024					
MÓDULO	SUBMÓDULO	CANTIDAD PRODUCIDA		CAPACIDAD (Personas - Confección)	
		TOTAL	PROMEDIO	TOTAL	PROMEDIO
Plano	1	8126	1354	36	6
	2	7832	1305	30	5
De Punto	3	17996	2999	28	5
	4	1407	234	3	1

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de determinar la muestra requerida para el presente proyecto de investigación, se reconoce el módulo y submódulo con mayor cantidad de producción

registrada en los primeros 5 meses del año 2024 y con mayor volumen de órdenes realizadas para el mes de junio del mismo año; así, se completa la *Tabla 3.3* con la información relevante para la muestra de investigación mencionada.

Tabla 3.3. Resumen comparativo máximos y mínimos para segmentación de muestra.

	Cantidad producida (unidades)			
	Mayor		Menor	
Módulo	19403	De Punto	15958	Plano
Submódulo	17996	3	1407	4

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos históricos de producción que maneja el departamento de planificación de la empresa textil “ABC”, se observa que la familia con mayor volumen de producción en los últimos meses y que más órdenes indica en el mes de junio, es la familia de camisetas conocida como *Módulo de Punto* y, en específico, *Submódulo 3*; mientras que la de menor producción es del *Módulo Plano* (camisas y jeans), y, el submódulo de menor producción es el *Submódulo 4*. Siendo esto así y en fidelidad de los objetivos del estudio, se define a la muestra de investigación como el *Submódulo 3* de camisetas, dentro del *Módulo de Punto*.

3.1.2.3. Capacidad de producción

La capacidad de producción de la empresa textil “ABC” puede describirse en tasas de producción por una unidad de tiempo para cada estación de trabajo descrita, mismas que se desarrollan en la producción física de un pedido; por tanto, para determinar estas tasas se requiere completar una medición de capacidad.

3.1.2.3.1. Medición de capacidad

Acorde a las necesidades del proyecto de investigación, se plantea medir la capacidad de producción de la empresa “ABC” sobre la muestra de investigación determinada en *camisetas* y su proceso productivo específico; mediante, la recolección, análisis y determinación de tiempo de producción estándar por producto.

3.1.2.3.1.1. Muestra de levantamiento de información

Debido a la naturaleza de la industria textil, es necesario determinar una muestra más segmentada para levantar la información requerida en la investigación; así, durante el mes

de junio del año 2024, se realizó diversas visitas a la fábrica para completar la recolección de tiempos del proceso productivo de camisetas. La *Tabla 3.4* describe la muestra de levantamiento de información determinada:

Tabla 3.4. Descripción muestra de levantamiento de información.

No.	Referencia	Descripción	Tamaño de lote	Prioridad	WC observado
1	12466	Camiseta Polo clásica Cuello V	80	No	Confección & Pulido y terminado
2	12544	Camiseta básica cuello redondo	74	Sí	Confección
3	12524	Camiseta clásica cuello redondo con estampado focalizado	80	No	Corte
4	12529	Camiseta clásica cuello redondo con estampado focalizado	114	No	Corte
5	12522	Camiseta clásica cuello redondo con estampado focalizado	80	No	Pulido y Terminado
6	12527	Camiseta clásica cuello redondo con estampado focalizado	116	Sí	Paqueteo
7	12468	Camiseta clásica sublimada	101	Sí	Confección
8	12551	Camiseta cuello redondo femenina	487	Sí	Corte
9	12561	Camiseta cuello redondo masculina	592	Sí	Paqueteo, Confección & Pulido y Terminado
10	12560	Camiseta cuello redondo masculina	592	Sí	Paqueteo & Confección
11	12557	Camiseta cuello redondo femenina	487	Sí	Corte
12	12552	Camiseta cuello redondo femenina	531	Sí	Corte & Confección

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla presentada, se levantó datos de tiempos en los procesos textiles considerando el formato de ficha del *Anexo I*; y, las referencias se describieron e ilustraron según el ejemplo del *Anexo II*.

3.1.2.3.2. Determinación de estándares de capacidad

Al recolectar la información, se observó y registro las actividades comunes entre todas las referencias de la muestra de levantamiento; de manera que, para determinar los estándares de capacidad de producción para camisetas, se planteó un modelo *clásico de camiseta de cuello redondo talla mediana* por ser la prenda más recurrente. Así, se completó una medición de tiempos para cada estación de trabajo en función del proceso de manufactura del modelo base determinado; la cual presenta sus registros finales en los

Anexos III, IV, V y VI. La Tabla 3.5 expone los resultados de la medición en tiempos estándar de producción para una sola camiseta según un proceso estandarizado para la referencia descrita:

Tabla 3.5. Tiempos estándar de producción camiseta clásica cuello redondo talla M.

Empresa			Nombre del producto		
Empresa textil "ABC"			Camiseta clásica cuello redondo		
Módulo - Submódulo		Talla considerada		Unidad	Tiempo total (min)
Camisetas - 3		M		1	39.5809
Estación	Actividad	Operario	Valoración	Suplemento	Tiempo estándar (min)
Corte	Tender tela	Op 1 y Op 2	0.75	0.29	1.1810
	Asentar plotter de corte	Op 1 y Op 2	0.75	0.29	4.7306
	Ajustar plotter	Op 3	1.15	0.43	8.0138
	Corte inicial	Op 3	1.15	0.43	1.6356
	Corte de pieza delantera	Op 3	1.15	0.43	3.0927
	Corte de pieza trasera	Op 3	1.15	0.43	3.3242
	Corte de mangas	Op 3	1.15	0.43	2.0253
	Corte de cuellos	Op 3	1.15	0.43	1.1405
	Empaquetado	Op 3	1.15	0.43	2.5603
Totales					27.7040
Paqueteo	Revisar retazos de tela	Op 4	0.75	0.32	0.5089
	Etiquetar retazos por talla	Op 4	0.75	0.32	0.8232
	Armar y empaquetar retazos de tela	Op 4	0.75	0.32	0.3216
Totales					1.6536
Confección	Unir hombros	Op 5	1.13	0.31	0.7751
	Coser cuello	Op 6	1.13	0.31	0.1674
	Unir cuello	Op 6	1.13	0.31	0.9134
	Cortar sesgo	Op 7	1.13	0.31	0.1328
	Colocar tirilla hombro a hombro	Op 7	1.13	0.31	0.4879
	Asentar cuello	Op 6	1.13	0.31	0.4871
	Unir mangas	Op 5	1.13	0.31	1.0503
	Coser costados y etiqueta	Op 5	1.13	0.31	1.0772
	Doblado borde inferior	Op 7	1.13	0.31	0.9199
	Doblado mangas	Op 7	1.13	0.31	0.7776
	Revisar y virar	Op 6	1.13	0.31	0.0992
Totales					6.8880
Pulido y Terminado	Revisar y Pulir prenda	Op 8	0.88	0.33	1.9977
	Planchar prenda	Op 8	0.88	0.33	0.7184
	Etiquetar prenda	Op 9	1.13	0.25	0.5071
	Empaquetar pedido	Op 9	1.13	0.25	0.1121
Totales					3.3354

Fuente: Elaboración propia.

En base a la recolección de información, se puede determinar un tiempo estándar de producción de una sola unidad en 39 minutos con 58 segundos aproximadamente. Sin embargo, es importante recalcar que los tiempos estándar obtenidos en el *Anexo III* para la estación de corte reciben un tratamiento adicional, con el objetivo de determinar una aproximación para una sola camiseta; pues, el estudio de tiempos, en este WC específico, se realizó por lotes de pedidos, promediando una cantidad de 60 unidades, debido a la naturaleza del proceso productivo. Este tratamiento adicional considera que:

- El tiempo estándar de la actividad de tendido en la estación de corte, registrado en *Anexo III*, refiere a la producción completa de un lote de 60 unidades en 5 tallas, extendiendo aproximadamente 1.43 m de ancho y 0.93 m de largo de tela por talla; de manera que, en la *Tabla 3.5* se indica el dato de tiempo estándar dividido por talla y por capa de tela requerida (12 capas para lote estándar).
- El molde se corta una sola vez, es decir que las actividades de corte de tela no se consideran por cada unidad como es el caso de las otras estaciones de trabajo; donde, los tiempos son por prenda terminada y se multiplican con el aumento de la producción. Por tanto, para las actividades de corte de tela se estima lo siguiente:
 - Se aumentan o disminuyen los tiempos en una proporción del 6% (12 segundos) por cada talla.
 - Se aumentan los tiempos de corte en un 33.33% (20 segundos) por cada 100 capas de tela.

3.1.2.4. Análisis de desempeño inicial

En lo que respecta a la empresa textil “ABC”, se puede conocer más de su situación actual por medio de indicadores de desempeño calculados en función de los datos manejados por la empresa y las metas de producción diarias establecidas; así, se evalúa el sistema productivo del objeto de estudio por medio de los siguientes conceptos:

- *Throughput (T)*

En base a la *Ecuación 1.2* y la información recolectada en la empresa previamente al estudio de tiempos, se plantea para el horario regular de trabajo (480 minutos disponibles al día, tiempo de almuerzo ya reducido) y una meta de producción promedio diaria de 150 unidades de camisetas.

$$T = \frac{150 \text{ camisetas}}{480 \text{ min}} = 0.3125 \text{ camisetas/minuto}$$

Adicionalmente, es importante mencionar, que por política la empresa textil exige una productividad de 80% a cada estación, de acuerdo con la programación diaria de producción para poder pagar el salario acordado; sin embargo, la productividad promedio alcanzada es del 64%, de manera que los operarios suelen quedarse horas extra informales no remuneradas para alcanzar dicha tarifa. Siendo esto así, los datos históricos de producción pueden ser poco fiables para comprender el sistema productivo; pero, el presente indicador en combinación con el porcentaje de desempeño promedio permite comprender mejor el funcionamiento de la fábrica textil y sus restricciones.

- *Inventory (I)*

En lo que respecta al inventario de la empresa textil “ABC”, no se puede determinar un valor específico; pues, debido a la naturaleza de la industria de moda, los lotes de producción son variables y, por política, la organización planifica la producción para tener inventarios de 1 o 2 días o, según la prioridad del cliente, horas. Así también, la empresa no considera necesario calcular este rubro en costos, por lo cual desconoce el impacto del mismo en su economía.

Sin embargo, por medio de observación, se logra identificar un WIP interno grande en cada estación, el cual no se ha considerado muy relevante debido a que el flujo actual del producto es por lote de pedido completo; es decir, que el lote se considera inventario solamente cuando está completo y listo para la siguiente estación, pero no se ha analizado el WIP como un desperdicio y un indicador común de restricción.

- *Operating Expenses (OE)*

Los costos operativos de la empresa “ABC” se consultan directamente con el área financiera de la organización, la cual lleva un control de registros de producción junto a costos para determinar estos rubros. Así, se obtiene lo siguiente:

$$OE = \text{Costo Mano de obra directa} + \text{Costos indirectos de fabricación (CIF)}$$

$$OE = 0.06 \left(\frac{\$}{\text{min} * \text{trabajador}} \right) + 0.05 \left(\frac{\$}{\text{min} * \text{trabajador}} \right)$$

$$= 0.11 \left(\frac{\$}{\text{min} * \text{trabajador}} \right)$$

Durante las visitas realizadas a la fábrica, se pudo reconocer que los registros de producción enviados al área de finanzas no siempre se manejan rigurosamente y no consideran las horas extra concretadas por baja productividad; lo cual señala la existencia de rubros no considerados en la OE como el uso de maquinaria en tiempo extra y desperdicios.

- *Productividad*

La productividad en el caso de estudio se puede calcular con la *Ecuación 1.3* de la siguiente forma:

$$Productividad = \frac{T}{OE} = \frac{0.3125 \left(\frac{\text{camisetas}}{\text{min}} \right)}{0.11 \left(\frac{\$}{\text{min} * \text{trabajador}} \right)} = 2.84 \left(\frac{\text{camisetas} * \text{trabajador}}{\$} \right)$$

El cálculo realizado nos indica que por cada dólar (\$) invertido en la empresa textil, se obtienen aproximadamente 3 camisetas por cada trabajador.

- *OEE*

El indicador de Eficiencia Global de la Planta (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*) se calcula de manera segmentada, específicamente para la estación de *Confección*; pues, debido a la naturaleza de la producción textil de la empresa “ABC”, en dicho WC no existe una gran variabilidad de productos y procesos productivos como en las otras estaciones descritas. Así, en función de los datos recolectados durante las visitas a fábrica y los expuestos en la *Tabla 3.5*, se aplica la *Ecuación 1.5* y se obtiene el siguiente resultado.

$$OEE = \frac{\text{Tiempo de Ciclo} * (\text{Unidades Procesadas} - \text{Defectos} - \text{Reprocesos})}{\text{Tiempo disponible}} \quad [\%]$$

$$OEE = \frac{6.88 \left(\frac{\text{min}}{u} \right) * (90(u) - 2(u) - 34(u))}{480 (\text{min})} * 100 \% = 77.4 \%$$

En base a los indicadores de desempeño calculados por medio de los datos recolectados, la información dada por la empresa textil y los detalles observados en la organización; se puede concluir que la situación inicial del objeto de estudio se puede describir:

- Cuantitativamente una eficiencia global de planta del 77.4%, un *Throughput* de 0.31 camisetas por minuto y un índice de desempeño promedio del 64% por trabajador.
- Cualitativamente como una empresa con registros deficientes de producción y costos, trabajo desorganizado, alto porcentaje de reprocesos, baja productividad diaria de acuerdo con la planificación (considera 3 días extra para cumplir los pedidos) y, notables desperdicios de movimiento, espacio y tiempos poco conocidos.

3.1.3. Aplicación de la TOC

3.1.3.1. Identificación de restricción

En el primer paso de aplicación de la TOC, se plantea el uso de un Mapa de Flujo de Valor (*Value Stream Map* - VSM), herramienta de *Lean Manufacturing*, para identificar las restricciones del proceso de producción de camisetas en la empresa textil "ABC". Este mapa incluye las actividades que añaden valor al producto final, sus capacidades e inventarios relacionados; además, incluye tiempos de obtención de materia prima y de distribución.

Considerando un tiempo total disponible de 8 horas día (480 minutos), un lote mínimo de 60 prendas de las 5 tallas básicas, tiempo de llegada de materia prima y tiempo de entrega de producto terminado del caso de mayor demora, cantidad de operarios de contrato fijo y la utilización aproximada observada en planta; se construye el VSM de la producción de camisetas de la empresa "ABC" en función a la *Tabla 3.5*, las consideraciones adicionales para la estación de corte y la descripción del proceso productivo, y, se expone dicho mapa en la *Figura 3.4* a continuación:

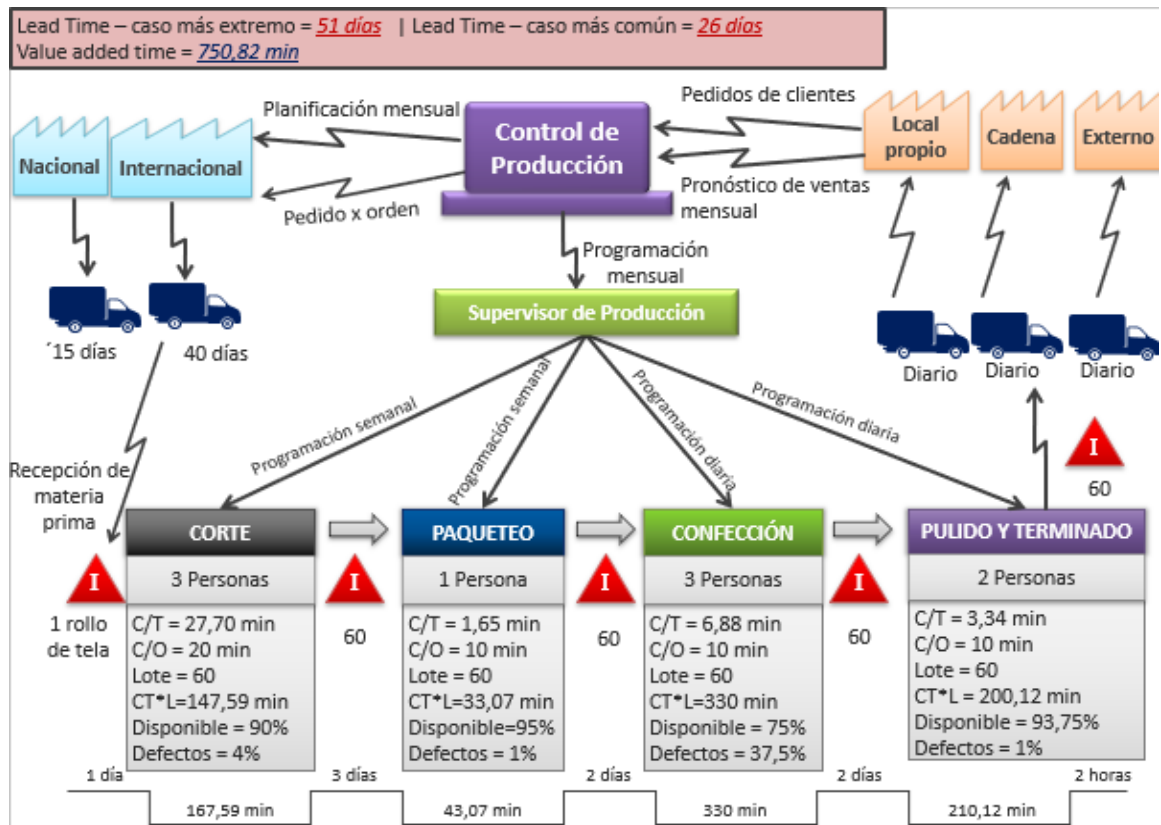


Figura 3.4. VSM – producción de camisetas empresa textil “ABC”.

Fuente: Elaboración propia.

El VSM de camisetas de la empresa “ABC” nos permite observar flujo del material y la información dentro del sistema productivo textil; así, se calcula un *Lead Time* (tiempo transcurrido desde que se realiza un pedido hasta que se entrega al cliente) en caso extremo de 51 días y en caso más común de 26 días. En función de ello, observando únicamente lo que corresponde internamente a la empresa y sus actividades agregadoras de valor, la estación que mayor tiempo requiere para completar un pedido básico es la estación de Confección, la cual se vuelve un cuello de botella para el sistema de producción escogido; sin embargo, al observar el tiempo de valor no agregado, se puede notar que la Estación de Corte y Paqueteo manejan mucho tiempo de inventario debido a su carga con otras familias de productos.

La situación de producción física de la empresa se simula en la herramienta de simulación *FlexSim*, considerando la información del VSM, materia prima disponible inmediatamente, un tiempo de producción de 480 minutos al día (7:00 hasta 15:00 de lunes a viernes), distancias aproximadas en metros y 2 pedidos de 60 unidades programados por día; de manera que, la simulación se expone en la *Ilustración 3.18*:



Ilustración 3.18. Simulación de situación inicial – Producción de camisetas.

Fuente: Elaboración propia – *FlexSim*.

En base a la simulación elaborada, se obtiene la *Figura 3.5* de Throughput por estación, permitiendo observar que, de un total de 10 pedidos de 60 unidades completados en desde la estación de corte y paqueteo en una semana, solamente se completan seis (360 unidades) hasta la estación de pulido y terminado.

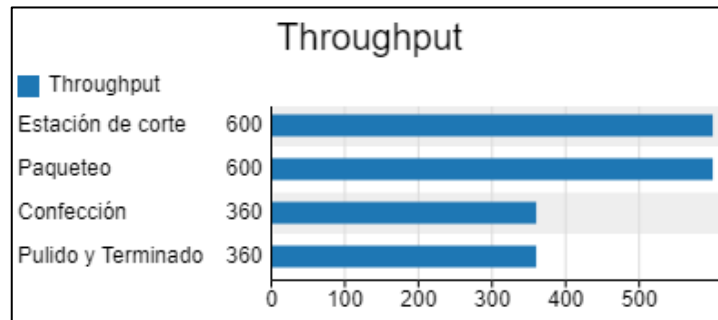


Figura 3.5. Resultado Throughput por estación – Situación inicial.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.6* de Tiempo de espera por WIP informa que, en la simulación ideal, el mayor tiempo de espera está en la estación de Confección con un valor promedio de 271.53 minutos, superando con amplitud al inventario de las otras estaciones.

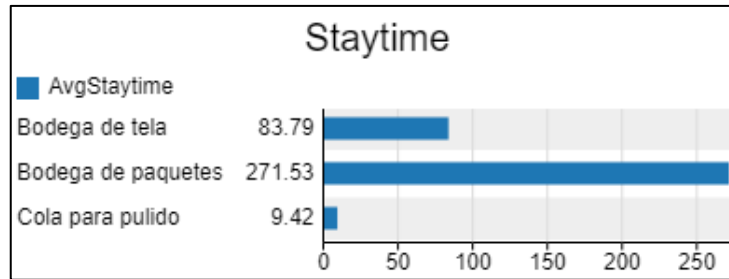


Figura 3.6. Resultado Tiempo de espera WIP – Situación inicial.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.7* indica el ingreso total de 10 pedidos básicos y la salida de seis pedidos únicamente en el tiempo de simulación de 5 días (480 minutos por día) de trabajo.

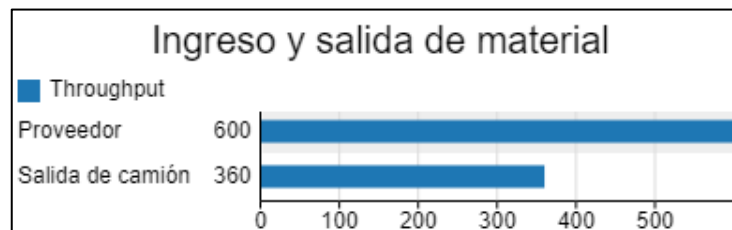


Figura 3.7. Resultado Input vs Output global– Situación inicial.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

Así, para el caso específico de la línea de producción de camisetas, se concluyó que el cuello de botella está en la estación de Confección debido a su requerimiento de tiempo de procesamiento y, su naturaleza de manufactura por unidad.

3.1.3.2. Explotar restricción

En el segundo paso de aplicación de la TOC, se observa la “explotación” de la estación de Confección; es decir, establecer soluciones “parche” o temporales para completar la producción del lote reduciendo el impacto del cuello de botella mencionado. En función de ello, se plantea la aplicación de las 5S y estandarización del trabajo; pues, según lo observado, Confección maneja solamente 3 trabajadores muy capacitados pero que generan, entre actividad, grandes cantidades de inventario y desperdicios de movimientos y tiempos. Por un lado, se registran amplias cantidades de WIP, pero ningún producto completo en el tiempo esperado debido a un trabajo desordenado; y, por otra parte, movilizándose varias veces entre máquinas se pierden aproximadamente de 15 a 20 minutos (incluyendo set up de máquina repetitivo).

Actualmente, la estación de confección no maneja ningún reglamento, norma o procedimiento para mantenerse ordenada y limpia; lo cual, entorpece, ralentiza y baja la calidad del trabajo. Además, el trabajo regular no está estandarizado u organizado; de manera que, los pedidos no pueden salir en el tiempo planificado, sino que se acogen a aproximaciones dadas por la experiencia y, en muchos casos, horas extra no remuneradas para cumplir una meta diaria.

Considerando dicha problemática, la explotación del cuello de botella debe iniciar con la aplicación de las 5S:

- 1) **Seiri – Clasificación:** Clasificar las herramientas de la estación dejando solamente aquellas que son necesarias para la confección; y, adicionalmente, desde Paqueteo mantener una división por tallas y tipo de los retazos de tela.
- 2) **Seiton – Organización:** Colocar los materiales cerca de las máquinas que los requieren en cantidades estudiadas (lo mínimo y justo para funcionar) para que siempre estén a disposición.
- 3) **Seiso – Limpieza:** Mantener limpio el lugar de trabajo y establecer un protocolo para eliminar residuos de material en determinados espacios.
- 4) **Shitsuke – Disciplina:** Practicar los 3 pasos anteriores, educar al personal y mantener un seguimiento y control sobre las nuevas normas y/o procedimientos.
- 5) **Seiketsu – Estandarización:** Estandarizar el trabajo en función de las primeras S y educar al personal en dicho estándar.

La empresa “ABC” maneja un sistema de producción donde cada lote avanza por las estaciones correspondientes con el número total de unidades, forzando a las estaciones a sincronizarse por completo con el cuello de botella y sus resultados. La estandarización del trabajo en Confección permitirá cumplir con lotes más pequeños de un mismo pedido para que este pueda fluir con mayor continuidad a la siguiente estación de Pulido y Terminado; lo cual, recortará tiempos de espera e inventarios de un mismo lote y, por consecuencia, el *lead time* de un pedido también se verá reducido.

La estandarización de trabajo se plantea dividiendo el lote final por talla (5 básicas) y siguiendo las actividades de confección en un orden planteado de manera rigurosa y fluida; adicionalmente, se plantea una rotación por talla de operarios en las actividades cumpliendo el orden presentado en la *Tabla 3.6* y la configuración de la *Figura 3.8*, donde se calcula un *Takt Time* según la *Ecuación 1.6* para un lote de 60 prendas en 240 minutos:

Tabla 3.6. Organización de actividades y rotación de operarios propuesta.

Estación	Actividad	Operario	Valoración	Suplemento	Tiempo estándar (min)
Confección	Unir hombros	Op 5	1.13	0.31	0.7751
	Coser cuello	Op 6	1.13	0.31	0.1674
	Cortar sesgo	Op 7	1.13	0.31	0.1328
	Unir cuello	Op 6	1.13	0.31	0.9134
	Colocar tirilla hombro a hombro	Op 7	1.13	0.31	0.4879
	Asentar cuello	Op 5	1.13	0.31	0.4871
	Unir mangas	Op 6	1.13	0.31	1.0503
	Coser costados y etiqueta	Op 5	1.13	0.31	1.0772
	Dobladillo borde inferior	Op 7	1.13	0.31	0.9199
	Dobladillo mangas	Op 7	1.13	0.31	0.7776
Revisar y virar	Op 6	1.13	0.31	0.0992	
Totales					6.8880

Fuente: Elaboración propia.

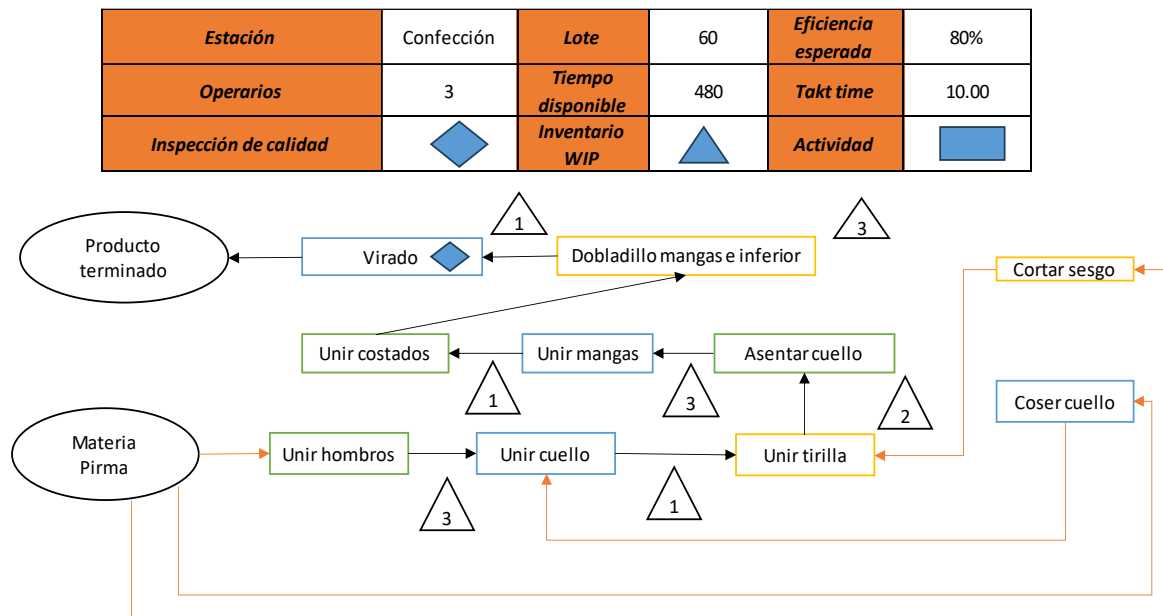


Figura 3.8. Hoja de trabajo estandarizado.

Fuente: Elaboración propia.

La *Figura 3.8* indica en color naranja las líneas que representan el flujo de materia prima y en color negro el flujo de la confección del producto dentro de la estación; así mismo, las actividades de color verde se asignan a las actividades del operario 5, de color azul al operario 6 y de color amarillo al operario 7.

La explotación de la restricción se simula en dos partes dentro de la herramienta de software *FlexSim*, la primera pretenda observar internamente la estación de confección utilizando la *Tabla 3.6* y la *Figura 3.8*; así, se completa la *Ilustración 3.19*.

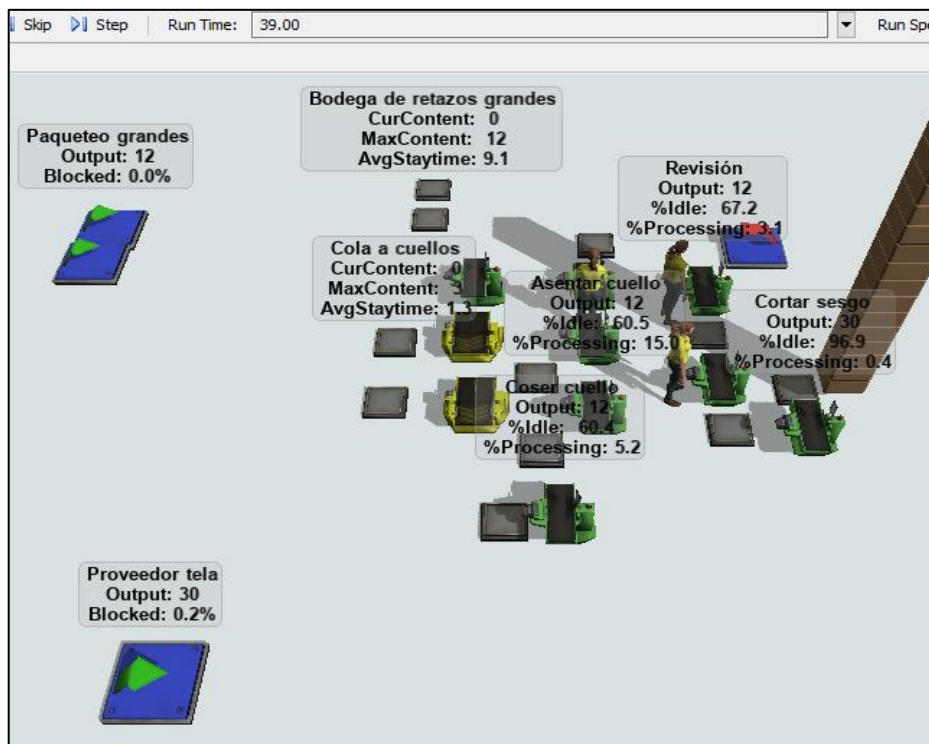


Ilustración 3.19. Simulación estandarización de Confección.

Fuente: Elaboración propia – *FlexSim*.

La simulación de la estandarización de Confección nos permite observar que se completa el lote de 12 unidades en 39 minutos incluyendo 10 minutos de set up; es decir, que, para completar un lote de 60 unidades, se requieren 189.28 minutos en total, mientras que según *Figura 3.4*, este tiempo rodea los 330 minutos actualmente (incluyendo mismo set up), demostrando una reducción en el tiempo del cuello de botella. Así también, se contemplan tiempos de espera bajos entre las actividades de la estación:

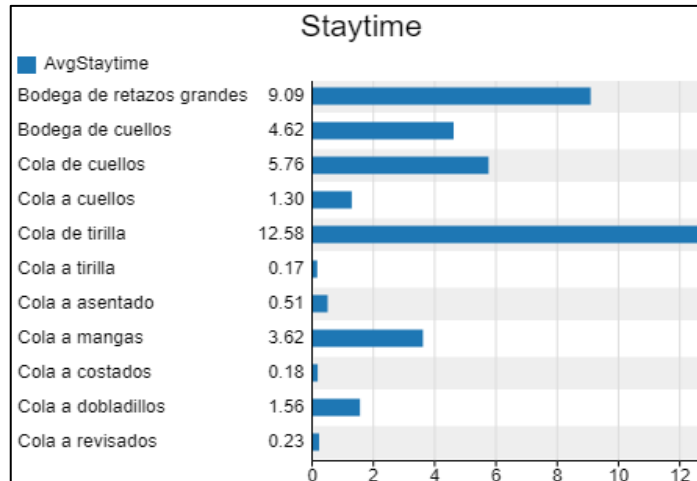


Figura 3.9. Resultado Tiempo de espera WIP – estandarización de confección.

Fuente: Gráfica elaborada por *Flexsim*.

La segunda simulación integra el tiempo de procesamiento resultante a la simulación inicial con los tiempos estandarizados en la *Tabla 3.5* para las otras estaciones; de tal manera, se observa el resultado en *Ilustración 3.20* e indicadores en la Figuras continuas:

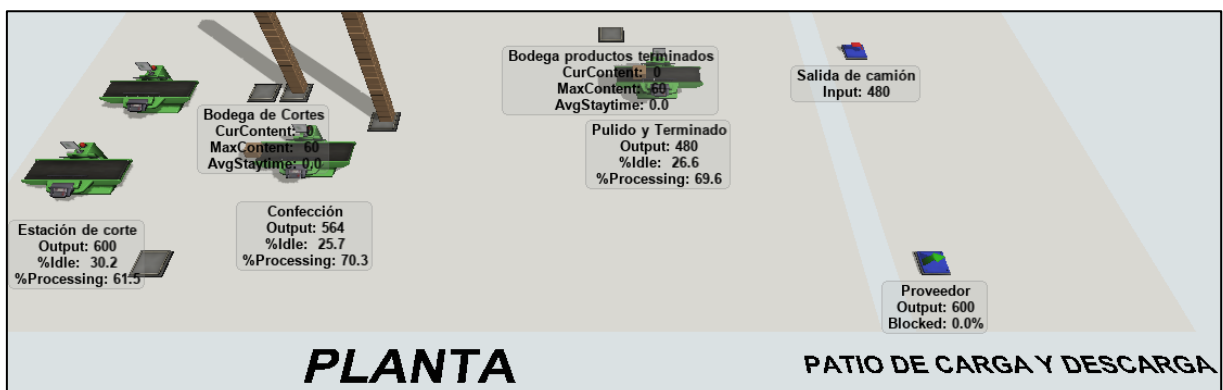


Ilustración 3.20. Simulación explotar cuello de botella– Producción de camisetas.

Fuente: Elaboración propia – FlexSim.

En base a la simulación elaborada, se obtiene la *Figura 3.10* de *Throughput* por estación, permitiendo observar que, de un total de 10 pedidos de 60 unidades completados en la estación de corte y paqueteo en una semana, se completan ocho (480 unidades), el noveno lote está en la estación de pulido y terminado, y, el décimo lote confeccionó dos tallas.

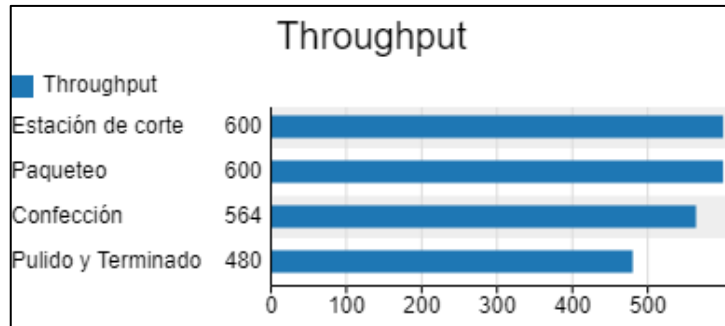


Figura 3.10. Resultado Throughput por estación – Situación explosión *bottleneck*.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.11* de Tiempo de espera por WIP informa que, el mayor tiempo de espera se mantiene en la estación de Pulido y Terminado con un valor promedio de 84.97 minutos, seguida por poca diferencia por la estación de Confección.

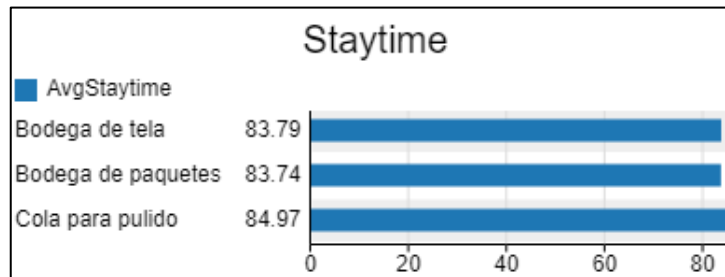


Figura 3.11. Resultado Tiempo de espera WIP – Situación explosión *bottleneck*.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.12* indica el ingreso total de 10 pedidos básicos y la salida de ocho pedidos en el tiempo de simulación de 5 días (480 minutos por día) de trabajo.

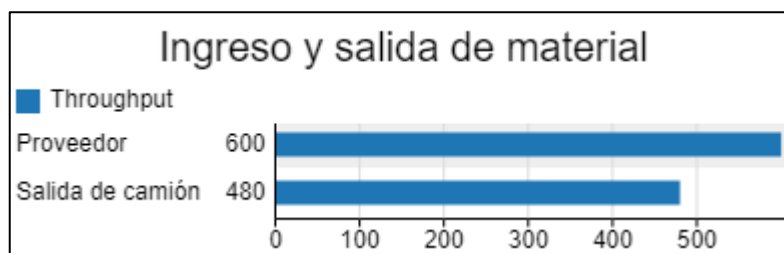


Figura 3.12. Resultado Input vs Output global– Situación explosión *bottleneck*.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

Se puede notar un alivio en el cuello de botella reduciendo, con la estandarización del trabajo, el tiempo de procesamiento requerido inicialmente de 330 minutos para un lote de 60 unidades a 189.28 minutos para la misma cantidad de prendas; además, la reducción

del tamaño de lote permite que la estación de Confección tenga menor WIP interno y una rotación de trabajadores que evite la fatiga y otorgue dinamismo a su labor. La mejora global del sistema es notable, incluyendo una reducción en el WIP en la estación de confección a 83.74 minutos de 271.51 minutos iniciales; sin embargo, se genera WIP para la estación de pulido y corte, por lo cual revisar costos de inventario y/o evaluar un aumento del espacio de almacenamiento en estos espacios debe ser considerado al aplicar la estrategia propuesta en este paso de la TOC.

3.1.3.3. Subordinar el sistema a la restricción

El tercer paso de la TOC invita a subordinar las estaciones del sistema productivo al cuello de botella; de manera que, el alivio del cuello de botella se dará desde las otras estaciones. En busca de lograr la subordinación, se plantea la aplicación del sistema DBR junto a la herramienta *Kanban* de retiro; así, el ritmo de producción de Confección se extenderá a otras estaciones provocando reducción del *Lead Time*.

Mediante observación y análisis, se determina que la estación de Confección es candidato ideal para ser el *Tambor* de un sistema DBR y el *Buffer* de apoyo será el WIP de paquetes anterior; así, la *Cuerda* se conecta con el ingreso de *input* a la estación de corte cuando inicia la producción de la mitad del lote del *Tambor*. De esta manera, se sincroniza el sistema desde la estación de Corte con el ritmo de producción de Confección; y, a su vez, la estación de Pulido y Terminado se subordina dividiendo su tiempo de trabajo para los 5 lotes reducidos que salen de Confección, de manera que ambas estaciones trabajen a la par en un mismo pedido. Es importante mencionar que mantener a las dos últimas estaciones trabajando a la par, permite que los productos que requieran reproceso y corrección de confección, alertado en la estación de Pulido y Terminado, se puedan arreglar con rapidez aprovechando el set up y ritmo de trabajo que mantiene la estación de Confección simultáneamente.

Considerando la propuesta de Subordinación y la Estandarización del trabajo en el paso anterior, se simula la producción de camisetas y se obtiene los siguientes resultados:



Ilustración 3.21. Simulación con subordinación – Producción de camisetas.

Fuente: Elaboración propia – FlexSim.

En base a la simulación, se obtiene la *Figura 3.13* de Throughput por estación, permitiendo observar el ingreso de 12 pedidos (60 unidades cada uno) a la estación de corte y paqueteo, 10 pedidos completados; y, un onceavo lote completo en tres tallas en las últimas dos estaciones sincronizadas.

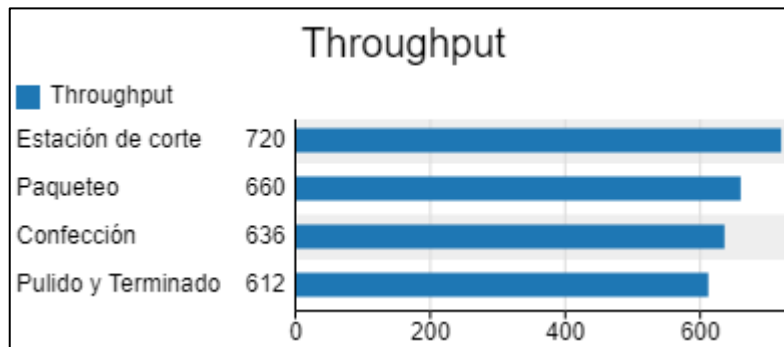


Figura 3.13. Resultado Throughput por estación – Situación subordinación.

Fuente: Gráfica elaborada por FlexSim.

La *Figura 3.14* de Tiempo de espera por WIP informa que el sistema subordinado y sincronizado maneja un tiempo máximo de 86.77 minutos de inventario; y, este únicamente se contempla en el inventario anterior a confección donde se divide el lote de 60 unidades en lotes pequeños de 12 prendas por talla, y, en el inventario de producto terminado que espera unificar nuevamente el lote separado con anterioridad.

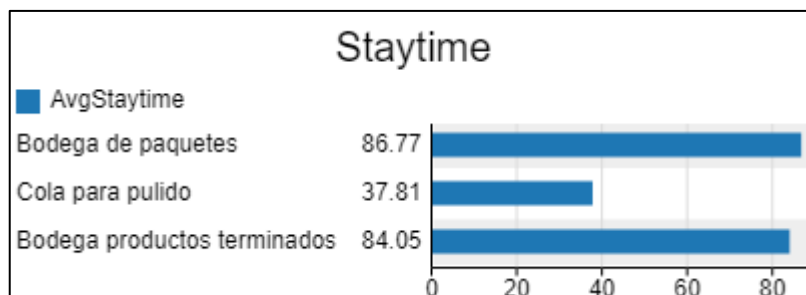


Figura 3.14. Resultado Tiempo de espera WIP – Situación subordinación.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.15* indica el ingreso total de 12 pedidos básicos en una semana y la salida de seis pedidos en 5 días de trabajo.



Figura 3.15. Resultado Input vs Output global– Situación subordinación.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

Los resultados de la subordinación y sincronización del sistema productivo tienen como principal beneficio la reducción de WIP; pues, anteriormente el tiempo de espera, con el alivio de cuello de botella, llegaba a los 83.74 minutos y, en la situación inicial a 271.51 minutos, pero en la *Figura 3.14* arroja 86.77 minutos manteniéndose cerca de la mejora anterior. Además, en la subordinación de la estación de Pulido y Terminado, se pueden observar resultados con mayor rapidez; pues, esta trabaja con los lotes segmentados de confección a la par con un tiempo promedio de inventario de 37.81 minutos de un 84.97 minutos en la solución anterior, aumentado su utilización de 69% a 85%. Así también, el número de órdenes aumenta en 2, lo cual mantiene a las primeras estaciones trabajando mientras el cuello de botella les indica su disposición. Este escenario reduce el impacto del cuello de botella en el sistema productivo, disminuyendo: WIP, tiempo de procesamiento de lote básico y la explotación de un operador en una tarea repetitiva.

Dentro del software de simulación, no se puede colocar la combinación de *Kanban* con el sistema DBR; pero, esta herramienta visual se plantea en base a los resultados de la simulación, es decir que esta se coloca bajo la siguiente instrucción:

- i) Corte – Entrega de orden completa a Paqueteo clasificada por amarres de colores (20 paquetes de retazos de tela – 4 por talla de pedido)
- ii) Paqueteo – Entrega de 4 paquetes de retazos de tela de una talla (12 unidades) cuando la *Cuerda* indique la terminación de lote anterior en la primera actividad de Confección (Unir hombros).
- iii) Confección – Entrega de 12 prendas por talla a Pulido y Terminado cada 32 minutos.
- iv) Pulido y Terminado – Entrega de pedido terminado al completar 60 unidades empaquetadas al área de distribución.

El sistema DBR permite reducir los inventarios entre las primeras estaciones y, por consecuencia, el *Lead Time*; y, aunque no se puede observar el impacto de la herramienta *Kanban* por completo, se conoce que esta señalización será la parte visual del sistema DBR que conectará y educará a los operadores en la cultura *Lean Manufacturing*.

3.1.3.4. Elevar desempeño de la restricción

Al observar los resultados de explotar el cuello de botella y subordinar el sistema al mismo, se concluye que hay una reducción de *Lead Time* en los resultados de un inicial de 750.82 minutos a 578.78 minutos productivos; sin embargo, la solución propuesta en la TOC llama a una sobrexplotación de los operarios (desempeño ideal del 100%) y la necesidad de un cambio en la cultura organizacional para implementar herramientas *Lean* como el *Kanban*. Por tanto, el cuarto paso de la TOC plantea un cambio drástico al sistema de producción para elevar el desempeño de la restricción junto al sistema productivo; así, se propone la contratación de tres miembros de personal adicional en Confección, duplicando la capacidad para lograr cumplir más órdenes de 60 unidades en horario regular. El escenario simulado arroja los siguientes resultados:

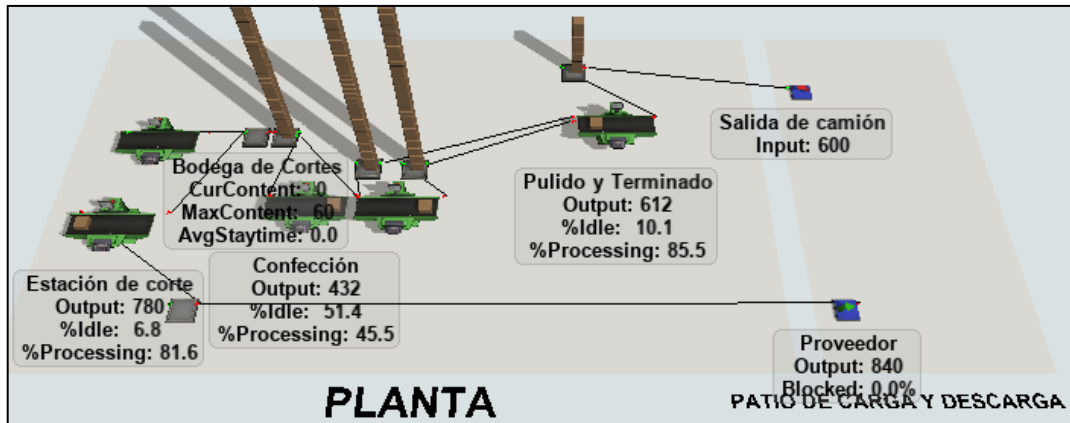


Ilustración 3.22. Simulación elevar desempeño– Producción de camisetas.

Fuente: Elaboración propia – FlexSim.

En base a la simulación, se obtiene la *Figura 3.16* de *Throughput* por estación, permitiendo observar el ingreso de 14 pedidos (60 unidades cada uno) a la estación de corte, 10 pedidos completados; y, un onceavo lote en proceso en las últimas estaciones sincronizadas.

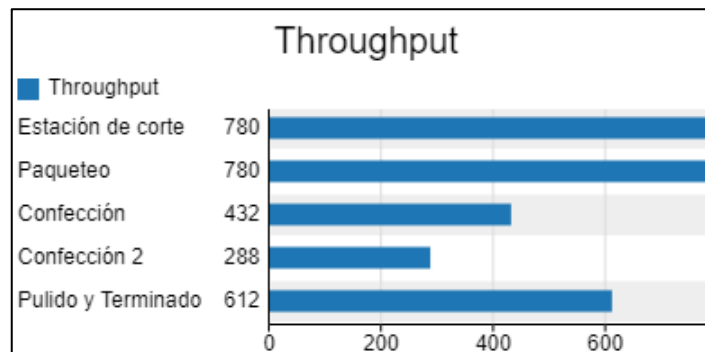


Figura 3.16. Resultado Throughput por estación – Situación elevar desempeño.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.17* de Tiempo de espera por WIP informa que el sistema de mayor capacidad tiene el mayor tiempo de espera promedio en el inventario de la estación de Pulido y Terminado vinculada a las estaciones de Confección con un máximo de 218.76 minutos; así, también se nota que el WIP para Confección se ha reducido ampliamente a 24.46 minutos.

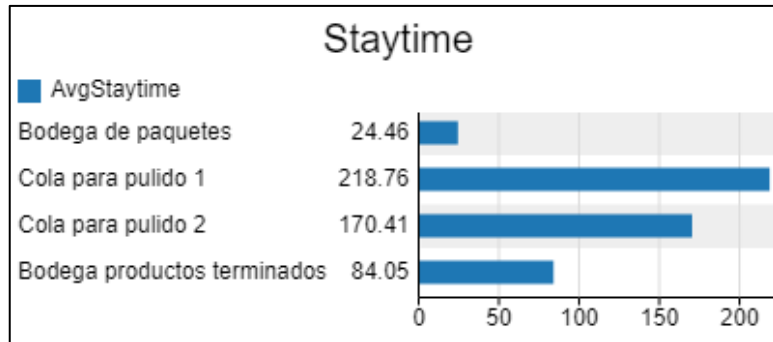


Figura 3.17. Resultado Tiempo de espera WIP – Situación elevar desempeño.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.18* indica el ingreso total de 14 pedidos básicos en una semana y la salida de 10 pedidos en 5 días de trabajo.

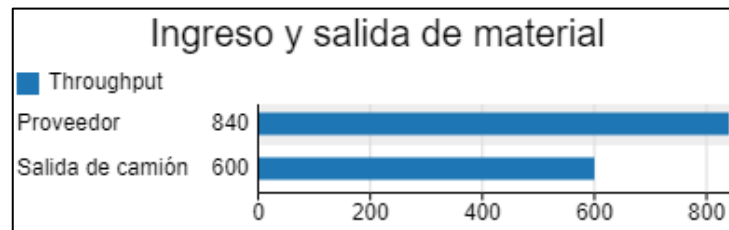


Figura 3.18. Resultado Input vs Output global– Situación elevar desempeño.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La simulación demuestra una mejora para la producción de camisetas de la empresa textil “ABC”, reduciendo el *Lead Time* de 750.82 minutos a 500 minutos productivos; es decir, que, en el caso más común, el *Lead Time* total pasó de 26 días a 25 días con 140 minutos, ahorrando 340 minutos. Además, la reducción de WIP es notable desde un promedio de 271.53 minutos a 24.46 minutos en Confección; sin embargo, en otras estaciones aparece un inventario WIP, no existente en la simulación inicial, lo cual representa un indicio de un nuevo cuello de botella al elevar el desempeño. Finalmente, cabe recalcar que la utilización de las estaciones de Corte y Paqueteo, aumentó de 48% a 81% y de 9% a 18% respectivamente, en comparación con la situación inicial del sistema productivo.

3.1.3.5. Buscar nueva restricción

La *Ilustración 3.22* presenta un escenario final de la mitigación del cuello de botella en la estación de Confección; pero, la aplicación de la TOC impulsa a la empresa a continuar el ciclo de búsqueda y eliminación de restricciones con el objetivo de mejora continua. Así, la

simulación nos permite observar nuevas restricciones que pueden ser consideradas para continuar el ciclo TOC; las cuales se notan a medida que se reduce el *bottleneck* en Confección, como es la estación de Pulido y Terminado.

La TOC es una metodología que impulsa la filosofía *Kaizen* de mejora continua, manejándose como un ciclo de reconocimiento y “corrección” de restricciones; por tanto, la constante revisión y análisis de los cuellos de botella en el sistema productivo de la empresa textil “ABC” permitirá que esta obtenga mejores resultados en todas sus líneas de producción, más allá de la muestra en camisetetas.

3.1.4. Estrategias de optimización

La aplicación de la TOC con apoyo de herramientas de *Lean Manufacturing* permite determinar un conjunto de estrategias para optimizar la línea de producción básica de la empresa textil “ABC”, mismas que se detallan a continuación:

- **Implementación de las 5S:**

Implementar las 5S en una estación de trabajo permite clasificar, organizar y limpiar el área para reducir las demoras que se provocan por el desorden y por desperdicios de movimientos. En el caso específico de la fábrica textil, se pudo notar que no existen espacios adecuados para contener desperdicios y estos se encuentran estorbando las áreas de trabajo y los materiales de producción; además, la búsqueda de materiales o documentación técnica, no clasificada y ordenada, durante la producción genera retrasos. Con la implementación de las 5S, las problemáticas reportadas en la fábrica podrían mitigarse y, si se logra la estandarización y disciplina con éxito, estas medidas serían fundamentales en un sistema *Kaizen* de mejora continua.

- **Reducir lotes de producción:**

Actualmente, la empresa textil “ABC” produce sus pedidos en lotes completos dentro de cada estación; es decir, que un pedido debe completarse en una estación para poder seguir a la siguiente. Así, todo el sistema se planifica y condiciona con el cuello de botella; sin embargo, es importante comprender que la producción en cada estación se da de forma diferente y, producir lotes enteros no siempre es lo más adecuado para todos los WC.

Siendo esto así, se recomienda la estrategia de reducción de lotes de producción para dinamizar el cumplimiento de un pedido; y, obtener resultados paulatinos al trabajar las últimas estaciones a la vez. Considerando la naturaleza de los pedidos de confección, se recomienda realizar la reducción de lotes de acuerdo con las tallas requeridas; pues, cada talla se suele pulir y terminar por separado, por lo que la división de un pedido en dicho tipo de lotes sería adecuada para la sincronización del sistema.

- **Estandarización del trabajo:**

A lo largo de las visitas realizadas a la fábrica textil, se pudo observar que el cuello de botella no se maneja con una ruta de producción rigurosa o específica; por lo cual, generalmente, se encuentran inventarios WIP de diferentes características en cada actividad (Prendas en una misma cola de espera pueden tener o no las mismas actividades pendientes). Así mismo, cada trabajador completa los trabajos de forma desordenada; es decir, que, a pesar de lo planificado, cada operario realiza lo que encuentra pendiente en las diversas WIP dentro de la estación de *Confección*.

Por tanto, estandarizar el trabajo dentro del WC mencionado, es una estrategia ideal para regularizar la secuencia y flujo del trabajo; y, también permitirá establecer una carga de trabajo balanceada para los operarios sin sobreexplotarlos. Adicionalmente, se logrará obtener productos completos en el tiempo planificado, sin generar grandes cantidades de WIP irregular entre actividades.

- **Sistema DBR y Sistema Kanban:**

La implementación de los sistemas DBR y *Kanban* a la par, son una estrategia ideal para optimizar una estación cuello de botella; pues, estas herramientas permiten sincronizar el sistema de producción en función de la restricción encontrada. Por un lado, el sistema DBR permite establecer un punto de “aviso” formal que indique cuando surtir el sistema de producción, evitando la generación de altos inventarios y mayor fluidez de material en el cumplimiento de los pedidos. En cambio, el sistema *Kanban* es un apoyo visual, mediante el cual se formalizan y practican las decisiones del sistema DBR; además, esta señalización guiará la producción en el camino de la manufactura esbelta, pues determina cantidades y momentos exactos de entrega de material y producto.

Actualmente, la empresa textil no maneja ninguna señalización de sistema *Kanban*, ni DBR, y se guían más por la experiencia, “empujando” los pedidos hacia adelante; lo cual,

genera grandes cantidades de inventario WIP en el *bottleneck* y estresa la estación de Confección donde el trabajo fluye de manera irregular y poco predecible. La estrategia de implementación combinada de los sistemas DBR y *Kanban*, demuestra tener un efecto positivo en la sincronización de la producción; por tanto, es recomendable considerar esta opción para optimizar la producción.

- **Aumento de capacidad de producción:**

La aplicación de la TOC establece la posibilidad de generar estrategias de gran impacto como el aumento de capacidad de producción mediante adquisición de tecnología o contratación de personal adicional; es decir, empujan a la restricción a “desaparecer”. En el caso específico de la empresa textil “ABC”, se menciona la posibilidad de contratar personal adicional en la estación de Confección, de manera que se duplique la capacidad del cuello de botella; sin embargo, a pesar de los resultados positivos de esta medida en *throughput* y WIP, se deben analizar detalles de costos, recursos y espacio físico para evaluar la viabilidad y beneficio real de esta estrategia dentro de la empresa.

- **Rediseño de flujo de trabajo:**

Durante las visitas para la recolección de información en la empresa “ABC”, se pudo observar una gran cantidad de defectos detectados en la estación de pulido y terminado mucho después de ser entregados; pues, debido a los pedidos de otras líneas de producción, se revisan las órdenes de confección de 1 a 2 días después de completarse. Siendo esto así, los defectos se envían a reproceso en Confección cuando ésta ya se encuentra configurada para otro pedido; por lo cual, el cuello debe prescindir de un operario para corregir los errores encontrados, ralentizando la producción.

En base a esto, se propone la estrategia de rediseñar el flujo de material en las últimas dos estaciones para pulir y revisar el producto mientras está en Confección, detectando rápidamente los errores y corrigiéndolos a tiempo; así, se lograría completar la orden evitando interrumpir la producción en el cuello de botella, y, se detectarían las fuentes de defectos con mayor facilidad para su posterior tratamiento.

Las estrategias mencionadas se han simulado con el software *FlexSim* en la aplicación de la TOC, generando resultados prometedores en sus respectivos indicadores de desempeño, compilados en el *Anexo VII*; por lo cual, se plantean como estrategias de optimización para el objeto de estudio del presente proyecto de investigación.

3.1.5. Propuesta de mejora

La primera propuesta de mejora para la línea de producción de camisetas de la empresa textil "ABC" se fundamenta en todos los pasos aplicados de la metodología TOC; pues, a lo largo de la investigación y visitas a la fábrica se pudo reconocer desorganización en la estación cuello de botella, desperdicios de material, tiempo y movimiento, un ritmo de trabajo no regulado y una cantidad considerable de reprocesos, en promedio 37.5%, enviados desde la estación de Pulido y Terminado a Confección tiempo después de la entrega de dicho lote, provocando retrasos en pedidos de clientes y una planificación poco confiable.

Por tanto, la aplicación de las 5S, la reducción de lotes por tallas y la estandarización del trabajo, presentado en la *Figura 3.8*, son herramientas que se recomiendan implementar antes de aplicar una medida más compleja; pues, estas se enfocan en un cambio de la cultura de trabajo interna y conlleva capacitación, acompañamiento y reglamentos nuevos para la organización. Adicionalmente, la implementación del sistema DBR apoyado con la herramienta visual *Kanban* y la subordinación de las estaciones al cuello de botella en Confección, permitirán la reducción de inventarios y, por consecuencia, de desperdicios. La aplicación de las herramientas *Lean* en el escenario real evaluará mejor las problemáticas de la producción textil y, se podrá conocer y medir el impacto de aplicar medidas más extremas como la contratación de personal adicional.

Adicionalmente, una vez aplicados los pasos de la TOC, incluyendo el aumento de capacidad, se propone el rediseño de flujo de trabajo, añadiendo la actividad de pulir prenda del WC de Pulido y Terminado a la estación de Confección; permitiendo reducir el tiempo requerido en la estación de Pulido y Terminado y, el reconocimiento y corrección de errores más rápido y durante el tiempo de producción del mismo lote. Esta propuesta se origina de la observación de una cantidad considerable de reprocesos enviados desde Pulido y Terminado hasta Confección después de 1 a 2 días de que dicha estación entrega el lote completo; de manera que, la estación cuello de botella debe reducir su velocidad de producción al perder a un operario que deberá readecuar una máquina de coser a un modelo anterior, descoser la prenda defectuosa y volver a coserla. Estos reprocesos conllevan movimientos, recursos, tiempo y actividades adicionales que podrían evitarse si la inspección se diera en el momento adecuado. Los tiempos de producción para las dos últimas estaciones se modifican, generando la *Tabla 3.7* como resultado.

Tabla 3.7. Rediseño de flujo y estaciones – Confección y, Pulido y Terminado.

Estación	Actividad	Operario	Valoración	Suplemento	Tiempo estándar (min)
Confección	Unir hombros	Op 5	1.13	0.31	0.7751
	Coser cuello	Op 6	1.13	0.31	0.1674
	Cortar sesgo	Op 7	1.13	0.31	0.1328
	Unir cuello	Op 6	1.13	0.31	0.9134
	Colocar tirilla hombro a hombro	Op 7	1.13	0.31	0.4879
	Asentar cuello	Op 5	1.13	0.31	0.4871
	Unir mangas	Op 6	1.13	0.31	1.0503
	Coser costados y etiqueta	Op 5	1.13	0.31	1.0772
	Doblado borde inferior	Op 7	1.13	0.31	0.9199
	Doblado mangas	Op 7	1.13	0.31	0.7776
Revisar y Pulir prenda	Op 6	1	0.33	2.0969	
Totales					8.8857
Terminado	Planchar prenda	Op 8	0.88	0.33	0.7184
	Etiquetar prenda	Op 9	1.13	0.25	0.5071
	Empaquetar pedido	Op 9	1.13	0.25	0.1121
Totales					1.3376

Fuente: Elaboración propia.

Estación rediseñada	Confección	Lote	60	Eficiencia esperada	90%
Operarios	3	Tiempo disponible	480	Takt time	8.89
Inspección de calidad		Inventario WIP		Actividad	

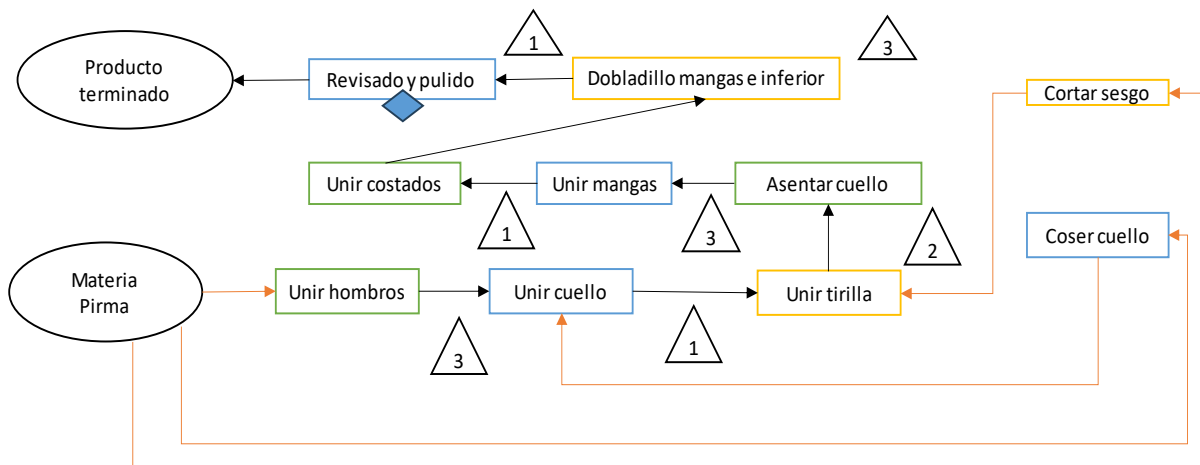


Figura 3.19. Hoja de trabajo en Confección – Rediseño de Flujo.

Fuente: Elaboración propia.

La simulación del último escenario se modifica con la propuesta adicional detallada en la *Tabla 3.7* y la *Figura 3.19*, y expone sus resultados a continuación:

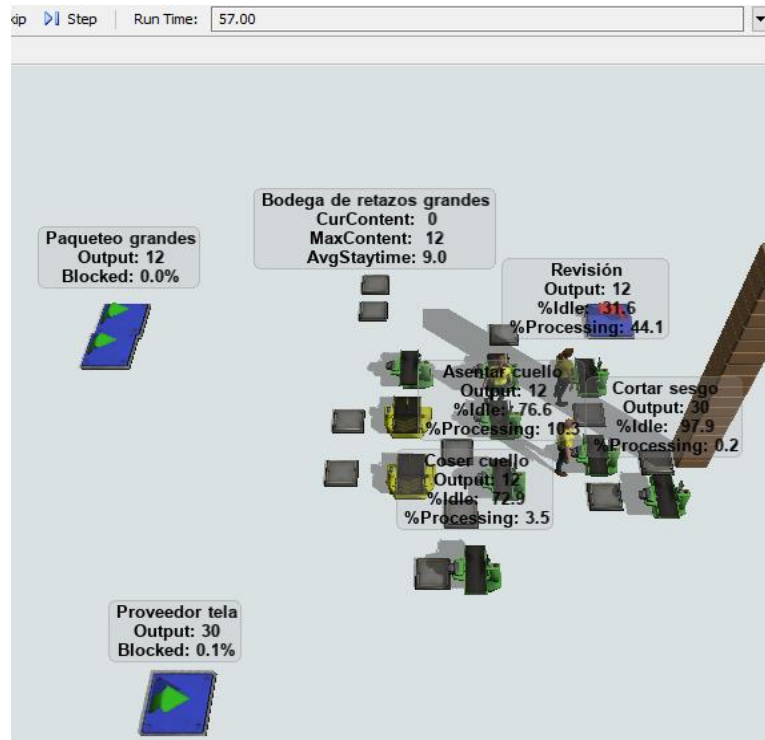


Ilustración 3.23. Simulación rediseño de flujo en Confección.

Fuente: Elaboración propia – FlexSim.

La simulación del rediseño de flujo en el WC de Confección nos permite observar que se completa el lote de 12 unidades en 57 minutos incluyendo 10 minutos de set up; es decir, que, para completar un lote de 60 unidades, se requieren 268.16 minutos en total. En lo que respecta a tiempo de espera, se observa un aumento debido a la actividad agregada a uno de los trabajadores, quién realiza actividades con menos carga:

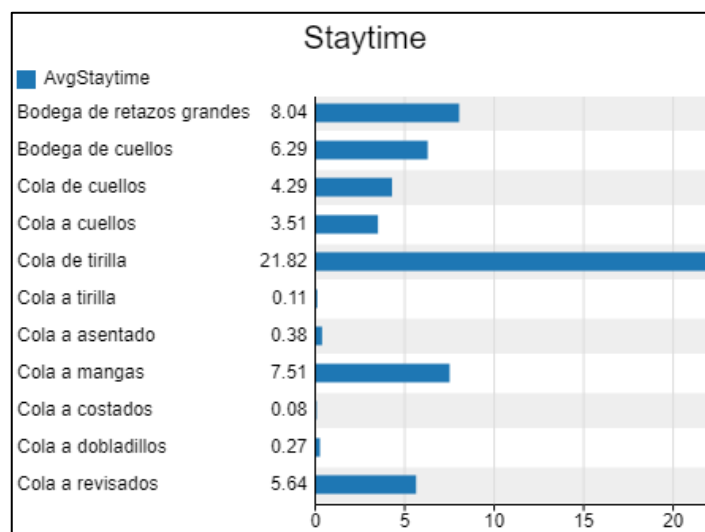


Figura 3.20. Resultado Tiempo de espera WIP – estandarización de confección.

Fuente: Gráfica elaborada por FlexSim.

La segunda simulación integra el tiempo de procesamiento resultante a la última simulación planteada en la *Ilustración 3.22* para elevar el desempeño del sistema productivo; de tal manera, se observa el resultado en *Ilustración 3.24* e indicadores en la Figuras continuas:

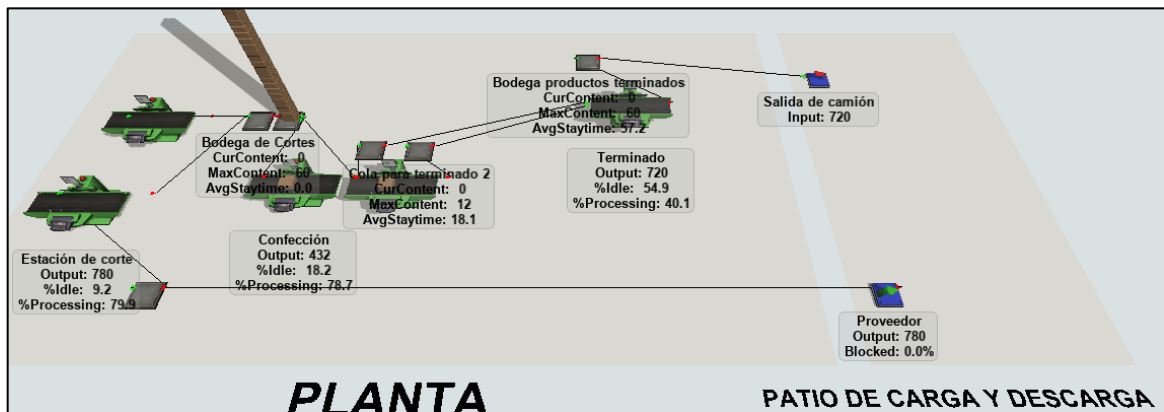


Ilustración 3.24. Simulación mejora con rediseño – Producción de camisetas.

Fuente: Elaboración propia – FlexSim.

En base a la simulación elaborada, se obtiene la *Figura 3.21* de Throughput por estación, permitiendo observar que, de un total de 13 pedidos de 60 unidades completados en la estación de corte y paqueteo en una semana, se completan 12 pedidos (720 unidades).

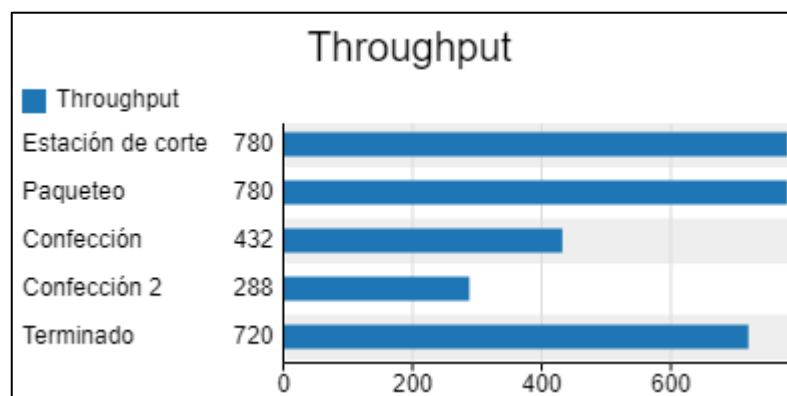


Figura 3.21. Resultado Throughput por estación – Situación mejora con rediseño.

Fuente: Gráfica elaborada por FlexSim.

La *Figura 3.22* de Tiempo de espera por WIP informa que, el mayor tiempo de espera encuentra después de la estación de Terminado con 57.22 minutos, debido a la espera obligatoria para reunir el lote completo antes de distribución; así también, Confección se mantiene con un valor promedio de 41.58 minutos en inventario.

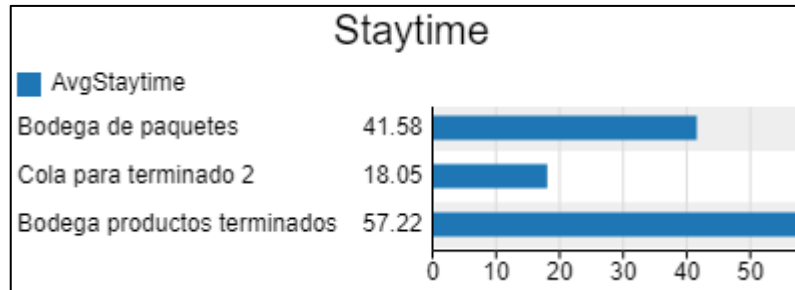


Figura 3.22. Resultado Tiempo de espera WIP – Situación mejora con rediseño.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

La *Figura 3.23* indica el ingreso total de 13 pedidos básicos y la salida de 12 pedidos en el tiempo de simulación de 5 días (480 minutos por día) de trabajo.

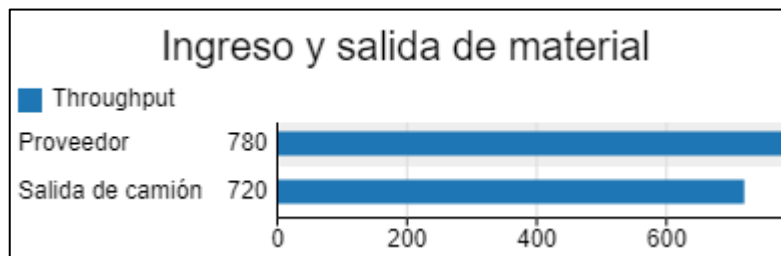


Figura 3.23. Resultado Input vs Output global– Situación mejora con rediseño.

Fuente: Gráfica elaborada por *FlexSim*.

Con el rediseño de flujo, se logra mantener el alivio en el cuello de botella Confección por medio de:

- Reducción de tiempo de procesamiento requerido inicialmente de 750.82 minutos para un lote a 689.34 minutos aproximadamente.
- Disminución WIP mayor promedio a 41.78 minutos de 271 minutos iniciales en la estación de Confección.

De esta manera, se mantienen los dos principales beneficios otorgados por la aplicación de la TOC en relación con el escenario inicial; y, se puede completar, a la par, el pulido y la revisión en el mismo WC de Confección, evitando detección de errores tardía, procurando reprocesos inmediatos y una entrega de pedido más fluida hacia distribución.

3.1.5.1. Análisis de desempeño con propuesta de mejora

Una vez planteada la propuesta de mejora, se puede establecer un análisis comparativo, entre la simulación de la situación inicial y con estrategias de mejora, por medio de indicadores de desempeño relacionados con *Lean Manufacturing* y *TOC*; siendo esto así, es importante mencionar que estos valores se calculan y grafican automáticamente por el software de simulación *FlexSim* utilizado. Por tanto, no se establece un cálculo tradicional para los indicadores y, se recalca que, los resultados de simulación siempre consideran algunas variables ideales; por lo cual, estas métricas no reemplazan resultados de implementación en un sistema de producción real con amplia intervención humana.

- *Throughput (T)*

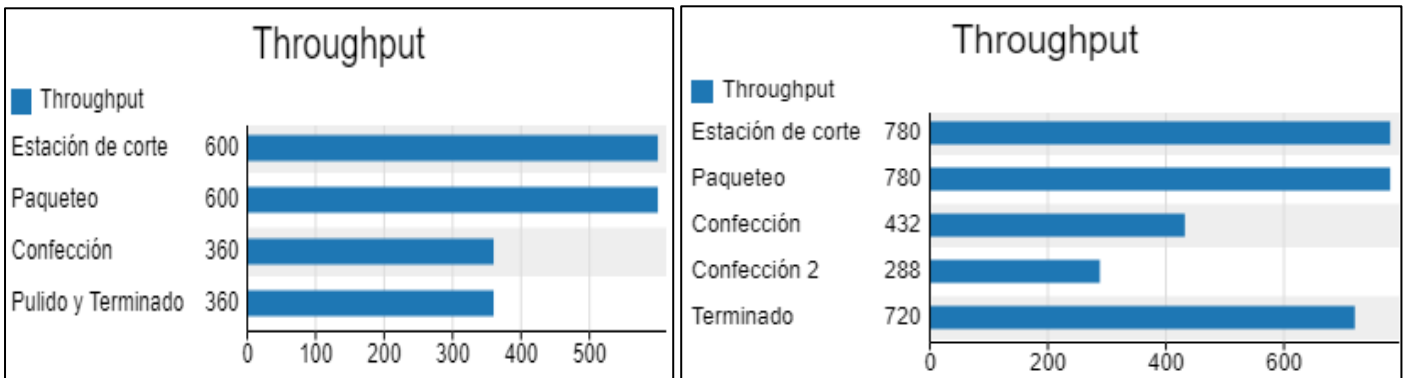


Figura 3.24. Comparación Throughput por estación – Situación inicial vs Plan de Mejora.

Fuente: Gráficas elaboradas por *FlexSim*.

El *Throughput* contempla una mejora desde una situación inicial de 600 prendas terminadas en Corte y Paqueteo y, 360 en Confección y, Pulido y Terminado; a, indicadores de 780 unidades completadas en Corte y Paqueteo, y, 720 prendas en Confección, y, Pulido y Terminado con la aplicación de la propuesta de mejora detallada anteriormente. Así, se observa, en el mismo tiempo de simulación, que en el primer escenario quedan por terminar desde el cuello de botella 40% de las prendas; pero, tras las mejoras, solamente se observa un faltante de 7.69% denotando el efecto de *Lean Manufacturing* y *TOC*.

- *Inventory (I)*

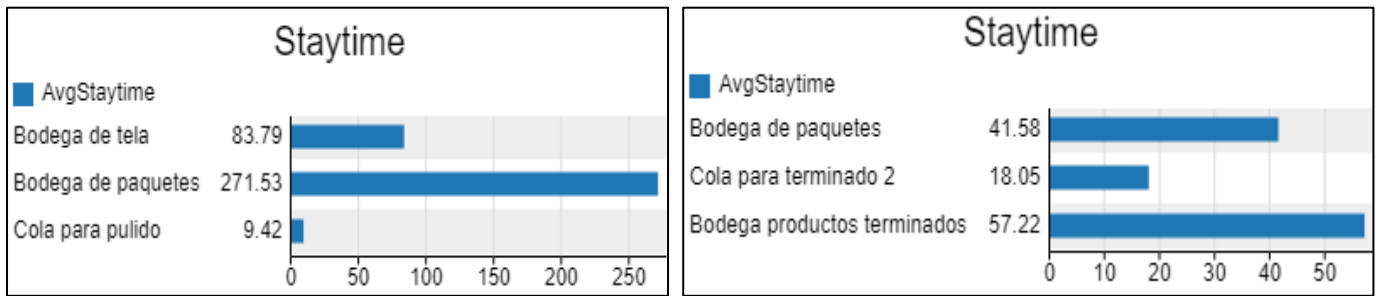


Figura 3.25. Comparación Tiempo de espera WIP – Situación inicial vs Plan de Mejora.

Fuente: Gráficas elaboradas por *FlexSim*.

El *Inventario*, específicamente el tiempo de inventario del WIP, contempla una mejora notable desde una situación inicial de 83.79 minutos en el inventario para Corte y, 271.53 minutos en el inventario para Confección, a indicadores de 41.58 minutos de espera para Corte y 18.05 minutos para Confección; aunque, se puede observar un efecto opuesto para el inventario de Pulido y Terminado, donde aumenta el tiempo de espera de WIP de 9.42 minutos a 57.22 minutos. De manera general, en el caso de inventarios, se puede determinar una mejora promedio de 71.86%, reduciendo el cuello de botella encontrado inicialmente; pero, un nuevo cuello de botella deberá ser analizado.

3.2. Conclusiones

El Trabajo de Integración Curricular se centró en la aplicación de la conocida Teoría de Restricciones (Theory of Constraints – TOC) en una empresa textil, denominada como “ABC”, ubicada en Quito - Ecuador; incluyendo, la identificación del proceso productivo textil, estudio de tiempos, capacidad e indicadores de desempeño para poder completar la aplicación de la teoría mencionada. Una vez analizada la situación inicial y comprendido el sistema productivo, se completaron los pasos de la TOC y se finalizó con un planteamiento de propuesta de mejora para reducir las restricciones actuales de la organización. En función del trabajo concretado, se puede concluir que:

- La TOC permite identificar restricciones - cuellos de botella - existentes dentro de un proceso de producción; los cuales se caracterizan por limitar la capacidad productiva de un sistema y no permitir una mejora en el desempeño de éste. Así, dentro del proceso actual de producción de ropa básica de la empresa textil “ABC”, se logró reconocer a la estación de *Confección* como el cuello de botella; el cual, marca el ritmo productivo actual, dificulta el cumplimiento de la planificación de

producción y, es una estación crítica donde se realizan las actividades principales para la creación del producto final, teniendo mayor espacio para defectos en este.

- A lo largo del levantamiento de información realizado en la empresa textil “ABC” se observó deficiencias en la organización del trabajo, manejo de desperdicios, gestión documental de la organización, cumplimiento de pedidos a tiempo, salud ocupacional de los operarios e inspección de calidad oportuna. Así, mediante la observación se pudo reconocer, desde un principio, posibles estrategias de mejora, las cuales se formalizaron con la aplicación de la TOC y el apoyo de las herramientas de manufactura esbelta; de manera que, se demuestra la importancia del análisis cualitativo a la par del cuantitativo en un sistema de producción para determinar propuestas de mejora más completas y favorables para la organización.
- La TOC otorga un camino para mitigar el impacto de las restricciones en un sistema productivo y lograr una mejora en la eficiencia y desempeño de este; así, por medio de la aplicación de los pasos de la teoría base y herramientas de *Lean Manufacturing*, se logra proponer estrategias de optimización del proceso productivo como son:
 - Aplicación de las 5S's.
 - Estandarización del trabajo.
 - Implementación de sistema *DBR* y *Kanban*.
 - Rediseño de flujo de trabajo.
 - *Kaizen*.
- La simulación es una herramienta muy útil para testear y demostrar los resultados de una propuesta de mejora, y, mientras más completa, detallada y realista sea esta, los resultados serán más cercanos al sistema productivo real; sin embargo, es importante recalcar que los resultados obtenidos en la simulación suelen ser ideales y no pueden sustituir o presentarse como los que se pueden obtener tras la implementación de la estrategia de mejora, ya que dentro de un sistema productivo existen varios factores que no se pueden predecir o controlar.
- En la presente investigación se logra demostrar como la TOC y *Lean Manufacturing* pueden integrarse en función de un objetivo común, eliminar una restricción, y completar una sola propuesta de mejora en favor de un sistema productivo.

3.3. Recomendaciones

- La aplicación de la TOC en el presente proyecto consideró únicamente una de las líneas de producción de la empresa textil “ABC”, elegida debido a su alto volumen de productos; sin embargo, al estudiar el sistema productivo de la organización, se pudo observar que los pedidos de las líneas de producción adicionales (tela jean y camisa) se encuentran dentro de las estaciones de *Corte*, *Paqueteo* y *Pulido y Terminado* con la muestra estudiada. Por tanto, en futuras investigaciones, se recomienda generar una muestra combinada de las tres líneas de productos para poder reconocer con mayor fundamento el cuello de botella de la producción textil; y, por consecuencia, al aplicar la TOC lograr una mejora más global en el sistema.
- La TOC es una metodología ampliamente reconocida en los entornos productivos y, su aplicación puede combinarse con diversas filosofías o herramientas que persiguen la mejora continua como es el caso de *Lean Manufacturing*. Así, se recomienda la apertura a combinar la TOC con otras herramientas o filosofías como *Six Sigma* para explotar el potencial de esta metodología y obtener resultados innovadores.
- Una restricción común en todas las empresas es la resistencia al cambio; por tanto, al proponer estrategias de mejora que busquen estandarizar, modificar o controlar las actividades de los trabajadores, se recomienda abordar esta problemática con herramientas que capaciten e integren a los involucrados para lograr una aceptación de la propuesta de mejora planteada.
- En lo que respecta a la empresa textil “ABC”, se recomienda mejorar la gestión documental, estandarizar el trabajo, planificar la producción con el desempeño actual de planta, plantear la inspección de calidad oportunamente, mejorar la gestión de desperdicios, establecer reglas de prioridad técnicas formales en la planificación para completar a tiempo todos los pedidos, y, aumentar la flexibilidad del sistema para poder manejar pedidos grandes introducidos fuera de la planificación mensual.
- La propuesta de mejora planteada en este estudio no incluye la fase de implementación en la planta, ya que dicha decisión pertenece a la organización; así, las simulaciones con el software *FlexSim*, permiten comparar dicho escenario con el ideal actual y predecir un mejoramiento en los indicadores del sistema productivo. Por tanto, se recomienda, para futuros trabajos, la implementación de

una propuesta de mejora, considerando los rubros adicionales que conllevaría la decisión de la empresa; y, generando un reporte con los resultados de mejora fundamentando con mayor fuerza la utilidad de la metodología TOC y las herramientas de *Lean Manufacturing*.

- Las investigaciones prácticas relacionadas con la TOC y con la manufactura esbelta pueden encontrarse en diversas industrias de manufactura e incluso en servicios con resultados prometedores; conforme la gran cantidad de ejemplares encontrados se recomienda continuar explorando la aplicación de estas herramientas en otro tipo de organizaciones para lograr un sistema con la filosofía de mejora continua combinada con la reducción de los desperdicios y buscar su aplicación, especialmente, en la industria de servicios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzubi, E., Atieh, A. M., Abu Shgair, K., Damiani, J., Sunna, S., & Madi, A. (2019). Hybrid integrations of value stream mapping, theory of constraints and simulation: Application to wooden furniture industry. *Processes*, 7(11).
<https://doi.org/10.3390/pr7110816>
- Asociación de Industriales Textiles del Ecuador. (2024). *AITE - Historia y Actualidad*.
<https://aite.com.ec/industria.html>
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2020). *Banco Central del Ecuador - Estadísticas Sector Real*. <https://www.bce.fin.ec/informacioneconomica/sector-real>
- Banks, J., Carson, J., Nicol, D. M., & Nelson, B. (2005). *Discrete-Event System Simulation* (Cuarta Edición). Pearson.
- Bravo Carrasco, J. (2011). *Gestión de Procesos - Alineados con la estrategia* (Cuarta Edición). Editorial EVOLUCIÓN S.A.
- Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2014). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministro* (Treceava Edición). Mc Graw Hill Education.
- Fernández Henao, S. A., Pérez Rendon, A. L., & Medina Varela, P. D. (2019). Uso integral de simulación, diseño de experimentos y KANBAN para evaluar y mejorar el rendimiento de una línea de producción. *Entre ciencia e ingeniería*, 13(26), 9–16.
<https://doi.org/10.31908/19098367.1147>
- Fernández, M. de los Á., & Del Valle, J. (2019). *Cómo iniciarse en la investigación académica - Una guía práctica* (Primera Edición). Fondo Editorial.
- FlexSim Software Products, Inc. (2024). *3D Software de simulación y análisis | FlexSim*.
<https://www.flexsim.com/es/>
- Goldratt, E., & Cox, J. (1984). *The goal: an ongoing improvement process* (A. Gower, Ed.).
- Goldratt, E. M. (1993). *What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented?*
- Heizer, J. H., Render, Barry., Murrieta Murrieta, J. Elmer., & Haaz Díaz, Guillermo. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación.
- Hernández, R. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.*
- Institute of Management Accountants., & Arthur Andersen LLP. (1999). *Theory of constraints (TOC) management system fundamentals*. The Institute.
- Janosz, M. (2018). The theory of constraints as a method of results optimization in complex organization. *Archives of Foundry Engineering*, 18(4), 59–64.
<https://doi.org/10.24425/afe.2018.125169>
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2013). *Administración de operaciones: procesos y cadena de suministros*. (Décima Edición). Pearson.

- McMillan, J. H. (2016). *Fundamentals of educational research* (Séptima Edición). Pearson.
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (2024). *Boletines de cifras del sector productivo 2024*. <https://www.produccion.gob.ec/boletines-de-cifras-del-sector-productivo-2024/>
- Mourtzis, D., Doukas, M., & Bernidaki, D. (2014). Simulation in manufacturing: Review and challenges. *Procedia CIRP*, 25(C), 213–229. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.032>
- Muñoz Guevara, J. A., Zapata Urquijo, C. A., & Medina Varela, P. D. (2022). Lean Manufacturing: Modelos y herramientas. En *Lean Manufacturing: Modelos y herramientas*. Universidad Tecnológica de Pereira - UTP. <https://doi.org/10.22517/9789587226362>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima Edición). Mc Graw Hill.
- Pimienta, J., & De la Orden, A. (2017). *Metodología de la investigación* (Tercera Edición). Pearson.
- Pozo, H., & Picchiali, D. (2009). *The Theory of Constraints and the small firm: an alternative strategy in the manufacturing management*.
- Real Academia Española [RAE]. (2024). *Lote | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es/lote>
- René, J., & Moya, V. (2015). *Gestión de la producción con enfoque sistémico*. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14468>
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2009). *Manual de Lean Manufacturing - Guía Básica* (Grupo Noriega, Ed.; Segunda edición). Editorial Limusa .
- Vorne Industries. (2023). *Theory of Constraints (TOC)*. <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints/>

ANEXOS

ANEXO I. Formato de ficha de recolección de tiempos

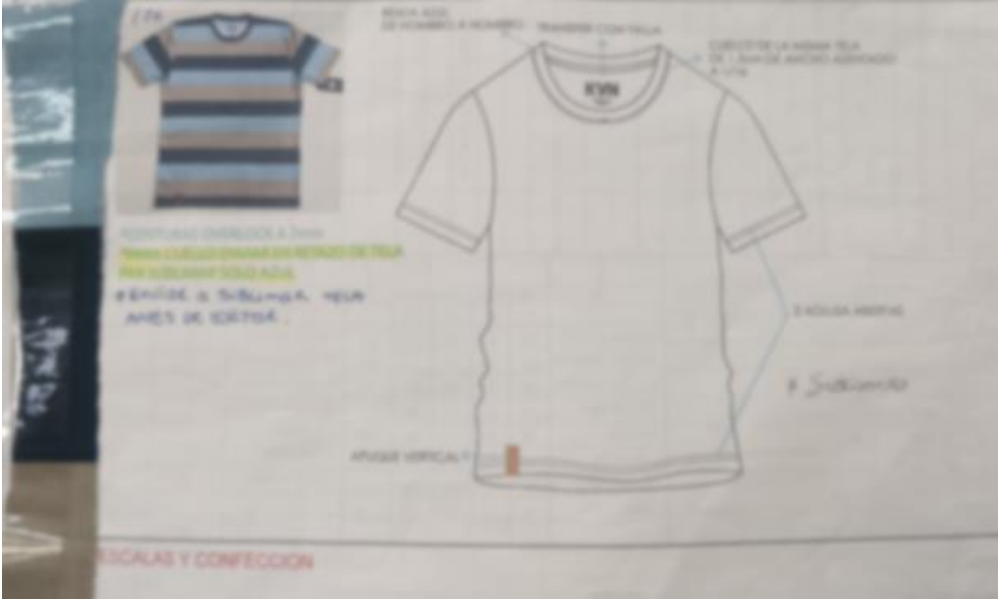
<i>Empresa</i>	<i>Nombre del producto</i>	<i>Estación</i>		<i>Tamaño de lote</i>	
		<i>Tiempo de</i>		<i>Unidades no conformes</i>	
<i>Módulo - Submódulo</i>	<i>Referencia del producto</i>	<i>Hora inicio</i>		<i>Costo operativo</i>	
		<i>Hora fin</i>			

Observaciones iniciales (min)

N°	Actividad	Descripción de la actividad	Operario	Tiempo observado (min)	Valoración	Tiempo básico (min)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			

Fuente: Modificación y estructuración propia - (Niebel & Freivalds, 2009) y (Chase & Jacobs, 2014)

ANEXO II. Ejemplo Ficha de Referencia recolectada

Referencia	12468		
Descripción del Producto	Camiseta clásica sublimada		
Tamaño de orden	101	Prioridad	Sí
Estación observada	Confección		
Imagen del producto			
			

Fuente: Elaboración propia – Diseño empresa textil “ABC” (difuminado por confidencialidad)

ANEXO III. Ficha de Medición de tiempo – Estación de Corte

Empresa	Nombre del producto	Estación	Corte	Tiempo de medición	7 horas 30	(XS - S - M - L - XL)
Empresa textil "ABC"	Camisa clásica cuello redondo	Unidad de medida	Lote de 60 camisetas	Hora inicio de medición	07:10	
Módulo - Submódulo	Referencia del producto	Costo operativo (\$/min)	0.06	Hora fin de medición	15:10	
Camisetas - 3	-----					

Observaciones iniciales (min)

N°	Actividad	Descripción de la actividad	Operario	Tiempo observado (min)	Valoración	Tiempo básico (min)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min)	Observaciones iniciales (min)											n										
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11											
1	Tender tela	Tendido y aplanado de tela según orden de corte y ficha técnica	Op 1 y Op 2	73.24	0.75	54.93	0.290	70.86	70.00	66.00	81.00	65.00	75.00	62.00	68.00	79.00	73.00	74.00	11	64.00	90.00	76.00	76.00	70.00	75.00	67.00	79.00	84.00	71.00	73.00
2	Asentar plotter de corte	Asentar plotter sobre tela tendida y marcar señales de tallas	Op 1 y Op 2	4.89	0.75	3.67	0.290	4.73	5.33	4.00	5.17	4.50	5.25	4.83	5.00	4.95	4.50	5.03	10	5.20	4.83	4.05	5.67	4.43	5.00	4.83	5.17	5.03	4.88	5.03
3	Ajustar plotter	Se pega el centro de cada molde de plotter con la tela	Op 3	4.87	1.15	5.60	0.430	8.01	5.00	5.33	4.48	4.00	4.50	5.17	4.75	4.83	5.00	4.97	9	4.83	5.00	4.95	5.17	5.38	5.20	4.50	4.53	4.82	5.01	4.92
4	Corte inicial	Se corta el bloque en 2 partes manejables	Op 3	0.99	1.15	1.14	0.430	1.64	1.00	0.88	1.03	1.10	1.00	0.92	1.00	1.05	1.00	0.97	6	0.97	1.10	1.08	0.93	0.90	1.00	0.92	1.10	0.90	1.03	1.00
5	Corte de pieza delantera	Se corta con maquinaria semiautomática el molde delantero de una camisa	Op 3	1.88	1.15	2.16	0.430	3.09	1.75	1.80	1.83	2.00	1.90	1.62	1.65	1.83	2.00	2.08	10	1.93	1.75	1.65	2.07	1.95	1.90	1.60	2.00	2.55	1.83	1.80
6	Corte de pieza trasera	Se corta con maquinaria semiautomática el molde trasero de una camisa	Op 3	2.02	1.15	2.32	0.430	3.32	1.80	2.33	1.87	2.17	2.18	1.92	1.93	2.25	2.23	2.05	11	2.00	2.06	2.15	1.95	1.84	1.82	1.87	2.03	2.08	1.98	1.94
7	Corte de mangas	Se corta con maquinaria semiautomática el molde de mangas de una camisa	Op 3	1.23	1.15	1.42	0.430	2.03	1.12	1.15	1.27	1.21	1.23	1.18	1.12	1.29	1.13	1.40	8	1.42	1.40	1.30	1.27	1.22	1.16	1.13	1.35	1.19	1.12	1.20
8	Corte de cuellos	Se corta con maquinaria semiautomática el molde de cuellos de una camisa	Op 3	0.69	1.15	0.80	0.430	1.14	0.69	0.70	0.68	0.70	0.62	0.61	0.60	0.61	0.73	0.71	8	0.72	0.71	0.73	0.70	0.69	0.67	0.73	0.72	0.79	0.75	0.72
9	Empaquetado	Se amarra cada conjunto de piezas cortadas.	Op 3	1.56	1.15	1.79	0.430	2.56	1.60	1.58	1.49	1.65	1.57	1.61	1.53	1.54	1.50	1.53	2	1.50	1.54	1.55	1.63	1.49	1.62	1.61	1.50	1.53	1.47	1.65
10	Almacenar	El operario toma los conjuntos y los coloca en almacenamiento temporal	Op 3	0.95	1.15	1.10	0.430	1.57	1.00	0.83	1.02	0.90	0.95	1.00	1.03	0.98	0.89	0.93	7	0.93	0.95	1.03	1.00	0.92	1.05	0.88	0.94	0.89	0.90	0.98
								98.947																						

Fuente de datos: Recolección, medición y recopilación propia.

ANEXO IV. Ficha de Medición de tiempo – Estación de Paqueteo

Empresa	Nombre del producto	Estación	Paqueteo	Tiempo de medición	7 horas 30
Empresa textil "ABC"	Camisa clásica cuello redondo	Unidad de medida	1 camiseta	Hora inicio de medición	07:10
Módulo - Submódulo	Referencia del producto	Costo operativo (\$/min)	0.06	Hora fin de medición	15:10
Camisetas - 3	-----				

(XS - S - M - L - XL)

Observaciones iniciales (min)

N°	Actividad	Descripción de la actividad	Operario	Tiempo observado (min)	Valoración	Tiempo básico (min)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Revisar retazos de tela	Se revisa cada bloque cortado de tela en busca de errores o falta de señalizaciones correctas	Op 4	0.51	0.75	0.39	0.320	0.51	0.50	0.47	0.52	0.43	0.52	0.60	0.53	0.45	0.52	0.48	13	0.52	0.43	0.58	0.55	0.49	0.48	0.59	0.65	0.47	0.50
2	Etiquetar retazos por talla	Se etiqueta cada retazo en bloque con su talla respectiva con la ayuda de una máquina etiquetadora o una tiza lavable	Op 4	0.83	0.75	0.62	0.320	0.82	0.76	0.70	0.73	0.98	0.93	0.88	0.96	0.78	0.82	0.81	20	0.77	0.85	0.96	0.80	0.69	0.95	0.83	0.79	0.76	0.88
3	Amar y empaquetar retazos de tela	Se agrupan los bloques por talla y se amarran	Op 4	0.32	0.75	0.24	0.320	0.32	0.36	0.35	0.33	0.36	0.27	0.28	0.33	0.35	0.32	0.32	13	0.30	0.29	0.40	0.36	0.30	0.33	0.35	0.31	0.32	0.28
4	Almacenar	Se coloca en un almacenamiento temporal los grupos de bloques de retazos de tela	Op 4	0.88	0.75	0.66	0.320	0.88	0.92	0.85	0.86	0.95	0.80	0.79	0.96	0.85	0.90	0.89	6	0.96	0.85	0.89	0.87	0.90	0.92	0.91	0.87	0.85	0.90
								2.529																					

Fuente de datos: Recolección, medición y recopilación propia.

ANEXO V. Ficha de Medición de tiempo – Estación de Confección

Empresa	Nombre del producto	Estación	Confección	Tiempo de medición	7 horas 30 minutos	(XS - S - M - L - XL)
Empresa textil "ABC"	Camisa clásica cuello redondo	Unidad de medida	1 camiseta	Hora inicio de medición	07:10	
Módulo - Submódulo	Referencia del producto	Costo operativo (\$/min)	0.06	Hora fin de medición	15:10	
Camisetas - 3	-----					

Observaciones iniciales (min)

N°	Actividad	Descripción de la actividad	Operario	Tiempo observado (min)	Valoración	Tiempo básico (min)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min)	Observaciones iniciales (min)										n	Observaciones finales (min)				
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5
1	Unir hombros	El operario toma las 2 piezas grandes de la camiseta (frontal y trasera) y las une/cose en la parte de los hombros.	Op 5	0.52	1.13	0.59	0.310	0.78	0.55	0.47	0.51	0.55	0.46	0.50	0.53	0.61	0.48	0.59	13	0.59	0.55	0.48	0.46	0.53
2	Coser cuello	Un operario toma los retazos de tela cortados para cuello y cose sus extremos formando un círculo de tela.	Op 6	0.11	1.13	0.13	0.310	0.17	0.11	0.13	0.11	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	12	0.09	0.10	0.12	0.13	0.13
3	Unir cuello	El operario toma las piezas grandes unidas y, en el medio de ellas, donde se encuentran los cortes irregulares, cose el cuello cerrado anteriormente doblándolo en 2 (cerrándolo en torno a la tela de camiseta).	Op 6	0.62	1.13	0.70	0.310	0.91	0.66	0.56	0.62	0.57	0.64	0.64	0.59	0.56	0.63	0.67	6	0.65	0.67	0.62	0.57	0.61
4	Cortar sesgo	De un rollo de tela se cortan tiras largas de un ancho de 1 cm aproximadamente.	Op 7	2.69	1.13	3.04	0.310	3.98	2.65	2.53	2.50	2.80	2.53	3.00	3.10	2.69	2.50	2.60	9	2.48	3.20	2.89	2.30	2.60
5	Colocar tirilla hombro a hombro	La prenda unida por los hombros y con cuello se toma y se cose, sobre la costura que une los hombros y el cuello, el sesgo o tirilla cortada anteriormente; esta tirilla va de hombro a hombro.	Op 7	0.33	1.13	0.37	0.310	0.49	0.30	0.35	0.30	0.34	0.35	0.33	0.27	0.34	0.29	0.31	11	0.36	0.38	0.33	0.36	0.33
6	Asentar cuello	El operario utiliza una máquina de coser sencilla para asentar las costuras del cuello con la tirilla.	Op 6	0.33	1.13	0.37	0.310	0.49	0.34	0.30	0.32	0.30	0.31	0.30	0.34	0.33	0.37	0.33	7	0.31	0.34	0.37	0.34	0.34
7	Unir mangas	Se cosen a la prenda los 2 retazos de tela de mangas	Op 5	0.71	1.13	0.80	0.310	1.05	0.73	0.71	0.75	0.84	0.66	0.71	0.69	0.66	0.67	0.68	8	0.68	0.71	0.72	0.77	0.69
8	Coser costados y etiqueta	Se cierra la camiseta desde el borde de las mangas (dejando la apertura de brazo) hasta el borde inferior de prenda en ambos lados. En el lado izquierdo, al momento de cerrar, que cose también la etiqueta de indicaciones de mantenimiento de prenda y la talla específica.	Op 5	0.73	1.13	0.82	0.310	1.08	0.81	0.61	0.71	0.78	0.74	0.68	0.74	0.77	0.74	0.72	9	0.65	0.70	0.81	0.75	0.69
9	Doblado inferior	El operario toma la camiseta cerrada y cose el dobladillo inferior de la camiseta, doblando un poco de la tela en un 1 cm aproximadamente	Op 7	0.62	1.13	0.70	0.310	0.92	0.62	0.62	0.68	0.58	0.66	0.65	0.58	0.55	0.65	0.66	7	0.65	0.65	0.56	0.64	0.59
10	Doblado mangas	El operario cose el dobladillo de las mangas de la camiseta, un dobladillo de 1 a 2 cm aproximadamente en ambos lados.	Op 7	0.53	1.13	0.59	0.310	0.78	0.51	0.51	0.50	0.47	0.52	0.52	0.58	0.51	0.53	0.56	5	0.50	0.48	0.58	0.56	0.53
11	Revisar y virar	El operario supervisor y multifuncional toma la prenda terminada y revisa sus corturas, vira la camiseta al derecho y la tiende en una carretilla de almacenamiento temporal.	Op 6	0.07	1.13	0.08	0.310	0.10	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	15	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07
									10.739															

Fuente de datos: Recolección, medición y recopilación propia.

ANEXO VI. Ficha de Medición de tiempo – Estación de Pulido y Terminado

Empresa	Nombre del producto	Estación	Pulido y Terminado	Tiempo de medición	7 horas 30	(XS - S - M - L - XL)
Empresa textil "ABC"	Camisa clásica cuello redondo	Unidad de medida	1 camiseta	Hora inicio de medición	07:10	
Módulo - Submódulo	Referencia del producto	Costo operativo	0.06	Hora fin de medición	15:10	
Camisetas - 3	-----					

Observaciones iniciales (min)

N°	Actividad	Descripción de la actividad	Operario	Tiempo observado (min)	Valoración	Tiempo básico (min)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n	1	2	3	4	5	6
1	Revisar y Pulir prenda	Se revisa prenda terminada y, se cortan hilos y tela sobrante.	Op 8	1.71	0.880	1.50	0.330	2.00	1.62	1.58	1.22	1.62	1.46	1.58	1.62	1.55	1.58	1.90	16	2.00	1.89	1.90	2.00	1.89	1.90
2	Planchar prenda	Se plancha prenda terminada.	Op 8	0.61	0.880	0.54	0.330	0.72	0.54	0.67	0.67	0.60	0.50	0.63	0.69	0.64	0.58	0.61	13	0.58	0.60	0.54	0.65	0.67	0.66
3	Etiquetar prenda	Se etiqueta prenda terminada.	Op 9	0.36	1.130	0.41	0.250	0.51	0.38	0.35	0.32	0.40	0.38	0.33	0.31	0.36	0.35	0.34	9	0.39	0.35	0.40	0.33	0.41	0.34
4	Empaquetar pedido	Se dobla cada prenda de pedido, se llena y sella cartón junto a pedido de cliente.	Op 9	0.08	1.130	0.09	0.250	0.11	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	15	0.10	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07
								3.335																	

Fuente de datos: Recolección, medición y recopilación propia.

ANEXO VII. Evolución Indicadores de desempeño en aplicación progresiva de estrategias de optimización.

STAGE	ESTRATEGIAS	Throughput por estación	Tiempo de espera WIP
<i>Paso 1 TOC - Situación inicial</i>	Value Stream Mapping (VSM)	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 600 Paqueteo: 600 Confección: 360 Pulido y Terminado: 360 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de tela: 83.79 Bodega de paquetes: 271.53 Cola para pulido: 9.42
<i>Paso 2 TOC - Explotar restricción</i>	5S Estandarización del trabajo	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 600 Paqueteo: 600 Confección: 564 Pulido y Terminado: 480 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de tela: 83.79 Bodega de paquetes: 83.74 Cola para pulido: 84.97
	Reducción de lotes de producción	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 600 Paqueteo: 600 Confección: 564 Pulido y Terminado: 480 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de tela: 83.79 Bodega de paquetes: 83.74 Cola para pulido: 84.97
<i>Paso 3 TOC - Subordinar sistema a restricción</i>	Sistema DBR	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 720 Paqueteo: 660 Confección: 636 Pulido y Terminado: 612 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de paquetes: 86.77 Cola para pulido: 37.81 Bodega productos terminados: 84.05
	Kanban	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 720 Paqueteo: 660 Confección: 636 Pulido y Terminado: 612 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de paquetes: 86.77 Cola para pulido: 37.81 Bodega productos terminados: 84.05
<i>Paso 4 y 5 TOC - Elevar Desempeño y repetir ciclo</i>	Aumentar capacidad (contratación adicional)	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 780 Paqueteo: 780 Confección: 432 Confección 2: 288 Pulido y Terminado: 612 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de paquetes: 24.46 Cola para pulido 1: 218.76 Cola para pulido 2: 170.41 Bodega productos terminados: 84.05
	Kaizen	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 780 Paqueteo: 780 Confección: 432 Confección 2: 288 Pulido y Terminado: 612 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de paquetes: 24.46 Cola para pulido 1: 218.76 Cola para pulido 2: 170.41 Bodega productos terminados: 84.05
<i>Propuesta de mejora</i>	Rediseño de flujo de trabajo	<p>Throughput</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación de corte: 780 Paqueteo: 780 Confección: 432 Confección 2: 288 Terminado: 720 	<p>Staytime</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodega de paquetes: 41.58 Cola para terminado 2: 18.05 Bodega productos terminados: 57.22

Fuente: Recopilación propia de gráficas generadas por *FlexSim*.