

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Diseño y simulación de un sistema automatizado del proceso de corte para
aumentar la productividad de una MYPE del sector confecciones**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR

Gilary Ariana Labrin Gil

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción	5
Referencias	24

Resumen

La automatización se ha aplicado para disminuir los costos de fabricación, mantener la calidad del producto con el control del proceso productivo. Por esa razón, en la presente investigación se tuvo como finalidad proponer el diseño automatizado del proceso de corte para la industria de confecciones del sector textil. Para ello primero se realizó el diagnóstico en el cual se obtuvo que las causas que originan la baja productividad del proceso de corte, fueron: el mal manejo de moldes por tener un método de trabajo obsoleto, los errores de los operarios en el proceso y la baja eficiencia de la cortadora vertical. A partir de la situación actual se propuso los requerimientos del sistema automatizado obteniendo así una máquina que realiza el tendido y el corte de la tela funcionando automáticamente bajo el comando del control numérico computarizado, determinado con los datos obtenidos de los nuevos indicadores, los cuales permiten evidenciar un ahorro del 100% de las piezas reprocesadas y mermas, así como también una reducción de 69,59% en tiempos; datos que se han podido demostrar con la simulación del antes y el después del sistema automatizado. Por último, se efectuó un análisis costo beneficio en la que se obtuvo que por cada sol invertido se gana 19,53 soles y una tasa interna de retorno del 322%, un valor neto actual de S/. 563 461,45 soles a un plazo de 5 años, siendo un proyecto muy viable y rentable.

Palabras clave: Diseño, Simulación, Proceso de corte, Productividad.

Abstract

Automation has been applied to reduce manufacturing costs, maintain product quality by controlling the production process. For this reason, the present investigation aimed to propose the automated design of the cutting process for the clothing industry in the textile sector. To do this, the diagnosis was first carried out in which it was obtained that the causes that originate the low productivity of the cutting process were: the bad handling of molds due to having an obsolete working method, the errors of the operators in the process and the low efficiency of vertical cutter. From the current situation, the requirements of the automated system were proposed, thus obtaining a machine that performs the laying and cutting of the fabric, operating automatically under the command of the computerized numerical control, determined with the data obtained from the new indicators, which allow show a 100% saving in reprocessed parts and wastage, as well as a 69.59% reduction in time; data that have been demonstrated with the before and after simulation of the automated system. Finally, a cost-benefit analysis was carried out in which it was obtained that for each sol invested, 19.53 soles are earned and an internal rate of return of 322%, a net present value of S /. 563 461.45 soles for a term of 5 years, being a very viable and profitable project.

Keywords: Design, Simulation, Cutting process, Productivity.

Introducción

En el sector textil y confecciones, un punto clave para su desarrollo en el mercado es la competitividad; países de mundo han visto la importancia de este término y para mejorarla han tomado la decisión de implementar nuevas tecnologías para incrementar su ventaja competitiva de generar bajos costos de producción [1, p. 29].

En el Perú, el sector textil es el segundo más destacado del sector de manufactura, aportando al PBI nacional 1,3% [1, p. 12], destacando aquí la participación de las mypes, las cuales representan el 99,4% [2]. En este sector el producto peruano, tiene como principal destino al mercado internacional, siendo el principal producto el T-shirts de algodón [3]. La realidad de las exportaciones es que se han visto afectadas puesto que, en el 2012, Perú había alcanzado el récord en exportaciones sin embargo no ha logrado mantenerse ni crecer, sino todo lo contrario, puesto que, si comparamos con el año 2017, se ha evidenciado una caída del 41,5% [4]. El bajo nivel de competitividad a provocado que los productos peruanos no tengan la misma participación en el mercado que antes, puesto que ahora un factor decisivo es el precio y el producto peruano tiene precios mayores por sus altos costos de producción [1, p. 29].

Por su parte, en un estudio de tiempos realizado a empresas exportadoras peruanas del sector confecciones de ropa a base de algodón específicamente de polos, se logró determinar que el proceso de corte (tendido, trazado y corte) es donde se dan los mayores tiempos, 182% más que el tiempo estándar [5, p. 63], trayendo repercusiones en la productividad de la empresa por los costos en el consumo de horas - hombre.

Por otro lado, los costos de materia prima en este sector, son los que más repercuten, al representar un 65,81 % de los costos de producción [6], es así como se concluye que las altas mermas de la materia prima provocarían significativos impactos económicos, afectando la rentabilidad de la empresa. El problema del exceso de mermas se logró identificar en un estudio realizado a 27 mypes del país, en el que se obtuvo como resultados que el proceso de corte es donde se originan en mayores cantidades, generando un promedio 9,93 %. [7]. Esto identificándose específicamente en la investigación realizada por Iturrizaga, [8], quien evidenció el problema generado por el corte de la tela, lo provocó un desperdicio de 3 924 kg de tela, representando en valores monetarios una pérdida de S/. 114 464 al año. Además, el problema también se ve reflejado en un estudio realizado por Ramírez [9], quien evidenció una pérdida en mermas del 19%, perdiendo S/. 682,176 diariamente.

Además, en la investigación realizada por Ordóñez y Torres [10], se pudo identificar que, en promedio, el 27,77% de piezas producidas en el proceso de corte son reprocesadas, lo que representa en la empresa 5 554 piezas, generando una pérdida monetaria de S/.21 920,50 mensualmente. Igualmente se ve reflejado en la investigación de Ramírez [9], en la cual identifica la baja productividad, siendo uno de los motivos, los excesivos reprocesos, en la cual el 75% de los operarios que laboran afirman que existen piezas con medidas incorrectas producidas en el proceso de corte, lo que provoca el reproceso de estas, trayendo repercusiones en el proceso productivo puesto que se generan retrasos y con ello un aumento de los costos de producción. Además de generarse en dicho proceso la mayor cantidad de fatiga [11].

El ministerio de producción, reconoce que uno de los factores que influye en la productividad es la eficiencia en los manejos de recursos empleados en la producción, en donde la mejora de los procesos con la aplicación herramientas y equipos automatizado contribuyen a la mejora de eficiencia y la productividad de las empresas [12]. En las mypes peruanas la existencia de reprocesos y desperdicios de la materia prima (manipulación realizada en el proceso de corte) generan que las empresas tengan altos costos de producción, generando una baja productividad, puesto que logran ser eficaces por cumplir con los pedidos, pero no eficientes por desperdiciar tiempo y recursos.

Ante esta problemática se plantea la pregunta de investigación, ¿Cómo el diseño de un sistema automatizado del área de corte permitirá aumentar la productividad de una mype del sector confecciones? Con ello se tuvo como objetivo general diseñar un sistema automatizado del proceso de corte para aumentar la productividad de una mype del sector confecciones y como objetivos específicos se tuvieron los siguientes: describir y analizar la situación actual del proceso productivo en la mype del sector confecciones; realizar el diseño automatizado del proceso de corte de polos para una mype; simular el antes y después del sistema automatizado y por ultimo analizar el costo-beneficio de la automatización en el proceso de corte de polos para una mype.

Con los resultados de la presente investigación, se pretende conocer el diseño automatizado del área del corte de las mypes del sector textil y como incide la nueva tecnología en la productividad de la empresa, la eficiencia de esta al optimizar los recursos, así como también en los costos de producción. Además, este estudio servirá como referente a las microempresas y pequeñas empresas para que tengan una visión más clara de esta tecnología y sepan cómo impactara al mostrarse una simulación del antes y después del sistema automatizado en el proceso de corte.

MARCO TEÓRICO

En el sector textil, se encuentran los productos procesados que tengan como base las fibras naturales y artificiales, para obtener productos hilados, tejidos y cocidos como la ropa de hogar [13]. Este sector está conformado principalmente por las mypes, las cuales están definidas por la SUNAT como las Micros y Pequeñas Empresas, formadas por una persona o una empresa, que tienen como finalidad desarrollar cualquier actividad relacionada a la extracción, transformación, producción, comercialización de bienes o servicios [14].

La zona donde se generan las mayores mermas en las empresas textiles es el área de corte, definiéndose como la primera operación realizada al momento de producir una prenda, en la cual antes de llevarse a cabo se debe tener en cuenta ciertos parámetros como son el marcado de la tela, el tipo de prenda que se va a producir, las especificaciones en la orden de fabricación; influyendo estos parámetros en el modo en que se realiza el corte y que tipo de maquina aplicar [15].

En la actualidad las nuevas tecnologías están incursionando cada vez más, destacando entre ellas la automatización, la cual se definen como un proceso industrial, referida a la incorporación de diversos elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren en un proceso su control y buen comportamiento. La automatización se ha aplicado para disminuir los costos de fabricación, mantener la calidad del producto con el control del proceso productivo y preservar la salud del ser humano ante tareas molestas, riesgosas e insalubres [16, p. 12].

Un indicador para medir la mejora del proceso con el sistema automatizado es la productividad, el cual se define como la relación que existe entre las salidas del proceso y las entradas (insumos) [17, p. 371]. La mejora de la productividad se da cuando decrecen los costos por pocos reprocesos, menos equivocaciones en el proceso, menos retrasos; se utilizan mejor el tiempo-máquina y los materiales [18, p. 3]. Dentro de ella, se encuentra la productividad de la mano de obra, la cual se considera como la relación entre la producción obtenida entre el número de horas-hombres empleados en un determinado periodo de tiempo. Así como también la productividad de la materia prima, definiéndose como la relación entre los kg de productos terminados entre kg de materia prima que empleado [17].

Por su parte la representación del proceso en una imitación del comportamiento real, lo ofrece la simulación [19, p. 3], el cual permite representar situaciones reales de diferentes tipos, en ellas se encuentran los modelos discretos, estos se encuentran ligadas a relaciones lógicas, matemáticas y distribuciones de probabilidad que reflejan el comportamiento. El objetivo del modelo de simulación es comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema. En el sistema se encuentran un conjunto de elementos que se

interrelacionan entre sí, entre ellos se encuentran las entidades, estado del sistema, eventos actuales y futuros, localizaciones, recursos, atributos, variables, y el reloj de la simulación [19, p. 4].

En el año 2019, Pérez [20], en su investigación, “Diseño y construcción de una máquina tendedora de tela automática”, se evidenció que actualmente en el mundo se están empleando diversas tecnologías que permiten producir a gran escala en el menor tiempo posible, en Ecuador se están incorporando dichas tecnologías pero emplearlas en empresas artesanales es un costo que estas no pueden cubrir, por ello esta investigación tuvo como objetivo realizar el proceso de tendido de tela en la industria artesanal empleando un sistema de control orientado a la disminución de tiempo y al aumento de producción, para lo cual en primer lugar se determinaron las especificaciones técnicas del diseño, se analizaron máquinas en el mercado actual y se identificaron los elementos que tendrá el sistema, luego se diseñó sistema (establecieron la estructura, el sistema mecánico, el control y respuesta), por lo cual hicieron uso del software Solid-Works y del programa Ladder; después realizaron la implementación y por último analizaron los resultados haciendo una comparación del sistema manual y automático. Como resultado se obtuvo una máquina automática para el tendido de tela, la cual permite reducir en 50% la actividad física del operario además de reducir en 80% el tiempo del trabajo y ahorrar 5% de materia prima.

En el año 2017, Jorge [21], en su investigación, “Optimización del proyecto de corte de tela de la Textilería América SAC mediante la automatización industrial con PLC, bajo el esquema de la lógica programada”, evidencio que actualmente la empresa genera excesiva cantidad de mermas generando 2 kilos por cada capa de tela tendida, además de contar con 24 operarios para este proceso obteniendo así un costo elevado de producción, es por ello que esta investigación tuvo como objetivo automatizar bajo el enfoque de la lógica programada el proceso de corte de tela como alternativa para la reducción de merma en la Empresa D&D Confecciones Textiles S.A.C; para lo cual en primer lugar se identificaron las partes y se describió el proceso del funcionamiento de la máquina automatizada, después se realizó el prototipo del sistema, luego se identificaron los componentes tanto del hardware como del software, para lo cual se empleó el Software TwidoSuite y para la supervisión y diseño el Vijeo-Designer; por último, se realizó una revisión y consolidación de los resultados mediante una ficha de evaluación. Como resultado se obtuvo una máquina cortadora de tela, la cual se encuentra bajo el enfoque de lógica programada y permite reducir los tiempos y las mermas del proceso.

En el año 2017, López [22], en su investigación, “Diseño de una máquina automática cortadora de textiles compuestos por fibras sintéticas”, evidenció como problemática al corte donde se obtienen material mal cortado que afecta la calidad del producto final, donde a pesar de existir tecnologías en la industria, la micro y mediana empresa no lo pueden adquirir por temas de dinero y espacio, por ello esta investigación tuvo como objetivo diseñar una máquina cortadora para la elaboración de listones a base de Polyester, para lo cual evaluó y detallo la situación actual, determinó los parámetros que debe presentar la máquina para su funcionamiento, planteo y eligió la alternativas del diseño mediante el método scoring, después diseño los mecanismos de la máquina, realizó un análisis MEF, elaboró los planos del sistema de control y del diseño general, elaboró los manuales (funcionamiento, mantenimiento, montaje, seguridad y salud ocupacional) y por último elaboró una evaluación económica del proyecto. Como resultado se obtuvo una maquina automática, que hala y arrastra la tela ubicada en los carretes siendo movilizada por rodillos, donde después es cortada por la intervención de un cilindro de doble efecto, el cual moviliza una plancha de alambre de níquel-cromo para realizar la actividad de corte, y por último empuja los listones cortados con un pistón. Esta máquina permite cortar 2000 listones en un máximo de 3 horas, disminuyendo así el tiempo del proceso, al recortarse más de un día y medio de trabajo y con ello un ahorro en sueldos a los operarios, siendo esto muy beneficioso para la microempresa puesto que en valores monetarias se ahorra 8 413,730 dólares.

En el año 2017, Cosme [23] en su investigación “Automatización de la dobladora de tejido plano artesanal de textiles VINARDI”, describe que en la microempresa VINARDI, el problema existente es la falta de capacidad de producción para cubrir la demanda exigida por el mercado, por ello la aplicación de tecnologías en la empresa textil es beneficio para aumentar la eficiencia y la producción. Esta investigación tuvo como objetivo implementar un sistema automatizado del doblado en la microempresa VINARDI, para ello en primer lugar definió los requerimientos tomando en cuenta la voz del cliente y las normativas para luego determinar el material, la geometría y elementos del sistema, para esto dividió en dos subsistemas, uno de control, en el que organizo en un cuadro los elementos del sistema tanto los de entrada y salida, especificando la función de cada uno de ellos y otro el mecánico donde calculó la resistencia de la placa al esfuerzo y realizó un análisis en solidword para comprobar; así como también selecciono con criterios de peso. velocidad y material. Luego realizó el diseño del sistema de control y mecánico, después construyó e implemento el sistema con los parámetros estipulados anteriormente, añadiendo medidas de seguridad para mayor confianza y por último realizo las pruebas del funcionamiento del sistema

automatizado. Como resultado se obtuvo un sistema que optimiza en 50% el enrollado, doblado y medición de tela, el cual posee un PLC Logo 12/24 RC, además, el sistema que se propuso redujo el tiempo empleado y aumento la precisión; permitiendo al operario que no se encuentre perenne al control de la maquinaria, sino que pueda realizar otras actividades en el transcurso que el sistema está en actividad.

En el año 2018, Bermudez, Du, Escaner, Limpahan, Marin [24], en su investigación, “Design of automated paper cutter vending machine”, evidenció que el cortado de papel es un trabajo tedioso el cual consiste en ajustar el papel de acuerdo al corte deseado y presionar con presión para obtener un resultado de calidad, esta actividad en la etapa de adaptar el tamaño toma mucho tiempo, lo que genera demoras, además de no ser un trabajo seguro para el operario , es por ello que esta investigación tuvo como objetivo proponer un diseño de corte máquina de bajo costo, compacta, de alta calidad y eficiente, para lo cual en primer lugar se identificaron los elementos que tendrá el sistema y las formulas necesarios para la resistencia de los materiales que intervienen en el sistema, luego se realizó el diseño de la máquina empleando el software solidworks , después se determinó el mecanismo de alimentación, mecanismo de corte y el código de programación, así como también se estableció las restricciones, tanto del diseño, el mantenimiento, el uso y de la seguridad de la maquina automática; por último, se realizó una comparación de los costos del antes y el después del sistema automatizado. Como resultado se obtuvo una máquina expendedora automática de cortado de papel, la cual sirve para reducir tiempos además de permitir ahorrar 103. 75 PHP, aumentar la eficiencia del proceso y mejorar la calidad del papel.

En el año 2018, Sato, Sanches y Dedini [25] , en su investigación, “Assessment and technological forecasting in the textile industry: From first industrial revolution to the Industry 4.0”, describe la existencia de grandes cambios a lo largo de la revolución industrial; de lo cual se desea conocer de manera rápida su evolución y los cambios a los que están expuestos, para tener una base al momento de desarrollar nuevos productos, por ello esta investigación tuvo como objetivo presentar un modelo que incluya la proyección de cambios tecnológicos en la producción y consumo de textiles a partir del contraste entre las descripciones de patentes, artículos científicos y tendencias y herramientas de la Industria 4.0, para ello delimitaron su investigación ha camisetas 100% algodón, con sus 4 sistemas de producción: la obtención de fibra de algodón, hilado, tejido de punto y confección de prendas. aplicando el despliegue funcional de Pahl et en la cual relaciona entradas salidas, detalla cada subsistema con los componentes de maquinaria y / o elementos de la máquina así también utilizaron un modelo de pronóstico de tecnología en la cual evaluá y monitoreaba factores

cambiantes, para evaluar las tecnologías recolectaron datos de patentes de Brasil y extranjeras del 2011 a la actualidad. Como resultados obtuvieron, la documentación de diferentes patentes en los 4 sistemas de producción, donde se reconoce la existencia de novedosos conceptos para la mejora del proceso así también el pronóstico de tecnologías, en el cual se muestra que la aplicación de tecnologías se encuentra en un proceso evolutivo, siendo un desafío en la industria mantenerse en constante innovación.

En el año 2019, Almamlook, Qwan Alden, Frefer, Hoon Knew y Agarw [26], en su investigación, “A Simulation Model for Productivity Efficiency Improvement Using Pro-Model: Case Study of Pip Factory ”, describe que actualmente la demanda de acero esa creciendo rápidamente y la empresa no logra satisfacer la demanda del mercado existiendo más cuellos de botella por el intento de aumentar la producción, por ello esta investigación tuvo como objetivo identificar y resolver ineficiencias dentro de Steel Pip Manufacturing mediante la utilización de modelos de simulación discretos y sugerir métodos para mejorar la productividad, para ello en primer lugar identificaron componentes y analizaron el modelo, después recopilaron los datos para construir el modelo y analizaron los datos, luego se determinó la distribución adecuada para cada proceso y por último se aplicó el modelo en Pro-Model, construyendo las locaciones, entidades, el patrón de llegada de las entidades y el proceso para el recorrido de las entidades de un lugar a otro. Como resultados obtuvieron, la construcción de un modelo de simulación, el cual les permitió analizar el sistema actual y reconocer las posibles mejoras, concluyendo así que la empresa necesita incrementar la tasa de llegada para mejorar la productividad, así como también aplicar la técnica de simulación como herramienta para tomar decisiones en los cambios del sistema.

En el año 2019, Suran, Abhiram, Akshay, Ashish y Harikrishnan [27] , en su investigación, “Solar powered desktop CNC machine for fabric and paper cutting”, da a conocer que en la actualidad existen diversas tecnologías que se emplean sobre todo en las operaciones de corte, fresado, soldadura, las cuales le dan a los procesos un mejor control de precisión y exactitud que los mecanizados convencionales además de ser más seguros al realizar el proceso sin la intervención humana; es por ello esta investigación tuvo como objetivo construir un modelo a escala de la versión industrial del sistema de corte por láser CNC; para ello realizaron cálculos para hacer funcionar la máquina, factor de seguridad, etc. Además, realizaron la modelización y análisis utilizando el Solid Works y Ansys, también, se seleccionaron materiales para fabricar el prototipo en función de la maquinabilidad y el peso de los mismos, y por último, se probó el prototipo. Como resultados obtuvieron, un prototipo funcional de una maquina CNC, la cual tiene un costo razonable y posee mejor velocidad y repetividad sin afectar la precisión

del corte logrando también realizar cortes complejos. Además, su pequeño tamaño y relativamente menos peso facilitar su transporte.

MATERIALES Y MÉTODO

Descripción y análisis de la situación actual del proceso productivo en la mype del sector confecciones

Para el desarrollo de este análisis, se realizó una revisión de los informes del Mincetur para determinar la evolución de las mypes del sector textil. Luego a partir de la revisión de tesis y artículos de investigación se lograron identificar a 4 empresas, las cuales cumplían con el criterio de ser microempresas dedicadas al sector textil específicamente a la confección de polos.

De estas empresas se recolectó información detallada sobre la producción, tiempos empleados y los volúmenes de entradas y salidas del proceso; a partir de estos datos se logró obtener, el porcentaje de mermas, la capacidad de producción, además se calculó los costos por reprocesos de piezas y se determinó el nivel de eficiencia de la máquina.

Diseño automatizado del proceso de corte de polos para una mype

Para la propuesta de un diseño automatizado se tomó como base los datos obtenidos del objetivo 1, en la que con ayuda de información de tesis, libros e investigaciones se realizó en primer lugar, la identificación de los requerimientos.

Después se procedió a realizar el concepto general de la solución automatizada, para lo cual se hizo una revisión de investigaciones, libros y tesis; dicha información recolectada ayudo a definir los elementos que intervienen tanto para el tendido y el corte de la tela de algodón (para el corte se hará una selección del tipo de cortadora, esto mediante ciertos criterios como son: el peso de la cortadora y velocidad de corte).

Para esquematizar la idea (concepto general) se realizó un esquema pictórico en el programa Solidwork y con ello se efectuó los cálculos para determinar los esfuerzos, la carga, las fuerzas y el factor de seguridad de la estructura, así como también las potencias de los motores.

Además, se identificó los dispositivos que intervienen, tanto en el sistema de fuerzas y de control; y con ello también se realizó la justificación de los instrumentos y equipos de control. Luego se procedió a realizar un plano esquemático (para lo cual se hará uso de un software) y el diagrama de movimientos para después diseñar el sistema de control.

Por último, se determinaron los nuevos indicadores con el sistema realizando un diagrama hombre-máquina, así como la productividad de la mano de obra, de materia prima y la eficiencia de la máquina

Simular el antes y después del sistema automatizado.

En primer lugar, para realizar la simulación en el Pro-Model, se identificaron los componentes que van a intervenir en las locaciones (estaciones de trabajo, su función es alojar a los elementos del modelado), las entidades (se representa como el producto que puede que sea necesario rastrear, al momento de moverse a través del sistema), los arribos (son las llegadas de las entidades del sistema) y los procesos (empleados para definir las rutas que tomarán las entidades en las estaciones de trabajo). Por último, se pasó a construir el modelo en Pro-model con los datos presentados en el diagnóstico y los datos después del sistema automatizado para realizar una comparación de los resultados.

Análisis del costo-beneficio de la automatización en el proceso de corte de polos para una mype

Para el desarrollo de este objetivo, se realizó en primer lugar, una cotización de la propuesta del sistema automatizado, para lo cual, se hizo empleo de una matriz de factores ponderados para seleccionar los criterios a considerar en la selección de elementos; después se realizó una matriz de decisión para seleccionar la marca de cada elemento que se utiliza en el sistema y diseño. Así también se determinó las utilidades con las causas identificadas y con ella se elaboró un análisis costo-beneficio a través del flujo de caja de la propuesta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Descripción y análisis de la situación actual del proceso productivo en la mype del sector confecciones

En la presente investigación se tomaron como datos la confección de T-shirts de algodón siendo este el producto que mayor exportación a tenido en el sector confecciones. Esta prenda destaca según reporte del ministerio de Comercio y Turismo por generar los mayores ingresos con las exportaciones, los cuales fueron de US\$ 215 millones y también por ofertar la mayor cantidad en miles de toneladas exportadas, siendo estas 5 000 toneladas en el periodo enero-agosto 2019. Tabla 21. [3].

Tabla 1. Principales productos exportados del sector confecciones (enero - agosto) 2019

Perú: Exportación de textiles-Confecciones no tradicional (enero – agosto)		
	Millones US\$	Miles de TM
T-Shirts de Algodón	215	5
Camisas, punto de algodón	111	2
Hilados	52	1,5
Pantalón de algodón	19	0,5

Fuente: Elaboración propia. En base al Ministerio de Comercio exterior y Turismo 2019

Para el desarrollo de esta investigación se está considerando el proceso de corte puesto que es la zona donde más mermas se generan, esto identificado en un estudio realizado a 27 mypes del Perú en donde se originan en promedio 17,1 % de mermas en todo el proceso de la elaboración de polos, de lo cual, 9,93% en el área de corte, 5,28% en el área de confección y armado y por último se genera 1,89 en el área de acabado, ver Figura 2 [7]

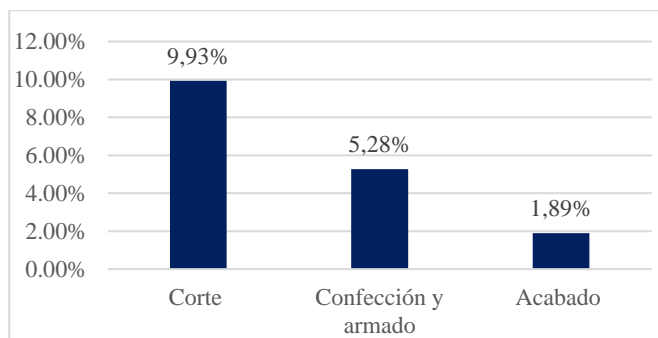


Figura 1. Porcentaje promedio de mermas en las mypes

Fuente: Bonilla 2015:45



Figura 2. Diagrama de bloques del proceso de corte

Fuente: Elaboración propia

Para la presente investigación se recolecto información de diversas investigaciones de T-Shirt de algodón, de las cuales se logró identificar la baja productividad en el proceso de corte; para lo cual se realizó un diagrama de Ishikawa donde se dan a conocer las principales causas. Observar figura 2.

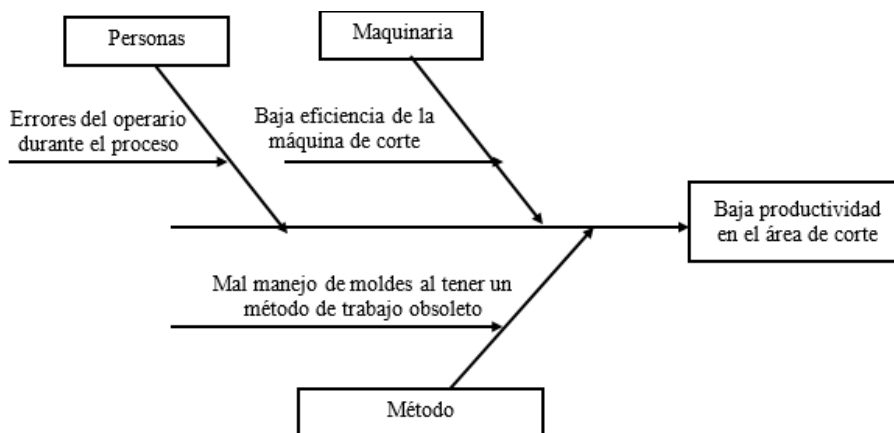


Figura 3. Diagrama de Ishikawa baja productividad

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 10 se puede apreciar las causas, indicadores y costos.

Tabla 2. Causas, indicadores y costos hallados

CAUSAS	INDICADORES	COSTOS
C1. Mal manejo de moldes al tener un método de trabajo obsoleto	Producción = 943 000 und/anuales Porcentaje de mermas = 4 % Productividad mp = 5,09und/kg	S/. 114 464 anualmente
	Producción = 963 und/diarias Porcentaje de mermas = 19 % Productividad mp = 3,2und/kg	S/. 682,176 diarios
C2. Errores del operario durante el proceso de corte	FIT = 72,23%	S/. 21 920,50 mensuales
C 3. Baja eficiencia de la máquina de corte	Eficiencia de la máquina= 35,47%	S/.436,52 anuales

Fuente: Elaboración propia

Diseño automatizado del proceso de corte de polos para una mype

El concepto general del diseño nace principalmente del movimiento que realiza la cortadora vertical para realizar el corte respectivo a la tela para obtener las piezas necesarias para elaborar los polos.

La opción que se propone en el presente diseño es realizar en el proceso de corte el tendido de capas de forma automática además de eliminar tiempos de trazado mediante un software con código G y por último hacer el corte aprovechando en mayor porcentaje la utilización de la cortadora vertical y así poder aumentar la productividad del proceso.

Se ha diseñado de forma que el operario pueda colocar el rollo de tela en un alimentador. Ya ubicado el rollo de tela, se activará el sistema para ser desplazada de derecha a izquierda y de izquierda a derecha hasta tender 10 capas de tela tendidas en la mesa. Luego de haber culminado el tendido, se activa el sistema de corte con control CNC para realizar el respectivo corte de las piezas.

Los requerimientos mínimos con los que debe cumplir el sistema son los siguientes:

- Realizar el corte con precisión, en un tiempo menor al actual. El control del sistema automatizado se realizará mediante CNC.
- Alta eficiencia y seguridad en el proceso de corte.
- Intervención del operario solo al cargar el material.
- Fácil mantenimiento

- Aumentar la productividad del proceso

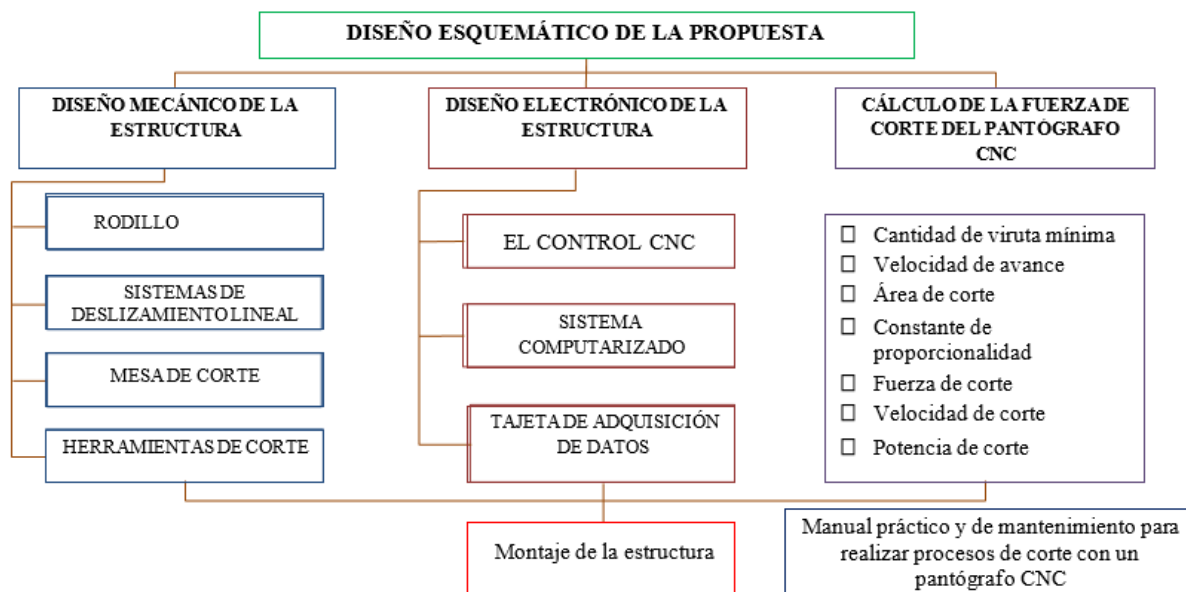
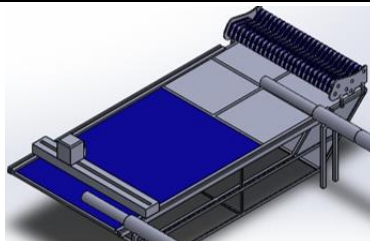


Figura 4. Diseño esquemático de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Máquina Automatizada

Especificaciones técnicas



Altura de la tela (comprimida)	7,2 cm
Velocidad máxima de corte	30,5 m/min
Rendimiento promedio (según aplicación)	8 m/min
Aceleración máxima de cabezal	2,4 m/s ²
Peso de la Cortadora	4511 kg
Altura de mesa	80 cm
Vacío de Mesa	380/440 V, 3 PH, 50/60 Hz, 80 A
Consumo Promedio de Energía	17 KW/h - 20 KW/h
Consumo de Aire Comprimido	85 litros/min
Ruido	80 dBA

Tabla 4. Indicadores del antes y el después del sistema automatizado

CAUSAS	INDICADORES		COSTOS ANTES	AHORRO
	ANTES	DESPUES		
C1. Mal manejo de moldes al tener un método de trabajo obsoleto	Producción = 943000 und /anuales Porcentaje de mermas = 4 % Productividad mp = 5,09und/kg	% de mermas = 2 %	S/. 114 464 anualmente	S/. 57 232 anualmente
	Producción = 963 und/diarias Porcentaje de mermas = 19 % Productividad mp = 3,2und/kg	% de mermas = 2 %	S/. 682,176 diarios	S/. 610.368 diarios
C2. Errores del operario durante el proceso de corte	FIT = 72,23%	FIT = 100%	S/. 21 920,50 mensuales	S/. 21 920,50 mensuales

Simulación del antes y después del proceso

El proceso de corte consiste en el tendido, trazado y corte de tela para obtener las piezas necesarias para la elaboración de polos.

Al proceso de corte entra tela enrollada, la cual es extendida en la mesa de trabajo, esta actividad consiste en ubicar una capa (tela) encima de otra, colocándose al final el trazo con los moldes de las piezas de polo y por último efectuar el corte con la cortadora vertical.

Sistema actual del proceso

Entidades: Materia prima(tela), pieza, piezas aptas, piezas defectuosas, polos

Tabla 5. Proceso actual del área de corte

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Lógica de movimiento.
Tela	Tendido	17.4 min	Tela	Trazado	0
Tela	Trazado	60 min	Tela	Corte	0
Tela	Corte	24.43 min	Pieza	Inspección	3 min
Piezas	Inspección	1 min	Piezas defectuosas	27,77% Área de reproceso	3 min
			Piezas aptas	72,23% Área de costura	3 min
Piezas defectuosas	Área de reproceso	2 min * pieza	Piezas aptas	Área de costura	4 min
Piezas aptas	Área de costura	23,3 min Combine 4	Polos	Exit	

Tabla 6. Arribos actuales del área de corte

Entidad	Locación	gtv each	Fist time	Ocurrencia	Frecuencia.
Tela	Tendido	1	0	1	1



Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
TELA	0,00	0,00
PIEZAS	0,00	0,00
PIEZAS DEFECTUOSAS	0,00	0,00
PIEZAS APTAS	168,00	110,54
POLOS	42,00	23,30

Figura 5. Layout del proceso de corte actual

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Cuadro de resultados

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura que la cantidad de polos obtenidos es de 42.

Sistema después del proceso

Entidades: Materia prima(tela), pieza, piezas aptas, polos

Tabla 7. Proceso automatizado del área de corte

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Lógica de movimiento.
Tela	Maquina automatizada	25,67 min	Tela	Inspección	3 min
Piezas	Inspección	1 min	Piezas aptas	Área de costura	4 min
Piezas aptas	Área de costura	23,3 min Combine 4	Polos	Exit	

Tabla 8. Arribos del área de corte

Entidad	Locación	gtv each	Fist time	Ocurrencia	Frecuencia.
Tela	Tendido	1	0	1	1

Layout



AREA DE INSPECCIÓN

00000



AREA DE COSTURA

00000



Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
TELA	0,00	0,00
PIEZAS	0,00	0,00
PIEZAS APTAS	204,00	33,67
POLOS	51,00	23,30

Figura 7. Layout del proceso de corte automatizado

Figura 8. Cuadro de resultados

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura que la cantidad de polos obtenidos es de 51.

Tabla 9. Resultados del antes y después de la simulación

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN				JUSTIFICACIÓN				
ANTES		DESPUES						
Producción = 42 polos		Producción = 51 polos		Al existir un mejor aprovechamiento de la tela se pudieron fabricar más polos con la misma cantidad de materia prima que ingresa al área de corte.				
FIT = 72,23%		FIT = 100%		Al tener un sistema automatizado con una excelente precisión en el corte, se eliminan lo que son los reprocesos de piezas, eliminándose en la simulación dicha área				
Presencia de un área de reproceso								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Al existir un sistema automatizado se eliminan los tiempos muertos que se generaban en el tendido, trazado y corte.
TELA	0,00	0,00	0,00	TELA	0,00	0,00	0,00	
PIEZAS	0,00	0,00	0,00	PIEZAS	0,00	0,00	0,00	
PIEZAS DEFECTUOSAS	0,00	0,00	0,00	PIEZAS APTAS	204,00	0,00	33,67	
PIEZAS APTAS	168,00	0,00	110,54	POLOS	51,00	0,00	23,30	
POLOS	42,00	0,00	23,30					

Fuente: Elaboración propia

Análisis costo beneficio

El flujo de caja presentado en la siguiente Tabla, da a conocer los beneficios y costos durante los cinco años proyectados. Para ello se toma cuenta una depreciación del 5%. En ella está considerada los costos de capacitación, de la mano de obra, de los materiales para el sistema y del mantenimiento programado.

Tabla 10. Flujo de caja de la propuesta

BENEFICIOS	Unidad	0	1	2	3	4	5
Mal manejo de moldes al tener un método de trabajo obsoleto	S/		57232	57232	57232	57232	57232
Errores del operario durante el proceso de corte	S/		190434,816	190434,816	190434,816	190434,816	190434,816
Baja capacidad Maquina	S/		436,52	436,52	436,52	436,52	436,52
Total Beneficios		0	248103,336	248103,336	248103,336	248103,336	248103,336
COSTOS							
Capacitación del personal			500				
Mano de obra cotizada		450					
Materiales de la tabla (29)		49081,79					
Mantenimiento programado		1000	1000	1000	1000	1000	1000
Imprevistos (5%)		2526,5895					
Total Costos		53058,3795	1500	1000	1000	1000	1000
UTILIDAD BRUTA		-53058,3795	246603,336	247103,336	247103,336	247103,336	247103,336
Depreciación 5%			2652,918975	2652,918975	2652,918975	2652,918975	2652,918975
Utilidad a Impuestos			243950,417	244450,417	244450,417	244450,417	244450,417
Impuestos			73185,12511	73335,12511	73335,12511	73335,12511	73335,12511
UTILIDAD NETA		-53058,3795	170765,2919	171115,2919	171115,2919	171115,2919	171115,2919
VNA (*)	563.461,45						
TIR	322%						
B/C	19,53						
(*) Tasa referencial	12%						

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se tiene que por cada sol invertido se obtiene 19,53 céntimos. Además, se tiene una tasa interna de retorno del 322 %, que comparada al 12% de la tasa de descuento económica es superior y, por consiguiente, hace rentable la propuesta de mejora a través de la implementación de un sistema automatizado para el proceso de corte.

El valor neto actual es S/ 563 461,45 soles, monto que representa las utilidades de los cinco años proyectados en el año cero, es decir en el valor actual.

DISCUSIÓN

La cantidad de merma evidenciada en la investigación realizada por E. Ramírez [9], la cual fue 19%, representa en costos de producción un 13,61%. Si comparamos con los datos obtenidos del estudio a las 27 mypes del Perú [7], en la cual determina que los costos de desperdicios y desechos se encuentran entre 4,3% y 10,7%; se puede observar que los datos obtenidos en la investigación de Ramírez superan en 3,61% los costos.

En cuanto al sistema se obtuvo una máquina automatizada, la cual para efectuar el tendido hace uso de un carrito y para el corte emplea un sistema de control numérico computarizado. Del mismo modo en la investigación “Aplicación de metodología design thinking en el desarrollo de cortadora automática CNC para MiPyME de confección” [28]; utilizaron el sistema CNC, pero en caso del tendido emplearon un sistema de fajas transportadora la cual les permitió una reducción del 30% de tiempos. En esta investigación para lograr una disminución de costos se hizo uso del carrito, lo cual al analizar el sistema se obtiene una reducción del 69,59% de tiempos, logrando mayores beneficios tanto para la mejorar de la productividad del sistema como para reducir los costos de materiales de la maquinaria.

Con la simulación se pudo determinar que existe una mejora del 69,59%; comparando con la simulación realizada en la investigación: Simulation layout proposal in a brazilian textile industry [29], la cual obtuvo como resultado una mejora del 46,47%. Se pudo determinar que la simulación permitió en ambas investigaciones reproducir virtualmente los posibles impactos de los procesos estudiados, obteniendo mejores resultados sobre los indicadores analizados, esto gracias a que la simulación permitió no incurrir en elevados costos de experimentación.

En cuanto al análisis costo-beneficio realizado se obtuvo que por cada sol invertido se obtiene 19,53 céntimos, así como también una tasa interna de retorno del 322 %, Si lo comparamos con la investigación de Navarro [30], en donde también propone la automatización en el área de corte, obtiene una ganancia de 15,20 céntimos por cada sol invertido; esta diferencia debido a que en la presente investigación los costos de beneficio son mayores y generan un mayor impacto en las ganancias.

CONCLUSIONES

Se logró describir y analizar la realidad del sector, específicamente en el área de corte se pudo determinar las causas que originan la baja productividad del proceso de corte, siendo estas: el mal manejo de moldes por tener un método de trabajo obsoleto, los errores de los operarios en el proceso y la baja eficiencia de la cortadora vertical.

Se logró diseñar una maquina automatizada, la cual realiza el tendido y el corte de la tela, esta funciona bajo el comando del control numerito computarizado y tiene un costo de S/. 49 081,79. Esta innovación ha permitido obtener nuevos indicadores evidenciando así un ahorro del 100% de las piezas reprocessas, un ahorro en mermas, así como también el aumento en 64,53% la eficiencia de la cortadora vertical que se ha incorporado en el sistema.

Se logró la simulación del proceso de corte en el estado actual y el propuesto con la automatización, el cual ayudó a evidenciar la mejora de los indicadores evaluados. La futura implementación de la automatización en el proceso de corte ayudará a la reducción de la cantidad de merma de la materia prima, la cantidad de operarios y a mejorar la rapidez del proceso, permitiéndole a la empresa una mejora de la productividad,

El sistema automatizado propuesto logro eliminar las causas que originan la baja productividad del proceso de corte, obteniendo como resultado del análisis costo beneficio que por cada sol invertido se obtiene 19,53 soles. Finalmente, se obtuvo una tasa interna de retorno del 322%, un valor neto actual de S/. 563 461,45 soles a un plazo de 5 años, siendo un proyecto muy viable y rentable.

Referencias

- [1] Ministerio de la Producción, «Estudio de investigación del sector textil y confecciones,» Lima , 2017.
- [2] Ministerio de la Producción, «PRODUCE,» Lima, 2017.
- [3] Ministerio de Comercio y Turismo, «Reporte mensual de comercio Agosto-2019,» MINCETUR, Lima, 2019.
- [4] ComexPerú, «El reapunte de las exportaciones textiles,» Lima, 2018.
- [5] K. Becerra y X. Carbajal, «Propuesta de implementación de herramientas lean: 5s y estandarización en el proceso de desarrollo de producto en pymes peruanas exportadoras del sector textil de prendas de vestir de tejido de punto de algodón,» UPC, Lima, 2017.
- [6] Ministerio de Economía y Finanzas, «Pautas metodológicas para la elaboración de planes de negocios de confecciones textiles en el marco de la ley PROCOMPITE,» Lima, 2016.
- [7] E. Bonilla, «La gestión de la calidad y su relación con los costos de desechos y desperdicios en las mypes de la confección textil,» *UIS Ingeniería*, n° 33, pp. 37-50, 2015.
- [8] J. Iturrizaga, «Propuesta de mejora para el proceso de abastecimiento interno y producción en una empresa que confecciona prendas de vestir,» UPC, Lima, 2015.
- [9] E. Ramírez, «Optimización del área de producción para incrementar la productividad de la empresa de confecciones, Cielybeth, Lima 2018,» UCV, Chiclayo, 2020.
- [10] W. Ordóñez y J. Torres, «Análisis y mejora de proceso en una empresa textil empleando la metodología DMAIC,» PUCP, Lima , 2014.
- [11] L. Lamas, «Propuestas para mejorar la Planificación y Control de la Producción en una empresa de confección textil,» UPC, Lima, 2015.
- [12] Ministerios de producción, «Estudio de la situación actual de las empresas peruanas: Los determinantes de su productividad y orientación exportadora,» Lima, 2016.
- [13] L. Pineda, *Prospectiva y vigilancia tecnológica en la cadena fibra-textil-confecciones*, Bogota : Universidad del Rosario, 2010.
- [14] SUNAT, «Iniciando mi negocio,» 19 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://emprender.sunat.gob.pe/que-beneficios-tengo#:~:text=La%20Micro%20y%20Peque%C3%B1a%20Empresa,bienes%20o%20prestaci%C3%B3n%20de%20servicios..> [Último acceso: Julio 2020].
- [15] M. Cabezalí, *Materiales, herramientas, máquinas y equipos de confección.*, Mexico: IC editorial, 2014.
- [16] M. García, *Automatización de procesos industriales*, España : Universidad pontifica de valencia , 1999.
- [17] H. Bertrand y G. Prabhakar, *Control de calidad-teoría y aplicaciones*, Madrid: Díaz de Santos, 1989.
- [18] W. Deming, *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*, Madrid: Díaz de Santos, 1989.
- [19] E. G. H. C. L. García, *Simulación y análisis de sistema con ProModel*, Naucalpan de Juárez: Mexicana, 2013.
- [20] C. Perez, «Diseño y construcción de una maquina tendedora de tela automatica,» Universidad tecnica del norte , Ibarra, 2019.
- [21] J. Jorge, «Optimización del proyecto de corte de tela de la Textilería América SAC mediante la automatización industrial con PLC, bajo el esquema de la lógica programada,» Univerisad Nacional Tecnologica del Lima Sur, Lima, 2017.
- [22] D. López, «Diseño de una máquina automática cortadora de textiles compuestos pro fibras sintéticas,» Fundación Universidad de América, Bogotá, 2017.

- [23] A. Yandùn y C. Mejia, «Automatización de la dobladora de tejido plano artesanal de textiles Vinardi,» Universidad tecnica del norte, Ibarra, 2017.
- [24] K. Bermudez, E. Du, K. Escaner, B. Limpahan y D. Marin, «Design of automated paper cutter vending machine,» Instituto tecnologico de Filipinas, Filipinas, 2018.
- [25] A. Sato, R. Aparecida y F. Giuseppe, «Assessment and technological forecasting,» *SEER Unisinos*, vol. 11, nº 3, Diciembre 2018.
- [26] R. Almamlook, A. Qwam, A. Frefer, S. Hoon y Y. Agarw, «A Simulation Model for Productivity Efficiency Improvement Using Pro-Model: Caso Study of Pip Factory,» *Revista Austral de Ciencias Sociales*, vol. 1, nº 26, pp. 133-142, Diciembre 2019.