

Diseño y Validación del Proceso de Teñido en Degradé para Piezas de Fibra de Alpaca¹

Alejandra Samanta Larco Cárdenas², Ana Lucia Paz Paz³,
María Fernanda Zúñiga Núñez⁴, José Alberto Aguilar Franco⁵

Resumen

Introducción: actualmente las empresas del rubro de teñido textil mantienen un proceso de teñido manual y artesanal de producción limitada y con alta posibilidad de reprocesos. **Objetivo:** diseñar e implementar un proceso para el teñido en degrade de prendas de fibra de alpaca permitiendo el control de parámetros de operación en la mejora de calidad de teñido, así como la obtención de productos terminados variados y replicables,

satisfaciendo las necesidades y requerimientos actuales de los clientes. **Materiales y métodos:** se diseñó una línea productiva semiautomática a través de un sistema mecánico- robótico y un sistema de control PLC, siendo constituido por 3 unidades: la primera unidad de preparación de la pieza textil, la segunda unidad de teñido en degradé y la tercera unidad de acabado textil. Para obtener un proceso estandarizado se controlaron los parámetros de operación de temperatura, tiempo y volumen de agua, así como la ejecución de movimientos ascendentes

- 1 Artículo original derivado del proyecto de investigación: Diseño y desarrollo de un prototipo semi-automatizado y ecoamigable de teñido en degradé de piezas de fibra de alpaca en la empresa Andes Yarn S.A.C. de la región Arequipa. Financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú) del Ministerio de la Producción del Perú. Periodo de ejecución del proyecto: 10 de setiembre del 2019 al 09 de junio del 2021. Grupo de Investigación del Instituto de Energía y Medio Ambiente de la Universidad Católica San Pablo.
- 2 Ingeniera Industrial por la Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú. Analista Torre de Control en Transportes 77 S.A.C. Correo: alejandra.larco@ucsp.edu.pe / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7392-5595>
- 3 Ingeniera Industrial por la Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú. Asistente de Gestión Humana en el Centro Cultural Peruano Norteamericano. Correo: ana.paz@ucsp.edu.pe / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7379-7386>
- 4 Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú. Ingeniera de investigación del Instituto de Energía y Medio Ambiente de la Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú. Correo: mfzuniga@ucsp.edu.pe / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4786-1305>
- 5 Ingeniero Industrial por la Universidad Católica San Pablo (Perú). Maestría en Ingeniería Mecánica por la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro (Brasil). Segunda Especialidad en Ingeniería de Seguridad Industrial e Higiene Ocupacional. Supervisor de Seguridad y Entrenador de Seguridad acreditado por OSH Academy de EE.UU. Director del Instituto de Energía y Medio Ambiente de la Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú. Correo: jaaguilar@ucsp.edu.pe / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5080-8428>

Autor para Correspondencia: alejandra.larco@ucsp.edu.pe
Recibido: 23/10/2021 Aceptado: 05/12/2022

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

y descendentes parametrizados en la inmersión de la pieza estandarizando la técnica de teñido permitiendo obtener resultados más homogéneos en una mayor cantidad de piezas teñidas. **Resultados:** indican que se puede obtener un proceso de teñido en degradé con mayor capacidad productiva que garantice la calidad del acabado de la pieza. **Conclusiones:** diseñar

y validar un proceso estandarizado permite dejar de depender de la pericia y experiencia del operador en la realización de un proceso manual/artesanal de teñido incrementando variedad, replicabilidad y productividad.

Palabras clave: teñido en degradé; teñido artesanal-manual; prendas textiles de fibra de alpaca; control de parámetro de operación, teñido estandarizado.

Design and Validation of a Degraded Dyeing Process for Alpaca Fibra Parts

Abstract

Introduction: currently the textile dyeing companies maintain a manual and artisan dyeing process of limited production and with a high possibility of reprocessing. **Objective:** design and implement a process for the degraded dyeing of alpaca fiber garments allowing the control of operating parameters in the improvement of dyeing quality as well as obtaining varied and replicable finished products, satisfying the current needs and requirements of the clients. **Materials and methods:** a semiautomatic production line was designed through a mechanical-robotic system and a PLC control system, consisting of 3 units: the first unit for preparing the textile piece, the second unit for gradient dyeing and the third unit. textile finishing.

To obtain a standardized process, the operating parameters of temperature, time and water volume were controlled, as well as the execution of parameterized ascending and descending movements in the immersion of the piece, standardizing the dyeing technique allowing to obtain more homogeneous results in more parts. **Results:** indicate that a gradient dyeing process can be obtained with a higher production capacity that guarantees the quality of the finish of the piece. **Conclusions:** designing and validating a standardized process allows it to not depend on the expertise and experience of the operator in the realization of a manual / artisan dyeing process, increasing variety, replicability and productivity.

Keywords: dyed degraded; handcrafted-manual dyeing; alpaca fibre textile garments; operation parameter control, standardized dyeing.

Projeto e Validação de um Processo de Tintura de Degradé para Peças de Fibra de Alpaca

Resumo

Introdução: atualmente as empresas de tinturaria têxtil mantêm um processo de tingimento manual e artesanal de produção limitada e com grande possibilidade de reprocessamento. **Objetivo:** projetar e implementar um processo de tintura de degradé para peças de fibra de alpaca permitindo o controle dos parâmetros operacionais na melhoria da qualidade do tingimento, bem como a obtenção de produtos acabados variados e replicáveis, satisfazendo as necessidades e requisitos atuais dos clientes. **Metodologia:** foi projetada uma linha de produção semiautomática por meio de sistema mecânico-robótico e sistema de controle PLC, composta por 3 unidades: a primeira unidade para preparação da peça têxtil, a segunda unidade para tingimento gradiente e

a terceira unidade acabamento têxtil. Para a obtenção de um processo padronizado, foram controlados os parâmetros operacionais de temperatura, tempo e volume da água, bem como a execução de movimentos ascendentes e descendentes parametrizados na imersão da peça, padronizando a técnica de tingimento permitindo obter resultados mais homogêneos em maior quantidade de peças por vez do tingimento. **Resultados:** indicam que um processo de tingimento gradiente pode ser obtido com uma maior capacidade de produção que garanta a qualidade do acabamento da peça. **Conclusões:** desenhar e validar um processo padronizado permite deixar de depender da expertise e experiência do operador na realização de um processo de tingimento manual / artesanal, aumentando a variedade, replicabilidade e produtividade.

Palavras-chave: gradiente tingido; tingimento manual artesanal; vestuário em fibra de alpaca; controle de parâmetros de operação, tingimento padronizado.

Introducción

Hoy en día en la industria textil y en la fabricación de elementos de protección personal (guantes de seguridad) se utilizan fibras textiles, naturales y sintéticas (Villegas C. & González B., 2012). El teñido en degradé se ha vuelto una tendencia nueva y original por su aplicación en textiles, objetos y revestimientos debido a que brindan visualmente un rango de colores que dan una transición suave y consecuente en

dos a más colores convirtiéndose en una tendencia original, llamativa y vistosa con aspecto juvenil (Sabatés, 2014). Entre los tipos de teñido por reserva se tiene la técnica “*Tie Dye*”, esta técnica se realiza doblando el material a teñir y atándolo con cuerdas o cintas para aplicar el tinte en zonas logrando obtener diseños que se forman con la aplicación de diferentes colores de tintes en diferentes secciones de la prenda (Mayorga, 2011). Por otro lado, la técnica de teñido “*Dip Dye*” también conocida como

teñido por inmersión, en degradé, reserva o ombré es similar a la técnica “*Tie Dye*”, sin embargo, la diferencia de esta técnica está en que el textil es sumergido en el tinte por un periodo de tiempo para que el color sea más intenso, y sumergen otra parte del textil menos tiempo para que el tono sea más claro, logrando un efecto de degradé (Fariña, 2019). Esta técnica consiste en la inmersión continua del sustrato a teñir en un reservorio que contiene una solución de colorante, durante un tiempo determinado realizando movimientos ascendentes y descendentes, el sustrato se sumerge en diferentes alturas de la prenda para conseguir el efecto de color más claro a color más oscuro a lo largo de la zona teñida (González Echavarría et al., 2014). Por otro lado, el teñido de reserva hace referencia a cubrir de forma gradual ciertas zonas de la pieza a teñir (generalmente fibras de origen natural y derivados), obteniendo distintos colores en cada capa (Vicente, 2015). Artesanos profesionales de teñido reconocen que la dependencia de la pericia del operario al aplicar la técnica de teñido se convierte en una variable fundamental que conlleva no garantizar la estandarización del teñido entre piezas de un mismo lote y/o a la uniformidad del teñido en las piezas. Para obtener los resultados deseados de teñido se debe realizar la inmersión de claro a oscuro, capacitar al personal en la técnica, utilizar tintes adecuados para el sustrato, controlar los parámetros de control como temperatura, volumen del agua, rapidez de inmersión y recurrir a la automatización de máquinas para estandarizar el proceso (Lockuán, 2013). Además, es necesario aplicar el teñido por impregnación ya que consiste en someter a la fibra procesos químicos y térmicos para

lograr la penetración y solidez adecuada. (Ponce de León et al., 2014).

Dentro de las fibras naturales de uso textil más demandadas a nivel mundial se encuentra la fibra de alpaca. La valoración de esta fibra es por su suavidad, resistencia y capacidad térmica lo que la posiciona como una de las fibras más exclusivas y reconocidas a nivel mundial. La producción nacional de esta fibra al año 2018, fue de 4,6 mil toneladas; superior en 6,0 % con relación a lo obtenido en el 2017. Sin embargo, desde el año 2012 hasta el año 2019 se presentó un ligero decremento a una tasa anual de 0,8 %. (MINAGRI, 2019). Según el Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017 – 2027; una de las metas para la cadena de camélidos sudamericanos, es incrementar el rendimiento de 2,1 kg/alpaca/año para el año 2021 a 2.3 kg/alpaca/año en el año 2027. Desde el año 2017, se registró una caída en el precio de hasta de 8 soles/lb de fibra de alpaca (Carpio, 2017); alcanzando finalmente, en el año 2019, un valor de 12 soles/lb a nivel nacional.

El proceso del teñido en degradé comprende la recepción de la pieza, formulación de los colorantes y finalmente el control de calidad final previo al despacho. La aplicación de la técnica de teñido en degradé la realizan de manera completamente manual/artesanal, es decir el operador realiza movimientos ascendentes y descendentes para sumergir la pieza en la tina llenada de agua y así lograr humectarla. Posteriormente agrega, los insumos químicos y la fórmula de teñido, para empezar a teñir la pieza hasta que alcance el color solicitado por el cliente. A su vez, el operador controla los parámetros

(tiempo, volumen de agua, cantidad de insumos químicos y de colorantes, acidez del baño y temperatura) de manera manual y muchas veces de manera correctiva, es decir que tiene un ineficiente uso de recursos productivos generando incremento en costos operativos y unitarios del producto terminado.

Para la implementación de la propuesta de mejora se tuvo como principal objetivo la aplicación de tecnología que permita la automatización del proceso de teñido en degradé por lo que existe un estudio que propone la implementación de una cocina de colorantes automatizada para estandarizar este proceso y validan su propuesta mediante una simulación del proceso declarando las variables consideradas, demostrando el incremento en la productividad, la mejora de la eficiencia y la reducción del tiempo del proceso (Cruz Bardales, 2015). Para resolver este tipo de problemas se recurre a la automatización industrial ya que se obtiene mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de la productividad y reducción del trabajo manual (Escobar, 2008). Actualmente existen diversas técnicas automatizadas de inmersión para el teñido de textiles, que pueden llegar a tener un acabado similar al teñido en degradé; como por ejemplo la técnica de *dip-coating* para la aplicación de sol gel que consiste en la transformación de una fase líquida (sol) a una fase sólida (gel), utilizando máquinas como la *single vessel dip-coater* y la *multivessel dip-coater* con movimientos horizontales y verticales (Vallejo, 2019). Por otro lado se ha desarrollado una técnica con inmersión

parcial en el que las condiciones de su funcionamiento permiten que la pieza sea parcialmente sumergida en una cubeta con la solución de colorante, y así asegura una distribución rápida, uniformidad del colorante en el tejido y poco tiempo de producción (Lockuán, 2012). La técnica de *hank-dyeing* utiliza la inmersión desde que se colocan las piezas de fibra en rodillos de acero inoxidable que pueden girar en sentido horario o anti horario y éstos empiezan a ascender y descender a través de un sistema hidráulico con indicador de temperatura y sensor de control (Cignolo et al., 2004). La técnica de *Winch Dyeing* contiene un sensor de movimiento horario y anti horario que permite que la pieza viaje hacia atrás y adelante, para ser levantado por la rueda que gira (Clark, 2011).

El objetivo del presente trabajo de investigación es desarrollar y validar un proceso estandarizado de teñido en degradé para piezas de fibra de alpaca, basado en los resultados obtenidos por experiencias previas (revisión bibliográfica), así como en los resultados de pruebas y ensayos realizados con piezas de teñido para garantizar la mejora de la calidad de estos y a su vez permita obtener replicabilidad y aumentar la productividad.

Andes Yarn es una empresa textil arequipeña que realiza diferentes procesos de teñido siendo su línea principal de productos la del teñido en degradé. La empresa utiliza insumos químicos y colorantes ecológicos evitando un impacto negativo en el medio ambiente Cabe resaltar que los insumos químicos y colorantes que utiliza la empresa son ecológicos evitando un impacto negativo

en el medio ambiente (Standard 100 by Oeko Tex, 2021). Actualmente, Andes Yarn cuenta con baja productividad, ya que el proceso de teñido en degradé requiere aproximadamente de 3 horas por pieza (León, comunicación personal, 2020), por lo expuesto se presenta la siguiente propuesta de diseño y validación del proceso de teñido en degradé para piezas de fibra de alpaca.

Materiales y Métodos

Material estudiado

En el presente estudio se analizó como material las cortinas de fibra de alpaca teñidas en degradé tanto para tono claro como para tono oscuro, y así determinar su calidad antes y después de la implementación de la línea estandarizada y semi automatizada. Se realizaron 3 ciclos de observación tanto como para el proceso manual/artesanal como para el proceso con la mejora implementada como recomienda Niebel (2009). En estas observaciones se analizó la uniformidad del color obtenido en el proceso de teñido en degradé, la cantidad de reprocesos y/o rechazos que tuvieron las

piezas por parte del cliente, la productividad del proceso, los costos de producción y los esfuerzos por parte del operario.

Línea estandarizada y semi-automatizada de teñido en degradé

La línea estandarizada y semi automatizada contempla algunas consideraciones previo a su implementación, el espacio disponible para la implementación debe ser de por lo menos 31,06 m² y la superficie debe ser de concreto para realizar el anclaje y distribución de la línea, de los tanques de agua de distribución y almacenamiento, la máquina de humectación/teñido *Deep Dyeing 50*, las electrobombas, los tableros de control, el compresor, filtro, secador de aire, tanque de suministro, el caldero y la lavadora centrifugadora. La línea estandarizada y semi automatizada desarrollada está diseñada para abastecer un máximo de 3 cortinas de alpaca por ciclo de teñido; se requiere una persona de apoyo para las actividades de operación y supervisión. Según la figura N° 1 se muestra el esquema de la línea semi-automatizada y estandarizada con sus unidades constitutivas y equipos utilizados.

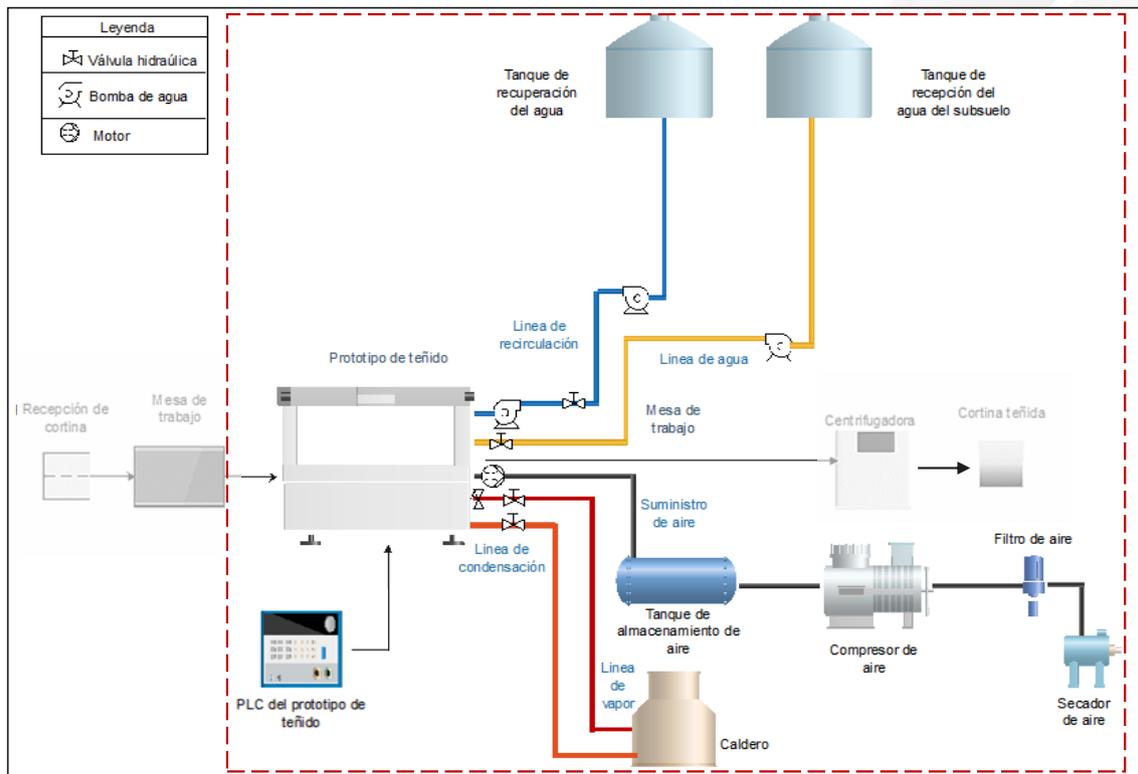


Figura N° 1. Esquema de la línea estandarizada y semi automatizada

Fuente: Elaborada por autor

La operación para el correcto funcionamiento de la línea depende de la programación de los equipos electrónicos (PLC, Bombas, válvulas, compresor y filtro de aire). Para fines de muestreo se realizaron pruebas con 3 cortinas de fibra de alpaca, para teñido de color claro y teñido de color oscuro. La línea semi-automatizada y estandarizada presenta 3 unidades constitutivas que conforman el sistema de teñido en degradé como se muestra a continuación:

A. Unidad de preparación de piezas.

Esta unidad empieza recibiendo las cortinas a teñir con el requerimiento del cliente, una vez que han sido

etiquetadas y clasificadas, la operadora prepara la pieza, es decir, con una costura con hilo marca en la cortina el límite del área de teñido dividiéndola en tres partes para alcanzar el matiz deseado. Mientras la operadora va preparando la pieza, la tina de teñido de acero inoxidable de la máquina se va llenando de agua que proviene de un tanque de almacenamiento. Mientras va ingresando el agua se va calentando a través de vapor directo (inyección de vapor directo al agua) e indirecto (serpentín de acero inoxidable ubicado en la parte interior inferior de la tina). Se colocan las cortinas en

la máquina, esta tiene una capacidad de hasta 3 cortinas de 1550 mm de ancho por 1000 mm de largo. Una vez que la tina alcanza a un llenado de 500 litros de agua después de 35 minutos aproximadamente. Las piezas son colocadas en la estructura porta perchas de la máquina. A través del panel de control se acciona el soporte de rodamiento para que las cuerdas de elevación suban y bajen sumergiendo la parte de las piezas a teñir en el agua y así cumplir la función de humectación de las piezas para facilitar la adherencia y solidez del colorante en estas.

B. Unidad de teñido de piezas.

En esta unidad se realiza el teñido propiamente dicho. El operador en el área de almacenamiento de colorantes e insumos para retirar la cantidad de colorante necesaria para alcanzar la fórmula de teñido, como también los insumos químicos que ablandan el agua, permiten que se fije el colorante, regulan el pH del agua y estabilizan e humectan la fórmula de teñido con el baño de teñido. Una vez que la tina de teñido se ha llenado con 600 litros de agua y ha alcanzado una temperatura de 50°C se añaden los insumos químicos. Cuando el agua ha alcanzado los 60°C se añade la fórmula de colorante para iniciar el proceso de teñido. Se programa el PLC para que la máquina realice la inmersión ascendente y descendente de las cortinas de forma suave y continua de acuerdo con la altura programada por medio de un accionamiento neumático del soporte

móvil. Esta actividad se repite hasta alcanzar el color deseado según el patrón de teñido que dependiendo de si es tono claro u oscuro puede demorar aproximadamente 70 o 95 minutos dependiendo del tipo de tono. La temperatura del agua de teñido no debe superar los 80°C, en caso suceda la máquina recircula el agua para su enfriamiento.

C. Unidad de acabado de piezas.

En esta unidad las cortinas son retiradas de la máquina una vez alcanzado el patrón de teñido deseado y son trasladadas a un recipiente con aproximadamente 20 litros de agua a temperatura ambiente donde se enjuagan rápidamente con la finalidad de eliminar cualquier rastro de insumo químico que haya quedado en la cortina. Posteriormente, las cortinas son centrifugadas durante 5 minutos, para extraer la máxima cantidad posible de agua. Finalmente, las cortinas son trasladadas al área de secado que por acción del aire en días nublados y calor del sol en días soleados, se elimina la humedad de la pieza, esta etapa puede tomar de 20 a 30 minutos. Posteriormente se compara el patrón deseado con la cortina teñida y se verifica el éxito del proceso en el área de calidad.

El diseño de la línea estandarizada y semi automatizada propuesta fue evaluada a partir de pruebas realizadas con piezas de teñido claro y oscuro. Para garantizar un proceso continuo, fluido, con resultados óptimos

desde la perspectiva de productividad y estandarización se realizó en primer lugar una redistribución de áreas, donde se acondicionó un área de almacenamiento de colorantes e insumos químicos más cerca del área de teñido, con el fin de reducir desplazamientos innecesarios, tiempos operativos y dar mayor comodidad y practicidad al preparar la fórmula de teñido. En segundo lugar, se adquirió la máquina de teñido/humectación *Deep Dyeing 50* caracterizada por ser semi automática (Shang, 2012). La máquina que se muestra en la figura 2 posee una capacidad de hasta 3 cortinas (1550 mm x 1000 mm) por ciclo de teñido.



Figura N° 2. Máquina Deep Dyeing 50 instalada

Fuente: Andes Yarn S.A.C.

La tabla N° 1, presenta una ficha resumen de la máquina, se presenta características principales, dimensiones, insumos químicos a utilizar, tiempo de utilización, materiales, entre otros.

Tabla N° 1. Características de la máquina Deep Dyeing 50 instalada.

Ficha técnica		
Empresa	Antex	
Modelo	Deep Dyeing 50	
Capacidad en unidades	5 por ciclo	
Capacidad en kg	200	
Potencia del motor	1 HP	
Válvula de drenaje	DN 80	
Bobina de vapor directo	DN 15	
Bobina de vapor indirecto	DN 25	
Válvula de llenado	DN 50	
Dimensión	Longitud	1,81 m
	Ancho	0,76 m
	Altura	2,77 m
Tiempo de utilización	1-2 horas	
Insumos químicos	Fijador de colorante	
Ablandador de agua		
Regulador de Ph		
Colorantes	Orgánicos	

Fuente: Adaptada de León (2020)

Para realizar la operación de teñido y de humectación, con el objetivo de garantizar la estandarización y uniformidad de teñido en degradé entre piezas de un mismo lote. También se buscó aumentar la capacidad de producción y reducir el esfuerzo físico de los operadores. Esta implementación llevó consigo la adquisición de más equipos como bombas centrífugas, tanque de almacenamiento de aire, compresor de aire, caldero y el acondicionamiento necesario para la implementación de una línea de vapor y de aire.

Resultados

Resultados de línea implementada

La implementación del sistema de teñido aumenta la productividad, disminuye costos operativos y alivia la fatiga laboral del operador. La necesidad de tener un proceso continuo, fluido, estandarizado y semi automatizado para obtener teñidos en degradé de fibras de alpaca se limitan a la tecnología y parámetros que controlar. Los resultados presentados son: la máquina de teñido/humectación, la redistribución de áreas, el consumo de colorantes e insumos químicos, el consumo de agua, la reducción

de costos, la replicabilidad, el análisis económico de la línea implementada y la calidad del teñido obtenido.

La cantidad de insumos químicos utilizados en la línea depende del volumen del agua. Para la línea implementada se considera un aproximado de 700 litros de agua en total y en proporción se requieren 0,4 g por litro de ablandador de agua, 0,3 g por litro de fijador de color y 2,14 g por litro de regulador del pH. Los parámetros regulados en la línea estandarizada y semi automatizada se muestran en la tabla N° 2, en la que se comparan los valores de los parámetros de entrada como de salida para un ciclo de teñido en degradé de 3 piezas.

Tabla N° 2. Parámetros regulados en la línea estandarizada y semi automatizada

Operación	Insumos	Entrada	Ph	T°	Salida	Ph	T°	Merma
Preparado del baño	Agua (l)	638	7	23	638	7	56	0
Preparado de pieza	Pieza (g)	380	0	0	380	0	0	0
Humectado de pieza	Agua (l)	638	7	56	617	7	56	-22
	Agua (l)	380	0	0	640	0	0	260
Preparado de la fórmula de teñido	Colorante (g)	1	7	56	0	0	0	-1
	Fórmula (l)	0	0	0	0	0	0	0
	Fórmula (l)	0	0	0	0	0	78	0
Preparado baño de teñido	Ablandado (g)	280	8	0	0	0	0	-280
	Fijador (l)	0	1	15	0	0	0	0
	Agua (l)	692	4	47	0	0	0	-692
	Fórmula (l)	0	10	47	0	0	0	0
	Regulador pH	468	1	0	0	0	0	-468
Teñido primer matiz	Baño tenido (l)	0	0	0	693	4	58	693
	Baño tenido (l)	693	4	58	714	3	69	21
	Regulador pH	468	1	0	0	0	0	-468

Operación	Insumos	Entrada	Ph	T°	Salida	Ph	T°	Merma
Teñido segundo matiz	Baño tenido (l)	746	3	77	0	0	0	-746
	Regulador pH	469	1	0	0	0	0	-469
	Pieza	640	0	0	860	0	0	220
Enjuague	Pieza (g)	860	0	0	1100	0	0	240
	Agua (l)	5	7	19	4	7	19	-1
Centrifugado	Pieza (g)	1110	0	0	570	0	0	-540
	Agua (l)	0	0	0	1	4	23	1
Secado	Pieza (g)	570	0	0	380	0	0	-190

Fuente: Elaborada por autor

Como se observa el recurso hídrico es muy importante en el proceso, con la línea estandarizada este requiere aproximadamente 770 litros de agua en total, pero siendo para 5 piezas, el consumo se reduce a 154 litros de agua por pieza, 6 litros menos de la cantidad que se utiliza en el proceso manual/artesanal. Sin embargo, el impacto de la mejora se da en la reutilización del agua en el proceso mejorado, ya que el agua del enjuague y del centrifugado se reutilizará en actividades secundarias como limpieza de bolsas, pisos, equipos, etc.

En base a la tabla N° 2, se comparó el proceso manual con la línea estandarizada

considerando todos los insumos requeridos en el proceso de teñido. La mejora más representativa se observa en las horas hombre ya que si bien ambos ciclos de teñido requieren la misma cantidad de tiempo, con la mejora implementada en esa cantidad de tiempo produce 5 veces más que en el proceso manual. Cabe resaltar que con la línea estandarizada el operador controla el proceso la mayor cantidad de tiempo, más no realiza el teñido como tal, reduciendo así su fatiga y la posibilidad de riesgos disergonómicos. También cabe resaltar que se reduce en 10 % la cantidad de colorantes requeridos en el proceso manual como se muestra en la tabla N° 3.

Tabla N° 3. Comparativo de insumos

Ítem	Proceso Manual	Línea estandarizada y semi automatizada		Mejora por pieza
		Por ciclo de teñido	Por pieza	
Insumos (g)	120	1990	398	-278
Colorantes (g)	3	8,65	1,73	1,27
Agua (l)	160	770	154	6
Energía eléctrica (kw/h)	2,000	4,42	0,88	1,12
Horas Hombre	3	3	0,68	2,32
Gas/Carbón (kg)	2,5	18,75	3,75	-1,25

Fuente: Elaborada por autor

Las distancias optimizadas entre áreas se muestran en la tabla N° 4 con la comparación de las distancias anteriores, teniendo una mejora de 7 metros aproximadamente y de 20 metros en la distancia total que recorren las operadoras para un ciclo del proceso.

Tabla N° 4. Distancia entre áreas

N°	Recorrido	Proceso manual (m)	Línea estandarizada y semi automatizada (m)
1	De área de teñido a mesa de trabajo 1	6,6	6,1
2	De área de almacén a mesa de trabajo 1	-	9,14
3	De área de almacén a área de teñido	20	2,3
4	De área de almacén a mesa de trabajo 2	20	16,6
5	De mesa de trabajo 2 a área de teñido	1,4	13,66
6	De área de teñido a centrífuga	11,7	3,93
7	De zona de centrifugado a zona de secado	30,2	30,2
8	De zona de secado a mesa de trabajo 1	25,1	25,1
9	De mesa de trabajo 1 al área de control de calidad	60,2	60,2
TOTAL		175,2	167,23

Fuente: Elaborada por autor

La línea estandarizada y semi automatizada reduce los costos operativos en un 58 %. Como se observó en la tabla N° 3, el recurso que tuvo mayor impacto con la mejora implementada fue la cantidad

de horas hombre requeridas por pieza, es por ello que si bien antes representaba el 60,18 % de los costos operativos, ahora representa el 28,81 % como se muestra en la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Comparación de costos operativos (en porcentaje) para el teñido manual y semiautomatizado de cortinas de alpaca

Ítems	Proceso Manual (%*PEN)	Línea estandarizada y semi automatizada (%*PEN)
Insumos	3,71 %	30,29 %
Colorantes	1,33 %	1,8 %
Agua	2,03 %	4,74 %
Energía eléctrica	4,09 %	4,3 %
Horas Hombre	60,18 %	28,81 %
Gas/Carbón	28,65 %	30,06 %

Fuente: Elaborada por autor

Con la implementación de la mejora la productividad aumenta en 400 % ya que en el proceso anterior se realizaba una pieza por vez de teñido y ahora tienen capacidad

para realizar 3 cortinas por ciclo de teñido, es decir que mensualmente en vez de obtener 60 piezas tienen la posibilidad de obtener 300 piezas como se observa en la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Porcentaje de costos operativos

Producción	Proceso Manual	Línea estandarizada y semi automatizada	Mejora
Pieza por proceso	1 pieza	5 piezas	
Duración de proceso (h)	2,69	2,69	500 %
1 mes	60 piezas	300 piezas	

Fuente: Elaborada por autor

Bajo las observaciones realizadas se comprueba que las piezas obtenidas con la mejora implementada tienen menos

posibilidad de error, reducción de causales de error y nula posibilidad de rechazo como se observa en la tabla N° 7.

Tabla N° 7. Comparación de la calidad de teñido en cortinas de alpaca obtenido mediante proceso manual y proceso semiautomatizado

Producción	Proceso Manual	Línea estandarizada y semi automatizada
Cantidad de piezas realizadas	2848	469
Piezas rechazadas por el cliente	74	0
Porcentaje de piezas rechazadas	3 %	0 %
Piezas reprocesadas	504	28
Porcentaje de piezas reprocesadas	18 %	6 %
Motivos de reproceso	Color contaminado	Color contaminado
	Solidez del color	-
	Degradé	-
	Otros	-

Fuente: Elaborada por autor

Discusión

La línea estandarizada y semi automatizada de teñido en degradé posee casi las mismas actividades que el proceso manual/artesanal, por ende, el tiempo de ciclo de la propuesta solo disminuye un 0,16 % del tiempo total de producción del proceso manual/artesanal, esto se debe a que las actividades no pueden ser cambiadas ni reemplazadas por otras ya que son necesarias para que las piezas a teñir tengan un degradé parejo evitando que existan residuos y contaminantes en la pieza durante el proceso de teñido. Cabe resaltar que el impacto de la mejora implementada se ve evidenciado en la cantidad de prendas que se pueden teñir por proceso, la reducción del riesgo disergonómico, la reducción de tiempos y desplazamientos innecesarios del operario. Con esta propuesta se evidencia como ahorro más representativo, los costos de horas hombre; el costo del capital humano

se redujo en un 80 % viéndose reflejado en el aumento de productividad. Finalmente, en el proceso propuesto se obtuvieron piezas con uniformidad en el teñido, sin defectos, como también el colorante penetrado en el hilado. Adicionalmente se analizó la solidez del color de las piezas obtenidas, se sometieron al frote en seco y húmedo; lo que muestra que para tono claro tiene una solidez muy buena ante el frote y una solidez buena ante el lavado y para la pieza de color oscuro muestra una solidez regular-buena tanto posterior al frote en seco como posterior al lavado.

Conclusiones

El proceso de teñido en degradé de piezas de fibras de alpaca manual/artesanal no podía asegurar la calidad de su producto terminado ya que obtener un teñido en degradé uniforme y estandarizado en un lote de pedido era muy complicado debido a la

dependencia de la pericia del operario en la aplicación de la técnica, por ende, la cantidad de piezas reprocesadas era elevada con una gran variedad de motivos. Así mismo existía una gran cantidad de piezas rechazadas por el cliente representado una pérdida para la empresa como para el mismo cliente bajando su nivel de satisfacción. Su capacidad productiva para satisfacer la demanda del cliente era reducida ya que solo se podía realizar 3 piezas por día. Los desplazamientos del operario eran muy largos teniendo posibilidad de accidentes, distracciones y aumento de fatiga innecesariamente. Sus costos de producción se elevaban debido al costo que representaba la mano de obra. Por ende, el proceso manual que llevaban a cabo no era óptimo ni estandarizado.

El proceso manual/artesanal depende de la pericia y experiencia del operador respecto al dominio de la técnica, ello conlleva a tener tiempos de ciclos variables, reprocesos y devoluciones por la obtención de productos defectuosos que no alcanzan la calidad necesaria y por ende dificultan la posibilidad de replicabilidad con la implementación de la línea estandarizada y semi automatizada se ha logrado obtener un proceso con parámetros estandarizados logrando la replicabilidad de piezas de teñido en degradé con una adherencia del color del tinte en el hilado de forma óptima y compacta. La implementación de la línea estandarizada y semi automatizada reduce el riesgo disergonómico de los operarios, debido a que ya no tienen que realizar los movimientos ascendentes y descendentes durante una hora continua por ciclo de teñido. También se reducen los esfuerzos

innecesarios del operario como su fatiga, posibilidad de accidentes o distracciones entre los desplazamientos debido a la redistribución de las áreas.

Respecto a los costos, con la implementación de la línea estandarizada y semi automatizada, se ha reducido el costo principal que era el de la mano de obra en un 80 %, finalmente, se ha logrado disminuir un 58,2 % los costos totales.

La cantidad de piezas rechazadas por el cliente fueron eliminadas y las causas de reprocesos fueron reducidas, eliminando la principal causa de rechazo que eran los imperfectos en el degradé logrando la replicabilidad del color en varias piezas.

La implementación de la línea estandarizada semi automatizada ha logrado cumplir el objetivo de obtener piezas estandarizadas y uniformes por lote de pedido e incrementar la capacidad de producción en un 400 %.

Referencias

- Carpio F. (2017) La cadena de valor para optimizar la producción de fibra de alpaca en la empresa Sais Sollocota Ltda. N°5 – Perú. Revista Scielo. Vol.8, No 2. 1-12
- Cignolo S., Rovero G., Banchemo M. & Ferrero Franco (2004) Industrial Experimentation on hank-dyeing: Modelling equipment and water economisation during rising. *Autex Research Journal*, Vol.4, No4, 1-13.

- Clark M., Tapley K, Clemett A. & Ahmed S. (2011). *Alternative Production and Cost Savings in Winch Dyeing*. Dhaka, Bangladesh: Stockholm Environment Institute.
- Cruz E. (2015). *Propuesta de estandarización del proceso de teñido de Polytext, aplicación de las 5S e implementación de una cocina de colorantes automatizada*. Ingeniería Industrial. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581776/Tesis%20Final%20Impresi%C3%B3n%20Empastado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escobar, A. E. (2008) Ventajas de la automatización. Mural. <http://search.proquest.com/docview/373369705?accountid=43860>
- Fariña, I [Irene Fariña] (2019, mayo 15) Tie Dye y Dip Dye dos efectos parecidos pero distintos [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hcl9Z4hVGII>
- González, L., Fontalvo Silva, M., Álvarez López, C., & Restrepo Osorio, A. (2014). Generalidades de la seda y su proceso de teñido. Scielo, 10.
- León, J. (2020). Estado actual de la empresa Andes Yarn S.A.C. [Comunicación personal]. Arequipa, Perú.
- Lockuán, F. E. (2012). Hilandería. En F. E. Lockuán Lavado, *La industria textil y su control de calidad* (pág. 46–68).
- Lockuán, F. E. (2013). Tintorería. En F. E. Lockuán Lavado, *La industria textil y su control de calidad* (pág. 30).
- Mayorga Miranda, D. E. (2011). Diseño de un sistema de vestuario aplicando la técnica del tie dye con influencia de la cultura hippie para mujeres de 16 a 20 años en la ciudad de Ambato. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, 40–44.
- Ministerio de la Agricultura y Riego (2019) El Perú es la primera potencia mundial en producción de fibra de alpaca. Gobierno del Perú. Obtenido el día 31 de julio del 2019 desde <https://www.gob.pe/institucion/minagri/noticias/49289-el-peru-es-la-primera-potencia-mundial-en-produccion-de-fibra-de-alpaca>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial 12ma Niebel (12th ed.). México D.F, México.
- Ponce de León, M. & Valdivia M. (2014). *Optimización de los parámetros para la curva de teñido con colorantes ácidos, reactivos y complejo metálico en fibra de alpaca*. Ingeniería Química. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa–Facultad de Ingeniería de Procesos.
- Sabatés, M. (23 de junio 2014) El degradado como estampado aplicado en textiles objetos y revestimientos. *El corte inglés*. <https://decoracion.trendencias.com/complementos/el-degradado-como-estampado->

aplicado-en-textiles-objetos-y-revestimientos

Shang, S. M. (2012). Process control in dyeing of textiles. In *Process Control in Textile Manufacturing* (pp. 300–338). <https://doi.org/10.1533/9780857095633.3.300>

Standard 100 by Oeko Tex – International Association for Research and testing in the Field of Textile and Leather Ecology. (2021, febrero). Recuperado de <https://www.oeko-tex.com/en/apply-here/standard-100-by-oeko-tex>

Vallejo, R. A. (2019). Construcción de un dispositivo que permita la inmersión controlada de substratos durante la aplicación del método sol-gel en la obtención de recubrimientos vitrocerámicos. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

Vicente, A. F. (2015). *Manual en control de calidad en productos textiles y afines*. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.

Villegas C. & González B. (2013) Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. N°13 – México. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*. No 13. 31-46