



Universidad Pública de El Alto

RECTORADO - VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA CIENTÍFICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

Nº5/2024

REVISTA CIENTÍFICA DE LA CARRERA DE **INGENIERÍA TEXTIL**

EL ALTO - BOLIVIA

2024



Universidad Pública de El Alto

RECTORADO - VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA CIENTÍFICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

Nº5/2024

REVISTA CIENTÍFICA DE LA CARRERA DE ***INGENIERÍA TEXTIL***

EL ALTO - BOLIVIA

2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Autoridades

Dr. Carlos Condori Titirico Ph. D.

RECTOR

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph. D.

VICERRECTOR

Dr. Antonio S. López Andrade Ph. D.

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

M. Sc. Silvia Orieta Aquino Tarqui

PROFESIONAL EN INVESTIGACIÓN - DICYT

Ing. Marco Antonio Bohorquez Llave

DECANO DEL ÁREA DE INGENIERÍA “Desarrollo Tecnológico Productivo”

Ing. Jonny Henry Yampara Blanco

DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

Ing. Sandro Efraín Centellas Lima Ph.D.

COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA TEXTIL

COMITÉ REVISOR

M.Sc. Ing. Freddy Tarqui Ayala - **Revisor interno**

Ing. E. Rosemary Sanchez M. - **Revisor externo**

DEPÓSITO LEGAL

4-3-55-19 P.O.

IMPRESIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Imprenta Baltazar

Dir: Calle 25 de mayo N°777 entre C/ Issac Arias y C/ 10 Zn. Villa Dolores

El Alto – Bolivia

Cel.: 73263579

La información presentada como ARTÍCULO CIENTÍFICO en la edición actual es de entera responsabilidad de sus autores

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin previa autorización de los autores

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre 2024

El Alto – Bolivia

Presentación

La Dirección de Investigación, Ciencia y Tecnología de la UPEA se enorgullece en presentar este nuevo número de la Revista Científica de la carrera de Ingeniería Textil, un espacio dedicado a la difusión de investigaciones innovadoras y relevantes en el ámbito textil, promoviendo el conocimiento, la tecnología y la sostenibilidad en esta importante industria.

Este número refleja el compromiso de la carrera con la excelencia académica y la investigación aplicada, abordando temas que contribuyen al desarrollo de soluciones tecnológicas, sostenibles y económicas. Los artículos incluidos destacan por su rigor científico y por ofrecer perspectivas recientes en áreas como la economía circular, los textiles inteligentes y la optimización de procesos productivos.

En el presente número, el lector encontrará siete artículos que exploran desde la obtención sostenible de fibras naturales hasta el desarrollo de textiles inteligentes y la mejora de procesos industriales en el sector. Estos trabajos no solo muestran la capacidad investigativa de los docentes y estudiantes, sino también su compromiso con los desafíos globales y locales.

Agradezco a los autores, revisores y colaboradores por su esfuerzo y dedicación en la elaboración de este número. Invitamos a nuestra comunidad académica y profesional a participar activamente en las próximas ediciones de esta revista, consolidando a la Carrera de Ingeniería Textil como un referente en la generación y difusión de conocimiento científico.

Dr. Ing. Antonio López Andrade Ph. D.
Director DICYT - UPEA

CONTENIDO

PÁG.

1.- INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE CORTE EN EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE PRENDAS DE VESTIR

Influence of Cutting Process Variables on the Production Time of Garments

Jonny Henry Yampara Blanco

7

2.- LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO MODELO EMERGENTE DE LA PLANIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA MANUFACTURA TEXTIL

The Circular Economy as an Emerging Model for Planning and Production in
Textile Manufacturing

Raúl Sandoval Trujillo

16

3.- LA FIBRA DE AGAVE UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA ROPA DEPORTIVA Y MILITAR DE ALTA RESISTENCIA

Agave Fiber a Sustainable Solution for Heavy Duty Military and Sportswear

María Angélica Guaraní

26

4.- EFECTO DEL NIVEL DEL pH EN LA FIBRA DE BABY ALPACA EN EL PROCESO DE LAVADO

Effect of pH Level on Baby Alpaca Fiber in the Washing Process

Neyda Sandra Velasco Monrroy

Erika Diana Chura Chirinos

Elizabeth Janeth Toledo Roque

39

5.- LA OBTENCIÓN DE FIBRA DE LAS PENCAS DE Maguey que permite el desarrollo de prototipos artesanales, promoviendo el aprovechamiento sostenible de este recurso natural

"Obtaining fiber from the maguey pencas allows the development of handicraft
prototypes, promoting the sustainable use of this natural resource"

Luis Alberto Rodríguez-Quispe

48

6.- CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DE CONFECCIÓN EN EL ALTO: ESTUDIO DE CASO DE AIMAP WIÑAY WAYRA

Characterization of The Production System in Micro and Small Enterprises of
textile manufacturing in El Alto city: AIMAP WIÑAY WAYRA Case Study

Sandra Karina Aduviri Chambi

60

7.- OBTENCION DEL OXIDO DE GRAFENO PARA SU APLICACIÓN EN TEXTILES INTELIGENTES

73

Graphene Oxide Obtainintion for Application in Smart Textiles

Maria Estela Ticona Cruz

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE CORTE EN EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE PRENDAS DE VESTIR

Influence of Cutting Process Variables on the Production Time of Garments

Jonny Henry Yampara Blanco
Docente de Ingeniería Textil – UPEA
jyampara@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de las variables del proceso de corte de prendas (longitud de tendido, tipo de prenda, tipo de tejido, diseño, talla y presencia de forro), sobre el tiempo del proceso de corte. Se utilizó un diseño experimental cuantitativo. La variable dependiente fue el tiempo de corte, y se aplicaron coeficientes de correlación de Spearman y un modelo de regresión lineal múltiple para evaluar la influencia de las variables. La muestra incluyó 33 combinaciones de corte.

El coeficiente de correlación muestra que la variable más influyente es el forro, con una fuerte correlación ($\rho = 0.839$), indicando que su presencia incrementa considerablemente el tiempo de corte. También resaltan el tipo de prenda ($\rho = 0.710$), lo mismo que la longitud de tendido ($\rho = 0.619$) y el diseño ($\rho = 0.626$).

El grado de influencia de las variables se determinó mediante el modelo de regresión, que explica el 89% de la variabilidad del tiempo de corte, destacando el forro como la variable más influyente, con un impacto promedio de 4.919 minutos adicionales. Otras variables relevantes fueron: el diseño de la prenda, que influye en un 23% en diseños complejos; la longitud de tendido, que incrementa el tiempo en un 10% por metro adicional; y el tipo de tejido, con un 9% de impacto debido a características como grosor o elasticidad. Este modelo es útil para microempresas de confección, permitiéndoles planificar y reducir la incertidumbre en los tiempos de entrega, optimizando así su competitividad.

PALABRAS CLAVES

Tiempo de corte, Longitud de tendido, Tipo de prenda, Tipo de tejido, Forro.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the influence of garment cutting process variables (lay length, garment type, fabric type, design, size, and lining presence) on the cutting process time. A quantitative experimental design was used, with cutting time as the dependent variable. Spearman correlation coefficients and a multiple linear regression model were applied to assess the variables influence. The sample included 33 cutting combinations.

The correlation coefficient shows that the most influential variable is lining, with a strong correlation ($\rho = 0.839$), indicating that its presence significantly increases cutting time. Other notable factors include garment type ($\rho = 0.710$), lay length ($\rho = 0.619$), and design ($\rho = 0.626$).

The regression model, explaining 89% of the variability in cutting time, highlights lining as the most influential variable, with an average impact of an additional 4.919 minutes. Other relevant variables were garment design, influencing by 23% in complex designs; lay length, increasing time by 10% per additional meter; and fabric type, with a 9% impact due to characteristics like thickness or elasticity. This model is useful for small garment businesses, allowing them to plan and reduce delivery time uncertainty, thereby enhancing their competitiveness.

KEYWORDS

Cutting time, Lay length, Garment type, Fabric type, Lining

1. INTRODUCCIÓN

En la industria de confección de prendas, la capacidad de una empresa para competir y mantenerse en el mercado depende en gran medida de su habilidad para gestionar sus procesos de producción de manera eficiente, garantizando así el cumplimiento de los requisitos del cliente en términos de costo, calidad, y tiempo de entrega (López García & García Valencia, 2020). Este último aspecto, referido al cumplimiento de los plazos de entrega, es crucial para las microempresas de confección, dado que los retrasos en la entrega afectan su imagen y credibilidad, especialmente en un mercado cada vez más exigente (Betancur & Valencia, 2014).

El proceso de corte de las prendas es especialmente relevante en el cumplimiento de los tiempos de entrega, pues este representa la primera fase crítica en la producción, donde se preparan y distribuyen los materiales que posteriormente pasarán a la etapa de ensamblaje o confección. A diferencia de la confección, en la que cada operación es individual y permite una medición de tiempos de manera más directa, el corte de prendas se realiza en lotes y está sujeto a una serie de variables que dificultan la predicción precisa del tiempo de procesamiento. Variables como la longitud del tendido, el tipo y grosor del tejido, el

tamaño del pedido, la estructura y complejidad del diseño, las tallas y la inclusión de forro afectan considerablemente el tiempo de corte. Estas complejidades generan incertidumbre en el tiempo de respuesta, lo que contribuye a que las microempresas de confección sean percibidas como informales y con poca confiabilidad en cuanto a sus tiempos de entrega (López García & García Valencia, 2020).

En el contexto de las microempresas, el proceso de corte de prendas suele realizarse de forma empírica, dependiente de la experiencia y habilidad del operario o "cortador", sin contar con un procedimiento estandarizado para la estimación del tiempo de corte. Generalmente, el proceso se estructura en etapas como: a) la tizada o marcado de la tela para definir la longitud de tendido, b) el tendido de las capas de tela, c) la colocación de la capa tizada sobre el resto de capas, d) el corte de la tela y e) la revisión de la calidad y precisión del corte en cuanto a cantidad y verticalidad de las piezas obtenidas (López García & García Valencia, 2020).

La presente investigación se enfoca en analizar y modelar la influencia de diversas variables sobre el tiempo de corte, expresado en minutos por prenda, en microempresas de confección de la ciudad de El Alto. Las variables de estudio incluyen la longitud de tendido, el tipo de

prenda (blusa, chamarra, saco corto, saco largo), el tipo de tejido (punto, plano), el diseño (simple, intermedio, complejo), la talla (S, M, L, XL) y la presencia o ausencia de forro. El estudio asume constantes ciertas condiciones comunes a las microempresas de la región, como el largo de la mesa de corte (habitualmente de 2.2 metros debido a la disposición de tableros de esa longitud) y el tamaño promedio de un pedido (150 prendas en cuatro tallas).

Al emplear un modelo de regresión lineal para analizar el impacto de estas variables, se espera proporcionar a las microempresas una herramienta que les permita estimar el tiempo necesario para completar el proceso de corte de cada pedido, mejorando así la capacidad de respuesta y aumentando la confiabilidad en sus tiempos de entrega. Los beneficios de la estandarización y optimización del tiempo de corte han sido destacados en la literatura como estrategias clave para reducir los desperdicios, mejorar el flujo de producción y, en última instancia, fortalecer la competitividad de las empresas en el mercado (López García & García Valencia, 2020; Mestanza et al., 2023).

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1 Diseño del Estudio

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la longitud de tendido, tipo de prenda, tejido, complejidad, talla, y forro, en el tiempo de corte de prendas. Se utilizó un diseño experimental con un enfoque cuantitativo.

2.2 Población y Muestra

La población del estudio estuvo constituida por los lotes de prendas cortados en la sección de corte de la microempresa FYT SRL, ubicada en la ciudad de El Alto de La

Paz, que se dedica a la confección de distintos tipos de prenda. El periodo de registro corresponde a producción de la gestión anual 2023. Se seleccionó una muestra representativa de 33 combinaciones de las siguientes variables: tipo de prenda (blusa, chamarra, saco corto y saco largo), tipo de tejido (punto y plano), diseño (simple, intermedio y complejo), talla (S, M, L y XL), forro (sí/no) y longitud de tendido (m). Esto permitió una evaluación exhaustiva del tiempo de corte bajo diferentes condiciones.

2.3 Variables del Estudio

Variable Independiente:	Variable Dependiente
Tipo de tejido (punto/plano)	Tiempo de corte (minutos por prenda)
Diseño (simple/intermedio/complejo)	
Talla (S, M, L, XL)	
Forro (sí/no)	
Longitud de tendido (m)	

2.4 Procedimiento

2.4.1 Análisis Estadístico

Para realizar el análisis del grado de influencia de las variables (longitud de tendido, tipo de prenda, tipo de tejido, diseño, talla, y forro) sobre el tiempo de corte, se siguió el siguiente análisis estadístico:

a) Recolección de datos

Se registró el tiempo de corte para cada variante de variables independientes, considerando el ciclo de producción del corte de prendas. Cada lote fue cortado por dos operarios entrenados en un entorno uniforme. Se midieron los tiempos en minutos y se registrarán para cada combinación de variables. El tiempo registrado fue el tiempo de ciclo de un lote de prendas, misma que se dividió

entre la magnitud del pedido que es constante e igual a 150 unidades, para obtener el tiempo promedio por prenda

en minutos por prenda que se presentan en la base de datos detallado en la tabla 1:

Tabla 1

Tiempo de corte según variantes de variable de corte

TIPO DE PRENDA	TIPO DE TEJIDO	DISEÑO	TALLA	FORRO	LONGITUD DE TENDIDO (M)	TIEMPO DE CORTE (MIN/PDA)
Blusa	punto	Simple	S	no	0,82	3,26
Blusa	punto	Simple	M	no	0,87	3,29
Blusa	punto	Simple	L	no	0,92	3,32
Blusa	punto	Simple	XL	no	0,97	3,36
Blusa	plano	Simple	S	no	1,06	2,67
Blusa	plano	Simple	M	no	1,13	2,70
Blusa	plano	Simple	L	no	1,20	2,73
Blusa	plano	Simple	XL	no	1,29	2,75
Chamarra	punto	Intermedio	S	no	0,95	3,16
Chamarra	punto	Intermedio	M	no	1,05	3,19
Chamarra	punto	Intermedio	L	no	1,10	3,23
Chamarra	punto	Intermedio	XL	no	1,15	3,26
Chamarra	plano	Intermedio	S	si	1,02	7,84
Chamarra	plano	Intermedio	M	si	1,10	7,92
Chamarra	plano	Intermedio	L	si	1,15	8,00
Chamarra	plano	Intermedio	XL	si	1,22	8,08
Saco corto	punto	Intermedio	S	no	1,09	3,60
Saco corto	punto	Intermedio	M	no	1,16	3,64
Saco corto	punto	Intermedio	L	no	1,22	3,68
Saco corto	punto	Intermedio	XL	no	1,31	3,71
Saco corto	plano	Intermedio	S	si	1,15	7,85
Saco corto	plano	Intermedio	M	si	1,25	7,93
Saco corto	plano	Intermedio	L	si	1,35	8,01
Saco corto	plano	Intermedio	XL	si	1,45	8,09
Saco largo	punto	complejo	S	no	1,65	4,21
Saco largo	punto	complejo	M	no	1,40	4,26
Saco largo	punto	complejo	L	no	1,36	4,30
Saco largo	punto	complejo	XL	no	1,75	4,34
Saco largo	plano	complejo	S	si	1,65	12,63
Saco largo	plano	complejo	M	si	1,40	12,76
Saco largo	plano	complejo	L	si	1,36	12,89
Saco largo	plano	complejo	XL	si	1,75	13,02
Saco largo	plano	complejo	XL	si	1,75	13,02

Fuente: Elaboración propia con base en medidas realizadas en FYT SRL, año 2023

b) Cálculo de los coeficientes de correlación de Pearson o Spearman, según el tipo de variable:

Para obtener los coeficientes de correlación, que permitieron visualizar la fuerza como dirección de una relación monótona (es decir, una relación que mantiene el orden, aunque no necesariamente es lineal), se realizaron los cálculos de la siguiente manera:

1. **Prueba de normalidad** para las variables continuas, para definir si corresponde calcular correlación de Pearson o Spearman.
2. **Correlación de Pearson o Spearman** entre "Tiempo de corte" y "Longitud de tendido", dependiendo de la prueba de normalidad.
3. **Correlación de Spearman** entre "Tiempo de corte" y las variables categóricas ("Tipo de prenda", "Tipo de tejido", "Diseño", "Talla" y "Forro").

c) Modelado del tiempo de corte a partir de las variables del proceso de corte

Para evaluar y cuantificar la relación entre la variable dependiente (tiempo de corte de prendas) y múltiples variables independientes (longitud de tendido, el tipo de prenda, el tipo de tejido, el diseño de la prenda, la talla y la presencia de forro), se realizó una regresión lineal múltiple cuyo análisis permitió comprender el impacto específico de cada una de estas variables en el tiempo de corte. Par ello se siguió el siguiente procedimiento:

1. **Codificación de Variables Categóricas:** Las variables cualitativas (tipo de prenda, tipo de tejido, diseño de prenda, talla y forro) se recodificaron para su inclusión en el modelo de regresión.
2. **Construcción del Modelo de Regresión Lineal Múltiple:** Se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el efecto de cada variable independiente en el tiempo de corte. La ecuación general del modelo fue:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de corte} = & \beta_0 + \beta_1 \\ & \times \text{Longitud de tendido} + \beta_2 \\ & \times \text{Tipo de prenda} + \\ & \beta_3 \times \text{Tipo de tejido} + \\ & \beta_4 \times \text{Diseño de prenda} + \beta_5 \times \text{Talla} \\ & + \beta_6 \times \text{Forro} + \epsilon \end{aligned}$$

donde β_0 es la constante, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ representan los coeficientes de cada variable, y ϵ es el término de error.

3. **Significancia estadística del modelo:** Se evaluó la significancia estadística de los coeficientes del modelo utilizando un nivel de significancia de $p < 0,05$; luego, se aplicó la prueba F del ANOVA para determinar la significancia global del modelo; y finalmente, se utilizó la prueba t para analizar el impacto individual de cada variable independiente en el tiempo de corte.
4. **Interpretación de los Coeficientes y del Modelo:** Los coeficientes significativos se interpretaron en términos de su influencia sobre el tiempo de corte.

3. RESULTADOS

3.1 Normalidad de la distribución:

La variable "Tiempo de corte" no sigue una distribución normal, mientras que "Longitud de tendido" se aproxima a la normalidad, por lo que el coeficiente de correlación a calcular fue rho de Spearman.

3.2 Correlación de Spearman:

3.2.1 Longitud de tendido

Existe una correlación positiva moderada a fuerte ($\rho = 0.619$) entre la longitud de tendido y el tiempo de corte, lo que indica que a medida que aumenta la longitud de tendido, el tiempo de corte también tiende a aumentar. El valor de significación es 0.000, que significa que la correlación es estadísticamente significativa, lo cual indica que es poco probable que esta relación haya ocurrido por azar.

3.2.2 Tipo de prenda

Se encontró una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.710$) lo cual sugiere que a medida que aumenta el tiempo de corte, también tiende a haber un cambio en el tipo de prenda. El valor de significación es 0.000, que significa que la correlación es estadísticamente significativa, es decir, es poco probable que esta relación ocurra por azar.

3.2.3 Tipo de tejido

Existe una correlación positiva moderada ($\rho = 0.433$). Esto sugiere que ciertos tipos de tejido pueden requerir menos tiempo de corte. El valor de significación es 0.013, significa que, en esta muestra, un aumento en el tiempo de corte se asocia con un cambio en el tipo de tejido, aunque la relación es de intensidad moderada.

3.2.4 Diseño

Existe una correlación positiva moderada ($\rho = 0.626$). Esto sugiere que ciertos diseños están asociados con un aumento en el tiempo de corte. El valor de significancia es 0.001, que es menor que el nivel de significación típico de 0.01. Esto indica que la correlación observada es estadísticamente significativa. Esto implica que el diseño de la prenda tiene un efecto importante en el tiempo necesario para realizar el corte, y que ciertos diseños podrían requerir más tiempo que otros.

3.2.4 Talla

Existe una correlación positiva muy débil ($\rho = 0.160$). Esto sugiere que, en general, la talla no influye significativamente en el tiempo de corte. El valor de significancia es 0.380, que es mayor que el nivel de significación típico de 0.05, lo que indica que la correlación observada no es estadísticamente significativa. Esto significa que la relación observada podría deberse al azar.

3.2.5 Forro

Existe una correlación positiva fuerte ($\rho = 0.839$), esto sugiere que ciertos diseños están asociados con un aumento en el tiempo de corte. El valor de significación es 0.000, lo cual significa que la correlación es estadísticamente significativa, y que, en esta muestra, un aumento en el tiempo de corte se asocia con una variante en el valor de la variable "FORRO".

3.3 Modelado del tiempo de corte a partir de las variables del proceso de corte

La regresión lineal múltiple evaluó el impacto de las variables de corte (longitud de tendido, tipo de prenda, tipo de tejido,

diseño de prenda, talla y si la prenda lleva forro) sobre el tiempo de corte.

3.3.1 Significancia del modelo

El modelo de regresión muestra una fuerte correlación ($R = 0,943$) entre las variables independientes y el tiempo de corte, explicando el 89% de su variabilidad (R cuadrado = $0,890$), lo que indica un ajuste excelente. El R cuadrado ajustado de $0,863$ también es alto, confirmando la solidez y confiabilidad del modelo, mientras que el error estándar de la estimación es bajo ($1,24791$), sugiriendo que las predicciones están cerca de los valores reales. Además, el ANOVA muestra que el modelo es estadísticamente significativo ($F = 33,564$, $p < 0,05$), lo que implica que al menos una de las variables independientes tiene un impacto relevante en el tiempo de corte.

3.3.2 Modelo Lineal General Estimado

El modelo lineal estimado tiene la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de corte (minutos)} = & -5,242 + \\ & 0,537 \times \text{Longitud de tendido} \\ & (\text{metros}) + 0,148 \times \text{Tipo de prenda} + \\ & 0,507 \times \text{Tipo de tejido} + \\ & 1,182 \times \text{Diseño de prenda} + \\ & 0,025 \times \text{Talla} + 4,919 \times \text{Forro} \end{aligned}$$

3.3.3 Coeficientes de la Regresión

3.3.3.1 Constante (β_0)

La constante ($\beta_0 = -5.242$) representa el valor predicho del tiempo de corte cuando todas las variables independientes son cero, actuando como un punto de referencia, aunque no tiene interpretación directa en este contexto. Su valor es estadísticamente significativo ($t = -3.492$, $p = 0.002$), lo que indica que no es cero en el modelo.

3.3.3.2 Longitud de tendido en metros (β_1)

El coeficiente $\beta_1 = 0.537$ sugiere que, por cada metro adicional en la longitud de tendido, el tiempo de corte aumenta en 0.537 minutos, manteniendo constantes las demás variables; sin embargo, con un valor de p de 0.826 (mucho mayor a 0.05), esta variable no es estadísticamente significativa en el modelo, indicando que la longitud del tendido no tiene un impacto relevante en el tiempo de corte al considerar las otras variables.

3.3.3.3 Tipo de prenda (β_2)

El coeficiente $\beta_2 = 0.148$ sugiere que el tipo de prenda tiene un efecto positivo pero muy pequeño en el tiempo de corte, incrementándolo en promedio 0.148 minutos; sin embargo, con un valor de p de 0.840 (mayor a 0.05), esta variable no es significativa en el modelo, indicando que no influye de manera relevante en el tiempo de corte al considerar las demás variables.

3.3.3.4 Tipo de tejido (β_3)

El coeficiente $\beta_3 = 0.507$ indica que el tipo de tejido incrementa el tiempo de corte en un promedio de 0.507 minutos al controlar el efecto de otras variables. Sin embargo, con un valor t de 0.454 y una significación (p) de 0.654 , este efecto no es estadísticamente significativo, lo que implica que el tipo de tejido no tiene una influencia relevante sobre el tiempo de corte en el modelo.

3.3.3.5 Diseño de prenda (β_4)

El coeficiente $\beta_4 = 1.182$ sugiere que el diseño de la prenda incrementa el tiempo de corte en un promedio de 1.182 minutos. No obstante, con un valor t de 1.142 y una significación (p) de 0.264 , este efecto no es estadísticamente significativo, ya que el valor p es mayor a 0.05 , indicando que el

diseño no tiene una influencia relevante en el tiempo de corte dentro del modelo, en relación con otras variables del modelo.

3.3.3.6 Talla (β_5)

El coeficiente $\beta_5 = 0.025$ indica que la talla incrementa el tiempo de corte en solo 0.025 minutos por cada aumento en talla, lo cual es un efecto muy pequeño. Con un valor t de 0.103 y una significación (p) de 0.919, esta variable no es estadísticamente significativa en el modelo, lo que implica que la talla no afecta de manera relevante el tiempo de corte.

3.3.3.7 Forro (β_6)

El coeficiente $\beta_6 = 4.919$ indica que la presencia de forro en una prenda aumenta el tiempo de corte en un promedio de 4.919 minutos, siendo esta la variable más significativa del modelo. Con un valor t de 4.399 y una significación (p) menor a 0.001, el efecto del forro es altamente significativo, lo que sugiere que la presencia de forro influye de manera importante y estadísticamente relevante en el tiempo de corte.

3.3.3.8 Interpretación General

La variable más influyente es el forro, que es la única estadísticamente significativa en el modelo ($p < 0.001$) y tiene un impacto considerable en el tiempo de corte, aumentando el tiempo en 4.919 minutos cuando la prenda tiene forro. Esto sugiere que el forro añade complejidad al proceso de corte.

Las otras variables (Longitud de tendido, Tipo de prenda, Tipo de tejido, Diseño, Talla) no son estadísticamente significativas (valores de $p > 0.05$), indicando que no tienen un efecto importante sobre el tiempo de corte cuando

se incluyen en el modelo junto con la variable “forro”.

4 DISCUSIÓN

Este estudio analizó factores que influyen en el tiempo de corte en la producción de prendas, destacando la presencia de forro, el tipo de tejido y la longitud del tendido como variables clave. Los resultados muestran que el forro tiene el mayor impacto, aumentando el tiempo de procesamiento en aproximadamente 4.9 minutos, lo cual coincide con estudios previos que señalan la complejidad añadida por materiales adicionales en el corte (Betancur & Valencia, 2014). Esta información es relevante para que las microempresas puedan ajustar recursos y personal según la complejidad de cada pedido, mejorando así la eficiencia y reduciendo tiempos de espera.

Aunque el efecto de la longitud del tendido es menor, estudios indican que un tendido más largo aumenta el tiempo de posicionamiento y manipulación, especialmente con telas grandes (Betancur & Valencia, 2014). El tipo de tejido también influye, ya que materiales gruesos o elásticos requieren mayor precisión y tiempo de corte (Niebel & Freivalds, 2014). Considerar estas características en la planificación permite anticipar tiempos de corte y evitar retrasos en la entrega.

La implementación de técnicas Lean Manufacturing podría potenciar estos hallazgos, dado que estudios como el de Mestanza et al. (2023) muestran mejoras en eficiencia de hasta 15% al aplicar herramientas Lean en empresas textiles. Con esta base, las microempresas de confección pueden optimizar tiempos de producción, reducir tiempos de espera y mejorar su capacidad para cumplir con la demanda del mercado.

6. CONCLUSIONES

Este estudio identificó factores clave que influyen en el tiempo de corte en la confección, destacando la presencia de forro, el tipo de tejido y la longitud del tendido. La presencia de forro mostró el mayor impacto, incrementando el tiempo de corte en promedio 4.9 minutos y mostrando una correlación alta ($p = 0.839$), lo que representa una tasa de influencia del 94% en el modelo (considerando un tiempo base de 5 minutos sin forro). Esto concuerda con estudios previos que destacan la necesidad de ajustar tiempos y recursos en operaciones de corte con materiales adicionales (Betancur & Valencia, 2014), permitiendo a las microempresas planificar con precisión en función de cada pedido.

Asimismo, la longitud del tendido y el tipo de tejido también influyen en el tiempo de corte, sugiriendo que una mejor gestión de estos factores podría reducir los tiempos improductivos. López García y García Valencia (2020) destacan que la implementación de técnicas avanzadas de ingeniería industrial, como el análisis de tiempos y movimientos, ayuda a reducir desperdicios y mejorar el flujo de producción, en línea con los beneficios identificados al optimizar la fase de corte. Estudios como el de Mestanza et al. (2023) muestran que la aplicación de técnicas Lean puede mejorar la productividad, indicando que optimizar los tiempos de corte en base al material y complejidad del diseño puede ofrecer beneficios similares, como reducción de costos y cumplimiento de plazos.

En conclusión, este estudio aporta un marco cuantitativo que permite a las microempresas ajustar sus tiempos de corte de manera precisa, optimizando recursos y mejorando la capacidad de respuesta al mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Betancur, J., & Valencia, L. (2014). *Optimización del proceso de corte en la industria textil*. Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- López García, J., & García Valencia, M. P. (2020). *Propuesta de mejoramiento del proceso de producción de una empresa de confecciones de la ciudad de Cali basada en técnicas avanzadas de ingeniería industrial* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium]. Repositorio Institucional Unicatólica.
https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1127/PROPUESTA_MEJORAMIENTO_PROCESO_PRODUCI%3%93N_EMPRESA_CONFECCIONES_CIUAD_CALI_BASADA_T%3%89CNICAS_AVANZADAS_INGENIER%3%8DA_INDUSTRIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mestanza, D., Vaca, L., & Valverde, J. (2023). Aplicación de Lean Manufacturing en una empresa textil en Perú: Resultados y beneficios. *Revista de Ingeniería y Gestión de Producción*, 12(1), 45-58.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2014). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* (12.ª ed.; M. González Osuna, Trad.). Editorial Alfaomega Grupo Editor.
- Universidad Complutense de Madrid. (2010). *Análisis de regresión*. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
- Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. (s. f.). *Tecnología del sector corte*. Recuperado de <http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria%20I/unidad%20teorica%20n%203/5%20-tecnologia%20del%20sector%20corte.pdf>

**LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO MODELO EMERGENTE DE LA
PLANIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA MANUFACTURA TEXTIL**

**The Circular Economy as an Emerging Model for Planning and Production in
Textile Manufacturing**

Raúl Sandoval Trujillo
Docente de Ingeniería Jubilado UPEA
raulsatru20@gmail.com

RESUMEN:

Se estudian y analizan algunos conceptos y fundamentos relacionados con la economía circular, se examinan algunas definiciones, disposiciones legales, estándares actuales y se presenta conclusiones.

El análisis del nuevo método de economía circular que plantea las Organización de Naciones Unidas - ONU, es una propuesta para que todas las naciones que desean introducir este modelo de gestión través de su sector industrial e instituciones semejantes, el cual se debe aplicar desde la concepción misma de la idea, que será plasmada en la planificación, para luego ser puesta en práctica en la fabricación del producto deseado, con el fin de contribuir a la reducción de los gases efecto invernadero – GEI, y a los objetivos del desarrollo sostenible relacionados a la agenda 2030, que es el fin mayor de este modelo de economía circular propuesto por la ONU.

Este nuevo modelo de gestión que propone la ONU, está basado en conceptos técnicos que ya fueron aplicados con anterioridad en otros modelos de gestión como las ISOs; 9001, 14001, 30000, 45001, y ahora plantean la familia de la ISO 59000 (59004, 59010, 59014 y 59020).

PALABRAS CLAVE:

Mejora continua, producción limpia, ciclo de vida, reciclaje, desarrollo sostenible, contaminación ambiental.

ABSTRACT:

Some concepts and fundamentals related to Circular Economy are studied and analisis, some definitions, legal regulations, current standars are examined y conclusions are presented.

The analysis of the new circular economy method of the United Nations Organizations-ONU, It's a proposal for all nations that want to apply it through their industrial sector or similar institutions. This method applies from the conception of the main idea, first through planning and then put into practice the manufacturing of the final product, all this in order to reduce greenhouse gases - GHG and contribute to the sustainable development objectives related to the 2030 agenda. This is the main objective of the circular economy method of the ONU.

This new model of the ONU is based on technical concepts that have already been applied before in other management models such as ISOs; 9001, 14001, 30000, 45001 and now ISOs 59000 (459004, 59010, 59014 and 59020).

KEYWORDS:

Continuous improvement, clean production, life cycle, recycling, sustainable development, environmental pollution

INTRODUCCIÓN

En el presente artículo de investigación, análisis y proyección de conocimientos sobre economía circular, se examinan algunos conceptos, principios y hechos destacables relacionados con la economía circular y su aplicabilidad en la Industria manufacturera textil, a través de la planificación de la producción en todas las etapas y procesos del ciclo de vida del producto “desde que nace hasta la tumba”, el cual se quiere introducir al mercado, para ello se intentara conformar un compacto “estado de arte” acerca de esta temática. Para lo cual analizaremos documentos y la normativa nacional e internacional relacionada a la economía circular, para transitar a un Desarrollo Sostenible.

El modelo de economía circular surge como respuesta al consumismo y una economía lineal de; comprar, consumir y botar, lo cual también es nuestra contribución personal al calentamiento global, y la situación alarmante de contaminación que estamos viviendo en estos últimos años y hoy lo percibimos de manera directa en el Estado Plurinacional de Bolivia, con la quema de bosque y pastizales, ante esta situación es necesario avanzar hacia los Objetivos del Desarrollo Sostenible propuesta por la ONU, para lo cual nos proporciona como herramienta el modelo de economía circular.

Los objetivos del presente análisis es conocer la aplicabilidad del modelo de economía circular, para poder replicar en nuestro medio en los distintos sectores industriales y en particular en la manufactura textil. Para lo cual se debe conocer las normas internacionales que se aplican al sector textil y las últimas normas internacionales referidas a economía circular, las cuales se podrían aplicar en la planificación de la producción de prendas de vestir.

MÉTODOS Y MATERIALES

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. Este concepto sobre economía circular implica nuestra participación en la cadena como consumidores, luego todos somos de alguna manera corresponsables de la degradación del medio ambiente con nuestras acciones y consumo.

También se indica, es usar las materias primas con mayor eficiencia, de tal forma se minimicen los desechos que se producen en los diferentes procesos productivos, para la producción final del producto deseado. Por lo cual, la planificación bajo una economía circular, debe ofrecer a las industrias un sistema de producción que aplique la reutilización, el reciclado, el reparado,

por lo que se debe pensar en materias primas más sostenibles.

Con el enfoque de economía circular, la manufactura textil puede rediseñar los procesos industriales en todo el ciclo de vida del producto, desde el inicio hasta el post consumo, para lo cual se debe desarrollar nuevos sistemas que incluya al mercado, relación con los proveedores (materiales renovables y reciclables que puedan ser reutilizados y aprovechados post consumo).

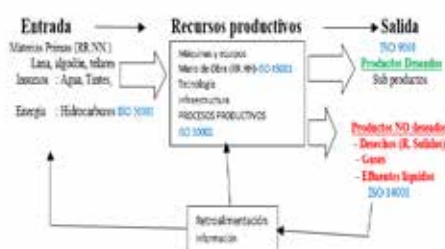
Bajo un sistema circular, los materiales se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible, incrementando su ciclo de vida al máximo posible y minimizando la generación de residuos, y promoviendo su reutilización, reciclaje y las múltiples Rs: repensar, rediseñar, re fabricar, reparar, redistribuir, reducir, regalar y recuperar.

Por lo indicado, es necesario poner a consideración las normas nacionales e internacionales existentes, para poder establecer procedimientos que permitan a las empresas y/o fábricas, transitar hacia una economía circular en beneficio de la comunidad y del medio ambiente.

Análisis gráfico de un sistema productivo industrial textil con sus distintos componentes el cual analizaremos para avanzar a una economía circular de la empresa.

Figura N° 1

Sistema productivo industrial textil



Como se puede apreciar en el gráfico, el sector textil, utiliza como insumos; el agua, y sustancias químicas (Colorantes), que luego de ser utilizados en el proceso productivos (teñido), son desechados como efluentes a un cuerpo de agua, también genera gran cantidad de desechos, y gases efecto invernadero, productos no deseados.

Para analizar el nuevo método de economía circular, es necesario la descripción de métodos y conceptos técnicos que se aplicaron en otros sistemas de gestión anteriores y que fueron incorporados como parte del modelo de economía circular, los cuales analizaremos a continuación:

Mejora continua

Es el proceso continuo de analizar el rendimiento, identificar oportunidades y realizar cambios graduales en los procesos, los productos y el personal. Al analizar y ajustar los procesos, la empresa puede ahorrar tiempo y ofrecer un producto de mejor calidad.

En la norma ISO, se define la Mejora Continua como: "el conjunto de actividades cíclicas, dirigidas a mejorar la capacidad de la organización a la hora de cumplir los requisitos". Según la norma ISO 9001:2015. La empresa tiene que mejorar de forma continua la idoneidad, adecuación y eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad.

De acuerdo a la ISO 45001, la mejora continua es un esfuerzo común y diario, en donde podemos ver avances graduales, que resultan significativos en el tiempo, o avances relevantes en muy corto tiempo.

Producción Limpia

De acuerdo al Reglamento, Ambiental para el Sector Industrial manufacturero

– RASIM, Ley 1333, del Medio Ambiente. Producción limpia: Prevención de la generación de contaminantes través de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos, productos y servicios, de manera que se aumente la eco-eficiencia y se reduzcan los riesgos para el ser humano y el medio ambiente.

La Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI, La Producción Más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

Ciclo de vida

El ciclo de vida de un producto son los procesos y operaciones por los que pasa la materia prima, desde el diseño, su concepción, la introducción al mercado, su consumo y su entierro sanitario en un relleno o botadero luego de su uso. Todos y todo tienen un tiempo de vida, algunos indican “De la cuna a la tumba”, otros dicen, “nada es para siempre”.

Según la Ley 755, Gestión de Residuos Sólidos, Ciclo de vida del producto: Son todas las etapas del desarrollo de un producto, desde la adquisición de materia prima e insumos, fabricación, ensamblaje, distribución, comercialización y uso, hasta su aprovechamiento o eliminación del producto una vez convertido en residuo.

De acuerdo al Munich Business School, El ciclo de vida del producto es una visión del comportamiento de los productos a medida que cambian a lo largo de su ciclo de vida. Describe el

cambio en las distintas fases de desarrollo del producto, entrada en el mercado y salida del mismo.

Reciclaje

El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir residuos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización en otros procesos. Se previene el desecho de materiales potencialmente útiles, se reduce el consumo de nueva materia prima y el uso de energía.

La Ley 755 indica, Reciclaje: Proceso que se aplica al material o residuo, para ser reincorporado al ciclo productivo o de consumo, como materia prima o nuevo producto.

Según la NB 742, Norma de residuos sólidos. Reciclaje; Proceso que sufre un material o producto para ser incorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

Desarrollo Sostenible

La Ley 1333, en su artículo 1, La Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población. La misma Ley indica, se entiende por desarrollo sostenible, el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. Según la ONU, Se define el desarrollo sostenible como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las

generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Contaminación Ambiental

La norma Boliviana NB 742, indica, contaminante; toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse y actuar en la atmósfera: agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad. Un resumen corto indica. Se entiende por contaminación ambiental cuando existe la presencia de sustancias nocivas en el agua, aire o suelo.

NORMATIVA NACIONAL

La ley 755 del 28 de octubre de 2015 de Gestión Integral de Residuos tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico para la prevención y la reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura. Para la aplicación de la gestión de residuos, el Estado y las entidades territoriales autónomas, deben orientar sus acciones a maximizar su aprovechamiento a través del tratamiento y valoración de los distintos componentes de los residuos sólidos, de todas las fuentes de generación, así como del sector manufacturero textil y minimizar su disposición final.

RASIM. Reglamento Ambiental para el Sector Industrial manufacturero

Promulgado en julio del 2002, con Decreto Supremo N° 26736, este Reglamento tiene por objetivos reducir la generación de contaminantes y el uso de sustancias peligrosas, optimizar el uso de recursos naturales y de energía para proteger y conservar el medio

ambiente, con la finalidad de promover el Desarrollo sostenible.

NORMAS INTERNACIONALES

Los primeros antecedentes de circularidad, se dieron en la cumbre de Río, a través de la difusión del Programa 21, en el Capítulo 30 Fortalecimiento del papel del Comercio y la Industria, en el punto 30.2. “Las políticas y operaciones del comercio y la industria, mediante una mayor eficacia de los procesos de producción, estrategias preventivas, tecnologías y procedimientos limpios de producción a lo largo del ciclo de vida del producto, de forma que se reduzcan al mínimo o se eviten los desechos”. En las Áreas de programas, se indica Fomento a la producción limpia y como base de acciones en el punto 30.5. Indica, “El concepto de producción limpia entraña un esfuerzo por lograr la mayor eficacia posible en cada una de las etapas del ciclo de vida del producto. La aplicación de este concepto mejoraría la competitividad general de la empresa”. Desarrollo Industrial Ecológicamente Sostenible, organizado por la ONUDI, celebrada en Copenhague – Dinamarca, en octubre de 1991, se reconoció la necesidad de una transición hacia políticas de producción limpia.

ISO 9001 SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

Se trata de un estándar internacional que mide la calidad de una empresa centrado en la satisfacción del cliente y en la capacidad de ofrecer productos y servicios de calidad, que cumplan con las exigencias internas y externas de la organización.

ISO 14001 SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

La norma ISO 14001 proporciona a las organizaciones un marco con el que proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, siempre guardando el equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Se especifican todos los requisitos para establecer un Sistema de Gestión Ambiental eficiente, que permite a la empresa conseguir los resultados deseados.

Beneficios que proporciona la aplicación de las ISO 14000

- Protección del medio ambiente utilizando la prevención
- Mitigación de los impactos ambientales
- Mitigarlos efectos secundarios según las condiciones ambientales de la empresa
- Ayuda a la empresa a cumplir con la legislación
- Controla la forma en la que se diseñan los productos y servicios de la organización
- Consigue beneficios financieros y operaciones que pueden resultar de aplicar alternativas ambientales relacionadas que fortalecen el posicionamiento del mercado
- Comunica la información ambiental a las partes interesadas

ISO 14040 ANALISIS DEL CICLO DE VIDA

Es la descripción del desempeño ambiental de procesos y productos.

“el Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases

de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”

Norma española UNE 150-040-96: “El Análisis de Ciclo de Vida es una recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida” Consejo Nórdico de Ministros: “El Análisis de Ciclo de Vida es un proceso para evaluar las cargas ambientales asociadas a un sistema de producción o actividad, identificando y cuantificando las cantidades de materia y energía utilizados, y los residuos generados, y evaluando los impactos ambientales derivados de estos”.

Ciclo de vida de un producto

La vida de un producto empieza en el diseño y desarrollo del producto y finaliza al final-de-vida de las actividades (reutilización, reciclaje, etc.) a través de las siguientes etapas:

- Adquisición de materias primas:
- Proceso y fabricación:
- Distribución y transporte:
- Uso, reutilización y mantenimiento:
- Reciclaje:
- Gestión de los residuos

ISO 50001

La ISO 50001:2018 es la norma internacional para la gestión de la energía que proporciona el marco más sólido para optimizar la eficiencia energética en las organizaciones del sector público y privado.

El pasado 22 de mayo de 2024 se convirtió en un antes y un después para el mundo de la sostenibilidad: ISO (International Organization for Standardization) anunció la publicación de

las normas ISO 59004, ISO 59010 e ISO 59020, herramientas necesarias para transitar hacia la economía circular de cualquier empresa.

ISO 59004: Economía Circular – Terminología, principios y orientación para la implementación. Define términos y conceptos básicos y pone al alcance una serie de recomendaciones y medidas concretas para promover la sostenibilidad, ayudando a las organizaciones avanzar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El objetivo de la norma es ayudar a las organizaciones a contribuir a la consecución de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible facilitando la transición hacia un uso circular de los recursos.

¿Por qué es importante ISO 59004?

El modelo lineal de la economía mundial –basado en la extracción, la producción, el uso y la eliminación– ha provocado importantes problemas medioambientales, como el agotamiento de los recursos, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. La ISO 59004 aborda estas cuestiones promoviendo un modelo de economía circular enfocado a la gestión sostenible y la renovación de los recursos naturales. Al adoptar esta norma, las organizaciones podrán:

- ✓ Aportar soluciones más sostenibles y ambiciosas.
- ✓ Mejorar las relaciones con las partes interesadas.
- ✓ Acceder a formas más eficaces y eficientes de cumplir sus compromisos voluntarios y requisitos legales.
- ✓ Contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático.
- ✓ Aumentar la resiliencia frente a la escasez de recursos y otros riesgos medioambientales, sociales y económicos.

ISO 59010: Economía Circular – Directrices sobre la transición de modelos de negocio y redes de valor. Orienta a las entidades a transitar hacia modelos de negocio circulares, proporcionando estrategias y mejoras esenciales para conseguir un cambio con éxito, en las organizaciones que se ocupan de productos o servicios, independientemente de su tamaño, sector o región, y tienen como objetivo buscar la transición hacia modelos de negocio circulares.

ISO 59014: Economía Circular – “Materiales secundarios – Principios, sostenibilidad y requisitos de trazabilidad”

Proporciona un marco para utilizar materiales secundarios de manera sostenible y eficiente, incluyendo requisitos de sostenibilidad y trazabilidad para los operadores económicos que recuperan materiales secundarios a fin de fomentar prácticas que reduzcan el impacto ambiental y promuevan la reutilización de recursos.

ISO 59020: Economía Circular – Medición y evaluación de la circularidad. Establece los requisitos que deben analizar las diferentes empresas para poder evaluar su rendimiento circular y poder elaborar un seguimiento de sus resultados.

Proporciona orientación para medir y evaluar de manera objetiva, integral y confiable la circularidad utilizando indicadores cuantitativos y cualitativos. Este estándar ayuda a las organizaciones a entender su situación actual, establecer objetivos y planes de acción, y monitorear el progreso, proporcionando metodologías detalladas para la recopilación de datos y la selección de indicadores.

El método de investigación fue análisis documental y recopilación de información secundaria a partir de documentos físicos,

así como de documentación digital, la cual está debidamente registrada en bibliografía.

Avances en Bolivia

El 18 de julio de 2023 a iniciativa de La Fundación Konrad Adenauer (KAS) y la Cámara de Comercio e Industria Boliviano - Alemana (AHK Bolivia) organizó el Roadshow Economía Circular con miras a promover la implementación de iniciativas de reciclado y reutilización de residuos en las empresas de Bolivia.

En Bolivia se tiene aproximadamente más de un centenar (102) de empresas certificadas con las ISOs: 9001, 14001, OHSAS 18001, de las cuales 4 son del sector textil, las cuales se presentan a continuación:

Tabla N° 1

Expresas del sector textil que cuentan con certificación ISO

Empresa	Ciudad	Certificado	Detalle de la Certificación
Industria Algodonera Textil INALTEX	Santa Cruz	ISO 9001:2015	Vendas, gazas, insumos de medicina
Santa Mónica Cotton S.A.	Santa Cruz	ISOS 9001, 14001 y OHSAS 18001	Fabricación de hilos de algodón
Industrias ALBUS	La Paz	ISO 9001: 2015	Gazas, vendas e insumos médicos
TELARES STA. Cruz Ltda.	Santa Cruz	ISO 9001	Bolsas y tejidos de polipropileno

RESULTADOS

La economía circular es un modelo que se puede aplicar en casi todos los sectores de la economía, así como en la industria manufacturera textil, a la cual beneficiaría.

El Estado plurinacional de Bolivia, no cuenta con legislación ni normativa relacionada a la economía circular.

El nuevo modelo de economía circular debe ser implementado en nuestro medio, desde el diseño del producto, en la planificación de la producción, incluido el post consumo, y luego del análisis planteado, podemos indicar la aplicabilidad de este modelo en nuestro medio. Los futuros ingenieros textiles deben ser capacitados en la aplicación de este nuevo modelo económico.

Se han identificado 2 empresas del sector textil, que no cuentan con certificación ISO, pero apuestan por la economía circular y por el cuidado medioambiental, las cuales presentamos a continuación-

Tabla N° 2

Empresas con la aplicación de economía circular

Empresa	Ciudad	Emprendimiento	Detalles
Proyecto RE'USE	La Paz - Bolivia Se inician en 2020	Un emprendimiento de Reusar prendas de vestir en buen estado. A febrero de 2024 reciclaron 46.000 prendas (4 años)	Compra y vende bajo convocatoria personas entregan sus ropas en buen estado y otras personas van a comprar en función de la lista de prendas y sus precios
Textiles Copacabana	El Alto - Bolivia	Reciclan prendas de vestir usada de lana, las clasifican y elaboran nuevos conos de lanas que los venden a otras industrias	Elaboración de textiles de diversas variedades, a partir de prendas usadas, en marzo de 2024 lanzó al mercado "Ecolana", un producto único en su tipo y cuya producción tiene también un impacto medioambiental positivo

Publicaciones del 22 de mayo del 2024, del Organismo Internacional de Estandarización – ISO, de las normas ISO 59000 de Economía Circular.

Tabla N° 3

Normas internacionales de Economía circular

Código de Norma	Norma	Publicada
ISO 59004:2024	Economía Circular – Terminología, principios y orientación para la implementación	22/5/2024
ISO 59010:2024	Economía Circular – Directrices sobre la transición de modelos de negocio y redes de valor	22/5/2024
ISO 59020:2024	Economía Circular – Medición y evaluación de la circularidad	22/5/2024
ISO 59032:2024	Revisión e implementación de modelos de negocio	22/5/2024
ISO 59014:2024	Economía Circular – “Materiales secundarios Principios, sostenibilidad y requisitos trazabilidad”	En revisión

La transformación de los procesos productivos hacia un enfoque circular implica:

- ✓ Reducción del consumo de agua: Optimizar el uso del agua en todas las etapas de la producción, desde el teñido hasta el acabado.
- ✓ Minimización del uso de productos químicos: Utilizar tintes ecológicos y otros productos químicos con menor impacto ambiental.(cúrcuma, palillo, achiote)
- ✓ Implementación de sistemas de reciclaje: Implementar sistemas para el reciclaje de residuos

textiles, tanto pre consumo como post consumo.

- ✓ Aprovechamiento de subproductos: Encontrar nuevos usos para los subproductos generados en la producción textil.
- ✓ Adopción de tecnologías eficientes: Implementar tecnologías que reduzcan el consumo de energía y mejoren la eficiencia de los procesos.

Su aplicación traerá beneficios para el medio ambiente, la sociedad y la economía;

- ✓ Reducción del impacto ambiental: La circularidad ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O), el consumo de agua y la generación de residuos textiles.
- ✓ Aumento de la eficiencia: La reutilización de materiales reduce los costos de producción y optimiza los recursos.
- ✓ Creación de nuevos puestos de trabajo: La economía circular genera oportunidades laborales en el sector del reciclaje,
- ✓ Mejora de la imagen de marca: Los consumidores valoran cada vez más las prácticas sostenibles, mejora la imagen empresarial
- ✓ Fortalecimiento de la competitividad: La implementación de estrategias circulares permite a las empresas diferenciarse en el mercado

DISCUSIÓN

Se estima que el sector textil, genera alrededor del 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, consume aproximadamente el 4% del

agua dulce del planeta y produce una gran cantidad de residuos, muchos de los cuales terminan en vertederos o incinerados.

La contaminación ambiental es un problema global y no solo de los países industrializados como se piensa erróneamente, nosotros podemos percibir actualmente, la contaminación que generan las quemaduras y chaques en nuestro país, lo cual podría evitarse aplicando una economía circular.

Considerando que Bolivia aún no cuenta con legislación ni normativa referida a economía circular, las autoridades nacionales y sub nacionales deben realizar las gestiones para la elaboración y promulgación de normativa al respecto.

CONCLUSIONES

El cuidado y conservación del medio ambiente es una preocupación global de la sociedad, por eso la ONU, presenta un modelo que puede ser aplicado en cualquier país, para poder reducir la generación de gases efecto invernadero.

El término economía circular, es relativamente nuevo en nuestro medio, en tal sentido como se pudo ver, nuestra legislación y normativa aún no menciona dicho término.

El análisis de la normativa internacional nos presenta términos muy utilizados en la aplicación de las normas indicadas, los cuales son; Producción limpia, mejora continua, ciclo de vida, reciclaje, eficiencia y eficacia en uso de RR.NN.

Se debe difundir y dar a conocer este modelo emergente, para reducir los GEI y avanzar a un desarrollo sostenible, en las instituciones relacionadas con los sectores industriales y semejantes así también a las instituciones académicas

para formar profesionales que tengan esta visión de apoyar en la reducción de la contaminación de nuestro planeta.

BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ Ley 1333 del Medio ambiente
- ✓ Reglamento Ambiental para el sector industrial manufacturero – RASIM
- ✓ Ley 755 de Gestión Integral de Residuos
- ✓ Norma Boliviana de Residuos Sólidos – NB 742
- ✓ ISO 9001 Sistema de Gestión de Calidad del producto
- ✓ ISOs 14001 y 14040, Sistemas de Gestión Ambiental
- ✓ DELTA : Desarrollador de máquinas textiles
- ✓ <https://grunver.com/economia-circular-aplicada-normas-iso-59000-grunver/>
- ✓ Economía circular en Bolivia - Desarrollos y oportunidades. Autor: Carlos Covarrubias
- ✓ Norma española UNE 150-040-96
- ✓ <https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/iso-50001>
- ✓ <https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- ✓ https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf
- ✓ <https://www.munich-business-school.de/es/l/diccionario-de-estudios-empresariales/ciclo-de-vida-del-producto>
- ✓ NB – ISO 14041-95 Análisis del ciclo de vida....

**LA FIBRA DE AGAVE UNA SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA ROPA
DEPORTIVA Y MILITAR DE ALTA RESISTENCIA**

Agave Fiber a Sustainable Solution for Heavy Duty Military and Sportswear

María Angélica Guaraní
Docente de Ingeniería Textil – UPEA
guaranilimaria@gmail.com

RESUMEN

La fibra de agave ha surgido como una opción innovadora y sostenible para la industria textil, especialmente en el ámbito de la moda. Extraída de la planta de agave, esta fibra natural se destaca por sus múltiples propiedades que la hacen ideal para diversas aplicaciones textiles, desde ropa militar hasta prendas deportivas y de uso cotidiano.

Una de las principales ventajas de la fibra de agave es su resistencia y durabilidad. Comparado con otras fibras naturales, el agave ofrece una alta resistencia a la tracción y la abrasión, lo que la convierte en una excelente opción para prendas que requieren un uso intensivo. Además, su capacidad para absorber y liberar humedad permite mantener la comodidad del usuario, un aspecto fundamental en el diseño de ropa deportiva y militar.

Desde el punto de vista ambiental, el cultivo del agave es notablemente sostenible. Esta planta no requiere grandes cantidades de agua ni pesticidas, lo que minimiza su impacto en los recursos hídricos y en el medio ambiente. La fibra es biodegradable, lo que significa que puede descomponerse sin dejar residuos nocivos, contribuyendo a una economía circular dentro de la industria textil.

La adopción de la fibra de agave no solo beneficia al medio ambiente; también puede generar oportunidades económicas para las comunidades locales involucradas en su cultivo y procesamiento. Al fomentar prácticas agrícolas sostenibles, se puede impulsar el desarrollo económico en regiones adecuadas para su crecimiento.

La fibra de agave representa una solución prometedora para la industria textil moderna. Su combinación de resistencia, propiedades funcionales y bajo impacto ambiental posiciona al agave como un material clave en la búsqueda de alternativas más sostenibles en la moda contemporánea. La integración de esta fibra en diversas líneas de productos no solo responde a una creciente demanda por parte de consumidores conscientes, sino que también contribuye a un futuro más responsable y ético en el ámbito textil.

La creciente demanda de ropa deportiva y militar de alta resistencia ha llevado a la exploración de materiales sostenibles. La fibra de agave, conocida por su durabilidad y propiedades ecológicas, se presenta como una opción viable. Este artículo analiza las características de la fibra de agave, su impacto ambiental y su potencial en la industria del deporte, destacando su resistencia, transpirabilidad y biodegradabilidad.

PALABRAS CLAVE: Fibra de agave, ropa deportiva y militar, sostenibilidad, alta resistencia.

ABSTRACT

Agave fiber has emerged as an innovative and sustainable option for the textile industry, especially in the field of fashion. Extracted from the agave plant, this natural fiber stands out for its multiple properties that make it ideal for a variety of textile applications, from military clothing to sportswear and everyday wear.

One of the main advantages of agave fiber is its strength and durability. Compared to other natural fibers, agave offers high tensile strength and abrasion resistance, making it an excellent choice for garments that require intensive use. In addition, its ability to absorb and release moisture allows it to maintain the wearer's comfort, a fundamental aspect in the design of sports and military clothing.

From an environmental point of view, agave cultivation is remarkably sustainable. This plant does not require large amounts of water or pesticides, which minimizes its impact on water resources and the environment. In addition, the fiber is biodegradable, which means it can decompose without leaving harmful residues, contributing to a circular economy within the textile industry.

The adoption of agave fiber not only benefits the environment; it can also generate economic opportunities for local communities involved in its cultivation and processing. By encouraging sustainable agricultural practices, it can boost economic development in regions suitable for its growth.

Agave fiber represents a promising solution for the modern textile industry. Its combination of strength, functional properties and low environmental impact positions agave as a key material in the search for more sustainable alternatives in contemporary fashion. The integration of this fiber in various product lines not only responds to a growing demand from conscious consumers, but also contributes to a more responsible and ethical future in the textile industry.

The growing demand for heavy-duty military and sportswear has led to the exploration of sustainable materials. Agave fiber, known for its durability and ecological properties, presents itself as a viable option. This article discusses the characteristics of agave fiber, its environmental impact and its potential in the sports industry, highlighting its strength, breathability and biodegradability.

KEY WORDS: Agave fiber, sports and military clothing, sustainability, high resistance.

I INTRODUCCIÓN

La industria textil enfrenta un desafío significativo en su búsqueda de materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. En este contexto, las fibras naturales han ganado popularidad como alternativas ecológicas-amigables a las fibras sintéticas. Este artículo se centra en la fibra de agave, una opción prometedora para la confección de prendas, especialmente en la moda militar y deportiva.

"Es importante destacar que el término 'agave' se refiere a varias especies del género Agave, siendo Agave americana y Agave sisalana las más comunes en la producción de fibra". (García-Mendoza, 2007, Gentry, 1982; Giraldo-Cañas, 2017)

Maguey o Agave

Esta planta recibe muchos nombres, entre los más conocidos figuran: Agave, Maguey, Pita, Cabuya, Fique.

El área de origen del Agave o Maguey, es en América, desde Estados Unidos hasta Colombia con más de 200 especies diferentes. (Cumpa 2020)

Tabla 1: Características físicas excepcionales del Agave

Clases de calidad	de	Porcentaje de manchas	Porcentaje de impurezas	Longitud	Humedad
1		4	< 6%	>90 cm	< 12 %
2		10	< 6%	75 – 90 cm	< 12 %
3		15	< 6%	60 – 75 cm	< 12 %
4		>15	< 6%	< 60 cm	< 12 %

Fuente: Audonin, N.S., N.E Amfilogov.

La fibra de agave destaca por su alta resistencia a la tracción y la abrasión, lo que la convierte en una elección ideal para prendas que deben soportar condiciones extremas. Su capacidad para absorber y liberar humedad permite mantener la comodidad del usuario, mientras que sus propiedades de regulación térmica aseguran una adecuada circulación del aire. Además, la fibra ofrece protección natural contra los rayos ultravioleta, lo que es crucial para el uso en entornos desafiantes.

Este artículo explorará las características únicas de la fibra de

1. CONTEXTO

La ropa deportiva como la ropa militar debe soportar condiciones exigentes, lo que requiere materiales que ofrezcan durabilidad y comodidad. La fibra de agave se destaca por sus propiedades únicas que pueden satisfacer estas necesidades.

La industria de la ropa deportiva y ropa militar se encuentra en un punto de inflexión, donde la demanda por productos que no solo sean funcionales,

agave, sus beneficios ambientales y su potencial en la industria textil, destacando cómo su adopción puede contribuir a una moda más consciente y sostenible. Se abordarán aspectos técnicos relacionados con el proceso de extracción y tratamiento de la fibra, así como estudios comparativos con otras fibras textiles.

La industria de la ropa deportiva y militar se enfrenta a la necesidad de innovar en materiales que no solo sean funcionales sino también sostenibles. La fibra de agave emerge como una alternativa prometedora que combina resistencia y bajo impacto ambiental.

sino también sostenibles, está en aumento. En este contexto, la fibra de agave se presenta como una alternativa innovadora que combina resistencia, durabilidad y un bajo impacto ambiental. Esta fibra natural, extraída de la planta de agave, ha ganado reconocimiento por sus propiedades únicas que la hacen ideal para prendas deportivas y militares de alto rendimiento.

La fibra de agave es conocida por su alta resistencia a la tracción y la abrasión, lo que la convierte en una opción adecuada para ropa que debe soportar condiciones exigentes. Además, su capacidad para absorber y liberar humedad permite mantener al usuario seco y cómodo durante actividades físicas intensas. Estas características son esenciales para la confección de prendas deportivas, donde el rendimiento y la comodidad son primordiales.

Desde el punto de vista ambiental, el cultivo de agave es notablemente sostenible. Esta planta requiere bajos recursos hídricos y no necesita pesticidas, lo que minimiza su impacto en el medio ambiente. La biodegradabilidad de la fibra asegura que los productos textiles elaborados con ella no contribuyen a la acumulación de desechos al final de su ciclo de vida. Además, el proceso de producción de fibra de agave tiene una huella de carbono relativamente baja en comparación con otras fibras textiles.

La producción sostenible de esta fibra puede fomentar prácticas agrícolas responsables y contribuir al desarrollo económico en regiones adecuadas para su crecimiento. (Peña-Valdivia, C. B., & Sánchez-González, P. (2008)

Este artículo explorará las características únicas de la fibra de agave, sus beneficios ambientales y su potencial en la industria del deporte. Se abordarán aspectos técnicos relacionados con el proceso de extracción y tratamiento de la fibra, así como estudios comparativos con otras fibras textiles. En resumen, se argumentará que la fibra de agave no solo representa una solución funcional viable desde el punto de vista, sino también un paso hacia un futuro más sostenible en la industria textil deportiva

2. PROPIEDADES DE LA FIBRA DE AGAVE

La fibra extraída del agave presenta características que la hacen ideal para aplicaciones deportivas y militar:

Tabla 2: Composición Química de la fibra de agave

Componente	Porcentaje (%)
Celulosa	77.6
Humedad	4.6
Ceniza	1.1
Lignina	3.1
Pectina	3.6

Fuente: Handbook of Textile Fibres (1954).

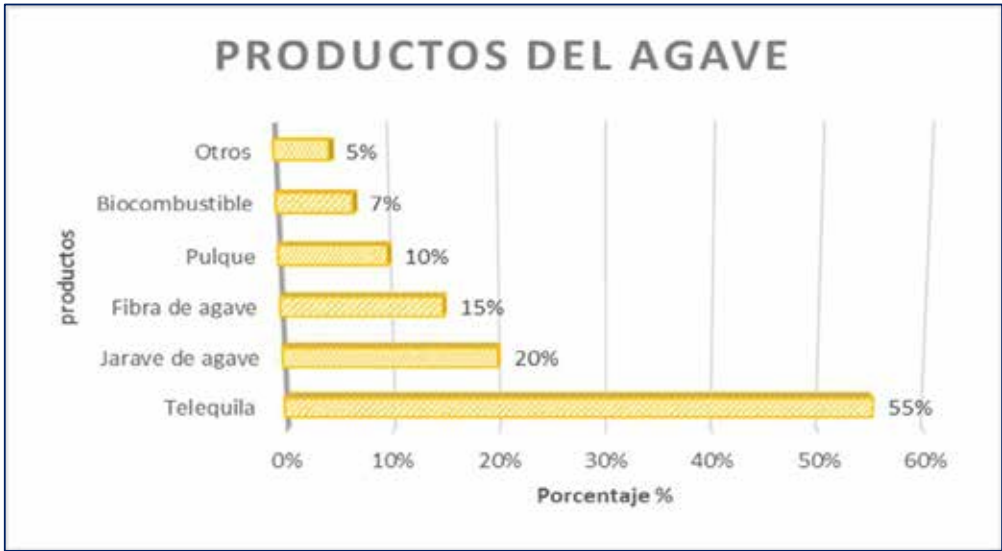
La fibra de agave tiene una notable capacidad para absorber la humedad

rápidamente, ayudando a mantener al usuario seco y cómodo, lo que es

esencial en prendas deportivas. Trejo, D. (2017)
(Martínez-Hernández, L., & Ángeles-

3. IMPACTO ECONOMICO Y SOCIAL

Gráfico N° 1 Productos del Agave



Fuente: Construcción propia (SSM/2024) a partir de los datos, Concejo Regulador del Tequila (CRT), FAO, Internacional Agave Syrup Producers Association (IASPA).

La incorporación de la fibra textil de agave en la industria textil boliviana presenta una oportunidad significativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad del sector.

puede resultar en un ahorro significativo en costos operativos. Esto es especialmente relevante en Bolivia, donde el acceso al agua es un desafío en muchas regiones.

La producción de fibra de agave requiere menos agua y pesticidas, lo que

Tabla 3: Comparativa Económica

Aspecto	Algodón	Fibra Textil de Agave
Precio Actual (USD/tonelada)	~1,600	Potencialmente más bajo
Requerimientos Hídricos	Alto	Bajo
Uso de Pesticidas	Alto	Bajo
Durabilidad	Moderada	Alta

Aspecto	Algodón	Fibra Textil de Agave
Aplicaciones	Ropa convencional	Ropa deportiva, militar
Impacto Ambiental	Alto	Bajo

Fuente: PROM PERU 2023 de Noemi Quintana

Impacto Social

La producción de fibra de agave puede crear oportunidades laborales en áreas rurales, donde las comunidades pueden participar en el cultivo, la cosecha y el procesamiento de la fibra. Esto contribuiría a mejorar los ingresos familiares y a reducir la migración hacia las ciudades.

Al fomentar prácticas agrícolas sostenibles, las comunidades locales pueden desarrollar habilidades y conocimientos que les permitan manejar sus recursos de manera más efectiva. Esto no solo mejora su calidad de vida, sino que también promueve la autosuficiencia.

Tabla 4: Análisis de costos: MANO DE OBRA

COSTOS OPERATIVOS	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	AN – VE R 2023	AN-HO R	VAR % 2323/2022
Mano de obra directa	5,216.68	5,180.12	5,333.10	5,503.76	5,679.88	5,861.64	6,049.21	7.22%	152.98	2.95%

Fuente: Estados financieros (YPFB)

El desarrollo de una industria alrededor de la fibra de agave podría generar empleo en áreas rurales, donde se cultiva esta planta. Esto no solo contribuiría a la economía local, sino

Impacto Económico

La adopción de la fibra de agave en la industria textil puede impulsar el desarrollo económico en regiones donde se cultiva. Al integrar esta fibra en productos textiles, se pueden abrir nuevos mercados y oportunidades comerciales.

Creación de Nuevos Empleos

El desarrollo de una industria alrededor de la fibra de agave podría generar empleo en áreas rurales, donde se cultiva esta planta. Esto no solo contribuiría a la economía local, sino que también ayudaría a mitigar la migración hacia áreas urbanas.

que también ayudaría a mitigar la migración hacia áreas urbanas.

Tabla 5: Distribución de Agave por Departamentos

Dpto.	%
CHUQUISACA	35%
TARIJA	25%
POTOSI	20%
LAPAZ	10%
COCHABAMBA	10%

Fuente: Construcción de (SSM/2024)

Impacto de la huella hídrica

Los autores C. B. Peña-Valdivia y P. Sánchez-González abordan varios aspectos importantes en relación con la huella hídrica y el impacto en la captura de carbono durante el cultivo de agave en comparación con el algodón.

El cultivo de agave es notablemente más eficiente en el uso del agua que el algodón. El agave puede crecer en condiciones áridas y semiáridas, requiriendo menos agua para su desarrollo, lo que reduce significativamente su huella hídrica en comparación con el algodón, que

4: APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA ROPA DEPORTIVA Y MILITAR

La fibra de agave puede ser utilizada en diversas prendas deportivas y militar:

- **Ropa para correr:** Su capacidad para absorber humedad y regular la temperatura es ideal para prendas que requieren comodidad durante el ejercicio.
- **Equipamiento técnico:** Ideal para chaquetas y pantalones de uso militar que necesitan

necesita grandes cantidades de agua durante su ciclo de cultivo.

Debido a su resistencia a la sequía, el agave no solo minimiza el uso de agua, sino que también se cultiva sin la necesidad de pesticidas, lo que disminuye la contaminación del suelo y los recursos hídricos.

Durante su crecimiento, el agave absorbe dióxido de carbono (CO₂), contribuyendo así a la captura de carbono en la atmósfera. Este proceso es crucial para mitigar los efectos del cambio climático. (Rodríguez-Martínez, A., & Velasco-Ortiz, R. (2014)

Beneficios Económicos

Ahorro en Agua, el agave requiere significativamente menos agua que el algodón. Si se estima que el cultivo de algodón consume aproximadamente 10,000 litros por kilogramo de fibra, y el agave solo requiere alrededor de 1,500 litros por kilogramo, esto representa un ahorro del 85% en consumo de agua (Camacho R. - Gutiérrez M.- Gschaedler M. (2023).

resistencia al desgaste y a la constante exposición a climas agresivos de ciudades como La Paz y El Alto (3600 y 4100 msnm.)

5. ESTUDIOS DE CASO Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se realizaron pruebas comparativas entre la fibra de agave y fibras sintéticas poliéster y nylon en términos de resistencia, durabilidad y confort. Se presentan los hallazgos más relevantes de estas pruebas.

Tabla 6: Comparación de propiedades

Propiedad	Fibra de Agave	Poliéster	Nailon (Nylon)
Resistencia a la tracción	400 – 600 MPa	200 – 900 MPa	400 – 900 MPa
Durabilidad	Buena	Alta	Alta
Confort	Moderadamente áspera	Suave	Suave
Elongación	Baja (2 – 4%)	Alta (10 – 20%)	Alta (18 – 30%)
Resistencia a la humedad	Absorbe 10-14%	<1%	4-8%

Fuente: Construcción propia a partir de información de Handbook of Textile Fibres (1954).

Cuadro comparativo que incluye las propiedades clave de resistencia a la tracción, durabilidad, confort, elongación y resistencia a la humedad de la fibra de agave en comparación con las fibras sintéticas poliéster y nailon.

Tabla 7: Análisis de Comparación de propiedades físicas

Propiedad	Fibra de Agave	Fibras Sintéticas (Poliéster y Nailon)
Resistencia a la tracción	500-700 MPa (alta resistencia, ideal para prendas de uso intensivo)	400-900 MPa (variable, generalmente alta pero puede ser inferior en condiciones extremas)
Durabilidad	Resistente a la abrasión, vida útil de 5-10 años	Alta, pero puede degradarse en condiciones adversas (vida útil de 3-7 años)
Confort	Suave al tacto después de tratamiento, buena transpirabilidad	Puede ser menos transpirable; depende del tipo de tratamiento
Absorción de humedad	20-30% de su peso en humedad (excelente capacidad)	Generalmente limitada; poliéster puede retener hasta 0.4% de su peso en humedad
Biodegradabilidad	Totalmente biodegradable, descomposición en 1-5 años	No biodegradable; puede tardar cientos de años en descomponerse
Impacto ambiental	Bajo impacto por cultivo sostenible, menor uso de recursos hídricos	Alto impacto debido a procesos petroquímicos y emisiones de CO2

Fuente: Construcción propia a partir de los análisis MAG/2024

REVISTA CIENTÍFICA N°5/2024
CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

Biodegradabilidad

Es 100% biodegradable, una fibra natural de origen vegetal, la fibra de agave puede descomponerse en el suelo sin dejar residuos tóxicos ni plásticos.

El Poliéster y Nailon, son fibras derivadas del petróleo y no biodegradables, tarda cientos de años en descomponerse, contribuyendo a la acumulación de microplásticos en los océanos y suelos. (Cruz-García, J., & López-Murillo, J. (2010) 22(3), 63-72.)

Menor Impacto en el Uso de Recursos

Al ser una planta, el agave absorbe dióxido de carbono (CO₂) durante su crecimiento, contribuyendo a la captura de carbono en la atmósfera. Además, las prácticas agrícolas sostenibles pueden mejorar aún más su capacidad de captura. (Cruz-García, J., & López-Murillo, J. 2010)

La producción de poliéster y nailon libera grandes cantidades de CO₂ y otros gases contaminantes, sin ofrecer beneficios en términos de captura de carbono. (Jiménez-Salgado, A., & Gómez-Pérez, S. (2020)

Análisis de propiedades

1. Resistencia y Durabilidad
2. Confort y Transpirabilidad
3. Impacto Ambiental
4. Absorción de Humedad

Los resultados de las pruebas comparativas sugieren que la fibra de agave no solo ofrece ventajas funcionales en términos de resistencia y confort, sino que también representa una opción sostenible frente a las fibras sintéticas. Su integración en la industria textil podría contribuir significativamente a un enfoque más

El cultivo de agave es de bajo mantenimiento, ya que es una planta resistente a la sequía. Crece en áreas áridas y semiáridas donde otras plantas comerciales no prosperan. No requiere grandes cantidades de agua o fertilizantes para crecer, lo que disminuye su huella hídrica.

La producción de fibras sintéticas es altamente intensiva en recursos. La manufactura de poliéster y nailon genera grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero y requiere consumo intensivo de energía.

Captura de Carbono

consciente y responsable hacia la moda deportiva y militar.

El agave como fibra textil no contribuye a la crisis de los microplásticos, lo que lo hace más respetuoso con el medio ambiente

II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de investigación

La investigación adoptó un enfoque experimental, diseñado para evaluar y medir la viabilidad y el rendimiento de la fibra de agave en la producción de ropa deportiva y militar. Se realizaron experimentos controlados para observar el impacto de esta fibra en las características de las prendas deportivas y militares, centrándose en su resistencia, durabilidad y propiedades funcionales.

2.2 Muestras y localización

Se recolectaron muestras de fibra de agave de dos localidades diferentes en el departamento de La Paz, Bolivia:

-Comunidad Checa, Chulumani (Yungas): Esta área presenta un clima más húmedo, lo que favorece el crecimiento del agave. Las muestras recolectadas aquí eran de plantas que

alcanzaron una altura promedio de 1,900 cm.

-Comunidad Jupapina, Mecapaca: En esta región, el clima es semi-seco con escasas precipitaciones y temperaturas promedio entre 15 y 19 °C. Las muestras de esta localidad eran de plantas más jóvenes, con una altura media inferior a un metro.

Las diferencias en las condiciones climáticas entre ambas localidades permitieron analizar cómo estas variables afectan las propiedades de la fibra.

-Propiedades químicas: Analizadas mediante técnicas como espectroscopia y cromatografía

2.3 Enfoque cuantitativo

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, recopilando datos numéricos para medir, analizar y evaluar el rendimiento de la fibra de agave. Se establecerán comparaciones entre las muestras recolectadas en las dos localidades, enfocándose en parámetros clave como:

-Resistencia a la tracción: Evaluada mediante pruebas mecánicas estandarizadas.

-Durabilidad: Medida a través de ensayos de abrasión.

Gráfico N° 2 Procedimientos Experimental



Fuente: Construcción propia a partir de la experimentación MAG (2024)

Descripción del Esquema

- Cultivo: Se inicia con el crecimiento del agave en condiciones adecuadas, donde se minimiza el uso de recursos.
- Cosecha: Se corta la piña para acceder a las hojas que contienen la fibra.
- Deshojado: Se separan las hojas del agave para obtener la fibra.

- Extracción de Fibra: Se utilizan métodos mecánicos o acuosos para liberar las fibras.
- Lavado: Se limpian las fibras para eliminar impurezas.
- Secado: Las fibras se secan para reducir su humedad.
- Clasificación: Se clasifican según calidad y longitud.

III RESULTADOS

Los resultados obtenidos en laboratorio de análisis de fibras, indican que la fibra de agave no solo cumple con los requisitos funcionales necesarios para aplicaciones en ropa militar y deportiva, sino que también ofrece beneficios. El cultivo del agave puede contribuir al desarrollo económico local, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y responsables.

IV DISCUSIÓN

La investigación sobre la fibra de agave ha revelado su potencial como material sostenible para la confección de ropa militar y deportiva. Los resultados obtenidos a través de pruebas mecánicas y análisis químicos demuestran que la fibra de agave no solo cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad, sino que también ofrece ventajas ambientales significativas.

La alta concentración de celulosa en la fibra proporciona una resistencia superior, lo que es crucial para prendas que deben soportar condiciones extremas. Además, su capacidad para absorber y liberar humedad contribuye a la comodidad del usuario, un aspecto esencial en actividades físicas intensivas. Las propiedades termorreguladoras de la fibra permiten una adecuada circulación del aire, lo que ayuda a prevenir el sobrecalentamiento en climas cálidos.

ambientales significativos. Su alta resistencia, durabilidad y biodegradabilidad posicionan a esta fibra como una alternativa sostenible frente a las opciones sintéticas tradicionales en el mercado textil. Además, el

Desde una perspectiva ambiental, el cultivo de agave se presenta como una alternativa viable frente a las fibras sintéticas, que suelen tener un alto impacto ecológico. La fibra de agave es biodegradable y se cultiva con bajos requerimientos de agua y sin pesticidas, lo que minimiza la contaminación del suelo y del agua. Este enfoque sostenible no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede generar oportunidades económicas para las comunidades locales como las Yungas y Mecapaca, involucradas en su cultivo y procesamiento.

Al ser una planta multiusos, se pueden aprovechar otras partes del agave en diferentes industrias. Por ejemplo, la planta produce jarabe, bebidas como el tequila o mezcal, e incluso material para biocombustibles, lo que maximiza el uso de la planta y minimiza los residuos. (Rodríguez-Martínez, A., & Velasco-Ortiz, R. (2014).

Sin embargo, es fundamental considerar las limitaciones y desafíos asociados con la producción de fibra de agave. La variabilidad en las propiedades mecánicas según las condiciones de crecimiento y el proceso de extracción

puede influir en la calidad final del producto textil. Además, se requiere una inversión en investigación y desarrollo

para optimizar los procesos de producción y mejorar las propiedades funcionales de la fibra.

V CONCLUSIONES

En conclusión, la fibra de agave representa una solución prometedora para la industria textil, especialmente en el ámbito militar y deportivo. Su combinación de resistencia, durabilidad y sostenibilidad la posiciona como una alternativa atractiva frente a las fibras sintéticas tradicionales. La adopción de esta fibra no solo puede contribuir a un enfoque más consciente y responsable en la moda, sino que también puede fomentar prácticas agrícolas sostenibles

La fibra de agave representa una solución viable para la industria del deporte y ropa militar al combinar alta resistencia con sostenibilidad. Su

y generar beneficios económicos para las comunidades locales.

Se recomienda continuar con investigaciones adicionales para explorar nuevas aplicaciones de la fibra de agave en otros sectores textiles, así como para desarrollar tratamientos que mejoren aún más sus propiedades mecánicas y funcionales. La integración de la fibra de agave en la industria textil podría marcar un paso significativo hacia un futuro más sostenible y ético en el diseño y producción de prendas.

adopción puede contribuir significativamente a un futuro más ecológico en la moda deportiva.

BIBLIOGRAFIA

Peña-Valdivia, C. B., & Sánchez-González, P. (2008). Estudio sobre la sostenibilidad del cultivo de agave en comparación con otras fibras textiles.

Rodríguez-Martínez, A., & Velasco-Ortiz, R. (2014). Impacto ambiental del cultivo de agave y su potencial en la industria textil.

Cruz-García, J., & López-Murillo, J. (2010). Propiedades y aplicaciones de las fibras naturales en la industria textil. *Revista de Textiles*, 22(3), 63-72.

Handbook of Textile Fibres. (1954). Propiedades y características de las fibras textiles.

Duque, J. (2012). Características físico-químicas del agave. En *Congreso Internacional sobre Fibras Naturales*.

Pérez Mejía, J. (2011). Taxonomía y cultivo del agave. En *Investigación Agrícola y Desarrollo Sostenible*.

Alonso, J. R. (2011). Clasificación de la fibra de agave y su potencial en la industria textil. En *Revista de Ciencias Agrarias*.

Velásquez Restrepo, S. M. (2016). Producción y procesamiento de fibra de agave en Bolivia. En *Informe sobre Cultivos Sostenibles*.

Castro-Castellanos, A., & Rodríguez-García, A. (2004). El uso de la fibra de henequén en la industria textil: Perspectivas de su aprovechamiento sostenible. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 18(1), 45-58.

Peña-Valdivia, C. B., & Sánchez-González, P. (2008). La fibra de agave: Propiedades y usos en la industria textil y agrícola. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 137-145.

Cruz-García, J., & López-Murillo, J. (2010). Estudio comparativo de fibras naturales y sintéticas en la manufactura textil. *Revista Internacional de Tecnología y Sostenibilidad*, 22(3), 63-72.

Rodríguez-Martínez, A., & Velasco-Ortiz, R. (2014). Agave y desarrollo sostenible: El papel del agave en la industria textil y otras aplicaciones. *EcoInnovación y Desarrollo Sostenible*, 19(5), 92-109.

Gentry, A. H. (1982). Ecological significance of the vegetation of the tropical rain forest. En *Tropical Rain Forests: Ecology and Management* (pp. 1-30). Springer.

García-Mendoza, B. E. (2007). Biodiversidad y conservación en México: Un enfoque desde la vegetación. En *Investigaciones sobre biodiversidad en México* (pp. 45-68). Universidad Nacional Autónoma de México.

Giraldo-Cañas, J.A. (2017). Estructura y diversidad de la vegetación en ecosistemas tropicales: Aplicación del método Gentry. *Revista Latinoamericana de Biodiversidad*, 17(1), 15-30

EFEECTO DEL NIVEL DEL pH EN LA FIBRA DE BABY ALPACA EN EL PROCESO DE LAVADO

Effect of pH Level on Baby Alpaca Fiber in the Washing Process

Neyda Sandra Velasco Monrroy
Docente Investigador de Ingeniería Textil – UPEA
sanydiego33@gmail.com
Erika Diana Chura Chirinos
Ingeniería Textil - UPEA
churaerika41@gmail.com
Elizabeth Janeth Toledo Roque
Ingeniería Textil - UPEA
elizatoledo2727@gmail.com

RESUMEN

La calidad de la fibra de alpaca depende de: El diámetro, finura del hilado, coeficiente de confort y el coeficiente de variación. El objetivo de este análisis es verificar los efectos del pH del agua en la fibra de baby alpaca, para esto las fibras fueron lavadas solamente con agua a pHs ácido, neutro y alcalino, posteriormente las muestras lavadas fueron analizadas en el OFDA 2000 para determinar los valores de los cuatro parámetros antes mencionados. Entre los resultados se tiene que el diámetro y la finura del hilado para los pHs analizados se encuentran fuera de los Límites establecidos en la Norma Técnica de referencia, otro resultado importante es la relación inversamente proporcional entre la finura del hilado y la variación del pH, es decir, que a pHs alcalinos la finura del hilado es menor y a mayor pH el valor del coeficiente de variación es menor. Investigaciones realizadas indican que el diámetro de la fibra de alpaca depende de la edad de los animales a menor edad menor es el diámetro de la fibra, sin embargo, de acuerdo al resultado el diámetro también puede variar por el pH del agua. Se concluye que el pH del agua influye en el diámetro, finura del hilado, coeficiente de confort, y en el coeficiente de variación de la fibra de baby alpaca.

PALABRAS CLAVES

Alpaca, pH, confort, finura.

ABSTRACT

The quality of the alpaca fiber depends on: The diameter, fineness of the yarn, comfort coefficient and the coefficient of variation. The objective of this analysis is to verify the effects of the pH of the water on the baby alpaca fiber, for this the fibers were washed only with water at acidic, neutral and alkaline pHs, subsequently the washed samples were analyzed in OFDA 2000 to determine the values of the four aforementioned parameters. Among the results, the diameter and fineness of the yarn for the pHs analyzed are outside the limits established in the reference Technical Standard. Another important result is the inversely proportional relationship between the fineness of the yarn and the variation in pH. That is, at alkaline pHs the fineness of the yarn is lower and at higher pH the value of the coefficient of variation is lower. Research carried out indicates that the diameter of the alpaca fiber depends on the age of the animals, the younger the age, the smaller the diameter of the fiber; however, according to the result, the diameter can also vary due to the pH of the water. It is concluded that the pH of the water influences the diameter, fineness of the yarn, comfort coefficient, and the coefficient of variation of the baby alpaca fiber.

KEYWORDS

Alpaca, pH, comfort, finesse.

1. INTRODUCCIÓN

Según Osenat (2005) el pH de la piel se encuentra entre 4,2 a 5,6 estos valores definen el confort que proporciona una prenda de vestir, si la piel está en contacto con pH inferiores o superiores a los mencionados se produciría enfermedades en la piel.

Los procesos a los cuales son sometidas las fibras naturales y sintéticas como ser: Lavado y teñido son realizados a diferentes pH, esta variación afecta el confort y la calidad de las prendas, fibras y telas.

Según Gacen (s.f) indica que en la estructura de la fibra la queratina compuesto principal de la fibra de alpaca forma enlaces disulfuro que son cruciales para la estabilidad y resistencia de la misma, estos enlaces son responsables de la elasticidad y durabilidad de la fibra de alpaca. Sin embargo, los cambios en el pH pueden romper estos enlaces, alterando la integridad de la fibra.

Según Gonzales (2017) indica que un pH alcalino (alrededor de 8) ha demostrado mejorar la apariencia de la fibra lavada y reducir el contenido de grasas entre un 0.04% y un 0.15% en comparación con un lavado a pH neutro, por lo que sugiere que un pH de 6.5 podría no ser suficiente para lograr resultados óptimos en términos de limpieza y presentación debido a que no se lograría una remoción efectiva de las impurezas en la fibra.

Rosas (2012) indica en su estudio sobre las condiciones de lavado en planta de la fibra de alpaca respecto al pH, un lavado en medio alcalino a pH 8 en comparación a uno neutro en la segunda tina mejora la apariencia de la fibra lavada y disminuye el contenido de grasas de la fibra lavada entre un 0,04% y 0,15% y que a pHs

mayores de 8 mantiene igual o disminuye ligeramente el porcentaje de grasas.

De acuerdo a Chicaiza (2023) la calidad de la fibra está dada por los siguientes aspectos: El diámetro (menor a 26,5um) que define la finura, longitud mínima de 65mm y el confort que presenta al contacto con la piel.

En este artículo se aborda la problemática de como la variación del pH puede afectar la calidad de la fibra de alpaca.

El objetivo de la investigación es analizar el efecto que ejerce el pH en la fibra de alpaca respecto al diámetro, finura de hilado, factor de confort y el factor de variación, realizando pruebas con pHs ácidos, neutros y alcalinos.

Realizadas las pruebas variando los pHs las muestras se llevaron a un laboratorio especializado en el análisis de fibras, las variables estudiadas fueron: El diámetro, factor de confort y finura

2. MÉTODOS

El estudio de investigación tiene un "Enfoque Cuantitativo" por las siguientes características: Se analiza la relación entre la variación del nivel de pH y su relación en las características de la fibra de alpaca.

Las características analizadas en la fibra baby alpaca son: Diámetro, finura del hilado, coeficiente de confort y coeficiente de variación.

Para la verificación de la relación de las variables mencionadas está sujeta a pruebas de correlación.

Asimismo, la investigación es aplicada porque se recurre a un conocimiento

existente y por último es exploratoria por proponerse en un momento dado. Cada uno de los datos fueron obtenidos a través de pruebas realizadas en el laboratorio.

2.1 Materiales

Se utilizó los siguientes materiales y reactivos:

5 ml de ácido clorhídrico puro
1g de hidróxido de sodio puro
1,2 l de agua potable
60g de fibra de alpaca
6 vasos de precipitado de 250ml
1 varilla de vidrio
1 pipeta de 10ml
1 insuflador
1 balanza analítica
1 cronómetro

2.2 Preparación de las muestras

Para las pruebas en el laboratorio se ha preparado muestras de fibra baby alpaca en bruto de 10g, estas muestras fueron acondicionadas retirando de las mismas materas sólidas como ser: Pajas, piedras y tierra.

El número de muestras preparadas fueron seis (6), dos (2) muestras fueron sumergidas a un agua con pH neutro, otras dos a un pH ácido y las dos últimas a un pH alcalino.

2.3 Preparación de las aguas variando el pH

2.3.1 Agua con pH neutro

Al realizar la medición del pH del agua potable se ha verificado un pH de 9, por lo que se ha procedido a disminuir el mismo, con una solución de ácido clorhídrico al 50% en volumen.

Se ha vertido en un vaso de precipitado 400ml de agua potable y se ha añadido aproximadamente 1ml de solución de

ácido clorhídrico al 50% en volumen y se ha logrado obtener un agua con un pH de 7.

2.3.2 Agua con pH ácido

A 400ml de agua potable se ha añadido aproximadamente 2ml de una solución de ácido clorhídrico al 50% en volumen y se ha obtenido agua con un pH de 2,5.

2.3.3 Agua con pH alcalino

Para incrementar el pH del agua se ha procedido a preparar una solución de hidróxido de sodio al 5% en masa.

A 400ml de agua potable se ha añadido aproximadamente 1,5 ml de una solución de hidróxido de sodio al 5% en masa y se ha obtenido agua con un pH de 11,5.

2.3.4 Tiempo de contacto de las aguas con la fibra

Para cada una de las pruebas se ha establecido un tiempo de 20 min.

2.2 Procesamiento de datos

Las seis (6) pruebas realizadas fueron enviadas a un laboratorio experto en análisis de fibras, este estudio fue realizado en el OFDA, el cual es un equipo especializado para este tipo de análisis.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados de la Lectura del OFDA 2000

Para el análisis de los resultados se ha utilizado los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de la Norma Peruana NTP 231.301 Fibra de Alpaca Clasificada (2014) y bibliografía que proporcionaron datos que establecen valores límites para los parámetros estudiados.

A. Diámetro

Según Zarate (2012) menciona que el diámetro de la fibra es el grosor, calibre o

finura que determina el uso textil es una de las características físicas de mayor importancia de la calidad de la fibra.

Tabla 1

Resultados del Diámetro de la Fibra Respecto a la Variación del pH

Muestra	pH	Diámetro um	NTP 231.301 (2014)
1	2,5	24,80	20,1 a 23 um
2	4	24,60	
3	6,5	24,55	
4	7	24,45	
5	9,5	24,50	
6	11,5	24,50	

Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

En la tabla 1 se presenta el reporte del OFDA respecto al análisis del diámetro de la fibra de baby alpaca.

Para las muestras 1 y 2 de la fibra de baby alpaca que fueron lavadas con agua de pH ácido se tiene diámetros de 24,80 um y 24,60 um respectivamente, contrastando con la norma NTP 231.301 (2014), estos diámetros se encuentran por encima del límite establecido, lo cual indica que no se cumple con la mencionada Norma.

Para las muestras 3 y 4 que fueron tratadas con agua con pHs neutros los diámetros determinados son 24,55 um y 24,45 um respectivamente, al igual que en el anterior caso estos diámetros se encuentran fuera de Norma.

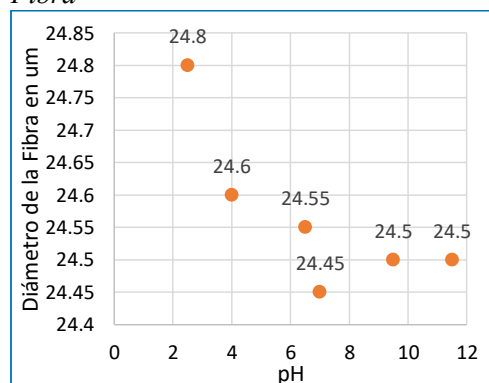
Finalmente, para las muestras 5 y 6 que fueron lavadas con agua de pHs alcalinos se tiene un diámetro constante de 24,50 um, este resultado se encuentra fuera de lo que establece la Norma.

En la figura 1 se observa el efecto del pH sobre el diámetro de la fibra, a menor pH

o sea ácido la fibra tiene un mayor diámetro, a un pH neutro la fibra presenta un menor diámetro y a un pH alcalino la fibra tiene un mayor diámetro, pero este es menor que el analizado a un pH ácido.

Figura 1

Relación entre el pH y el Diámetro de la Fibra



Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

B. Finura del Hilado (FH)

Según la Norma Peruana NTP 231.301 (2014), la finura del hilado es el diámetro promedio de la fibra, este valor define el comportamiento de la fibra durante el hilado, es decir, este parámetro influye directamente en las propiedades finales del producto textil, como ser: La suavidad, resistencia y apariencia.

Para la fibra baby alpaca este valor debe encontrarse en un rango de 20,1 um a 23 um.

De acuerdo a la tabla 2 la FH en las pruebas realizadas varía de 26,71 um con pH alcalino a 28,15 um con pH ácido. Aun pH neutro se tiene un valor igual a 27,24 um.

En todos los casos el FH se encuentra fuera de la norma.

Tabla 2

Resultados de la Finura del Hilado de la Fibra Respecto a la Variación del pH

Muestra	pH	FH um	NTP 231.301 (2014)
1	2,5	28,15	20,1 a 23 um
2	4	27,85	
3	6,5	27,58	
4	7	27,24	
5	9,5	27,10	
6	11,5	26,71	

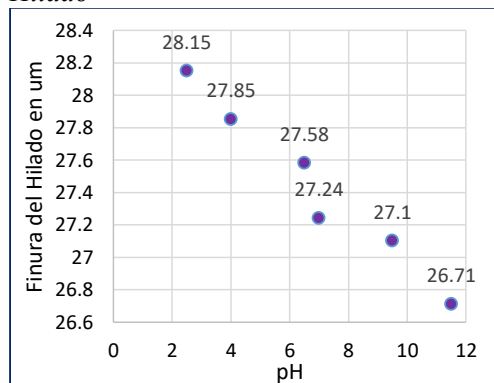
Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

En la figura 2 se tiene la relación entre la finura del hilado de la fibra y el pH.

Mientras el pH sea más alto la fibra de baby alpaca presenta una finura del hilado más delgada.

Figura 2

Relación entre el pH y la Finura del Hilado



Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

C. Coeficiente de Confort (CF)

Según Ayala, et al. (2023) manifiestan que el factor de confort se refiere a la calidad de la fibra de alpaca en términos de suavidad, finura y la capacidad para

proporcionar un estado de comodidad al usuario es relacionado con características físicas y químicas de la fibra.

Asimismo, indican que el CF, está relacionado con los siguientes aspectos: Si un porcentaje mayor al 5 % de fibras tienen un diámetro mayor a 30 μm , los consumidores de la prenda de vestir no se sentirán confortables con el uso de la misma, debido a la picazón que siente en la piel.

Tabla 3

Resultados del Coeficiente de Confort de la Fibra Respecto a la Variación del pH

Muestra	pH	Factor de Confort	Límite
1	2,5	81,52%	5%
2	4	81,71%	
3	6,5	82,80%	
4	7	82,81%	
5	9,5	81,93%	
6	11,5	81,82%	

Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

Los valores del CF de la tabla 3 se encuentran entre 81,52% correspondiente a un pH de 2,5 y 82,81% para un pH neutro de 7.

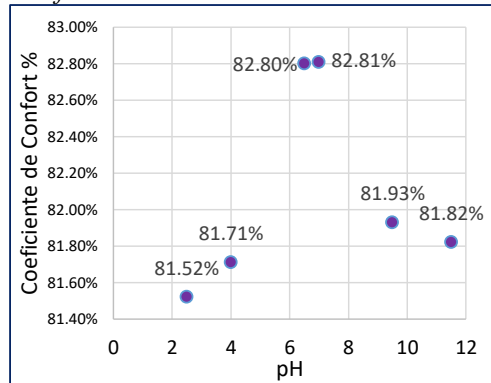
De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 3, las seis (6) muestras están muy por encima de límite permitido respecto al CF por lo que las muestras analizadas no cumplen con estándares.

Según la figura 3 el coeficiente de confort presenta valores menores con pHs alcalinos y ácidos, pero con pH neutra los valores son más altos.

Este coeficiente no debería sobrepasar el 5%.

Figura 3

Relación entre el pH y el Coeficiente de Confort



Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

D. Coeficiente de Variación (CV)

Según Ayala, et al. (2023) el coeficiente de variación del diámetro de fibra, mide la heterogeneidad del diámetro de las fibras dentro de una muestra o vellón de fibra y se define la división entre la desviación estándar y el promedio multiplicado por 100, es decir, este coeficiente está expresado en porcentaje. Este porcentaje no debe ser mayor al 24%.

Tabla 4

Resultados del Coeficiente de Variación de la Fibra Respecto al pH

Muestra	pH	Coeficiente de Variación	Límite
1	2,5	36,33%	24%
2	4	35,54%	
3	6,5	35,80%	
4	7	34,60%	
5	9,5	32,98%	
6	11,5	32,61%	

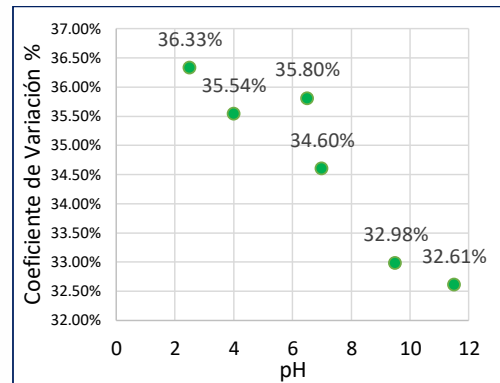
Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

Analizando los resultados de la tabla 4 se observa que los valores del CV se encuentran en un rango de 32,61% a 36,33%, correspondiendo los valores mayores a pHs ácidos y los valores menores a pHs alcalinos.

Todas las muestras analizadas presentan un CV superior al 24%, por lo que, se encuentran por encima del valor referencial establecido.

Figura 4

Relación entre el pH y el Coeficiente de Variación



Nota. Elaboración propia en base a los resultados del OFDA.

En la figura 4 se representa la relación entre el pH y el coeficiente de variación, este último es menor a un pH alcalino y mayor a pHs neutros y ácidos. Este coeficiente no debe ser mayor a 24%.

4. DISCUSIÓN

4.1 Diámetro

Quispe (2013) menciona un estudio respecto a la edad de las alpacas y su relación con el diámetro de la fibra e indica valores de 24.3 μm , 26.5 μm y 30.1 μm para alpacas de 1, 2 y 3 ó más años de edad, respectivamente.

Observando el efecto del pH con respecto al diámetro de la fibra de baby alpaca el pH ácido como alcalino provocan que la fibra presente un mayor diámetro, mientras que un pH neutro es favorable porque la fibra obtenida es más delgada.

Por otra parte, el diámetro de la fibra de alpaca baby está fuera de la norma, es decir, la fibra es más gruesa de lo permitido.

4.2 Finura del Hilado (FH)

Según Quispe (2013) la finura del hilado sólo depende del Diámetro medio de la fibra y del Coeficiente de Variación.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados mientras el pH sea más alcalino la fibra de alpaca presenta una finura más delgada.

4.3 Coeficiente de Confort (CF)

Barrionuevo (2019) al evaluar factor de confort por sexos de las alpacas encontró los siguientes resultados: Machos 94,08 % y hembras 90,82 %, es decir, estableció la relación entre el sexo de las alpacas y el coeficiente de confort.

De acuerdo a lo analizado el efecto del pH respecto al coeficiente de confort presenta valores más altos con el pH neutro, el LMP de este factor es del 5%, es decir, el pH neutro favorece al confort.

4.4 Coeficiente de Variación (CV)

Quispe (2013) manifiesta que mientras bajo sea el valor del CV en un vellón de fibra de alpaca se tendrá mayor uniformidad en los diámetros de las fibras individuales e Indica valores de CV del diámetro de fibra entre 23.5 y 28.1%. También menciona que el CV disminuye considerablemente entre los 2 a 3 años de

la alpaca, superior a esta edad hasta los 10 años el CV incrementa.

En el análisis realizado, el CV disminuye su valor a pH alcalinos e incrementa a pH ácidos.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que el pH del agua en el proceso de lavado de la fibra de baby alpaca influye en los siguientes parámetros: Diámetro, Finura del Hilado, Coeficiente de Confort y Coeficiente de Variación.

Tabla 5

Resultados de los Parámetros Respecto al Cumplimiento de la Normativa Técnica

pH	Diámetro	Finura del Hilado	Factor de Confort	Coeficiente de variación
Ácido	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Neutro	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Alcalino	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Nota. Elaboración propia en base a los resultados obtenidos

En la tabla 5 se resume los resultados del análisis en el OFDA de los cuatro parámetros y se observa que los mismos se encuentran fuera de los Límites Permisibles establecidos en la Norma Técnica Peruana de referencia.

Los resultados respecto al diámetro de la fibra de baby alpaca de todas las pruebas se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles de la Norma Técnica Peruana 231.301. Los diámetros más cercanos a los límites se dieron a pHs neutros.

La finura del hilado es mayor a pHs ácidos y menor a pHs alcalinos, por lo que el lavado con pHs alcalinos son más favorables para el parámetro de la finura.

Este parámetro en las muestras analizadas se encuentra fuera de los Límites

Máximos Permisibles establecidos en la Norma Técnica Peruana 231.301.

El coeficiente de confort está muy por encima del Límites Máximos Permisibles del 5%, los resultados obtenidos de las muestras de la fibra de baby alpaca se encuentran entre 81,52% y 82,81%.

El último parámetro analizado corresponde al coeficiente de variación que según la norma debe ser menor al 24%, las 6 muestras se encuentran por encima de este porcentaje variando sus valores entre 36,32% y 32,61%.

Analizando el comportamiento de este parámetro respecto al pH del agua utilizada en el lavado, se observa que a pHs ácidos se tiene valores altos del Coeficiente de Variación y este va decreciendo según el pH va aumentando, es decir, a pHs alcalinos este coeficiente es menor que a pHs ácidos.

BIBLIOGRAFÍA

Barrionuevo (2019). Caracterización Física de la Fibra de Alpaca Huacaya utilizando OFDA 2000 en Cuatro Comunidades Ocongate-Quispicanchi. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cuzco – Perú.

Chicaiza, A. et al. (1 de octubre de 2023). Características de Calidad de la Fibra de Alpacas. Como Indicador de su Comercialización. Recuperado el 2 de octubre de 2024. De: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812023000200105#:~:text=En%20la%20calidad%20de%20la,se%20tom%C3%B3%20la%20muestra3.

Gacen (s.f.). pH del extracto acuoso de la lana. Recuperado el 6 de octubre de 2024. De

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6033/Article03.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Gonzales (2017). Optimización del Sistema de Depuración del Efluente de la Industria Textil Cooperativa de Producción y Servicios Especiales de los Productores de Camélidos Andinos Ltda. Recuperado el 2 de octubre de 2024. De https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/2774/1/Tesis_Optimizaci%C3%B3n_Depuraci%C3%B3n_Industria.pdf

Norma Peruana NTP 231.301 Fibra de Alpaca Clasificada (2014). Recuperado del 1 de septiembre de 2024. De <https://es.scribd.com/document/379504080/Norma-Tecnica-Peruana-231-301-pdf>

Osenat (2005). Manual de la Auxiliar Sanitaria. Masson S. A. 4ta Ed. Barcelona – España.

Quispe (2013). Características Productivas y Textiles de la Fibra de Alpacas de Raza Huacaya. Recuperado el 2 de octubre de 2024. De https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/Alpacas/11-fibra_huacaya.pdf

Rosas (2012). Estudio de las Principales Características de la Fibra de Alpaca Grasienta y de las Condiciones de Proceso de Lavado. Recuperado el 30 de septiembre de 2024. De https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_8fe54108308b2b7bc5cebe28a635ddae

Zarate (2012). Guía Técnica Asistencia Técnica Dirigida en: Caracterización y clasificación de la fibra de alpaca. Perú:

Agrobanco Financiamiento,
Asistencia Técnica y Capacitación
UNALM

Ayala, et al. (2 de agosto de 2023).
Caracterización de la Producción
de la Fibra de Alpaca Huacaya
(Vicugna pacos) en la Comunidad
Originaria Chacaltaya.
Recuperado el 1 de octubre de
2024. De
[http://www.scielo.org.bo/scielo.ph
p?script=sci_arttext&pid=S2409-
16182023000200105#B18](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182023000200105#B18)

Universidad del Pacífico. (2020).
Capítulo I Introducción. N.
Céspedes, P. Lavado y N. Ramirez.
“Productividad en el Perú:
Medición, Determinantes e
Implicancias”. p 10.
[https://repositorio.up.edu.pe/bitstrea
m/handle/11354/1083/C%C3%A9s
pedesNikita2016.pdf](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1083/C%C3%A9spedesNikita2016.pdf)

LA OBTENCIÓN DE FIBRA DE LAS PENCAS DE MAGUEY QUE PERMITE EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS ARTESANALES, PROMOViendo EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE ESTE RECURSO NATURAL

"Obtaining fiber from the maguey pencas allows the development of handicraft prototypes, promoting the sustainable use of this natural resource"

Luis Alberto Rodríguez Quispe
Docente de Ingeniería Textil – UPEA
luis92larq@gmail.com

Resumen

El proyecto de investigación titulado "Obtención de fibra de las pencas de maguey permite el desarrollo de prototipos artesanales, promoviendo el aprovechamiento sostenible de este recurso natural" tiene como objetivo principal la extracción de fibra de maguey para la creación de diversos productos artesanales, como bolsos, aretes y monederos. Se estudia el ciclo de vida de la planta, así como sus características físicas mediante pruebas de laboratorio, que incluyen el lavado y teñido de la fibra.

La metodología utilizada es una combinación de diseño de campo, experimental, aplicada, descriptiva y exploratoria, con un enfoque mixto. La fibra de maguey, conocida por su viabilidad en el mercado internacional, es exportada a regiones como Europa, Asia y Sudamérica, donde se utiliza en la fabricación de cepillos, tapetes y otros productos textiles. El proyecto surge ante la problemática del desaprovechamiento de las fibras de maguey, que se desechan sin ser utilizadas.

Los resultados del proyecto indican que, mediante el desfibrado manual de las pencas, se obtuvo una fibra de calidad, que tras ser sometida a procesos de lavado, suavizado y teñido, demostró su versatilidad. Los análisis físicos realizados evidencian que la fibra es resistente y apta para diversos tejidos y prototipos artesanales. En conclusión, este proyecto no solo promueve el aprovechamiento sostenible del maguey, sino que también contribuye al desarrollo de productos artesanales que pueden generar ingresos y valorar el trabajo artesanal local.

Palabras Claves:

Maguey, análisis, investigación.

Abstract:

The research project entitled "Obtaining fiber from the maguey pencas allows the development of handicraft prototypes, promoting the sustainable use of this natural resource" has as its main objective the extraction of maguey fiber for the creation of various artisanal products, such as bags, earrings and purses. The life cycle of the plant is studied, as well as its physical characteristics through laboratory tests, which include washing and dyeing the fiber.

The methodology used is a combination of field, experimental, applied, descriptive and exploratory design, with a mixed approach. Maguey fiber, known for its viability in the international market, is exported to regions such as Europe, Asia and South America, where it is used in the manufacture of brushes, rugs and other textile products. The project arises from the problem of wasted maguey fibers, which are discarded without being used.

The results of the project indicate that, by manually defibrating the stalks, a quality fiber was obtained, which after being subjected to washing, softening and dyeing processes, demonstrated its versatility. The physical analyzes carried out show that the fiber is resistant and suitable for various fabrics and handcrafted prototypes. In conclusion, this project not only promotes the sustainable use of maguey, but also contributes to the development of artisanal products that can generate income and value local artisanal work.

Keywords:

Maguey, analysis, research.

1. Introducción

En la industria textil en Bolivia en los últimos años se dedicaron a la obtención de fibras de origen animal como la lana de oveja, pelo (fibra) de alpaca, fibra de llama y fibras de origen vegetal como la del algodón, lino, cáñamo; enfocándose únicamente en la obtención de estas fibras naturales, desconociendo las características y utilidades que brinda las fibras de la planta de maguey en la área textil, siendo desechadas y quemadas por los oriundos de Elasticidad es la capacidad para recuperarse de una deformación; cuando una fibra se estira en 10% es decir, 100 cm

la comunidad, es donde se produce estas plantas de maguey.

La finalidad del proyecto es el aprovechamiento de la fibra de maguey para hacer prototipos artesanales, a través de la extracción de la fibra de las pencas, realizando análisis de laboratorio en la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Pública de El Alto y aplicando el método de combustión, para determinar las características físicas de la fibra. Asimismo el presente proyecto de investigación demuestra una alternativa de fibra vegetal, siendo amigable con el medio ambiente y durante el proceso de desfibrado, no deje residuos contaminantes y solo residuos orgánicos.

1.1. Características de las fibras textiles

1.1.1. Flexibilidad

Una fibra debe ser suficientemente flexible soportar flexiones repetidas sin disminuir su resistencia a la rotura. Sin una adecuada flexibilidad, sería imposible convertir las fibras en hilos y tejidos. Además, el grado de flexibilidad determina la facilidad con la cual los tejidos podrán ser doblados y esto influirá en la durabilidad de la prenda. (Lavado, 2013)

1.1.2. Elasticidad

Es de gran valor por cuanto facilita la tejeduría, aumenta la duración del material y es de gran importancia en los procesos de acabado. Hay que distinguir la diferencia entre elasticidad y elongación. La elongación (o alargamiento de ruptura), por ejemplo: dado un hilo de longitud 100 cm que puede alargarse hasta 112 cm antes de romperse, se dice que tiene 12% de alargamiento de ruptura o elongación. (Lavado, 2013)

se convierten en 110 cm y luego al quitarle la carga causante de la deformación, vuelve a su longitud original de 100 cm, se dice

que la fibra es totalmente elástica o que tiene 100% de elasticidad. Si por el contrario se contrae al quitarle la carga, volviendo a 102 cm, se dice entonces que tiene 80% de elasticidad. (Lavado, 2013)

1.1.3. Resistencia a la tracción (tenacidad)

Las fibras textiles deben poseer una adecuada resistencia a la tracción. Ésta varía considerablemente en las diferentes fibras. Es importante que la fibra posea suficiente resistencia para ser trabajada y procesada por las maquinarias de hilatura y tejeduría dando luego un producto con adecuada durabilidad para el uso al cual está destinado. El término tenacidad es generalmente aplicado a la resistencia a la tracción de fibras individuales y se expresa en cent newton (Lavado, 2013)

1.1.4. Finura

Se refiere al grosor de las fibras y determina en gran medida la calidad del producto final, sea hilo o tejido. Esta característica contribuye al tacto de los tejidos: fibras finas dan al tejido un tacto suave, mayor resistencia, mayor flexibilidad, mejor caída y mejor dobles, aunque una mayor tendencia al pilling. Las fibras gruesas son rígidas y ásperas, comunican dureza y cuerpo al tejido, además de una mayor resistencia al arrugado. (Lavado, 2013)

1.1.5. Longitud

A diferencia de la finura – que es invariable a través de los procesos textiles – la longitud puede modificarse en los procesos de hilatura, al sufrir

fraccionamiento. Este parámetro puede expresarse en milímetros, centímetros o pulgadas. (Lavado, 2013)

1.2. Planta de Maguey

1.2.1. Agave (Maguey)

Es un género de plantas monocotiledóneas, generalmente suculentas, pertenecientes a la antigua familia Agavácea a la que le daba su nombre. Su área de origen es la región árida que hoy se encuentra repartida entre el norte de México, el sur de los Estados Unidos y Colombia, etc. Se estima que el género empezó a diversificarse hace 12 millones de años, por lo cual ha logrado una enorme diversidad de especies, superando las 300. Reciben numerosos nombres comunes, como agave, pita, maguey, cabuya, fique o mezcal, entre los más conocidos. (Enciclopedia, 2020)

1.2.2. Cultivo

Los agaves requieren un clima semi seco, con temperaturas promedio de 22 °C, generalmente a una altitud entre 1500 y 2000 m s. n. m. Las características del suelo para un crecimiento óptimo deben ser: arcilloso, permeable. (Enciclopedia, 2020)

1.3. Propuesta de innovación

La finalidad de este proyecto es elaborar prototipos con la fibra de maguey, para ello se realizó el proceso de desfibrado de las pencas de maguey con la maquina desfibradora de fibra vegetal.

Para realizar el proceso de desfibrado, elaboración de prototipos y control de calidad se realizó un flujo grama que se observa en la figura.

DIAGRAMA N° 1 PROCESOS DE LA OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE MAGUEY



Fuente: Elaboración propia

2. Métodos y Materiales

2.1. Método del tacto

Implica tocar la muestra y sentirla mediante el tacto para determinar la fibra componente. Por ejemplo, los tejidos de lana se sienten calientes al tacto debido a que el calor generado por la mano no es absorbido por la lana – que es un no conductor de calor – permanecerá en el área tocada. Por otra parte, los tejidos compuestos de fibras celulósicas tales algodón, lino y viscosa, se sienten fríos al tacto: como son conductores del calor, el calor generado por el dedo es absorbido por el tejido. (Lavado, 2013)

2.2. Método de la combustión

Mediante este método, se expone directamente a una llama una muestra textil y se observa algunas características como:

- Su comportamiento acercándose a la llama (si se funde, encoge o enrolla)
- Su comportamiento dentro de la llama (si la combustión es rápida o lenta, con fusión o sin ella)
- Su comportamiento retirándose de la llama (si continúa ardiendo o se apaga al alejarla del fuego)

- El olor que desprende al arder (asociado a alguno conocido)
- Los residuos o cenizas que deja (color, forma, fragilidad, regularidad)
- Este procedimiento brinda resultados cualitativos, brindando rápidamente una idea de la composición textil. (Lavado, 2013)

2.3. Materiales necesarios

- Herramientas de Corte: Machete o cuchillo.

3. Resultados

- Recipientes para Maceración: Cubos o tina grande (si se opta por el uso de agua).
- Espacio para Secado: Área amplia, preferiblemente al aire libre y con buena exposición al sol.
- Equipo de Hilado: Puede incluir husos o instrumentos rudimentarios para torcer y hilar las fibras.
- Materiales de Limpieza: Agua y jabón pueden ser utilizados para el lavado de las fibras .

CUADRO N° 1 DESCRIPCION DE MAGUEY

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE MAGUEY	
	Altura: 1.30metros a 2metros Peso de cada penca: 2 kilos a 3 kilos Clima: 23°C Penca por cada maguey: 30 unidades a 45unidades Año de crecimiento: 5 años a 7 años
	La planta maguey es una planta en la cual crece en lugares de tierra árida.

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 1
DESCRIPCION DE MAGUEY

FOTOS	PASO	DESCRIPCIÓN DE LA OBTENCIÓN DE LA FIBRA
	1	● La materia prima (fibra): Se obtiene a través de las pencas de la planta de maguey en el municipio de Sapahaqui
	2	● Seleccionar las pencas de maguey: Que sean adecuadas para la extracción de la fibra. Estas tienen que ser pencas enteras sin ningún quiebre. La penca adecuada es aquella que no tenga daños y no estén muy tiernas o muy maduras ya que estos aspectos hacen variar la calidad de la fibra.
	3	● Despunte las púas (espinas): Una vez realizado el corte de las pencas de maguey, procedemos a realizar el despunte esto consiste en agarrar una herramienta en este caso un cuchillo que nos permita realizar el despunte de las púas que están alrededor de las pencas de maguey.

	4	● Machacado Se hace este proceso, con un batan de piedra con un martillo para poder suavizar el grosor de la penca de maguey y evitamos el quiebre de la fibra en este proceso.
	5	● Desfibrado manual Para realizar este proceso, se utiliza una tabla y una palo que nos pueda ayudar para el desfibrado.
	6	● Lavado de las fibras de maguey El lavado de las fibras de maguey, consiste en frotar la fibra y así desechar los residuos que quedaron de la pulpa de la penca, para mejorar el lavado utilizamos 75 gramos de jabón mundial y 8 litros de H₂O a temperatura ambiente, que permitirá que se desprendan fácilmente todos los residuos restantes. El proceso de lavado de la fibra de maguey es de 30 min.
	7	● Segundo lavado de las fibras de maguey: El enjuague se realizó utilizando un acondicionador de la marca Ballerina. Se realizó este proceso para que la fibra tenga más suavidad, un color más claro y así otorgarle humedad. Para

		este proceso se formuló la siguiente ecuación.
	8	● Secado de las fibras de maguey El secado se realizó a temperatura ambiente, se realizó colocando las fibras en el tendedero y con la ayuda de los rayos del sol secaron las fibras, en un tiempo determinado de 5 a 6 horas.
	9	● Teñido de las fibras de maguey con colorantes reactivos Se realizó el teñido de las fibras de maguey con colorantes reactivos, estos colorantes son tinturas para fibras celulósicas, y la fibra de maguey es una fibra celulósica, en la cual tiene una buena fijación de color.
	10	● Secado Las fibras de maguey de diversos colores
Proceso obtenido de prototipos Teniendo la materia prima se realizó 8 prototipos, realizados de manera artesanal. ● Tejido del sombrero ● Manilla		



1	● Tejido de sombrero Se realizó el tejido de un gorro de tejido punto, para niña edad de 3 a 4 años edad. Tiene un ancho de 22cm y un alto de 14 cm. Para realizar este tejido se utilizo. • Grochet N° 2. • 80 gramos de fibra de maguey. Se inició el tejido con 16 puntos de barreta, se fue aumentando en las 4 pasadas a 2 barretas, una vez culminado realizamos el punto saltado aumentado 1 barreta y 2 barretas posteriormente.
2	● Elaboración de manillas Para realizar manillas se utilizó 20 gramos de fibra de maguey, realizando la mezcla de colores de la fibra entre ellos está el color amarillo, negro y violeta. Se realizó de manera manual, realizando entrecruzamientos de la fibra; tiene una medida de 9cm.

Fuente: elaboración propia

4. Discusión

La obtención de fibra de las pencas de maguey es un ejemplo significativo de cómo un recurso natural, en este caso, un tipo de planta , puede ser aprovechado de manera sostenible para crear productos artesanales. A continuación, se analizan diversas dimensiones de esta práctica:

4.1. **Sostenibilidad Ambiental:** La extracción de fibra de las pencas de maguey contribuye a la sostenibilidad al reducir la

dependencia de fibras sintéticas derivadas del petróleo. Según Martínez et al. (2019), el uso de materias primas naturales como el maguey en lugar de sintéticas no solo minimiza el impacto ambiental sino que también promueve prácticas más amigables con el entorno.

4.2. **Desarrollo Económico Local:** La creación de prototipos artesanales a partir de fibra de maguey ofrece una

oportunidad para el desarrollo económico en comunidades rurales. La investigación de Ramírez y González (2020) destaca que la valorización de residuos agrícolas, como las pencas de maguey, puede generar nuevas fuentes de ingresos para los campesinos y artesanos, fortaleciendo la economía local.

4.3. **Valor Cultural y Tradicional:** El uso de fibras de maguey en la elaboración de textiles y otros productos artesanales también resalta el valor cultural de esta planta. Según López (2021), la integración de técnicas tradicionales en la producción de estos prototipos puede ayudar a preservar y revitalizar las costumbres locales y el conocimiento ancestral.

4.4. **Propiedades Físicas:** La fibra de maguey es reconocida por su resistencia y durabilidad. Comparada con otras fibras naturales, como el algodón o el yute, la fibra de maguey tiene una mayor capacidad de retención de humedad y es más resistente a la putrefacción (González et al., 2022). Esto la convierte en una opción atractiva para aplicaciones en la confección de productos duraderos y de alta calidad.

4.5. **Empoderamiento Social:** La promoción del uso de fibra de maguey y la capacitación en su procesamiento para la creación de productos artesanales pueden ayudar a empoderar a las comunidades locales. De acuerdo con Torres y Méndez (2018), involucrar a los comunitarios en estos procesos no

solo fortalece sus habilidades, sino que también fomenta el sentido de pertenencia y orgullo cultural.

5. Conclusiones

Se pudo realizar los propósitos del proyecto de investigación, obteniendo buenos resultados al momento de realizar los prototipos artesanales ya que fueron óptimas para realizar los diferentes procesos, para obtener un producto elaborado de fibra vegetal, siendo así amigable con el medio ambiente en el proceso de desfibrado. Así también se demostró que la fibra de maguey es útil en el área textil, y es necesario conocer los diferentes tipos de fibras naturales que nos brinda la naturaleza

6. Conflictos de intereses

La obtención de fibra de las pencas de maguey para el desarrollo de prototipos artesanales puede presentar varios conflictos de interés que deben ser considerados para asegurar un aprovechamiento sostenible. A continuación, se enumeran algunos de estos conflictos:

- **Intereses Económicos vs. Sostenibilidad Ambiental:** Mientras que la extracción excesiva de fibra puede generar beneficios económicos inmediatos para los artesanos y la industria local, podría comprometer la sostenibilidad del maguey a largo plazo. Es fundamental equilibrar la demanda comercial con la conservación del recurso natural.
- **Derechos de Propiedad vs. Prácticas Comunitarias:** En muchas comunidades, el maguey es

considerado un recurso compartido. Sin embargo, la privatización de la tierra o la fibra puede generar tensiones entre los propietarios y las comunidades que dependen de estas prácticas para su subsistencia

- **Beneficios Comunes vs. Intereses de Empresas:** Las empresas que buscan obtener fibra de maguey pueden no siempre considerar los beneficios para la comunidad local. Es crucial que las iniciativas de desarrollo incluyan a los productores locales y que se distribuyan equitativamente los beneficios.
- **Incentivos para la Innovación vs. Tradición Cultural:** El desarrollo de prototipos artesanales puede fomentar la innovación, pero también puede socavar las técnicas tradicionales y la identidad cultural asociada con el uso del maguey. El desafío radica en encontrar un equilibrio entre la modernización y la preservación de la herencia cultural.
- **Acceso a Recursos vs. Regulación:** La regulación del uso del maguey y la obtención de fibra puede ser necesaria para proteger el recurso, pero también puede limitar el acceso de artesanos y comunidades que dependen de este recurso para su sustento. Es importante desarrollar regulaciones que sean justas y que consideren las necesidades locales.
- **Educación y Capacitación vs. Intereses Comerciales:** Si bien es esencial capacitar a los artesanos en

técnicas sostenibles y en el manejo del maguey, puede existir un conflicto con los intereses comerciales que priorizan la producción rápida y en masa, sin considerar la calidad artesanal y el respeto por el medio ambiente.

7. Agradecimiento

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Carrera de Ingeniería Textil, así como al instituto e investigación, a la Universidad Pública de El Alto que respaldan esta noble disciplina. Su compromiso con la formación académica y la innovación en el campo textil ha sido una fuente constante de inspiración y motivación, por su invaluable apoyo en la elaboración de este artículo científico, titulado: Obtención de la fibra de la pencas de maguey (agave) que permite el desarrollo para el aprovechamiento de prototipos artesanales. Gracias a apoyo, hemos podido llevar a cabo esta investigación que busca resaltar la importancia del maguey como un recurso renovable y sostenible. Este esfuerzo conjunto nos permite no solo avanzar en la ciencia y la tecnología, sino también contribuir a un futuro más sostenible y consciente con el medio ambiente.

8. Bibliografía

- Martínez, J., & Pérez, A. (2019). Impacto ambiental del uso de fibras naturales en la industria textil. *Revista de Sostenibilidad*, 14(2), 102-116. Este estudio destaca la importancia del uso de fibras naturales como un medio para disminuir la huella de carbono y fomentar la biodiversidad.

- Ramírez, M., & González, E. (2020). Residuos agrícolas como oportunidad de negocio: el caso del maguey en México. *Journal of Agricultural Business*, 11(3), 234-245. La investigación subraya cómo la utilización de subproductos agrícolas puede crear un impacto económico positivo en comunidades rurales.
- López, T. (2021). Fibras naturales en la cultura mexicana: el legado del maguey. *Antropología y Cultura*, 9(1), 44-59. Este artículo revisa el valor cultural de la fibra de maguey y su aplicación en la tradición textil de México.
- González, F., & Ramírez, S. (2022). Propiedades mecánicas de las fibras de maguey en comparación con otras fibras naturales. *Journal of Material Science*, 19(4), 455-467. El estudio proporciona un análisis comparativo de las propiedades físicas de diversas fibras, resaltando las ventajas de la fibra de maguey.
- Torres, L. & Méndez, R. (2018). Empoderamiento comunitario a través de la producción artesanal. *Estudios de Desarrollo Regional*, 15(2), 78-92. Este artículo investiga el impacto positivo de la formación y el desarrollo de habilidades en comunidades a través de la artesanía.
- Enciclopedia. (29 de Julio de 2020). *Enciclopedia libre*. Recuperado el 20 de noviembre de 2020, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Agave>
- Gallisa, E. C. (2017). *Física Textil*. España: Edición Julio
- INE, I. N. (6 de MARZO de 2012). *INE*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/sapahaqui-primer-productor-de-tuna-y-pera-a-nivel-nacional/#:~:text=El%20Censo%202012%20estableci%C3%B3%20para,estimaciones%2C%20alcanzar%C3%A1%20a%2012.917%20habitantes>.
- Lavado, F. E. (2013). *Industria Textil y su control de calidad Fibras Textiles*.
- Oikos. (23 de septiembre de 2019). *Ecología*. Recuperado el 4 de noviembre de 2020, de http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/articulos-anteriores/303-agave-y-mezcal#js_navigatio.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DE CONFECCIÓN EN EL ALTO: ESTUDIO DE CASO DE AIMAP WIÑAY WAYRA

Characterization of The Production System in Micro and Small Enterprises of textile manufacturing in El Alto city: AIMAP WIÑAY WAYRA Case Study

Sandra Karina Aduviri Chambi
Docente de Ingeniería Textil - UPEA
sandra.aduvirip14@gmail.com

1. Resumen

El objetivo de este artículo fue investigar el sistema productivo de las micro y pequeñas empresas (MyPEs) de confección textil afiliadas a la Asociación AIMAP WIÑAY WAYRA y su caracterización, considerando factores de producción y de gestión que influyen en la eficiencia y continuidad en el mercado local. La metodología consideró un enfoque mixto, incluyendo entrevistas estructuradas a especialistas y encuestas a microempresarios sobre su sistema de producción (entradas-transformación-salidas). Los resultados indican que este último presenta una alta dependencia de insumos de calidad media y baja, predominantemente de origen chino, debido a su accesibilidad y menor costo; se revela que los procesos de manufactura en las MyPEs en estudio, son en su mayoría cadenas cortas de subprocesos (maquila en corte/confección/ terminado), con bajas cantidades de producción y alta diversidad de productos; estos últimos presentando un bajo nivel de estandarización y control de calidad. A diferencia de un estudio genérico se logró esquematizar la dinámica del sistema de producción de confección al detalle y con sus particularidades adoptando un proceso secuencial de transformación vinculada a los proveedores y acorde a los productos solicitados por el mercado, esta representación consideró la figura de microempresa familiar, intermedia y pequeña tomando en cuenta subprocesos, como son: maquila en corte/confección/terminado, corte, confección, terminado, embellecimiento y/o lavado. Este nivel de estudio ofrece un análisis contextualizado del sistema productivo en confecciones, sugiriendo según el caso un grado de desarrollo del sistema, considerando una unidad de pre-transformación (desarrollo de producto) y su avance progresivo articulado a proveedores y mercado (fabricas, instituciones, consumidor)., para mejorar su nivel de eficiencia y acceso a mercados.

2. Palabras Clave.

Sistemas productivos, confecciones, gestión, Micro y Pequeñas Empresas

3. Abstract.

The objective of this article was to investigate the production system of micro and small textile manufacturing enterprises (MyPEs) affiliated with the AIMAP WIÑAY WAYRA Association and its characterization, considering production and management factors that influence efficiency and continuity in the market. local. The methodology considered a mixed approach, including structured interviews with specialists and surveys of microentrepreneurs about their production system (inputs-transformation-outputs). The results indicate that the latter presents a

high dependence on medium and low quality inputs, predominantly of Chinese origin, due to their accessibility and lower cost; It is revealed that the manufacturing processes in the MyPEs under study are mostly short chains of subprocesses (outsourcing in cutting/making/finishing), with low production quantities and high diversity of products; the latter presenting a low level of standardization and quality control. It was possible to schematize the dynamics of the clothing production system by adopting a sequential transformation process linked to suppliers and according to the products requested by the market. This representation considered the figure of family, intermediate and small microenterprise, taking into account subprocesses, such as: outsourcing in cutting/making/finishing, cutting, tailoring, finishing, embellishment and/or washing. This level of study offers a contextualized analysis of the production system in clothing, suggesting, depending on the case, a degree of development of the system, considering a pre-transformation unit (product development) and its progressive advance articulated to suppliers and market (factories, institutions, consumer), to improve their level of efficiency and access to markets.

4. Keywords.

Productive systems, textile manufacturing, management, Micro and Small enterprises.

5. Introducción.

La industria textil en Bolivia juega un papel relevante en la economía nacional, contribuyendo significativamente a la generación de empleo y al desarrollo de emprendimientos, micro, pequeñas y medianas empresas. En particular, las micro y pequeñas empresas (MyPEs) representan aproximadamente el 60% del sector textil en el país, siendo vitales para el sustento económico de muchas familias (Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural [MDPyEP], 2018). Sin embargo, a pesar de su importancia, estas MyPEs enfrentan múltiples desafíos, entre los que destacan la competencia con productos importados, la baja calidad de insumos y la falta de acceso a tecnología. Por otra parte, las MyPEs en el sector textil, especialmente aquellas agrupadas bajo asociaciones como AIMAP WIÑAY WAYRA en El Alto, operan en un contexto caracterizado por la informalidad y la fragilidad estructural. Esto limita su capacidad para mejorar la calidad de sus productos y adoptar prácticas competitivas que les permitan sobrevivir en un mercado

cada vez más globalizado (Aduviri et al., 2022). A ello se suma que la calidad de los insumos utilizados es un factor determinante que afecta no solo el costo de producción, sino también la percepción del consumidor sobre los productos finales (Salazar, 2019). Como indican estudios previos, la dependencia de insumos de baja calidad puede impactar negativamente en la capacidad de las MyPEs para competir, lo que resalta la necesidad de mejorar la cadena de suministro y la gestión de inventarios (Instituto Boliviano de Comercio Exterior [IBCE], 2021).

Estas circunstancias muestran que la transformación de los insumos en productos finales en las MyPEs de confección se realiza de manera predominantemente empírica, lo que afecta la eficiencia y aumenta la tasa de defectos en los productos terminados (Sánchez et al., 2015); así también los procesos productivos carecen de estandarización, lo que resulta en una producción ineficiente y una dificultad para cumplir con los plazos de entrega (Naciones Unidas, 2022). La identificación y adopción

de técnicas de mejora continua y sistemas de control de calidad son, por lo tanto, esenciales para optimizar el rendimiento productivo y la calidad de los productos (TuDashboard, 2020). Por tanto, este artículo tiene como objetivo describir y caracterizar el sistema productivo de las MyPEs de confección textil al detalle afiliadas a AIMAP WIÑAY WAYRA, identificando y analizando los factores que inciden en la eficiencia y proponiendo acciones que fomenten la continuidad en el mercado y competitividad del sector. A través de un enfoque mixto, se examinarán los insumos, los procesos de transformación y los productos, proporcionando un panorama en detalle de la situación actual de estas unidades productivas y su oportunidad de mejora conociendo su dinámica de trabajo familiar, empírico, poco técnico y de adecuación a un mercado informal y otros.

6. Métodos y Materiales.

La investigación se desarrolló utilizando un enfoque mixto, el cual combinó el análisis de datos cualitativos y cuantitativos para lograr una visión completa del sistema productivo en las MyPEs. La metodología adoptada fue de carácter descriptivo-explicativo, permitiendo explorar en profundidad la situación de las MyPEs y los desafíos que enfrentan en la confección textil en la ciudad de El Alto en el estudio de caso considerado. La ficha técnica resumen el caso en estudio:

- Población: Micro y pequeñas empresas (MyPEs) de confección textil ubicadas en la ciudad de El Alto, que están afiliadas de forma asociativa.
- Organización: Asociación Integral Multisectorial de Artesanos y Productores de la ciudad de El Alto.

- Sigla: AIMAP WIÑAY WAYRA
- Numero de MyPEs afiliadas: 150 MyPEs
- Numero de MyPEs de confección textil: 90 MyPEs

Se seleccionó un muestreo no probabilístico que incluyó a 25 unidades productivas de confección textil afiliadas a AIMAP WIÑAY WAYRA. Esta muestra fue representativa de la población en estudio. Se emplearon dos instrumentos de recolección de datos específicamente diseñados para analizar el sistema productivo de las micro y pequeñas empresas (MyPEs) de confección textil afiliadas a la Asociación AIMAP WIÑAY WAYRA, con el fin de caracterizar los factores de producción y gestión, que afecta su eficiencia y permanencia en el mercado local. Estos instrumentos incluyen un cuestionario estructurado para informantes clave y una encuesta focalizada en factores productivos. Ambos instrumentos se aplicaron en agosto 2024.

El cuestionario, se aplicó a representantes del Viceministerio de la Micro y Pequeña Empresa y de la asociación AIMAP WIÑAY WAYRA, abordó las siguientes preguntas:

- Que indicadores son prioritarios para mejorar la productividad
- Que tipo de sistema de inventarios manejan
- Emplean la aplicación de las 5s en las MyPEs.
- Que debe considerar un modelo
- A que se debe la generación de prendas defectuosas
- Se considera recomendable categorizar y estandarizar los productos en fichas técnicas
- Existen algunos problemas de proceso formativo y de adecuación

en el proceso productivo que se vinculan con la implementación de nuevas tecnologías.

Los datos obtenidos proporcionaron una perspectiva integral sobre los elementos de producción y gestión que influyen en la sostenibilidad de estas unidades productivas.

Por su parte la encuesta, se aplicó a los propietarios de las MyPEs del sector textil, permitiendo recoger datos considerando las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas personas trabajan en el área de confección?
- ¿Cuántas personas trabajan en las áreas de corte y terminado?
- ¿Cuántas máquinas rectas tienes?
- ¿Cuántas máquinas overlock tienes?
- ¿Tienes alguna de éstas otras máquinas?
- ¿De que tipo es su empresa?
- ¿Cuántas prendas por año vendes?
- ¿Qué cosa hago diferente al resto? ¿Por qué deberían comprar mi producto?
- ¿Aproximadamente cuantos metros cuadrados ocupa tu taller?
- Cuando realizas la cotización de un producto o servicio de confección, ¿tomas en cuenta la depreciación o el costo por desgaste de tus máquinas?
- Si tu taller está dentro de tu casa, ¿sumas el costo del alquiler al hacer la cotización del producto o servicio de confección?
- ¿Qué cantidad de saldos en prendas tienes?
- ¿En promedio, cuántas horas por día trabajan?
- La tela que utilizas para producir prenda la compras de:
- ¿Qué servicios ofreces en tu taller?
- ¿Qué líneas de productos realizan en tu taller?
- ¿Cómo trabajan en el área de confección

- ¿Realiza un control de medidas del producto terminado?
- ¿Realiza la revisión de la calidad de costuras de todas las prendas?
- ¿Qué tipo de prenda fabrica con mayor frecuencia?
- ¿Qué cantidad de éste producto principal produce por año?

El diseño de las preguntas considero un lenguaje menos técnico a fin de generar un espacio de dialogo acorde al contexto del propietario. Los datos recopilados a través de ambos instrumentos sustentan el análisis de los factores clave de producción y gestión que inciden en la eficiencia operativa y en la capacidad de las MyPEs. La validación de dichos instrumentos consideró una prueba piloto de 10 entrevistas y retroalimentación de un experto en confecciones.

Para el análisis de datos se utilizó un análisis cuantitativo donde los datos se procesaron mediante estadística descriptiva, utilizando tablas y gráficos para organizar y presentar los hallazgos en una estructura clara. Por su parte el análisis cualitativo con los datos de entrevistas y encuestas abiertas fueron organizados mediante análisis temático, identificando patrones comunes y áreas clave para el desarrollo de recomendaciones. Se construyó un esquema al detalle para mostrar el sistema de producción vinculando entradas, transformación y productos en sus distintos niveles. Este último incluye la referencia del tipo de mercado con el cual se vinculan sintetizando las respuestas de las unidades productivas en estudio. El análisis estadístico considero el uso de funciones estadísticas en SPSS.

7. Resultados

7.1. Sistema productivo desde el enfoque MyPE.

En su descripción se muestra un sistema productivo convencional con información de

carácter general lo cual evidencia la ausencia de manejo de información cuantitativa y descriptiva por parte de las MyPEs, esta situación incide en la toma de decisiones del propietario; se reafirma la dependencia e interrelación de ENTRADAS-TRANSFORMACIÓN; los proveedores locales en su mayoría proveen materia prima importada de origen Chino de diversa calidad, adecuando su producción a las condiciones limitantes de materia prima e insumos existentes y de fácil acceso. El proceso de TRANSFORMACIÓN por su parte, evidencia una mayor preponderancia en la maquila (corte, confección o terminado) y de un proceso de confección no estandarizado combinando corte, confección y terminado en sus diversas formas de acuerdo a sus pedidos, siendo evidente la ausencia de otros procesos como embellecimiento y lavado y una unidad de desarrollo de producto. Resultado de la transformación se obtienen salidas de producto, los cuales son muy diversos y debajo volumen, lo que expresa que el vínculo TRANSFORMACIÓN-SALIDA tiene sus particularidades como son: alta

diversidad de productos, bajos volúmenes y productos sin estandarización. No consideran de forma constante el vínculo con el mercado, tomando decisiones de producción por copia o percepción del mercado por observación del mercado y sugerencias de otros microempresarios del rubro.

Por otra parte, el gráfico 1 expresa no solo los elementos de un sistema productivo sino los actores vinculantes a él y sus roles, siendo visible la participación del propietario como parte de los operarios de transformación, siendo a su percepción su contribución más valorada en el proceso productivo que en un rol más estratégico de decisor de la unidad productiva y una visión integral del negocio. En el gráfico 1 se puede visibilizar el sistema productivo actual, considerando los distintos actores que actualmente se vinculan y los elementos base de un sistema de transformación convencional. Se aclara que el resultado obtenido describe un enfoque productivista, donde el propietario produce con poca información de mercado.

Gráfico N° 1

Sistema productivo de MyPEs de confección textil de AIMAP WIÑAY WAYRA



Nota: Elaboración propia del sistema productivo de las MyPEs de confección actual afiliados a AIMAP WIÑAY WAYRA

7.2. Entradas (Insumos y Proveedores)

El análisis de las entradas en el sistema productivo de las MyPEs afiliadas a AIMAP WIÑAY WAYRA se enfoca en los tipos de insumos utilizados, su origen y la relación con los proveedores. Estos factores influyen de manera directa en la calidad de los productos y en la capacidad de las empresas para adaptarse a las demandas del mercado.

7.2.1. Tipos de Insumos Utilizados

Las MyPEs estudiadas dependen principalmente de insumos básicos como telas, hilos y accesorios (botones, elásticos, etiquetas) para la confección textil. Dentro de estos insumos, las telas representan el material principal, siendo mayormente de origen importado. El 68% de las empresas utiliza algodón frizado como su principal insumo, mientras que el 52% emplea algodón lycrado. Adicionalmente, un 30% de las MyPEs opta por telas sintéticas y mezclas, en función de su disponibilidad y precio. La selección de estos insumos económicos permite a las MyPEs mantener costos de producción bajos, lo que resulta crucial para competir en un mercado altamente sensible al precio. Sin embargo, la calidad limitada de los materiales impacta negativamente en la durabilidad del producto final y en la percepción de calidad, lo que disminuye las posibilidades de ingresar a mercados de mayor valor añadido o exportación.

7.2.2. Origen de los Insumos

El análisis muestra una fuerte dependencia de insumos de origen importado, con el 47% de los materiales provenientes de China. Este país es el principal proveedor de telas debido a sus bajos costos y su amplia disponibilidad en el mercado. Sin embargo, un 25% de los microempresarios no tiene

información precisa sobre el origen de sus insumos, lo que refleja una falta de control en la cadena de suministro y una baja prioridad en la procedencia de los materiales. Un 20% de los insumos utilizados son de origen local, pero estos presentan una disponibilidad limitada y no siempre ofrecen la calidad deseada.

La elección de insumos chinos se justifica, según las encuestas, por la accesibilidad y el precio favorable que ofrecen. No obstante, muchos microempresarios indicaron que los productos chinos presentan una calidad desigual, con problemas como variaciones técnicas, composición, color gramaje y la textura de las telas, entre otros lo que dificulta la estandarización en la producción.

7.2.3. Proveedores y Puntos de Compra

Los puntos de compra de los insumos utilizados por las MyPEs son mayoritariamente locales, destacándose el mercado de El Ceibo en El Alto, que concentra el 70% de las adquisiciones. Este mercado es una fuente importante de telas y otros insumos debido a su amplia oferta y precios accesibles. Otros centros de compra, como las ferias locales de El Alto, representan un 12% de las compras, mientras que los mercados en ciudades como Cochabamba y Santa Cruz constituyen solo el 10% del total.

La estructura de intermediación en el mercado local genera un aumento en los costos de los insumos y, en ocasiones, problemas de disponibilidad. Los microempresarios señalaron que, debido a la dependencia de intermediarios, no siempre es posible acceder a los mismos materiales de un lote a otro, lo que afecta la consistencia en la calidad de los productos terminados.

7.2.4. Desafíos y Limitaciones en las Entradas.

El análisis de las entradas muestra varios desafíos importantes para las MyPEs en la adquisición de insumos. La dependencia de materiales de baja calidad, principalmente importados de China, y la falta de alternativas de proveedores nacionales representan un obstáculo significativo para mejorar los estándares de producción.

Uno de los problemas más recurrentes es la variabilidad en la calidad de los insumos, que afecta directamente la consistencia del producto final. Aproximadamente el 45% de los microempresarios reporta inconsistencias en las telas, lo que genera mayores tasas de devoluciones y reprocesos. Además, los altos costos de intermediación limitan los márgenes de ganancia, mientras que la disponibilidad irregular de materiales especializados en el mercado local restringe la capacidad de las MyPEs para implementar mejoras en sus procesos productivos.

7.3. Transformación (Proceso Productivo).

El análisis del proceso productivo en las MyPEs de AIMAP WIÑAY WAYRA evidencia un sistema predominantemente empírico y fragmentado, caracterizado por la combinación de operaciones de corte, confección y acabado en una estructura de maquila flexible. Este modelo otorga flexibilidad para adaptarse a pedidos específicos de los clientes, sin embargo, presenta una baja eficiencia, dificultando la capacidad para competir en grandes volúmenes o cumplir con estándares de calidad más exigentes. El proceso productivo se estructura en tres componentes clave: la disposición y uso de maquinaria, la organización de los espacios

de trabajo y flujos de producción, y los sistemas de control de calidad.

7.3.1 Disposición y Uso de Maquinaria.

En las MyPEs de confección, se observa una alta diversidad en el tipo de maquinaria, con el 100% utilizando máquinas de coser y el 80% empleando máquinas de corte. Sin embargo, el 65% de las máquinas de coser tienen más de cinco años de uso continuo, lo que reduce la precisión y aumenta la necesidad de reparaciones, lo cual afecta la productividad. Además, el 60% de las máquinas de corte experimenta un mantenimiento irregular, incrementando los tiempos de inactividad. Las máquinas de bordado, que son usadas por un 45% de las unidades, suelen ser prestadas, lo que implica una dependencia externa para mantener el flujo productivo. Por último, el 70% de las planchas y equipos de acabado no cuentan con un control de manejo preciso, lo que compromete la calidad del acabado final de las prendas.

7.3.2 Organización de los Espacios de Trabajo y Flujos de Producción.

Los talleres de confección suelen estar ubicados en espacios reducidos, muchas veces en las viviendas de los propietarios, lo cual limita la disposición de maquinaria y el almacenamiento de insumos. Las máquinas de coser y cortar están distribuidas de forma no estructurada, adaptándose al espacio disponible en lugar de seguir una distribución eficiente. El flujo de producción muestra que las operaciones son desordenadas, regresan a su punto de inicio intermedios para completar el proceso, generando tiempos muertos y una mayor probabilidad de errores. Esta disposición no solo afecta la eficiencia, sino que también incrementa el tiempo de finalización de los pedidos.

7.2.3 Flujos de Producción y Modelos de Maquila

El modelo de producción más común en estas MyPEs es el de producción por lotes, adoptado por el 50% de las unidades productivas. Este enfoque se caracteriza por la fabricación de pequeñas cantidades de productos iguales, generalmente adaptados a pedidos específicos. Aunque ofrece flexibilidad, genera tiempos improductivos cuando los pedidos no son constantes y dificulta la implementación de mejoras en la eficiencia del flujo de trabajo. Por otro lado, un 30% de las unidades opera bajo un modelo modular, utilizando equipos polivalentes (varias operaciones en una maquina), mientras que el 20% restante adopta un sistema de producción completa, con una alta personalización de los productos.

7.2.4 Control de Calidad y Supervisión

Uno de los retos técnicos más significativos en las MyPEs es la falta de un sistema formal de control de calidad. La calidad del producto depende principalmente de la experiencia del operario, quien asume múltiples funciones sin supervisión específica en cada etapa del proceso. Esto genera una variabilidad considerable en los productos, lo cual se refleja en un 15% de productos defectuosos que requieren ajustes o devoluciones. Entre los principales defectos, se destacan puntadas irregulares (45%), tensión incorrecta del hilo (30%) y problemas en el acabado (25%), lo que incide directamente en la satisfacción del cliente.

7.2.5 Desafíos y Limitaciones en la Transformación Productiva.

El bajo nivel de uso tecnología actualizada, el uso de espacios reducidos e inadecuados,

la ausencia de un sistema formal de control de calidad y la dependencia de mano de obra no especializada son las principales limitaciones que enfrentan las MyPEs. Estas restricciones afectan su participación en el mercado y limitan la capacidad de las microempresas para crecer y adaptarse a pedidos más grandes o complejos.

7.3 Salidas (Productos Finales y Mercado).

La fase de salidas en las MyPEs de AIMAP WIÑAY WAYRA está orientada principalmente hacia la producción de prendas de vestir, con una alta variabilidad en los tipos de productos. Este enfoque flexible les permite atender diferentes nichos de mercado, pero la falta de estandarización y la variabilidad en la calidad de los productos afectan su competitividad en mercados más formales y de exportación.

7.3.1 Tipos de Productos Finales.

Las MyPEs producen una amplia gama de productos, entre los que destacan chamarras (18%), ropa deportiva (15%), poleras (13%) y chalecos (10%). Estos productos, principalmente destinados al consumo local, se adaptan a las demandas estacionales, como es el caso de las chamarras y chalecos, cuya producción aumenta en invierno. En cambio, las poleras y la ropa deportiva se fabrican durante todo el año debido a su alta demanda. Los uniformes de trabajo, aunque representan solo el 8% de la producción, son un sector en crecimiento debido a su alta personalización y la necesidad de pequeños lotes para clientes específicos.

7.3.2 Perfil de los Clientes y Demanda del Mercado.

El 50% de las ventas de estas MyPEs proviene de familias locales que buscan

prendas asequibles y funcionales, comprando principalmente en ferias o mercados locales. Pequeñas empresas representan el 30% de la demanda, solicitando uniformes de trabajo o prendas personalizadas para eventos corporativos. Las instituciones públicas y los comerciantes minoristas suman un 20% del mercado total, con compras regulares o por licitación.

7.4. Sistema productivo desde el enfoque de expertos en MyPE y de confecciones.

La investigación considera la perspectiva de tres especialistas: Viceministerio de la Micro y Pequeña Empresa, representantes de la Asociación de AIMAP WIÑAY WAYRA y Experto profesional en Confecciones.

Según el viceministro Nelson Aruquipa Arce (comunicación personal, 18 de agosto de 2024), existen áreas clave que deben mejorarse para incrementar la productividad de las MyPEs de confección. El viceministerio resalta la importancia de mejorar los indicadores de productividad, particularmente en relación con la calidad de los productos y la adquisición oportuna de materia prima con calidad, cantidad y oportunidad de negocio. Asimismo, señaló que la gestión de inventarios sigue siendo deficiente, ya que muchas MyPEs no tienen un control adecuado de los insumos disponibles en función de los planes de producción. A pesar de la implementación parcial de metodologías como las 5s, su aplicación en estas microempresas ha sido limitada.

Dicha autoridad sugirió que las MyPEs adopten herramientas de manufactura esbelta para reducir pérdidas y mejorar la eficiencia operativa. Se identificó una alta variabilidad en la producción por temporadas y la falta de estandarización de

productos, lo que incrementa la tasa de defectos en las prendas confeccionadas. Asimismo, se recomendó estandarizar los productos mediante fichas técnicas para garantizar una producción de calidad. Otro reto que enfrenta este sector es que las viviendas productivas, donde muchas MyPEs operan, no son adecuadas para una producción eficiente debido a la mezcla de funciones en un mismo espacio. Finalmente, destacó la falta de cohesión y confianza entre los productores, lo que dificulta la articulación para la producción conjunta.

Por su parte Delina Flores, presidenta de AIMAP WIÑAY WAYRA (comunicación personal, 18 de septiembre de 2024), explicó que el sistema productivo de las MyPEs afiliadas sigue respondiendo principalmente a un mercado local genérico. La presentación de los productos sigue siendo tradicional, y muchas microempresas no cuentan con medios modernos para su difusión. Cada microempresario maneja una amplia gama de productos en lugar de especializarse en una sola línea, lo que se debe principalmente a la variabilidad de la demanda estacional. Flores destacó la importancia de desarrollar marcas para mejorar la percepción de los productos en el mercado, pero subrayó que la calidad debe ser prioritaria para lograrlo.

La expansión hacia otros mercados, como las licitaciones públicas, enfrenta obstáculos debido a la falta de formalización en muchas MyPEs y los requisitos técnicos para la producción en grandes volúmenes. Además, señaló que el control y registro de los costos de producción sigue siendo deficiente, lo que impide un análisis preciso del rendimiento financiero de las unidades productivas.

Según el especialista en confección textil, Ing. Jonny Henry Yampara Blanco

(comunicación personal, 23 de septiembre de 2024), explicó que los sistemas productivos de las MyPEs varían en función de la estructura organizativa: familiar, intermedia o pequeña. La inclusión de un área de desarrollo de producto es fundamental para fomentar la innovación y mantener la competitividad. En cuanto a los procesos productivos, estos pueden incluir corte, confección, terminado, y en algunos casos embellecimiento o lavado, dependiendo del tipo de proveedor y el mercado objetivo. Subrayó la importancia de que las MyPEs se diferencien mediante la diversificación de sus productos, orienten su producción hacia mercados sostenibles, e inviertan en tecnología. Asimismo, resaltó que la interacción con otros grupos de

productores, distribuidores y empresarios con más experiencia en crecimiento es clave para que estas pequeñas empresas puedan crecer. La constante capacitación y los cambios en el diseño de productos también fueron señalados como factores críticos para mejorar la continuidad de la MyPE, mejoramiento de capacidades y capacidad de respuesta al mercado.

En síntesis, integrando el resultado de la encuestas y entrevistas se puede esquematizar el sistema de producción de las MyPEs de Confección que son parte del estudio considerando particularidades del mismo (Ver tabla 1).

Tabla 1

Caracterización esquemática de Sistemas Productivos de Confección en MyPEs de la ciudad de El Alto

SISTEMA PRODUCTIVO					MERCADO	
ENTRADA	TRANSFORMACIÓN			SALIDA	MERCADO	Observaciones*
		Familiar	Intermedio	Pequeña		
		Maquila (Corte o Confección o Terminado)			Sistema de fabricación	Se vincula a fabricas para completar operaciones con producto intermedio o etapa final
Servicio		Corte+Confección+Terminado			Sistema de transformación	Se vincula a fabricas con producto final
Proveedor genérico y/o Proveedor Común (No)		Corte+Confección+Terminado+Embellecimiento y/o lavado			Pedido	Contratación de un mercado institucional por lotes.
Proveedor Genérico		Corte+Confección+Terminado (Embellecimiento y/o lavado con EDM)			Consumidor	Vínculo directo con el consumidor final
Proveedor Común (No genérico)	DESARROLLO DEL PRODUCTO Diseñador Patrante Maestriza	Corte (con molde propio o no) Marcadero digital o no Mesa larga o corta + Confección (Liviana, intermedia o pesada) Líneas de producto: Chamarras, chalecos, pantalones, poleras, canguros, cortinas, peluches y otros. + Terminado (Inspección, Vaporizado, Doblado, Embolsado, Embalado) + Embellecido (Estampado, sublimado, bordado) o lavado			Consumidor Mercado sostenible que valora la marca	

*El mercado puede variar por Tamaño del mercado, y tipo de mercado (institucional, empresarial, consumidor final)

Nota. Esta tabla muestra los diferentes sistemas productivos de las MyPEs establecidas en la ciudad de El Alto.

La tabla describe esquemáticamente la relación entre tipo de proveedores en la

ENTRADA, la transformación considera una etapa de PRE-TRANSFORMACIÓN

donde se enfatiza el desarrollo de producto, seguido de la TRANSFORMACIÓN como tal donde se puede observar el nivel de subprocesos que desarrolla según sus diversas formas de producción desde maquila, servicios de corte, confección y terminado. El Corte puede considerar el uso de modelo propio o no hasta marcadero digital, confección liviana, intermedia o pesada, un terminado que incluye inspección, vaporizado, doblado, embolsado y embalado, así como embellecido considerando el estampado, sublimado y bordado o lavado. La SALIDA se representa por los productos ESTÁNDAR o de cambio constante. Por último, el producto depende de las particularidades del mercado actual; este último toma en cuenta a fabricas para completar operaciones con producto intermedio o final, contratación de mercado institucional por lote y vínculo directo con el consumidor final.

8. Discusión.

El estudio ha revelado la alta dependencia de insumos de baja calidad, predominantemente de origen chino, lo que afecta negativamente la competitividad y percepción del consumidor. Este hallazgo se alinea con investigaciones previas que destacan que la calidad de los insumos es crucial para la capacidad competitiva de las MyPEs (Salazar, 2019; IBCE, 2021). Además, el sistema productivo actual empírico y fragmentado se caracteriza por la falta de estandarización y control de calidad, llevando altas tasas de defectos y a una producción inconsistente con la demanda. No obstante, el estudio presenta limitaciones, como el tamaño de la muestra de 25 unidades productivas, que puede no capturar toda la diversidad de prácticas de las MyPEs de confección.

9. Conclusiones

El estudio de caso sobre las micro y pequeñas empresas (MyPEs) de confección textil afiliadas a la Asociación AIMAP WIÑAY WAYRA en El Alto ha revelado en su caracterización una serie de factores de producción y gestión claves, que visibilizan particularidades de los talleres de confección que un estudio genérico no revela, al ser un grupo heterogéneo permitió identificar distintas formas de trabajo y alcance en sus sistemas de producción que limitan su eficiencia y continuidad en el mercado local. Se ratificó que el sistema productivo de estas unidades es altamente dependiente de insumos de origen chino, cuya baja calidad afecta negativamente el posicionamiento de los productos en el mercado, pero también existen otros factores implícitos dentro de la unidad productiva que están bajo su control y que también afectan a sus costos de producción y vínculo con el mercado, comprometiendo la calidad del producto y su competencia en el mercado con mayor valor agregado. Estos factores se plasman como un resultado del estudio a través de una herramienta esquemática de CARACTERIZACIÓN diseñada con base al estudio de caso, que muestra el desarrollo de confección textil de las MyPEs; esta herramienta de caracterización en su construcción permitió visibilizar y analizar el estado actual de los sistemas productivos, permitiendo en un siguiente paso complementar una herramienta de diagnóstico genérica por su comprensión de los talleres de confección.

Si bien la investigación de esta forma permitió reafirmar que los procesos de manufactura son empíricos y carecen de estandarización, lo que resulta en productos inconsistentes y una elevada tasa de defectos. Así como la falta de control de inventarios, sumada a la carencia de

herramientas de análisis de costos que impiden una planificación eficiente y reduce la capacidad de respuesta a las fluctuaciones en la demanda; estos resultados conllevan a reflexionar sobre las actuales acciones que se desarrollan y sus limitaciones, por qué aún se mantiene estos resultados de diagnóstico sectorial evidenciando que no existen indicadores de mejora sustancial conociendo que existen intervenciones de distintas entidades y programas que fortalecen la gestión productiva de las MyPEs.

Para terminar la caracterización resultante del sistema productivo actual esquematizado, visibiliza los subprocesos que realizan las MyPEs identificando con mayor precisión los subprocesos que realizan, siendo importante para apuntar mejoras de acuerdo a su dinámica desde una simple maquila hasta un proceso completo de terminado. Así también es evidente la ausencia de una etapa PRETRANSFORMACIÓN en Desarrollo de Producto limitando la transformación eficiente y con enfoque de mercado. Por tanto, el estudio visibiliza un sistema productivo que funciona desde la oferta y no desde las necesidades de mercado siendo importante sugerir la viabilidad de uso de sistemas de manufactura esbelta y estandarización de productos mediante fichas técnicas para mejorar la consistencia y calidad del producto final e incorporación buenas prácticas en desarrollo de producto podría fomentar la innovación y abrir nuevas oportunidades en mercados.

10. Conflicto de Intereses.

En la elaboración del presente artículo sobre la caracterización del sistema productivo en micro y pequeñas empresas de confección en El Alto, la participación de representantes del viceministerio y un especialista en

confección en las entrevistas puede estar condicionada por vínculos académicos o profesionales con las MyPEs, lo que podría afectar la objetividad de sus opiniones y la validez de los datos aportados. Esta relación podría llevar a un sesgo en la presentación de los resultados y en la discusión de las implicaciones para el sector.

11. Agradecimientos

Este estudio no habría sido posible sin el apoyo de la Asociación Multisectorial AIMAP WIÑAY WAYRA, que facilitó el acceso a las micro y pequeñas empresas de confección textil en la ciudad de El Alto, Bolivia, y permitió el desarrollo de esta investigación. Agradecimiento a los propietarios de estas unidades productivas por su disposición para participar en entrevistas y encuestas, brindándonos una visión completa de su sistema productivo y desafíos. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Pública de El Alto (UPEA) y a la carrera de Ingeniería Textil por fomentar la investigación en esta especialidad.

Bibliografía.

Aduviri, R., Quispe, A. D. F., & Sánchez, L. A. (2022). *Aspectos socioeconómicos y tecnológicos en la industria de confección de MyPEs en El Alto*. Editorial Universitaria de La Paz.

Aruquipa Arce, N. (2024, 18 de agosto). *Entrevista sobre los sistemas productivos de las MyPEs de confección textil* [Entrevista personal]. Viceministerio de la Micro y Pequeña Empresa.

Flores, D. (2024, 18 de septiembre). *Entrevista sobre la situación de las MyPEs afiliadas a AIMAP WIÑAY WAYRA*

[Entrevista personal]. Asociación AIMAP WIÑAY WAYRA.

Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE). (2021). *Informe sectorial textil 2021: Impacto económico y proyecciones*. IBCE.

Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP). (2018). *Plan nacional de desarrollo económico social: Pilar 6: Soberanía productiva con diversificación*. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia.

Naciones Unidas. (2022). *Programa de apoyo productivo para MyPEs en Bolivia: Diagnóstico y propuestas de mejora en el sector textil*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Salazar, J. P. (2019). *Sistemas de producción y manufactura en el sector textil: Un enfoque en la innovación y optimización de recursos*. Editorial Andina.

Sánchez, M. R., Pérez, C., & Vásquez, J. L. (2015). *Modelos y técnicas de optimización en sistemas productivos textiles*. Editorial Técnicas y Ciencias.

TuDashboard. (2020). *Indicadores de eficiencia en sistemas productivos: Medición y aplicación en el sector manufacturero*.
<https://tudashboard.com/eficiencia-productiva>

Yampara Blanco, J. H. (2024, 23 de septiembre). *Entrevista sobre sistemas productivos y confección textil en MyPEs* [Entrevista personal]. Ingeniero especialista en confección y sistemas de producción.

OBTENCION DEL OXIDO DE GRAFENO PARA SU APLICACIÓN EN TEXTILES INTELIGENTES

Graphene Oxide Obtaintion for Application in Smart Textiles

Maria Estela Ticona Cruz

Docente de Ingeniería Textil – UPEA

qmc.ign.02@gmail.com

RESUMEN

La industria textil viene enfrentando diferentes retos una de ellas es que muestras prendas presenten características funcionales de acuerdo con los diferentes contextos que se enfrentan las personas en la actualidad, como ser condiciones, laborales, rendimiento deportivo, salud y bienestar entre otras. Viendo las necesidades de mejorar nuestras prendas de vestir aparecen los textiles inteligentes, que son tejidos que tienen componentes electrónicos incorporados. Estos componentes pueden incluir dispositivos como conductores, circuitos integrados, diodos emisores de luz, baterías y hasta pequeñas computadoras. Estos textiles conductores se fabrican combinando materiales conductores, como el grafito con materiales no conductores, como el poliéster, para proporcionarles flexibilidad y resistencia.

El objetivo del presente estudio es la obtención del oxido de grafeno (GO) como un material conductor y clave en el campo textil. Se desarrollo por el método de Hummer, evaluándose el rol de los precursores, analizando sus propiedades térmicas y microscópicas de las muestras: sin oxido de grafeno, con el óxido de grafeno en el material no conductor como el nylon, algodón y poliéster. Dichos análisis nos permitirán ver la funcionalización de tejidos para hacer mejores conductores.

PALABRAS CLAVES

Oxido de Grafeno, Textiles Inteligentes, Oxido de Grafito, Grafito.

ABSTRAS

The textile industry has been facing different challenges, one of which is that garments have functional characteristics in accordance with the different contexts that people face today, such as conditions, work, sports performance, health, and well-being, among others. Seeing the need to improve our clothing, smart textiles appear, which are fabrics that have incorporated electronic components. These components can include devices such as drivers, integrated circuits, light-emitting diodes, batteries, and even small computers. These conductive textiles are made by combining conductive materials, such as graphite, with non-conductive materials, such as polyester, to provide flexibility and strength.

The objective of the present study is to obtain graphene oxide (GO) as a conductive and key material in the textile field. It was developed by the Hummer method, evaluating the role of the precursors, analyzing their thermal and microscopic properties of the samples: without graphene oxide, with graphene oxide in the non-conductive material such as

nylon, cotton, and polyester. These analyzes will allow us to see the functionalization of tissues to make better conductors.

KEYWORDS

Graphene oxide, Smart Textiles, Graphite Oxide, Graphite.

1. INTRODUCCION

La tecnología avanza a pasos agigantados cada día en el campo del textil, una de ellas la aplicación de textiles inteligentes es un proceso significativo debido a las excepcionales propiedades que este material ofrece, tales como la alta conductividad eléctrica y flexibilidad. Estas características permiten la integración de funcionalidades avanzadas en tejidos, como el monitoreo de signos vitales y la respuesta a estímulos ambientales, lo que transforma las telas convencionales en dispositivos inteligentes. La técnica comúnmente utilizada para su incorporación en textiles incluye la adsorción de óxido de grafeno en la tela a través de métodos químicos, que posteriormente se reduce para potenciar sus propiedades conductoras.

La obtención del óxido de grafeno para su aplicación en textiles inteligentes implica procesos químicos que transforman el grafeno en una forma oxidada, que se puede incorporar en fibras o tejidos. Esto se realiza para mejorar las propiedades electrónicas y de conducción del material, permitiendo que los textiles sean más funcionales, como, por ejemplo, en la conducción de electricidad y calor. La funcionalización de los textiles, como el algodón, con

óxido de grafeno reducido puede aumentar significativamente su conductividad, haciéndolos ideales para aplicaciones en ropa inteligente.

Ilustración1.

Tejidos electrónicos incorporados y la eliminación de sustancias químicas que son perjudiciales para la piel, puede ser posible con el óxido de grafeno.



Fuente. *The-application-of-graphene-fabric.*

En las prendas de vestir del óxido de grafeno (GO) aporta numerosos beneficios, especialmente cuando se utiliza en la fabricación de textiles inteligentes. Algunos de estos beneficios incluyen:

- **Conductividad eléctrica:** El óxido de grafeno (GO) es un excelente conductor de electricidad, lo que permite la creación de prendas que pueden incorporar tecnología, como sensores y dispositivos electrónicos, sin comprometer la flexibilidad y comodidad.

- **Transpirabilidad:** Mejorar la transpirabilidad, permitiendo que la humedad se elimine de manera más efectiva y manteniendo al usuario seco y cómodo.
- **Ligereza y resistencia:** El GO es un material extremadamente ligero pero resistente, lo que resulta en prendas que son duraderas sin añadir peso adicional.
- **Propiedades antimicrobianas:** El óxido de grafeno tiene propiedades que pueden ayudar a prevenir el crecimiento de bacterias, lo que hace que las prendas sean más higiénicas y olorosas durante más tiempo.
- **Aislamiento térmico:** El óxido de grafeno puede contribuir al aislamiento térmico, manteniendo la temperatura corporal en condiciones frías y protegiendo del calor en climas cálidos.
- **Elasticidad y flexibilidad:** El grafeno mantiene la flexibilidad de las prendas, permitiendo libertad de movimiento sin perder su forma.
- **Resistencia a la abrasión:** Las prendas tratadas con GO pueden ser más resistentes al desgaste y a la abrasión, aumentando su vida útil.

Estos beneficios hacen que el óxido de grafeno sea un material muy prometedor para el desarrollo de prendas de vestir más funcionales y avanzadas tecnológicamente.

Existen diferentes aplicaciones en la industria textil el GO principalmente a través de los siguientes métodos:

- ✓ **Recubrimiento de Fibras:** Las fibras textiles pueden ser recubiertas con óxido de grafeno mediante técnicas como el baño, donde las fibras se sumergen en una solución de óxido de grafeno. Esto permite que el material adhiera al tejido y mejore sus propiedades eléctricas y térmicas.
- ✓ **Incorporación en Polímeros:** El óxido de grafeno puede ser incorporado en polímeros que se utilizan para hacer hilos o telas. Esta mezcla se puede realizar durante el proceso de fabricación de hilos, lo que permite que el grafeno esté distribuido de manera uniforme en el material textil.
- ✓ **Impresión:** Se puede utilizar técnicas de impresión para aplicar óxido de grafeno sobre la superficie de las telas. Esto permite la creación de patrones específicos y la personalización de los textiles inteligentes.
- ✓ **Electrónica Textil:** En el desarrollo de ropa inteligente, el óxido de grafeno se utiliza para construir circuitos eléctricos o sensores integrados en los tejidos. Esto puede incluir la medición de temperatura, frecuencia cardíaca o actividad física.
- ✓ **Tratamientos Superficiales:** Se pueden aplicar tratamientos superficiales a las telas usando soluciones de óxido de grafeno,

que pueden alterar las propiedades de la superficie del tejido, mejorando características como la resistencia al agua o la antibacterialidad.

Estas aplicaciones permiten la creación de textiles inteligentes que pueden ser utilizados en diversas áreas, como la moda, la medicina, el deporte y la seguridad.

Existen actualmente empresas elaborando y ofreciendo telas inteligentes como ser: Adidas AG, AiQ Smart Clothing Inc, Ropa Plus Ltd., Dupont De Nemours Inc., e Interactive Wear AG, fundada en 2005, están a la vanguardia en el desarrollo de tejidos inteligentes, integrando electrónica en la ropa para diversas aplicaciones industriales. Además, durante 2023, se han presentado numerosas innovaciones en este sector, incluyendo sensores y biosensores textiles que miden parámetros fisiológicos.

2. METODOS Y MATERIALES

OBTENCIÓN DEL ÓXIDO DE GRAFENO.

Existen diversos métodos para obtener óxido de grafeno (GO), que se pueden clasificar principalmente en dos enfoques: El método "top-down" y el "bottom-up".

Los métodos "top-down" implican la exfoliación de grafito, como el método de Hummers y el método de exfoliación mecánica, mientras que los métodos "bottom-up" involucran la síntesis química a partir de moléculas precursoras.

Para obtener buenas laminas de GO y nanopartículas adecuadas para

aplicaciones en textiles inteligentes, el método Hummers es uno de los más populares. Este método permite obtener óxido de grafeno de alta calidad, caracterizado por una buena dispersión y propiedades eléctricas que son esenciales para las aplicaciones textiles.

Mediante el método de Hummers se pudo obtener el óxido de grafeno.

Partiendo del grafito. Sabemos que el grafito esta formado por distintas capas de carbono, muy finas que se entrelazan con facilidad, es decir, las fuerzas con las que actúan son muy débiles, hoy en día es usada en los lapiceros, se extrajo el grafito de los lapiceros (Marca HB) y se realizo la molienda en un mortero, posteriormente se pesó 2,00g.

2.1.Obtención del oxido de grafito

Se preparo el sistema como se muestra en la figura 2. En un recipiente de vidrio se introdujo el matraz Erlenmeyer de 500ml y alrededor del recipiente se colocó hielo, posterior a ello se agregó H_2SO_4 (97 % P/P) a temperatura $0^{\circ}C - 4^{\circ}C$ en constante agitación, luego se agregó 2.0g de grafito. Se peso el $KMnO_4$, luego se agregó lentamente al sistema controlando la temperatura sin exceder los $20^{\circ}C$, durante 2 hrs.

Ilustración2.

Sistema Baño de Hielo.



Fuente. *Elaboración Propia*

Posteriormente la mezcla se retira del baño de hielo, poner en un agitador magnético a constante agitación la mezcla en 1500rpm a una $T=35^{\circ}\text{C}$ y $t=2\text{hrs}$ como se observa en la figura 3, en una probeta medir 92ml de agua destilada luego agregar a la mezcla lentamente a una $T=85^{\circ}\text{C}$ y $t=15\text{min}$.

Ilustración 3.

Mezcla, Agitador Magnético a una Temperatura dada y Agitación Constante.



Fuente. *Elaboración Propia*

Nuevamente preparar 280ml H_2O destilada más 10ml de solución H_2O_2 al 50% (el peróxido se agrega con la finalidad de destruir al KMnO_4 residual). Centrifugar 3500rpm a $t=15\text{min}$ y lavar con el agua destilada hasta alcanzar un pH entre 5 a 7. Secar el óxido de grafeno a una $T=75^{\circ}\text{C}$ y $t=24\text{hrs}$.

Ilustración 4.

Centrifugar el Óxido de Grafito.



Fuente: *Elaboración Propia.*

2.2.Exfoliación del óxido de grafito de para obtener el óxido de grafeno

Sacar la muestra de óxido de grafito de la mufla, lavar con H_2O destilada, posterior a ello la suspensión fue sometida a ultrasonido (en este caso se realizó la centrifugadora en un $t=3\text{hrs}$. A 4000rpm, no contamos en el laboratorio con el equipo de ultrasonido.), se seco la muestra de óxido de grafeno a una $T=75^{\circ}\text{C}$.

2.3.Preparado del textil

Se preparo una solución de 10% de acetona más 10% etanol, se sumergió los textiles (nylon, algodón y poliéster) a la solución como nuestra la figura 5. Posterior a ello se llevo a la centrifugadora durante 30min, seguidamente se secó a 100°C , $t=20\text{min}$.

Ilustración 5.

Preparación de la Solución para la Sumersión de los Textiles



Fuente: *Elaboración Propia.*

Se preparo la solución de óxido de grafeno 1% (v/v) se llevo a ultrasonido durante 60min. Posterior a ello se sumergió los textiles a la solución de óxido de grafeno durante 2min, luego se secó los textiles a 100°C a un $t=20\text{min}$.

Realizar los análisis a los precursores y el análisis con el equipo: Cámara Termográfica y Microscopio Optimo.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de los precursores

El grafito se encuentra en los lápices tienen un montaje de distintas capas de carbono, su característica es que se entrelazan con facilidad donde sus fuerzas actúan con debilidad en donde forma una estructura cristalina de tal modo se juntan de manera ordenada los átomos se van formando en tres dimensiones como muestra la figura 6.

Ilustración6.

Estructura del grafito



Fuente. *Edmundo Guacho Guado, 2019*

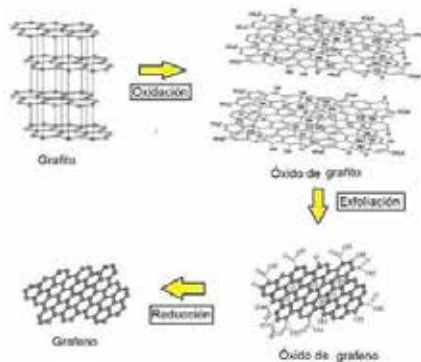
a). REDUCCIÓN DEL OXIDO DE GRAFITO A OXIDO DE GRAFENO

En esta etapa ocurre la exfoliación del oxido de grafito favoreciéndose la formación de los grupos funcionales oxigenados (grupos hidroxilo, epoxi y carxílicos), estos grupos ayudan al aumento de la distancia entre capas del grafeno, donde con el ultrasonido facilitamos la separación de las láminas. tomado en cuenta que los grupos funcionales no se eliminan del todo. Cabe aclarar que en esta etapa la cantidad que existe de estos grupos funcionales hace que el oxido de grafeno disminuya la calidad estructural de las láminas de grafeno. Por la

presencia de los grupos oxigenados, tanto como el oxido de grafito, oxido de grafito son eléctricamente poco conductores.

Ilustración7.

Exfoliación de Oxido de Grafito a Oxido de Grafeno.



Fuente. *Irene Paz Ortega , 2018*

b). INTERACCION DEL OXIDO DE GRAFENO CON LOS MATERIALES TEXTILES.

En esta parte de la interacción entre oxido de grafeno y el material textil ocurren interacciones electrostáticas, fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, interacciones π - π o interacciones hidrofóbicas; en la escala macrométrica dicha interacción puede comprenderse mejor sobre con el tipo de grafeno, del material textil y del método o momento de integración. (Energeia- Graphenemex®).

3.2. ANALISIS CON LA CAMARA TERMOGRAFICA

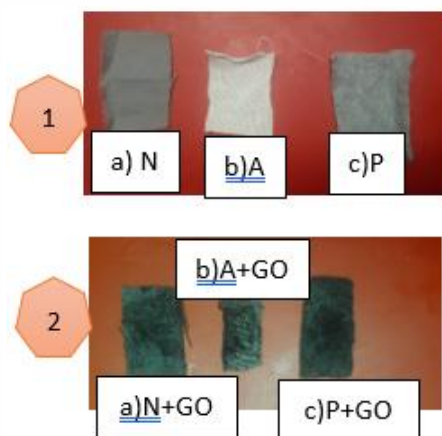
Las cámaras termográficas detectan la energía infrarroja que emiten, reflejan o transmiten los objetos que están a una temperatura superior al cero absoluto. Esta energía es imperceptible para el ojo humano. Las cámaras termográficas convierten la energía infrarroja en una imagen térmica, o

termograma, que muestra la temperatura aparente de la superficie del objeto. En esta imagen, cada pixel tiene un valor de temperatura y un tono de color asignado.

Se llevaron a analizar las siguientes muestras obtenidas de óxido de grafeno con diferentes textiles. 1) Primera imagen es muestra de las textiles sumergidas con la solución de acetona y etanol. 2) Segunda imagen son muestras depositas con oxido de grafeno (GO) en los textiles.

Ilustración8.

1) Muestras Textiles sin GO, Lavadas con la Solución de Acetona y Alcohol.
2) Muestras Textiles Adheridas con GO.



Fuente. Elaboración Propia.

ANÁLISIS CON LA CÁMARA TERMOGRÁFICA

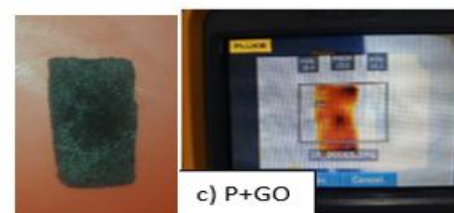
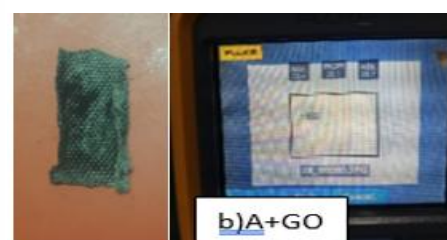
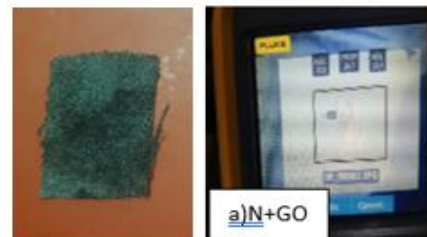
En la figura 8. Se puede observar que las muestras de textil, depositadas con GO en la muestra con ninguna tonalidad de color lo que nos da a) N+GO, b) A+GO, no presentan infrarrojo a una $T=22,4$ y $T=27,9$ conocer que no existe conductividad eléctrica, no genera energía en el textil.

Pero en la muestra c) P+GO se puede observar una tonalidad naranja intenso

donde existe el infrarrojo y eso nos indica que, si hay conductividad eléctrica, generando energía a una temperatura de $T=28,8$ °C. Así mismo podemos observar en la muestra del oxido de grafeno presenta infrarrojo en su entorno a una $T=43,8$ °C eso nos confirma la formación del oxido de grafeno por el método Hurmens en la tabla 1 podemos observar la variación de temperaturas de las muestras de textil con y sin GO.

Ilustración9.

Muestra oxido de grafeno (GO), a) N, con GO, b) Muestra A, con GO, c) Muestra P, con GO.



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla1.

Temperaturas de la cámara termográfica a las muestras a) N, b) A y c) P.

MUESTRA TEXTIL	SIN GO T=°C	CON GO T=°C
----------------	----------------	----------------

Nylon (N)	20	22,4
-----------	----	------

Algodón (A)	21,5	27,9
-------------	------	------

Poliéster (P)	26,0	28,8
---------------	------	------

Fuente. *Elaboración propia*

a) ANALISIS CON EL MICROSCOPIO OPTICO

Con el microscopio óptico, se observan las estructuras de los textiles (Nylon + GO, Algodón + GO y Poliester + GO) y no haci con mucha claridad los óxidos de grafeno (GO) adheridos en el textil.

Ilustración10.

Imágenes Microscópicas del Oxido de Grafeno (GO)

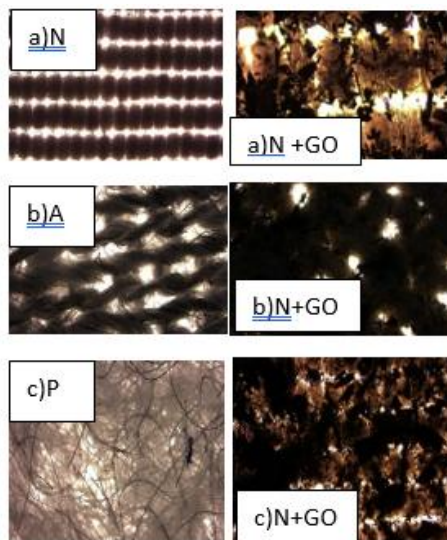


Fuente. *Elaboración Propia*

Ilustración11.

Imágenes de Microscopia óptico de los textiles 1) a) Estructura del Nylon, b) Estructura del Algodón y c) Estructura del Poliéster. 2) Son imágenes de la

Adherencia y Funcionalidad del Oxido de Grafeno con cada Textil.



Fuente. *Elaboración Propia.*

Como se puede observar en las imaginas de microscopia, con las muestras del textil a) N , b) A y c) P se trabajó con un aumento de tamaño de 4 x / 0,10, donde existe una buena estructura de formación de cada textil, así también se logró ver la formación de la estructura de los textiles Nylon, Algodón Poliéster.

No se logra visualizar bien las estructuras de formación del oxido de grafeno y la adherencia o funcionalidad de los textiles con el GO en las muestras a) N+GO, b) A+ GO y c) P + GO, lo más adecuado sería realizar unos análisis de morfología así de esa manera tendríamos un dato muy importante el tamaño de partícula y la formación del GO y el textil más el GO. Aun así, se trabajó a un aumento de tamaño para las nuestras de 10 x /0,24,10 y para el oxido de grafeno a 20 x / 0,40, 0,17.

4. DISCUSION

Es un reto inmenso realizar la investigación de materiales conductores para su aplicación en textiles

inteligentes, pero no imposible, como Universidad necesitamos equiparnos a un mas para realizar una caracterización y análisis profundo de estos materiales conductores como ser el óxido de grafeno ya que su aplicación no solo es para el área de textil sino para las demás áreas, como ser electrónica, ambiental y entre otros.

El presente trabajo pretende ser el inicio de estudio profundo para, obtener el óxido de grafeno para su aplicación en textiles inteligentes. La investigación se vio limitada ya que no contamos con equipos y reactivos de análisis y caracterización de estos materiales, se trabajo con lo que tenemos como universidad y dar paso a esta investigación.

Con el análisis que se realizó con la cámara termografía nos corrobora que hayamos obtenido el óxido de grafeno por el método de Hummers ya que en las muestras GO y P+GO se observa el infrarrojo a $T=43,8^{\circ}\text{C}$ y $T=28,8$ pero aun eso no nos da una gran certeza, para este estudio y análisis de estos materiales se necesita equipos de rayos X donde se observa la formación del oxido de grafeno mediante bandas así mismo el equipo de SEM donde podremos determinar el tamaño de partícula del material que es importante y podemos saber si nuestro material es un nanomaterial y la funcionalidad del textil con el óxido de grafeno, así mismo en las reacciones nos indican la formar de grupos carbonilos estos grupos se analiza con el equipo IR donde se ve que tipos de grupos funcionales se están formando dentro de la reacción para luego realizar un estudio de eliminación de estos grupos ya que la formación de estos grupos hacen que el material no sea un buen conductor por los cual necesitamos agregar otro reactivo para su eliminación de estos grupos.

Con el equipo de microscopia se trabajó para su análisis de los textiles que nos ayudó de mucho pero no así para un análisis profundo del oxido de grafeno. Sería interesante saber el tamaño de partícula del material y así mejorar el óxido de grafeno y dar su aplicación como textil inteligente.

5. CONCLUSIONES

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los textiles inteligentes tienen diversas aplicaciones en múltiples campos gracias a sus propiedades mejoradas, como la conductividad eléctrica, la capacidad de respuesta a la estimulación y la inclusión de tecnologías avanzadas.
- Es por ello por lo que se inició la investigación de material oxido de grafeno ya que tiene propiedades de ser un buen conductor de electricidad y flexibilidad. Por tal motivo se desea obtener el oxido de grafenos para su aplicación en textiles inteligentes.
- Ocurre dos etapas para la obtención del oxido de grafeno mediante el método de Hummers en primera instancia se parte del grafito posterior ello se obtendrá el óxido de grafito donde existe la formación de grupos funcionales, en la segunda etapa ocurre una exfoliación del oxido de grafito para obtener el oxido de grafeno, es ahí donde existe la separación de la laminas del oxido de grafeno esta separación ocurre cuando utilizamos el ultrasonido ya que es de mucha utilidad para la obtención oxido de grafeno.

- Se realizaron el análisis con la cámara termográfica donde obtenemos los siguientes resultados:

En las muestras de a) N+GO, b) A+ GO, no presentan infrarrojo a una $T=22,4$ y $T=27,9$ lo cual nos indican que no existe la conductividad eléctrica en los materiales de óxido de grafeno con el textil nylon y algodón eso nos da a entender de que no existe una buena adherencia con el óxido de grafeno y el textil ya que no muestra una tonalidad de color. Pero en las muestras de c) P+GO a una $T= 28,8$ °C. y óxido de grafeno a una $T= 43,8$ °C existe un infrarrojo mostrando una tonalidad de color naranja, la cual nos indica que existe la conductividad eléctrica y la adherencia del óxido de grafeno en el textil de poliéster así también la formación del óxido de grafeno por el método Hummers como se observa en la imagen.

- Con el equipo de microscopia óptico se ha podido determinar la formación de las mejores estructuras de los textiles Nylon, Algodón y Poliéster con un aumento de tamaño de $4 \times / 0,10$.
- No logramos obtener una buena formación de la estructura del óxido de grafeno y de los textiles con el óxido de grafeno, pero logramos ver que no existía una buena adherencia con el óxido de grafeno hacia los textiles tal vez un poco con el textil de poliéster que se observa mayor aglomeración del óxido de grafeno.
- Por los resultados obtenidos se recomienda seguir llevando la investigación hasta obtener un buen grafeno con buenos

resultados a partir de las muestras del textil poliéster y el óxido de grafeno. Ya que nos mostraron mejor resultado con la cámara termográfica y el microscopio.

BIBLIOGRAFIA

Campo abeldoña Daniel (2023).

Funcionalización de un textil de algodón para otorgar capacidad de conducción eléctrica mediante la incorporación de óxido de grafeno reducido.

Guacho Guado Edmundo (2019). Obtención de capas de grafeno a través de la exfoliación mecánica del grafito.

Paz Ortega Irene (2018). Grafeno Posibilidades del grafeno en la arquitectura.

Torres Castillo Cristina Sofía (2017). Síntesis de nanoestructuras de óxido de grafeno funcionalizadas para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del nylon 6,6.

Tobar Martines Eduardo (2017). “Síntesis y Caracterización de Óxido de Grafeno reducido y dopado con N mediante un Proceso Solvotérmico.

https://chiuvention.com/es/bl_og/the-application-of-graphene-fabric



DICyT - UPEA

Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

AV. SUCRE A S/N, ZONA VILLA ESPERANZA, EL ALTO

EDIFICIO TECNOLÓGICO, BLOQUE B, PISO 1 Y 2

<https://dicyt.upea.bo>