

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Análisis y selección de alternativas de tejidos  
inteligentes para la obtención de fibra de alpaca  
de alto valor agregado, Arequipa - 2021**

Susan Fabiola Cornejo Medina

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2021

## ÍNDICE GENERAL

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.2.1 Pregunta General.....	4
1.2.2 Preguntas Específicas.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4.1 Justificación Social.....	5
1.4.2 Justificación Tecnológica .....	5
1.4.3 Justificación Teórica.....	6
1.4.4 Justificación Personal y Profesional .....	6
1.5 IMPORTANCIA .....	6
1.6 DELIMITACIÓN.....	7
1.6.1 Delimitación Temporal.....	7
1.6.2 Delimitación Espacial .....	7
1.7 HIPÓTESIS.....	7
1.7.1 Hipótesis General.....	7
1.7.2 Hipótesis Específicas .....	7
1.8 VARIABLES .....	8
1.8.1 Descripción de Variables.....	8
1.8.1.1 Variable 1 – Análisis de Tejidos Inteligentes.....	8
1.8.1.2 Variable 2 – Valor Agregado de la Fibra de Alpaca .....	8
1.8.2 Operacionalización de Variables .....	8

1.8.2.1	Operacionalización de la Variable 1 .....	9
1.8.2.2	Operacionalización de la Variable 2.....	10
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>12</b>
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
2.1.1	Antecedentes Internacionales .....	12
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	13
2.2	BASES TEÓRICAS.....	15
2.2.1	Innovación.....	15
2.2.2	Tejidos Inteligentes .....	15
2.2.3	Historia de los Tejidos Inteligentes .....	16
2.2.4	Clasificación de Tejidos Inteligentes por Mercado de Aplicación .....	17
2.2.4.1	Mercado de la Moda .....	17
2.2.4.2	Mercado del Deporte y Bienestar.....	20
2.2.4.3	Mercado de la Salud.....	23
2.2.4.4	Mercado del Transporte.....	26
2.2.4.5	Mercado de la Arquitectura.....	27
2.2.4.6	Mercado Militar y Defensa .....	27
2.2.5	Fibra de Alpaca .....	29
2.2.6	Valor Agregado .....	32
2.2.7	Proceso Productivo de la Fibra de Alpaca.....	37
2.2.7.1	Esquilado.....	37
2.2.7.2	Categorización.....	38
2.2.7.3	Clasificación .....	38
2.2.7.4	Batido .....	39
2.2.7.5	Apertura.....	39
2.2.7.6	Lavado y Secado.....	39
2.2.7.7	Enzimado .....	39
2.2.7.8	Cardado.....	39
2.2.7.9	Peinado .....	40
2.2.7.10	Bobinado .....	41
2.2.7.11	Prensado .....	41
2.2.7.12	Hilatura .....	42
2.2.7.13	Tintorería .....	42
2.2.7.14	Tejido de punto o plano .....	42

2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	43
2.3.1	Polímero.....	43
2.3.2	Nanotecnología .....	43
2.3.3	Micra o Micrón ( $\mu$ ) .....	43
2.3.4	Tejido Inteligente.....	43
2.3.5	Extrusión .....	44
2.3.6	Bienestar.....	44
2.3.7	Estilo de vida saludable.....	44
2.3.8	Alpaca.....	44
2.3.9	Mezcla textil .....	44
2.3.10	Rayos FIR .....	44
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>		<b>46</b>
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.3.1	Población .....	46
3.3.2	Muestra .....	47
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.4.1	Técnicas de Recolección de datos .....	47
3.4.2	Instrumentos de Recolección de datos.....	48
3.5	INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	49
<b>CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>		<b>50</b>
4.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	50
4.1.1	Mercado actual de la Fibra de Alpaca .....	50
4.1.2	Proyección de la demanda.....	52
4.1.3	Situación actual de las cualidades de la alpaca.....	54
4.1.4	Situación actual de los tejidos inteligentes .....	54
4.1.5	Mercado del Bienestar .....	55
4.1.5.1	Mejor Salud .....	56
4.1.5.2	Mejor estado físico.....	56
4.1.5.3	Mejor nutrición .....	56
4.1.5.4	Mejor apariencia .....	56
4.1.5.5	Mejor descanso .....	56

4.2	SELECCIÓN DEL TEJIDO INTELIGENTE .....	57
4.2.1	Tendencias en los textiles .....	57
4.2.2	Potencial de los tejidos inteligentes enfocados al Bienestar .....	58
4.2.3	Selección del Material textil Inteligente afín a la Fibra de Alpaca .....	61
4.2.4	¿Cómo funcionan los biocerámicos? .....	64
4.2.5	Funcionamiento de la Viscosa Inteligente .....	68
4.3	ENTREVISTA Y RESULTADOS .....	69
4.3.1	Proceso de Selección de Entrevistados .....	69
4.3.2	Características de la Entrevista Estructurada en esta Investigación.....	71
4.3.3	Análisis de las Entrevistas.....	71
4.3.4	Análisis de Resultados de Entrevistas de acuerdo a Temas .....	73
4.3.4.1	Tejidos Inteligentes.....	73
4.3.4.2	Fibra de Alpaca .....	76
4.3.4.3	Fibra de Alpaca y Tejidos Inteligentes .....	77
4.3.4.4	Valor Agregado.....	80
4.3.4.5	Gobierno.....	82
4.3.4.6	Tecnología.....	83
4.3.5	Conclusiones de la Entrevista realizada a Expertos .....	84
4.4	PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE LA MEZCLA .....	85
4.5	EVALUACIÓN DE LA MEZCLA A NIVEL TEÓRICO .....	90
4.5.1	Composición .....	90
4.5.2	Diámetro o Grosor.....	92
4.5.3	Coeficiente de Torsión .....	94
4.5.4	Resistencia .....	97
4.5.5	Elongación .....	98
4.6	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	99
4.6.1	Mezcla 70% Alpaca 30% Viscosa Inteligente .....	99
4.6.1.1	Propiedades .....	99
4.6.2	Costos Estimados .....	100
4.6.3	Diagnóstico de abastecimiento del tejido inteligente .....	102
4.6.4	Limitaciones del estudio de la Fibra Inteligente .....	105
	CONCLUSIONES .....	106
	RECOMENDACIONES.....	107
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
	ANEXOS.....	115

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de Variables.....	11
Tabla 2.	Alpacas por País – 2018.....	30
Tabla 3.	Diámetro y Longitud de Fibras Finas .....	31
Tabla 4.	Exportación de Subproductos de Fibra de Alpaca – 2018 .....	33
Tabla 5.	Categorización de vellones.....	38
Tabla 6.	Clasificación de la Fibra de Alpaca .....	38
Tabla 7.	Proyección al año 2022 de Fibra Fina de Alpaca.....	53
Tabla 8.	Cualidades de la Fibra de Alpaca .....	54
Tabla 9.	Árbol para Toma de Decisiones.....	63
Tabla 10.	Compatibilidad de Tejidos Inteligentes con la Fibra de Alpaca .....	64
Tabla 11.	Biocerámico FIR .....	66
Tabla 12.	Listado de Entrevistados .....	71
Tabla 13.	Determinación de Título.....	94
Tabla 14.	Determinación de Retorcido .....	96
Tabla 15.	Determinación de Resistencia .....	97
Tabla 16.	Determinación de Porcentaje de Elongación .....	98
Tabla 17.	Costo en Materia Prima .....	100
Tabla 18.	Costo de Producción por Número de Piezas .....	101
Tabla 19.	Cuadro comparativo de precios de mantas a nivel nacional e internacional	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Medias hidratantes. ....	17
Figura 2.	Utilización de Leds en zapatillas, trajes y disfraces.....	18
Figura 3.	Estructura de tejido con memoria de forma. ....	18
Figura 4.	Delgada fibra óptica de vidrio puede implantarse en la ropa para añadir luz.....	19
Figura 5.	Maletines con celdas solares que almacenan energía.....	20
Figura 6.	Ropa para escalar montañas con tecnología PCM. ....	20
Figura 7.	Ropa a prueba de agua, viento y respirable.....	21
Figura 8.	Dos prototipos de recolectores de energía piezo eléctricos. ....	22
Figura 9.	Casco para bicicleta con Tecnología Airbag. ....	22
Figura 10.	Publicidad Under Armour Coldgear con propiedades biocerámicas.....	23
Figura 11.	Apósito Inteligente. ....	23
Figura 12.	Hilo recubierto de plata. ....	24
Figura 13.	Media inteligente para monitorear bebé.....	25
Figura 14.	Sábanas antiestrés. ....	25
Figura 15.	Brassiere Inteligente.....	26
Figura 16.	Tapizado ultraligero BMW.....	26
Figura 17.	Estadio construido con Etileno – Tetrafluoroetileno. ....	27
Figura 18.	Prototipo de chaleco antibalas inteligente.....	28
Figura 19.	Uniforme inteligente para bombero.....	28
Figura 20.	Ropa inteligente para piloto de helicóptero. ....	29
Figura 21.	Alpaca Suri y Alpaca Huacaya.....	31
Figura 22.	Denominación de Origen. ....	34
Figura 23.	Productos Derivados de la Fibra de Alpaca. ....	34
Figura 24.	Cadena de Valor de la Fibra de Alpaca. ....	35
Figura 25.	Cadena de Valor de los Textiles Inteligentes. ....	36
Figura 26.	Esquila de la Alpaca. ....	37
Figura 27.	Cardado de Fibra de Alpaca.....	40
Figura 28.	Peinado de Fibra de Alpaca.....	40
Figura 29.	Bobinado de Fibra de Alpaca.....	41
Figura 30.	Vellón de Alpaca peinado antes de ser prensado. ....	41
Figura 31.	Alpaca en Hilado. ....	42

Figura 32. Teñido de Alpaca en Cono. ....	42
Figura 33. Tejido Plano y Tejido de Punto. ....	43
Figura 34. Exportaciones de Pelo Fino y Prendas de Alpaca – 2020.....	51
Figura 35. Exportaciones en el mundo de Pelo Fino de Alpaca.....	51
Figura 36. Exportaciones de Prendas de Fibra de Alpaca – 2020. ....	52
Figura 37. Proyección al año 2022 de Exportación de Pelo Fino de Fibra Alpaca. ....	53
Figura 38. Proyección de Ventas de tejidos inteligentes en el mundo.....	55
Figura 39. Priorización del Bienestar y Priorización del Nivel de Bienestar 2019-2021 ...	56
Figura 40. Diagrama de Ishikawa para Cubrir las Nuevas Necesidades de los Textiles .....	59
Figura 41. Priorización de los Requisitos del Consumidor en los Textiles Post Covid.....	59
Figura 42. Aceptación de Productos Inteligentes Elaborados con Fibra de Alpaca.....	60
Figura 43. Aceptación de Manta Elaborada con Alpaca Inteligente a Nivel de Precio.....	61
Figura 44. Árbol de Toma de Decisiones para Selección de Fibra Inteligente .....	62
Figura 45. FIR en prendas y telas manufacturadas con fibras impregnadas con nanopartículas biocerámicas. ....	65
Figura 46. Proceso de Producción de Viscosa Inteligente. ....	67
Figura 47. Aplicación de Minerales al núcleo de Viscosa a través del proceso de extrusión.....	67
Figura 48. Funcionamiento de Viscosa Inteligente.....	69
Figura 49. Histograma de profesiones de los entrevistados.....	70
Figura 50. Relación de Preguntas de acuerdo a los Temas de la Entrevista. ....	73
Figura 51. Participación de los entrevistados en Proyectos que involucran tejidos inteligentes. ....	74
Figura 52. Incorporación de Valor de los Tejidos Inteligentes y Fibras naturales.....	75
Figura 53. Tejidos Inteligentes que conocen los entrevistados. ....	76
Figura 54. Industria Textil donde Laboran los Entrevistados.....	77
Figura 55. Opinión de los Entrevistados acerca de la Utilización de Fibra de Alpaca junto a Fibras Inteligentes.....	78
Figura 56. Conocimiento de los Entrevistados acerca de Mezclas de Fibra de Alpaca junto a Tejidos Inteligentes. ....	78
Figura 57. Opinión de los Entrevistados sobre la Mezcla de Fibra de Alpaca y Viscosa.....	79
Figura 58. Opinión de los Entrevistados sobre la Mezcla de Alpaca y Viscosa Inteligente.....	80



Figura 59. Opinión de los Entrevistados sobre si los Tejidos Inteligentes aportan Valor Agregado.....	81
Figura 60. Opinión de los Entrevistados sobre la Adquisición de un Producto Funcional, Sustentable y Tecnológico.....	81
Figura 61. Opinión de los Entrevistados acerca de la Función del Gobierno respecto a los Tejidos Inteligentes. ....	82
Figura 62. Opinión de los Entrevistados sobre la Estrategia para que el Sector Textil sea Competitivo. ....	83
Figura 63. Opinión de los Entrevistados sobre el Nivel Tecnológico del Sector Textil Alpaquero. ....	84
Figura 64. Diferencia entre Monofilamento, Retorcido y Cableado. ....	86
Figura 65. Resumen del Proceso productivo de la Fibra de Alpaca. Destacando el proceso de HILATURA. ....	86
Figura 66. Torsión de Z y S. ....	87
Figura 67. Número Métrico de la Fibra de Alpaca. ....	87
Figura 68. Máquina dobladora de Fibra de Alpaca. ....	88
Figura 69. Explicación del retorcido de Fibra de Alpaca. ....	89
Figura 70. Máquina retorcedora preparando una primera bajada para evaluación de hilado.....	89
Figura 71. Diagrama de operaciones para el proceso de retorcido de Hilado de Alpaca e Hilado de Viscosa. ....	90
Figura 72. Mezcla de alpaca y viscosa. ....	91
Figura 73. Diagrama de Operaciones para el cálculo de composición de la mezcla. ....	92
Figura 74. Máquina Madejera. ....	93
Figura 75. Balanza de precisión con tres muestras de mezcla alpaca y viscosa. ....	93
Figura 76. Diagrama de operaciones para cálculo de título. ....	94
Figura 77. Tabla de pesas de acuerdo a título. ....	95
Figura 78. Torsiómetro midiendo número de vueltas por metro. ....	95
Figura 79. Diagrama de operaciones para cálculo de torsión. ....	96
Figura 80. Dinamómetro midiendo resistencia del hilado.....	97
Figura 81. Dinamómetro midiendo elongación del hilado.....	98
Figura 82. Diagrama de operaciones para cálculo de resistencia y elongación. ....	99
Figura 83. Flujograma de una Empresa Textil Alpaquera para Evaluación y Reevaluación de Proveedores.....	104

## RESUMEN

El objetivo general de esta investigación, fue analizar las alternativas de tejidos inteligentes para obtener una fibra de alpaca con alto valor agregado y se ha llevado a cabo en la ciudad de Arequipa en el segundo periodo del año 2021.

La fibra de alpaca es reconocida mundialmente y el Perú cuenta con la mayor cantidad de ejemplares 72% (Minagri, 2019), siendo Arequipa la ciudad que transforma el 95% de esta fibra (Gobierno Regional de Arequipa, 2018). El estudio aplicó el método hipotético-deductivo con un enfoque mixto y un alcance descriptivo. De igual manera, el diseño utilizado es de corte transversal no experimental, un análisis y posterior selección de un tejido inteligente que, junto a la fibra de alpaca, brinda bienestar y mejora el estilo de vida del usuario.

A raíz de la pandemia del COVID19, ha surgido una corriente de cuidado de la salud y bienestar, por ello, se ha hecho necesario enfocarse en estos revolucionarios tejidos y lograr trasladar la inteligencia a la alpaca, fibra bandera del Perú.

Los tejidos, textiles o fibras inteligentes, son aquellos capaces de reaccionar ante estímulos externos y dar una respuesta a ellos, brindando funcionalidades que un tejido común no posee y acrecentar su valor.

Como técnica de recopilación de información, se hizo uso de la revisión documental, se emplearon dos entrevistas y una encuesta con preguntas estructuradas. La primera entrevista se realizó a diez expertos en fibra de alpaca y tejidos inteligentes, una segunda entrevista al proveedor del tejido inteligente seleccionado y una encuesta a los consumidores de alpaca para definir sus preferencias relacionadas a tejidos inteligentes y la tendencia al bienestar y estilo de vida saludable.

Mediante esta investigación, se ha demostrado a nivel teórico que los tejidos inteligentes de segunda generación, tienen capacidad de proporcionar un alto valor agregado a la fibra de alpaca, así como resultados que ratifican la mezcla de alpaca y viscosa “inteligente” en una mezcla de 70% Alpaca y 30% Viscosa en N/m 2/30, que brindarían múltiples beneficios en el estilo de vida de los usuarios.

**Palabras claves:** Polímero, Nanotecnología, Micra, Tejido Inteligente, Extrusión, Bienestar, Estilo de vida saludable, Mezcla textil, Rayos FIR.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze the alternatives of intelligent fabrics to obtain an alpaca fiber with high added value and has been carried out in the city of Arequipa in the second period of the year 2021.

Alpaca fiber is recognized worldwide and Peru has the largest number of specimens 72% (Minagri, 2019), with Arequipa being the city that transforms 95% of this fiber (Gobierno Regional de Arequipa. 2018). The study applied the hypothetical-deductive method with a qualitative approach and a descriptive scope. Similarly, the design used is non-experimental cross-sectional, an analysis and subsequent selection of an intelligent fabric that, together with the alpaca fiber, provides well-being and improves the user's lifestyle.

Because of the COVID19 pandemic, a current of health care and well-being has emerged, for this reason it has become necessary to focus on these revolutionary fabrics and manage to transfer intelligence to alpaca, the flag fiber of Peru.

Smart fabrics, textiles or fibers are those capable of reacting to external stimuli and responding to them, providing functionalities that a common fabric does not have and increasing its value.

Documentary review were used as an information gathering technique, two interviews and a survey with structured questions have been used. The first interview have been conducted with ten experts in alpaca fiber and smart fabrics, a second interview with the supplier of the selected smart fabric and a survey of alpaca consumers to define their preferences related to smart fabrics and the trend towards wellness and healthy lifestyle.

Thanks to this research, it has been shown at a theoretical level that second-generation smart fabrics have the capacity to provide high added value to alpaca fiber, as well as results that ratify the mixture of alpaca and "smart" viscose in a mixture of 70 % Alpaca and 30% Viscose in N/m 2/30, which would provide multiple benefits in the lifestyle of users

**Keywords:** Polymer, Nanotechnology, Micra, Smart Fabric, Extrusion, Wellness, Healthy Lifestyle, Textile Blend, FIR Rays.