

“DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA PRENDA TEXTIL INTELIGENTE PARA LA TRASMISIÓN DE BIODATOS UTILIZANDO UN TEJIDO CONDUCTOR”

Autora: Erika Karina Cachimuel Chanva Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas-
Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, 5-1 y Gral. José María Córdova, Ibarra,
Imbabura
la.kariner@gmail.com

Resumen: Esta investigación pretende incentivar el conocimiento y uso de la nueva tecnología en la creación de los textiles inteligentes de tercera generación así como la aplicación de estos en la transmisión de biodatos, para el control y mejoramiento de los diferentes campos como la medicina, deporte y moda, mediante la elaboración de una camiseta inteligente capaz de transmitir una gráfica de los pulsos cardiacos a un dispositivo móvil, esto sin dejar de lado el diseño de dicha camiseta para que resulte además de útil, llamativa. También se pretende analizar la efectividad de la conductividad eléctrica después de someter el textil al lavado, abrasión y luz solar.

La creación de un textil inteligente capaz de transmitir datos de ritmo cardiaco creará nuevas funcionalidades para una prenda aparte de la vestimenta, llegando así a explotar nuevas áreas de aplicación contribuyendo a que el usuario tenga la experiencia de visualizar la gráfica de las variaciones de su ritmo cardiaco en cualquier momento de su rutina diaria ya que el monitoreo puede conectarse y desconectarse en cualquier momento.

Palabras Claves: Textiles Inteligentes – Tejido conductor – Camiseta inteligente-Biodatos-Resistencia a la luz, abrasión y lavado.

Abstract: This research aims to encourage the knowledge and use of new technology in the creation of intelligent textiles of third generation as well as the application of these in the transmission of biodata, for the control and improvement of the different fields such as medicine, sports and fashion, through the development of a smart shirt capable of transmitting a graph of cardiac pulses to a mobile device, this without neglecting the design of said shirt so that it is also useful, striking. It is

also intended to analyze the effectiveness of electrical conductivity after subjecting the textile to washing, abrasion and sunlight.

The creation of an intelligent textile capable of transmitting heart rate data will create new functionalities for a garment other than clothing, thus exploiting new areas of application contributing to the user having the experience of visualizing the graph of the variations of their rhythm cardiac at any time of your daily routine since monitoring can be connected and disconnected at any time.

Keywords: Intelligent Textiles - Conductive fabric - Smart T-Shirt-Biodata-Resistance to light, abrasion and washing.

1. Introducción

Con respecto a la innovación del sector textil enfocada a prendas de vestir Ayora (2016) comenta que las funciones básicas de las prendas como lo son la protección del cuerpo y mantener el calor corporal ya no son las únicas funciones que hoy en día se puede observar en las prendas de uso diario, esto debido a las investigaciones y desarrollos de los fabricantes de tejidos que han empezado a lanzar al mercado nuevos productos que incrementan la tecnología, brindando beneficios como protección bacteriana, protección de rayos UV, transmisión de datos, usos médicos, entre otras.

En la presente investigación se describe el proceso del diseño y elaboración de una camiseta inteligente para la transmisión de la gráfica de ritmo cardiaco a un dispositivo móvil utilizando un tejido conductor, además se evidencia mediante tablas el comportamiento de la

conductividad eléctrica del tejido después de someterlo a los procesos de lavado, abrasión y exposición a la luz solar.

2. Materiales y Métodos

Las siguientes pruebas en las que se somete al tejido conductor a los procesos de lavado, abrasión y exposición a la luz solar son realizados en base a las normas de solieses al color AATCC 61-2007, ISO 12947-2 y ISO 105-BO2 respectivamente las cuales han sido adaptadas para ser usadas en la presente investigación.

2.1. Pruebas de Conductividad iniciales

Es necesario aclarar que en el cuerpo de la franja de tejido conductor están ubicados en el sentido de la urdimbre dos hilos conductores paralelos entre sí, esto debido a la necesidad de conectarlos a los polos positivo y negativo dentro del circuito electrónico que tendrá lugar en la camiseta, es por eso que la prueba de resistencia eléctrica se lleva a cabo en cada hilo individualmente y estos serán denominados como Hilo (A) para el polo positivo e Hilo (B) para el polo negativo.

2.1.1. Materiales

Para la ejecución de las pruebas de resistencia eléctrica se precisa el uso de un multímetro digital marca Truper, modelo MUT-308.



Figura 1. Muestra del tejido conductor. Hilos A y B
Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

En la tabla número 1 se muestran los valores de mediciones de la resistencia eléctrica del tejido conductor en diferentes longitudes, con el fin de identificar en qué proporción varía a medida que aumenta la longitud de entre 3,8 a 35 cm, medidas que corresponden a las especificaciones para las muestras de cada prueba.

Tabla 1. Pruebas de conductividad iniciales.

PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD INICIALES RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω								
LONGITUD	32,8 mm		100 mm		200 mm		350 mm	
MUESTRA	HILO A	HILO B	HILO A	HILO B	HILO A	HILO B	HILO A	HILO B
1	3,1	2,6	9,7	8,5	18,7	17,85	31,78	30,5
2	3,4	2,8	9,8	8,8	18,5	18,2	31,8	31,15
3	2,8	2,9	9,6	8,99	19	18,1	31,95	30,75
4	2,9	2,5	9,9	8,6	18,8	17,2	30,9	29,97
5	2,87	3,02	9,87	8,92	18,72	17,7	30,76	30,02
MEDIA	3,01	2,76	9,77	8,76	18,74	17,81	31,44	30,48
Desviación Estándar	0,243	0,213	0,124	0,208	0,181	0,394	0,561	0,498
Coefficiente de Variación	8,06%	7,72%	1,27%	2,38%	0,96%	2,21%	1,78%	1,64%

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

2.2. Resistencia al lavado doméstico.

Para la prueba de lavado se tomó como referencia la norma AATCC 61-2007. Resistencia al Lavado de Color: Acelerado, de acuerdo al lavado 1A donde se especifican los parámetros del proceso. Cada prueba se asemeja a un total de cinco lavados caseros a mano, cabe recalcar que dicha norma es usada con el fin de medir el grado de solidez del color que posee determinado tejido al lavado, pero para la presente investigación solo se ha utilizado la tabla de condiciones, es decir, se omitieron los pasos del procedimiento que están enfocados a la determinación de la solides del color ya que son irrelevantes para el objetivo de la investigación.

Tabla 22. Conductividad después del primer lavado.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TEJIDO FRENTE AL LAVADO 1A SEGUN LA NORMA AATCC 61-2007				
CONDICIONES DE LA PRUEBA	Temperatura: 40 °C		Tiempo de lavado: 45 min	
	Medidas de las probetas:		Detergentes:	
	Ancho 5 cm	Largo 10 cm	Polvo 37% del total del baño Líquido 56% del total del baño	
	Volumen baño: 200 ml		Número de bolas de acero: 10	
PROBETA	RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω			
	INICIAL		FINAL	
	A	B	A	B
1	10,08	8,51	7,7	5,9
2	10,02	8,63	7,3	5,7
3	9,87	8,92	6,6	6,1
4	9,6	9,5	6,5	6,1
MEDIA	9,893	8,890	7,025	5,950
Desviación estándar	0,214	0,442	0,574	0,191
Coefficiente de Variación	2,16%	4,97%	8,17%	3,22%

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

Adicional al lavado número 1 se realizaron 4 lavados más a las mismas probetas manteniendo las condiciones del primer lavado con el objetivo de determinar si existe un desgaste progresivo del hilo conductor que altere el valor de la resistencia eléctrica con cada lavado, haciendo un total de 5 lavados a cada probeta.

Tabla 33. Comportamiento de la Resistencia eléctrica del tejido conductor a los lavados.

		RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω									
		LAVADO 1		LAVADO 2		LAVADO 3		LAVADO 4		LAVADO 5	
PROBETA	HILO	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
		1	6,6	5,9	7,6	5,7	7,8	5,8	7,68	6,08	7,62
	2	6,5	5,7	7,2	6,1	7,5	6,05	7,31	6,36	7,51	6,09
	3	7,3	6,12	7,1	6,3	7,3	7,15	7,09	7,05	7,38	7,04
	4	7,7	6,19	6,3	7,02	6,2	7,3	6,9	7,1	6,7	7,19
	MEDIA	7,03	5,98	7,05	6,28	7,20	6,58	7,25	6,65	7,30	6,64
	Desviación típica	0,574	0,222	0,545	0,553	0,698	0,760	0,335	0,507	0,413	0,558
	Coefficiente de Variación	8,17%	3,72%	7,73%	8,80%	9,69%	11,56%	4,62%	7,63%	5,66%	8,40%

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

2.3. Resistencia a la abrasión.

Para hacer análisis del comportamiento de la conductividad eléctrica del tejido frente a la abrasión, se utilizó la norma ISO 12947-2. Textiles. Determinación de la resistencia a la abrasión con Martindale. Parte 2. Rotura de probeta.

Tabla 4. Conductividad después del proceso de abrasión.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TEJIDO FRENTE A LA ABRASIÓN				
CONDICIONES DE LA PRUEBA	NORMA ISO 12947-2	Número de ciclos : 7502		
	Medidas de las probetas: Diámetro de 3,8 mm	Tiempo: 3.20 horas		
PROBETA	RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω			
	INICIAL		FINAL	
	A	B	A	B
1	3,1	2,6	5,8	5,1
2	3,4	2,8	6,1	5,5
3	2,8	2,9	5,6	4,89
4	2,9	2,5	5,7	5,2
MEDIA	3,05	2,70	5,80	5,17
Desviación típica	0,265	0,183	0,216	0,254
Coefficiente de Variación	8,67%	6,76%	3,72%	4,90%

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

2.4. Resistencia a la Luz

Para hacer análisis del comportamiento de la conductividad eléctrica del tejido frente a la exposición de luz, se utilizó la norma ISO 105 BO2. Solidez del color la luz artificial: Prueba de la lámpara de desvanecimiento por arco de Xenón.

Tabla 54. Conductividad después del proceso de oposición a la luz.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TEJIDO FRENTE A LA EXPOSICIÓN DE LUZ				
CONDICIONES DE LA PRUEBA	NORMA ISO 105 BO2	Tiempo: 40 horas		
	Medidas de las probetas: Ancho 4 cm Largo 10 cm	Lámpara: Xenón con filtro óptico KG1		
	Temperatura: 36 °C	Humedad relativa: 45% RH		
PROBETA	RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω			
	INICIAL		FINAL	
	A	B	A	B
1	9,7	8,5	10,9	9,93
2	9,8	8,8	11,1	9,83
3	9,6	8,99	10,7	10,09
4	9,9	8,6	11,36	9,6
MEDIA	9,75	8,72	11,02	9,86
Desviación típica	0,129	0,218	0,282	0,205
Coefficiente de Variación	1,32%	2,49%	2,56%	2,08%

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

Adicional a la prueba de exposición a la luz realizada en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte usando la maquina Trufade se realizó una prueba de exposición directa del tejido a la luz solar durante 40 horas (no consecutivas). Los resultados obtenidos son los siguientes:

Inicial \rightarrow Hilo A 9,8 Ω ; Hilo B 8,26 Ω .

Final \rightarrow Hilo A 10,9 Ω ; Hilo B 9,5 Ω .

2.5. Elaboración de la Camiseta Inteligente

2.5.1. Diseño

En la figura 2 se presenta el diseño de la camiseta realizado en el programa Audaces Patrones donde se puede observar las diferentes piezas que lo conforman.



Figura 2. Patrón de la camiseta creado en Audaces Patrones.

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

El corte de las piezas delantero, espalda y mangas corresponde al tejido jersey polialgodón licrado, los vivos al tejido jersey de poliéster licrado y la franja al tejido conductor que será el cuerpo principal del circuito electrónico; por otro lado se requiere del uso de un no tejido llamado pelón con el fin de crear la caja contenedora de los componentes electrónicos (arduino y sensor) ubicados al interior de la camiseta en la sección izquierda superior del delantero.

En la tabla número 6 se presenta la ficha de confección y especificaciones técnicas de la camiseta inteligente.

Tabla 6. Ficha de confección.

FICHA DE CONFECCIÓN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO		CAMISETA	
DESCRIPCIÓN: Camiseta a dos colores, con aplique frutal, bolsillo interno y tejido			
DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES, MATERIALES E INSUMOS			
CANTIDAD	PARTES DE LA PRENDA	TIPO DE TEJIDO	COMPOSICIÓN
1	Delantero	Punto	Polialgodón Licrado
1	Espalda	Punto	Polialgodón Licrado
2	Mangas	Punto	Polialgodón Licrado
1	Conductor	Plano	CO-PES-LY- ACERO INOXIDABLE
5	Vivos	Punto	Pes 100%
1	Bolsillo interno	Punto	Polialgodón Licrado
ORDEN OPERACIONAL Y ESQUEMA DE COSTURA			
OPERACIONES		MÁQUINA	OBSERVACIONES /DESCRIPCIÓN
OPERACIONES DE PREPARACIÓN DE LA PRENDA	Unir tejido plano conductor al delantero de la camiseta	Overlock	La costura horizontal que une el delantero a la parte superior del tejido conductor se debe realizar a mano.
	Pespuntar tejido plano conductor y delantero de la camiseta	Recta	
	Amarar bolsillo	Recta	
OPERACIONES DE ENAMARTE	Unir hombros	Overlock	
	Pegar mangas	Overlock	
	Pegar vivo de escote	Overlock	
	Pegar vivos de mangas	Overlock	
	Pegar vivos de costados	Overlock	
	Cerrar costados	Overlock	
	Pespuntar vivos	Recta	
	Hacer dobladillo inferior de la camiseta	Overlock / Recta	
OPERACIONES DE TERMINACIÓN	Pegar pieza de velcro al interior de la camiseta	Manual	Arriba del tejido conductor en la posición requerida para alimentar la caja del circuito.
	Pegar bolsillo interno inferior al delantero	Recta	Hacer la costura por la parte interna de la camiseta.
	Pegar aplique frutal	Plancha	Pegar en el delantero cubriendo la zona del velcro.



Figura3. Vista del revés de la camiseta. Distribución de los componentes electrónicos.

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

2.5.2. Software-programación

Como software se requiere el uso del código serial creado por CarlosVolt Tutoriales mediante la plataforma arduino, dicha codificación permite la comunicación del sensor de ritmo cardiaco y la placa arduino. También es necesario el uso de la aplicación “PulsosCardiacos App” para smartphones desarrollada por el mismo creador donde se visualiza la lectura de las señales recolectadas por el sensor Amped.

El código y el enlace a la aplicación se encuentran en el siguiente link.

- <http://rogerbit.com/wprb/2018/02/visualizar-grafica-cardiaca-en-smartphone-con-cheapduino-y-sensor-de-pulsos/>

```
// Este ejemplo muestra un pulso de latido del corazón humano en directo.
// Se puede visualizar en "Serial Plotter" de arduino o en aplicación de APP inv
// Sonará un buzzer con cada latido de tu corazón.
// Esta es la señal directa del sensor de pulso.

// Variables
int buzzer = 11; // contiene los datos brutos entrantes. El valor de la
int pulso; // Determine qué señal "se contará como un latido"
int limite = 550;
void setup() {
  pinMode(buzzer,OUTPUT); //buzzer sonará al ritmo de tu corazón!
  Serial.begin(9600); // Configura la comunicación serial a 9600(depend
}
void loop() {
  pulso = analogRead(A0); // Lee el valor del pin analógico 0, y Asigna este val
  Serial.print(" "); //Este caracter lo filtra la aplicación en APP inventor
  Serial.println(pulso); // Envíe el valor de pulso al Plotter serial. Comentar si
  if(pulso > limite){ // Si la señal es superior a "55
    digitalWrite(buzzer,HIGH);
  } else { // De lo contrario, deja de sonar
    digitalWrite(buzzer,LOW);
  }
  delay(35);
}
```

Figura 4. Código fuente de visualización ritmo cardiaco para plataforma Arduino

Fuente: (CarlosVolt Tutoriales, 2018)

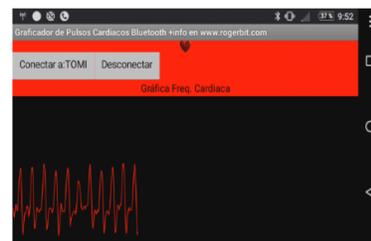


Figura 5.2 Pantalla de la aplicación "Pulsos Cardiacos"

Fuente: (CarlosVolt Tutoriales, 2018)

El código de la figura 4 fue modificado para poder ser usado con Arduino UNO, para lo cual se usó la plataforma arduino 1.6.7

En las figuras 6 se observa las adaptaciones que requirió el código citado anteriormente para poder ser cargado en las placas Arduino UNO. En el momento que el código compila se comprueba que se encuentra libre de errores y puede ser cargado en las placas mediante un cable serial



Figura 3. Código modificado de (CarlosVolt Tutoriales, 2018) para usar con Arduino UNO

3. Resultados

Tabla 7. Resultados Globales: Relación longitud-resistencia eléctrica.

LONGITUD cm	RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω				Ω /cm
	HILO A	HILO B	MEDIA A y B	DIFERENCIA A y B	
3,8	3,01	2,76	2,89	0,25	0,76
10	9,77	8,76	9,27	1,01	0,93
20	18,74	17,81	18,28	0,93	0,91
35	31,44	30,48	30,96	0,96	0,88
PROMEDIO	15,74	14,9	//////	0,79	0,87
				5,003%	

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

Tabla 8. Resultados Globales: Relación lavado-resistencia eléctrica.

		RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω							
		INICIAL		FINAL		PERDIDA DE RESISTENCIA			
		A	B	A	B	A	B	MEDIA	%
LAVADO	1			7,03	5,98	2,86	2,91	2,89	30,74
	2			7,05	6,28	DIFERENCIA DEL VALOR MAS ALTO ENTRE EL VALOR MAS BAJO		HILO A 0,27 HILO B 0,66	
	3	9,89	8,89	7,2	6,58				
	4			7,25	6,65	MEDIA 0,46			
	5			7,3	6,64				
MEDIA			9,39						

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

Tabla 95. Resultados Globales: Relación abrasión y exposición a la luz-resistencia eléctrica.

		RESISTENCIA ELÉCTRICA Ω								
		INICIAL			FINAL			AUMENTO DE RESISTENCIA		
		HILO	A	B	MEDIA	A	B	MEDIA	VALOR	%
PRUEBA	ABRASIÓN	3,05	2,7	2,88	5,8	5,17	5,49	2,61	90,78	
	EXPOSICIÓN A LA LUZ	LAMPARA DE XENÓN	9,75	8,72	9,24	11,02	9,86	10,44	1,205	13,05
		LUZ SOLAR	9,8	8,26	9,03	10,9	9,5	10,20	1,17	12,96

Elaborado por: (Cachimuel, 2018)

4. Conclusiones

- 4.1. Para la elaboración del cuerpo de la camiseta inteligente se requirió el uso del tejido jersey de polialgodón licrado de 438 gr/m^2 debido a que tiene una excelente flexibilidad, elongación y estabilidad a la hora de sostener el peso del circuito electrónico y de dar soporte al tejido conductor evitando que este se doble o se estire innecesariamente, además se amolda al cuerpo del portador brindando el ajuste necesario para que el sensor permanezca en contacto con la piel en todo momento.
- 4.2. La resistencia eléctrica del tejido conductor es igual a $0,87\Omega$ por cada centímetro del mismo (VER TABLA N°7), por lo tanto la resistencia eléctrica es directamente proporcional al aumento de longitud del tejido conductor e inversamente proporcional a la conductividad.
- 4.3. Existe una diferencia del valor de resistencia eléctrica de $0,79 \Omega$ del hilo B (polo negativo) con respecto al hilo A (polo positivo), por lo cual el hilo B (-) se comporta $5,003\%$ mejor conductor que el hilo A (+). (VER TABLA N°7).
- 4.4. Para la realización de la prueba de resistencia del tejido conductor al lavado se siguieron las condiciones de prueba especificadas en la norma: AATCC 61-2007. Resistencia al Lavado: Acelerado (VER ANEXO N°2), donde se especifica que cada lavado bajo esta normativa simula un total 5 lavados caseros a mano; en total cada probeta fue sometida a 5 lavados en las mismas condiciones (VER TABLA N° 16), por lo que se concluye que la camiseta puede ser usada y lavada por al menos 25

veces garantizando la conductividad de electricidad siempre y cuando el lavado sea ligero y a mano.

- 4.5. La resistencia eléctrica del tejido conductor aumenta cuando es sometido a la abrasión directa, en la prueba realizada en la máquina MiDi-Martindale de 5 cabezales marca James Heal en la que el tejido fue sometido a 7502 ciclos el valor de la resistencia eléctrica aumenta de 2.88Ω a 5.49Ω , es decir que pierde el $90,78\%$ de su conductividad. (VER TABLA N° 9).
- 4.6. Después de someter al tejido conductor a la exposición de la luz de Xenón durante 40 horas se evidencia una pérdida de la conductividad en $13,05\%$, lo mismo sucede con la exposición directa a la luz solar perdiendo un $12,96\%$ de la conductividad. (VER TABLA N° 9).

5. Recomendaciones

- 5.1. Se recomienda que al momento de ensamblar el circuito electrónico los hilos conductores A y B que servirán como extensión de los polos positivo y negativo nunca entren en contacto, debido a que se produce un cortocircuito quemando los hilos y dejándolos obsoletos, esto es debido a que los hilos conductores son semejantes a cables sin aislante.
- 5.2. Con la finalidad de reducir la tensión en los bordes del tejido conductor al momento de unirlo al delantero de la camiseta, se recomienda agregar una pieza extra denominada vivo de costura la cual servirá como medio de tensión entre el tejido conductor y la camiseta.

- 5.3. Es necesario utilizar un no tejido llamado pelón para construir un contenedor del circuito electrónico que le brinde estabilidad y protección de tal manera que permita sujetarlo en la posición requerida al interior de la camiseta con la ayuda de velcro.
- 5.4. Se recomienda hacer estudios acerca del efecto que generan las cargas eléctricas en el cuerpo humano debido a que el tejido conductor se encuentra en contacto directo con la piel.
- 5.5. Durante el ensamblaje se debe tomar en cuenta que la costura horizontal que une el delantero a la parte superior del tejido conductor no debe ser realizada con ayuda de una máquinas de coser debido a que el paso directo de las agujas por el tejido provoca el rompimiento y seccionamiento de los hilos conductores cortando el paso de la corriente, por tal motivo se recomienda que la costura en esta zona específica se realice a mano.
- 5.6. Es necesario que la costura que une el tejido de punto y el tejido conductor se encuentre alejada al menos 10mm de los hilo conductores ya que la constante tensión que existe en dicha zona provocada por el uso de la prenda puede modificar la estructura del tejido y la posición de los hilos.

6. Referencias y Bibliografías

- 1) Acero. (8 de Septiembre de 2010). *Sensor optico*. Obtenido de Es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/josueacero/sensor-optico>
- 2) Alcoser, J. (2017). Tesis de pregrado. *Desarrollo de un wearable de monitoreo y detección de anomalías en la señal cardiaca a través de la comparación de una señal ECG y la utilización de tecnología bluetooth y plataformas de software y hardware libre para el cuidado de la salud cardiovascular*. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.
- 3) Aliatron. (2018). *Aliatron*. Obtenido de Sensor de Ritmo Cardiaco Amped: http://aliatron.pt/e-biz/product_info.php/products_id/1595/osCsid/gtb3
- 4) American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC). (2007). Método de prueba AATCC 61-2007. *Resistencia al lavado de color: Acelerado*.
- 5) Arias, J., Aller, M. Á., Arias, J., & Aldamendi, I. (2000). *Enfermería médico quirúrgico I*. Tebar.
- 6) Ávila, J., & Genescá, J. (1995). Fundamentos de la electricidad. En *Más allá de la herrumbre II*. . México: Fondo de cultura económica, S. A. Obtenido de Biblioteca Digital: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/079/htm/sec_4.htm.
- 7) Ayora, A. (12 de Septiembre de 2016). *Tejidos inteligentes: La tecnología detrás de las prendas*. Obtenido de Desnivel: <http://desnivel.com/material/noticias/tejidos-inteligentes-la-tecnologia-detras-de-las-prendas>.
- 8) Boix, O., Córcoles, F., & Sainz, L. (2009). *Tecnología eléctrica* (Vol. (2a. ed.)). Barcelona: Cano Pina. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortes/detail.action?docID=3226770>.
- 9) Carlos Volt Tutoriales. (4 de Febrero de 2018). *Visualizar gráfica cardíaca en smartphone con cheapduino y sensor de pulsos*. Obtenido de <http://rogerbit.com>:

- <http://rogerbit.com/wprb/2018/02/visualizar-grafica-cardiaca-en-smartphone-con-cheapduino-y-sensor-de-pulsos/>
- 10) CCM. (Junio de 2014). *Transmisión de datos: Introducción*. Obtenido de Creative Commons :
<http://es.ccm.net/contents/686-transmision-de-datos-introduccion>
 - 11) Cía, J. (4 de Febrero de 2015). *Tejidos inteligentes: Lilypad Arduino, el corazón de la ropa que 'piensa'*. Obtenido de BBVA:
<https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/tejidos-inteligentes-lilypad-arduino-el-corazon-de-la-ropa-que-piensa>
 - 12) Climent, C. (2008). *Smart Textiles: la moda puede esperar*.
 - 13) Conocimientos web. (4 de Octubre de 2013). *Conceptos dentro de la industria de la confección*. Obtenido de Conocimientos web:
<http://www.conocimientosweb.net/descargas/article269.html>
 - 14) Controltécnica . (2018). *Xenotest- Envejecimiento acelerado*. Obtenido de cts-clima.com: <https://www.cts-clima.com/es/envejecimiento-y-solidez-a-la-luz/xenotest.html>
 - 15) Corona, L., Abarca, G., & Carreño, J. (2014). *Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino* . México D.F.: Patria S.A de C.V.
 - 16) Díaz, J. (21 de Enero de 2016). *Placa Arduino UNO*. Obtenido de www.iescamp.es:
<http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
 - 17) Educaweb. (2018). *Diseñador de modas*. Obtenido de Educaweb:
<http://www.educaweb.com/profesion/disenador-moda-91/>
 - 18) Ekuatio. (2017). *Medidas de dispersión: Recorrido, desviación media, varianza y desviación típica*. Obtenido de <https://ekuatio.com/>:
<https://ekuatio.com/medidas-de-dispersion-recorrido-desviacion-media-varianza-y-desviacion-tipica/>
 - 19) Equipo Dsigno. (19 de Octubre de 2016). *Eagister*. Obtenido de <https://www.emagister.com/blog/tipos-diseno-moda/>
 - 20) Exteban. (15 de Abril de 2013). *Lo que hay que saber de las baterías*. Obtenido de WinTablet.com:
<http://wintablet.info/2013/04/lo-que-hay-que-saber-de-las-baterias/>
 - 21) Fernández, A., Piquer, J., Recio, R., & Torres, M. (Junio de 2008). *Presente y futuro de la I+D+i en el sector textil / Confección*. Talavera de la Reina: ASINTEC.
 - 22) Fernández, J., & Rodríguez, F. (2003). *Manual del técnico auxiliar de geriatría*. Sevilla: MAD, S.L.
 - 23) García, A. (Septiembre de 2015). *Qué es la conductancia y la conductividad*. Obtenido de Así funciona:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductancia/ke_conduct_2.htm
 - 24) García, J. (2014). *Fundamentos de Tecnología Eléctrica*. Madrid: Dextra. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?ppg=6&docID=3229441&tm=1521392386037>
 - 25) General, D. (15 de Enero de 2015). *Concepto de definición*. Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/disenao/>
 - 26) González, A. G. (20 de Mayo de 2015). *¿Qué es Arduino y para qué se utiliza?* Obtenido de Panamá Hitek:
<http://panamahitek.com/que-es-arduino-y-para-que-se-utiliza/>
 - 27) Gonzalez, R., & Zeitun, G. S. (2002). *Fundamentos de Ingeniería Eléctrica: Manual de Prácticas*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
 - 28) Heart Rhythm Society. (2013). Ritmo cardiaco rápido . *Heart Rhythm Society*.
 - 29) Hiper Shops. (Jueves 24 de Noviembre de 2016). *TodoSai2.0*. Obtenido de <https://todosai.com/blog/baterias-tipos-y-usos-b50.html>

- 30) ISO. (Septiembre de 2014). Solidez del color a la luz artificial: Prueba de la lámpara de desvanecimiento por arco de Xenon. *Textiles-Pruebas de solidez del color - Parte B02*.
- 31) James Heal. (2017). *Martindale – James Heal*. Obtenido de James-heal.co.uk: <https://www.james-heal.co.uk/instrument/martindale/>
- 32) La Colonial. (26 de Enero de 2014). *Tejido a la plana y tejido de punto*. Obtenido de lacolonial.wordpress.com: <https://lacolonial.wordpress.com/2014/01/26/tejido-a-la-plana-y-tejido-de-punto/>
- 33) La Tela feliz. (14 de Abril de 2016). *¿Qué tipo de tela es punto de algodón o el algodón Jersey?* Obtenido de La Tela feliz: <http://www.latelafeliz.com/es/blog/56-que-tipo-de-tela-es-punto-de-algodon-o-el-algodon-jersey>
- 34) Lavado, F. (2013). *III. La Industria Textil y su Control de Calidad: Hilandería*.
- 35) Lavado, F. E. (2012). *IV. La industria textil y su control de calidad. Tejeduría*.
- 36) Lima, T. (23 de Marzo de 2018). Elaboración de un tejido conductor para la fabricación de un textil inteligente. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del norte .
- 37) MacGill, M. (21 de Enero de 2016). *Medical News Today*. Obtenido de *¿Qué es la frecuencia cardiaca? ¿Cuál es la normal?:* <https://www.medicalnewstoday.com/articles/291182.php>
- 38) MCI Electronics. (2018). *¿QUÉ ES ARDUINO?* Obtenido de Arduino Cl: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- 39) Modacasa. (28 de Mayo de 2015). *Resistencia de las telas. Test Martindale*. Obtenido de Modacasa.es: <http://www.modacasa.es/resistencia-de-las-telas-ciclos-martindale/>
- 40) Mujal, R. (2002). *Electrónica*. Barcelona: UPC Universidad Politècnica de Catalunya.
- 41) NTE INEN-ISO. (2013). *NTE INEN-ISO 12947-2. Textiles – determinación de la resistencia a la resistencia a la abrasión de los tejidos por el método de martindale*. Ecuador .
- 42) Pallás, A. (2007). *Instrumentos electrónicos básicos*. Barcelona: Marcombo.
- 43) Pallás, R. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona: Marcombo.
- 44) Pambaquishpe, L. (2017). Evolución de los textiles ultra inteligentes o de tercera generación. Ibarra.
- 45) Pla, J. (2016). Caracterización de sensores integrados en prendas textiles deportivas para la práctica del triatlón. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- 46) Ramírez, S. (14 de Julio de 2016). Obtenido de Autosoporte.com: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/449-que-puedes-medir-con-un-multimetro>
- 47) Rodríguez, F. (2006). *Técnicas y procedimientos del auxiliar geriátrico*. Sevilla: MAD, S.L.
- 48) Roldán, A. (2010). Textiles Inteligentes. *Revista de la Asociación de Autores Científico-Técnicos y Académicos*.
- 49) Rosero, E., Rosero, P., Pambaquishpe, L., Chamba, E., & Umaquina, A. (24 de Abril de 2017). Evolución de los textiles inteligentes: revisión de literatura. Ibarra, Ecuador.
- 50) Sánchez, J. R. (Abril de 2007). Los textiles inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil. España: Fundación Técnica Industrial.
- 51) Sinha, S. (2016). *Resistividad, resistencia específica*. Obtenido de Electrónica Unicrom: <https://unicrom.com/resistividad-resistencia-especifica/>

- 52) Syduzzaman, M., Patwary, S. U., Farhana, K., & Ahmed, S. (24 de Enero de 2015). Textiles inteligentes y nanotecnología: una visión general. *Journal of Textile Science & Engineering*.
- 53) Telas Perú. (2 de Marzo de 2015). *Jersey full lycra Pesada*. Obtenido de Telas Perú:
<http://www.telasperu.com/jersey-full-lycra-241/>
- 54) Telas Perú. (23 de Mayo de 2017). *Jersey Algodón Lycra, Lycra Fría*. Obtenido de Telas Perú:
<http://www.telasperu.com/jersey-algodon-lycra-lycra-fria-jersey-full-lycra/>
- 55) UTS Instruments. (02 de 08 de 2017). *¿Cuál es la prueba de abrasión Martindale y cómo realizarla?* Obtenido de Es.utstesters.com:
http://es.utstesters.com/blog/what-s-the-martindale-abrasion-test-and-how-to-perform-it_b4
- 56) Vera, C. (17 de Abril de 2010). *Patronaje Montessori*. Obtenido de <http://patronajemontessori.blogspot.com/2010/04/patronaje-industrial.html>
- 57) Wolf, S., & Smith, R. (1973). *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*. Kathleen Schiaparelli.

SOBRE LA AUTORA

Erika Karina Cachimuel Chanva. Nacida en la ciudad de Quito el 5 de enero de 1995, estudiante de la Carrera de Ingeniería Textil, en la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, obtuvo su título de bachiller en el Colegio particular “Presidente George Washington” en “Ciencias Generales” en la ciudad de Quito