



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**AUTORES:**

**ANDRÉS EDUARDO DÁVILA MIRANDA**

**BYRON PATRICIO TORRES MERINO**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE  
COMPUTACIÓN PORTÁTIL.”**

**DIRECTORA: ING. PAOLA LEÓN**

**CODIRECTOR: ING. ANÍBAL LÓPEZ**

**SANGOLQUÍ, DICIEMBRE DE 2014**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

**CERTIFICADO**

*ING. PAOLA LEO (DIRECTORA)*

*ING. ANÍBAL LOPEZ (CODIRECTOR)*

**CERTIFICAN:** Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACIÓN PORTÁTIL.”, fue realizado en su totalidad por Andrés Eduardo Dávila Miranda y Byron Patricio Torres Merino, y cumple con las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento Estudiantes de la Universidad De Las Fuerzas Armadas – ESPE.

*Sangolquí, Diciembre 2014*

---

**Ing. Paola León**  
**DIRECTORA**

---

**Ing. Aníbal López**  
**CODIRECTOR**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

**AUTORIA DE RESPONSABILIDAD**

*ANDRÉS EDUARDO DÁVILA MIRANDA*

*BYRON PATRICIO TORRES MERINO*

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACIÓN PORTÁTIL”, a sido desarrollado en base de una investigación exhaustiva, respetando el derecho intelectual de terceros, conforme como se encuentran en las citas que constan en las páginas correspondientes, cuya fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

*Sangolquí, Diciembre del 2014*

---

**ANDRÉS DÁVILA MIRANDA**

---

**BYRON TORRES MERINO**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros: ANDRÉS EDUARDO DÁVILA MIRANDA

BYRON PATRICIO TORRES MERINO

DECLARAMOS QUE:

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACIÓN PORTÁTIL.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

*Sangolquí, Diciembre del 2014.*

---

**Andrés Dávila Miranda**

---

**Byron Torres Merino**

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto en primer lugar a dios por guiarme en todos los momentos de mi vida,*

*A mis padres Carlos Dávila y Blanca Miranda, por darme siempre su apoyo incondicional y siempre confiar en mí, a pesar de las adversidades que se presentaron durante el camino.*

*A mi hermano Carlos Dávila, por darme sus consejos de vida que me ayudaron a madurar como persona y ser siempre ser mi mejor amigo.*

*Andrés Eduardo Dávila Miranda*

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto a Dios, que con su ayuda celestial me ha permitido cumplir una meta más de mi vida, cuando eh caído Dios siempre estuvo presente para levantarme en cada derrota en cada error.*

*Dedicado para mis padres Beatriz Merino y Miguel Torres que con su apoyo, con su esfuerzo, con su amor me han permitido alcanzar mi sueño y son mi motivación, me enseñaron a caminar en la vida y a no rendirme nunca para alcanzar mis metas. A mis hermanos Stalin y Romel por su incondicional motivación y apoyo, por brindarme siempre su amistad y sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles de mi vida.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios, a mis padres por ser siempre los pilares fundamentales para poder seguir adelante, a mis hermanos por apoyo incondicional en todo momento.*

*Agradezco a mi compañero de tesis y amigo Byron Torres por su paciencia y enseñanzas brindadas en este proyecto.*

*Agradezco a nuestros directores, Ing. Paola León e Ing. Aníbal López, quienes nos orientaron en el desarrollo del presente proyecto.*

*Agradezco al Ing. Hernán Lara, por la confianza brindada y las enseñanzas proporcionadas a lo largo de la vida universitaria.*

*Andrés Eduardo Dávila Miranda*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por permitirme vivir cada día para alcanzar mis metas, objetivos y sueños, por sacarme de los momentos más difíciles.*

*Agradezco a mis padres Beatriz Merino y Miguel Torres por todo el esfuerzo y sacrificio que realizaron para ayudarme a preparar y llegar a ser un profesional, por sus consejos que me ayudaron a fortalecerme como persona. A mis hermanos por siempre estar en los momentos alegres y tristes, siempre apoyándonos y dándonos ánimos para cumplir nuestros sueños y metas.*

*Agradezco al Ingeniero Hernán Lara por los conocimientos impartidos así como también por brindarnos su amistad.*

*Agradezco a mi amigo Andrés Dávila por su amistad por el esfuerzo que hizo para realizar y culminar el proyecto de Tesis, y mis amigas y amigos que me brindaron su amistad y apoyo en el duro camino de la Universidad.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACIÓN PORTÁTIL.” .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES. ....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. ÁREAS DE INFLUENCIA .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1 Objetivo General .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>7</b>
<b>1.6 ALCANCE. ....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 INTRODUCCIÓN A LAS FIBRAS CONDUCTORAS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 Fibras conductoras.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 MATERIALES IMPERMEABLES, TRANSPIRABLES Y RESISTENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1 Introducción a los Materiales impermeables y transpirables.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1.1 Impermeabilidad .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1.2 Transpirabilidad.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2 Tipos de materiales impermeables y transpirables.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2.1 Membranas Mecánicas: Funcionamiento por poros.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2.2 Membranas Químicas: Funcionamiento moléculas hidrofílicas.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 TEXTILES INTELIGENTES-ELECTRÓNICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1 Biotecnología textil.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.2 Nanotecnología en textiles .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.3 Tecnotextiles .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.4 Automoción textil .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE USO EN VESTIMENTAS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4.1 Traje con componentes electrónicos (Traje militar).....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.2 Forma de envío de información.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.3 Ejemplo de dispositivos en vestimentas.....</b>	<b>19</b>

<b>2.5</b>	<b>COMPUTACIÓN PORTÁTIL.</b>	<b>21</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Computación.</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Portátil.</b>	<b>21</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Conceptualización de computación portátil.</b>	<b>21</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Tipos de comunicación entre dispositivos electrónicos.</b>	<b>22</b>
<b>2.5.4.1</b>	<b>Comunicación Serial</b>	<b>22</b>
<b>2.5.4.2</b>	<b>Comunicación SPI</b>	<b>27</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Computación vestible portátil.</b>	<b>31</b>
<b>2.5.6</b>	<b>Módulo de lectura y escritura SD.</b>	<b>32</b>
<b>2.5.6.1</b>	<b>Tarjeta de almacenamiento SD.</b>	<b>32</b>
<b>2.5.6.2</b>	<b>Pines de conexión de la tarjeta SD.</b>	<b>33</b>
<b>2.5.6.3</b>	<b>Modo de funcionamiento de la tarjeta SD.</b>	<b>34</b>
<b>2.5.7</b>	<b>Diodos emisores de luz (LED).</b>	<b>35</b>
<b>2.5.8</b>	<b>Tipo de baterías recargables.</b>	<b>37</b>
<b>2.5.8.1</b>	<b>Baterías de almacenamiento de energía eléctrica.</b>	<b>37</b>
<b>2.5.8.2</b>	<b>Baterías de ion de Litio (Li-ion)</b>	<b>38</b>
<b>2.5.8.3</b>	<b>Baterías de polímero de ion de Litio (Li-Po).</b>	<b>38</b>
<b>2.6</b>	<b>MÓDULO GPS.</b>	<b>39</b>
<b>2.6.1</b>	<b>GPS.</b>	<b>39</b>
<b>2.6.1.1</b>	<b>Latitud.</b>	<b>40</b>
<b>2.6.1.2</b>	<b>Longitud.</b>	<b>40</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Estándar NMEA.</b>	<b>40</b>
<b>2.6.2.1</b>	<b>Introducción NMEA</b>	<b>40</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Hardware del Módulo GPS.</b>	<b>41</b>
<b>2.7</b>	<b>MÓDULO GSM.</b>	<b>42</b>
<b>2.7.1</b>	<b>GSM.</b>	<b>42</b>
<b>2.7.1.1</b>	<b>SMS.</b>	<b>42</b>
<b>2.7.1.2</b>	<b>Tarjeta SIM</b>	<b>42</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Comandos HAYES</b>	<b>43</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Hardware del módulo GSM.</b>	<b>44</b>
	<b>CAPÍTULO 3.</b>	<b>46</b>
<b>3.</b>	<b>DISEÑO MECATRÓNICO.</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>SELECCIÓN DE MATERIALES MECÁNICOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.</b>	<b>46</b>

3.1.1	<b>Materiales impermeables.....</b>	46
3.1.2	<b>Conductores eléctricos sólidos y conductores eléctricos por fibras.....</b>	50
3.1.2.1	<b>Conductores eléctricos sólidos.....</b>	50
3.1.2.2	<b>Conductores eléctricos por fibras.....</b>	51
3.2	<b>SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DEL CONTROL.....</b>	56
3.2.1	<b>Sistema de control.....</b>	56
3.2.2	<b>Selección del controlador del sistema de control.....</b>	58
3.2.3	<b>Selección de los sensores del sistema de control.....</b>	64
3.3	<b>DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....</b>	65
3.3.1	<b>Selección del módulo GSM.....</b>	65
3.3.1.1	<b>Circuito eléctrico entre el módulo GSM y el controlador LilyPad Arduino.....</b>	71
3.3.2	<b>Selección del módulo GPS.....</b>	73
3.3.2.1	<b>Circuito eléctrico entre el modulo GPS y el controlador Lilypad Arduino.....</b>	75
3.3.3	<b>Selección del módulo de lectura y escritura SD.....</b>	76
3.3.3.1	<b>Circuito eléctrico entre el módulo de lectura y escritura SD y el controlador LilyPad Arduino.....</b>	78
3.3.4	<b>Selección de los conectores.....</b>	79
3.3.4.1	<b>Circuito entre los conectores y el controlador LilyPad.....</b>	80
3.3.5	<b>Circuito Eléctrico y electrónico con los componentes seleccionados del prototipo.....</b>	81
3.4	<b>DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE FUENTE DE ENERGÍA PORTÁTIL.....</b>	84
3.5	<b>DISEÑO DEL SOFTWARE NECESARIO.....</b>	86
3.5.1	<b>Desarrollo del Software.....</b>	87
	<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>94</b>
4.	<b>CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>94</b>
4.1	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE CHALECO ERGONÓMICO.....</b>	94
4.2	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS AL CHALECO DE FORMA ESTRATÉGICA.....</b>	97
4.3	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....</b>	100
4.4	<b>PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....</b>	103

<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>109</b>
<b>5. ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>109</b>
<b>5.1 DESARROLLO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS. ....</b>	<b>109</b>
<b>5.2 PRUEBA Y RESULTADOS DE MATERIALES DE FIBRAS CONDUCTORAS. ....</b>	<b>109</b>
<b>5.3 PRUEBA Y RESULTADOS DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. ....</b>	<b>113</b>
<b>5.4 PRUEBA Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL.....</b>	<b>114</b>
<b>5.5 PRUEBA DE ERGONOMÍA Y FUNCIONAMIENTO DEL CHALECO. ....</b>	<b>115</b>
<b>5.5.1 Prueba de ergonomía. ....</b>	<b>115</b>
<b>5.5.2 Prueba de visualización. ....</b>	<b>116</b>
<b>5.5.3 Prueba de ubicación del prototipo. ....</b>	<b>120</b>
<b>5.5.4 Prueba de impermeabilidad. ....</b>	<b>122</b>
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>124</b>
<b>6. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO. ....</b>	<b>124</b>
<b>6.1 VIABILIDAD TÉCNICA. ....</b>	<b>124</b>
<b>6.1.1 Factores de diseño. ....</b>	<b>124</b>
<b>6.1.1.1 Funcionales. ....</b>	<b>124</b>
<b>6.1.1.2 Estéticos.....</b>	<b>124</b>
<b>6.1.1.3 Ergonómicos. ....</b>	<b>125</b>
<b>6.1.2 Factores de proceso. ....</b>	<b>125</b>
<b>6.1.2.1 Materias primas.....</b>	<b>125</b>
<b>6.1.2.2 Requerimientos de energía y modalidad.....</b>	<b>125</b>
<b>6.1.2.3 Medios disponibles y adquisiciones necesarias.....</b>	<b>125</b>
<b>6.1.2.4 Gestión de la calidad. ....</b>	<b>126</b>
<b>6.2 RENTABILIDAD ECONÓMICA. ....</b>	<b>127</b>
<b>6.2.1 Costos.....</b>	<b>127</b>
<b>6.2.1.1 Precio de Venta.....</b>	<b>129</b>
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>133</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>133</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>7.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>134</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de funcionamiento del prototipo de chaleco inteligente. ....	2
Figura 2: Agentes de tránsito dirigiendo la movilidad. ....	3
Figura 3: Agente de tránsito haciendo señales de mano. ....	3
Figura 4: Distribución de los viajes por tipo de transporte. ....	4
Figura 5: Números de viajes en BiciQ (promedio semanal). ....	5
Figura 6: Siniestros por causas probables a nivel nacional 2013. ....	5
Figura 7: Fibras conductoras e hilo conductor. ....	9
Figura 8: Textiles impermeables. ....	11
Figura 9: Textiles transpirables. ....	12
Figura 10: Funcionamiento de tejido impermeable y transpirable. ....	13
Figura 11: Automoción textil. ....	16
Figura 12: Traje militar con tecnología electrónica. ....	17
Figura 13: Estructura de una camiseta inteligente. ....	18
Figura 14: Forma de envío de información. ....	18
Figura 15: Luces indicadoras. ....	19
Figura 16: Zapatos con conexión bluetooth. ....	20
Figura 17: Reloj con funcionalidad de computadora. ....	20
Figura 18: Chompa con pulsadores. ....	21
Figura 19: Placa de computadora Raspberry pi. ....	22
Figura 20: Tren de bits en una comunicación serial asíncrona. ....	24
Figura 21: Tren de bits en una comunicación serial síncrona. ....	24
Figura 22: Comunicación serial asíncrona. ....	27
Figura 23: Proceso desplazamiento de datos de forma paralela y serial. ....	28
Figura 24: Proceso de desplazamiento de datos en un registro de desplazamiento. ..	28
Figura 25: Proceso de desplazamiento de datos en dos registro de desplazamiento. ..	29
Figura 26: Líneas de transmisión, de reloj y selección de Esclavo. ....	30
Figura 27: Conexión en paralelo de dispositivos esclavos. ....	31
Figura 28: Conexión en serie de dispositivos Esclavos. ....	31
Figura 29: Módulo de lectura y escritura SD. ....	32
Figura 30: Pines de conexión de la tarjeta SD. ....	33
Figura 31: Diodo Emisor de Luz (LED). ....	35
Figura 32: Diodo Led de alto brillo. ....	37

Figura 33: Batería de ion de litio de 4400 mAh.....	38
Figura 34: Batería de Litio de 1200 mAh. ....	39
Figura 35: Coordenadas Geográficas. ....	39
Figura 36: Flora Wearable Ultimate GPS Module.....	42
Figura 37: Módulo GSM.....	45
Figura 38: Esquema del módulo GSM.....	45
Figura 39: Pruebas de laboratorio de una tela impermeable y repelente. ....	47
Figura 40: Prendas resistentes al agua y transpirables. ....	47
Figura 41: Prenda aprueba al agua y transpirable. ....	48
Figura 42: Prendas aprueba al agua no transpirable.....	48
Figura 43: Cable unifilar. ....	51
Figura 44: Cable multifilar.....	51
Figura 45: Hilo conductor. ....	54
Figura 46: Sistema de control de lazo abierto.....	56
Figura 47: Controlador LilyPad. ....	61
Figura 48: Esquema LilyPad Arduino 328 Main Board. ....	62
Figura 49: Modulo FTDI FT232RL USB. ....	63
Figura 50: Pulsadores.....	64
Figura 51: Entradas y salidas del escudo GSM/GPRS.....	66
Figura 52: Selector de fuente de poder y conector de poder exterior. ....	67
Figura 53: Conexión de la antena de mástil.....	67
Figura 54: Configuración del escudo GSM/GPRS mediante software serial. ....	68
Figura 55: Configuración del escudo GSM/GPRS mediante hardware serial. ....	68
Figura 56: Power Key. ....	69
Figura 57: Contactos JP y pin 9. ....	69
Figura 58: Señal de habilitación del escudo GSM/GPRS.....	70
Figura 59: Zócalo para la tarjeta SIM. ....	70
Figura 60: Conexión del circuito eléctrico entre el módulo GSM y LilyPad Arduino. ....	72
Figura 61: Conexión entre el módulo GSM y el LilyPad Arduino.....	72
Figura 62: Modulo GPS. ....	74
Figura 63: Conexión del circuito eléctrico entre el módulo GPS y LilyPad Arduino	76
Figura 64: Conexión entre el módulo GPS y el LilyPad Arduino. ....	76

Figura 65: Modulo de lectura y escritura SD ARM MCU.....	77
Figura 66: Conexión del circuito eléctrico entre el módulo de lectura y escritura SD y LilyPad Arduino.....	79
Figura 67: Conexión entre el módulo de lectura y escritura SD y el LilyPad Arduino. ....	79
Figura 68: Plug invertido y el jack invertido. ....	80
Figura 69: Conexión del circuito eléctrico entre los conectores y LilyPad Arduino. ....	80
Figura 70: Circuito con todos los componentes eléctricos y electrónicos del prototipo. ....	82
Figura 71: Circuito con todos los componentes eléctricos y electrónicos del prototipo. ....	83
Figura 72: Acceso a un nuevo proyecto para hacer la aplicación. ....	88
Figura 73: Entorno de diseño de la interfaz de la aplicación para (SO) Android. ....	89
Figura 74: Entorno de programación por bloques de la aplicación para (S.O.) Android. ....	89
Figura 75: Bloque de programación MessengerReceived. ....	90
Figura 76: Bloque de programación para asociar a google maps ....	90
Figura 77: Aplicación para Android en ejecución. ....	91
Figura 78: Aplicación recibiendo información de la ubicación. ....	91
Figura 79: Visualización de la ubicación con los datos recibidos por SMS. ....	92
Figura 80: Configuración para la instalación del trackerpersonal.APK. ....	93
Figura 81: Bolsillo contenedor del circuito eléctrico-electrónico del chaleco inteligente. ....	94
Figura 82: Abertura para los leds amarillos y rojos. ....	95
Figura 83: Abertura para los leds verdes direccionales. ....	95
Figura 84: Aberturas para ingreso de los conductores desde los leds hacia el circuito eléctrico – electrónico. ....	96
Figura 85: Aberturas para ingreso de los conductores desde los leds hacia el circuito eléctrico – electrónico. ....	96
Figura 86: Prototipo de chaleco ergonómico implementación. ....	97
Figura 87: Implementación de las luces indicadores de dirección. ....	98
Figura 88: Circuito de las luces indicadoras de dirección implementado en el prototipo. ....	98

Figura 89: Implementación de las luces indicadores de paro y de precaución. ....	99
Figura 90: Circuito de las luces indicadores de paro y precaución implementado en el prototipo. ....	99
Figura 91: Guante de control con los pulsadores de activación de funciones .....	100
Figura 92: Guante de control y conectores plugs.....	101
Figura 93: Sistema de control. ....	102
Figura 94: Sistema de control implementado.....	102
Figura 95: Diagrama de flujo del sistema de control. ....	105
Figura 96: Diagrama de flujo del sistema de control. ....	106
Figura 97: Diagrama de flujo del sistema de control. ....	107
Figura 98: Diagrama de flujo del sistema de control. ....	108
Figura 99: Distancia de separación de las mordazas para del ensayo de tracción del hilo conductor.....	110
Figura 100: Escala para la medición de la fuerza de tracción.....	110
Figura 101: Pesas para la aplicación de la fuerza del ensayo. ....	111
Figura 102: Colocación del papel milimetrado y marcador para el ensayo de tracción.....	111
Figura 103: Estado del hilo luego del ensayo de tracción.....	112
Figura 104: Registro de la fuerza aplicada.....	112
Figura 105: Pesaje del prototipo. ....	116
Figura 106: Pesaje del prototipo sin el circuito de control.....	116
Figura 107: Intensidad luminosa de las luces color verde izquierdas a una distancia de 5m.....	117
Figura 108: Intensidad luminosa de las luces color verde derechas a una distancia de 5m.....	117
Figura 109: Intensidad luminosa de las luces color rojo a una distancia de 5m. ....	118
Figura 110: Intensidad luminosa de las luces color amarillo a una distancia de 5m.....	118
Figura 111: Intensidad luminosa de las luces color verde izquierda a una distancia de 100m.....	119
Figura 112: Intensidad luminosa de las luces color verde derecha a una distancia de 100m.....	119
Figura 113: Intensidad luminosa de las luces color rojo a una distancia de 100m. .	120

Figura 114: Intensidad luminosa de las luces color amarillo a una distancia de 100m.....	120
Figura 115: Accionamiento del pulsador para el envío de información hacia un teléfono celular.....	121
Figura 116: Visualización de la ubicación del chaleco en google maps.....	121
Figura 117: Colocación del tubo circular de forma perpendicular a la tela impermeable.....	122
Figura 118: Verificación si la tela impermeable es atravesada por agua.....	122
Figura 119: Resultado de la prueba de impermeabilidad.....	123
Figura 120: Diagrama de flujo del proceso de fabricación del chaleco inteligente.	127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pines del conector DB9.....	25
Tabla 2: Pines del conector DB25.....	25
Tabla 3: Pines de conexión de la tarjeta SD.....	34
Tabla 4: Propiedades Mecánicas del Acero AISI 316L.....	52
Tabla 5: Propiedades Físicas del Acero AISI 316L.....	52
Tabla 6: Características del hilo conductor manufacturado a partir de acero inoxidable AISI 316L.....	55
Tabla 7: Características LilyPad Arduino 328 Main Board.....	60
Tabla 8: Especificaciones del SIM900.....	66
Tabla 9: Consumo de energía de los dispositivos electrónicos.....	85
Tabla 10: Voltajes en los componentes eléctricos y electrónicos.....	113
Tabla 11: Tiempos del módulo GSM.....	114
Tabla 12: Tiempos del módulo GPS.....	114
Tabla 13: Pruebas del sistema de control.....	115
Tabla 14: Costos de materiales.....	128
Tabla 15: Tabla de costos de herramientas.....	129
Tabla 16: Riesgo país Ecuador 2014.....	130
Tabla 17: Inflación Ecuador 2014.....	131
Tabla 18: Tasas de interés pasivas efectivas promedio por instrumento.....	132

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1 Sentencias interpretadas del protocolo NMEA. ....	40
Cuadro 2 Principales comandos HAYES.....	43
Cuadro 3 Composición y usos de la tela Taslan Polyester. ....	49

## **ÍDICE DE ANEXOS**

ANEXO A: Manual de usuario y mantenimiento.

ANEXO B: Planos.

ANEXO C: Hoja de datos técnicos.

ANEXO D: Programa del controlador.

## RESUMEN

La Seguridad vial y mejoramiento de la movilidad en Ecuador tiene una gran problemática, una de las causas es que el chaleco reflectivo que utilizan en la actualidad los agentes de tránsito, solo permite la visualización y no presta toda la seguridad del caso, debido a que necesita de luz externa para ser visto, siendo limitado al ser un elemento indicativo y no ejercer ningún control de movilidad por lo que para solucionar en cierta parte se diseñara e implementara un prototipo de chaleco mediante computación portátil, que contará con distintos tipos de materiales, como fibras conductoras que fácilmente se puede acoplar a la vestimenta para realizar los circuitos eléctricos en el mismo y para el manejo de las distintas señales de tránsito así como la localización y envío de mensajes de emergencia se diseñará un guante controlador sujeto al chaleco que facilitara el simple manejo del mismo mediante sensores (pulsadores), las señales de tránsito de ir a la izquierda o derecha, de pare y de precaución serán visualizadas con leds de alto brillo, bajo consumo de energía, diseñados para vestimenta o e-textiles. La adquisición de las señales, manejo y control se realizará mediante un dispositivo microcontrolador diseñado para vestimentas y e-textiles denominado Lilypad de bajo consumo de energía el cual es fácil de programar mediante el IDE de arduino. Además este proyecto incluirá un módulo GPS que permite conocer la ubicación de los usuarios así como un módulo GSM que permitirá enviar mensajes de texto con la información de la posición del usuario.

**PALABRAS CLAVES: COMPUTACIÓN PORTATIL, FIBRAS CONDUCTORAS, E-TEXTILES, GPS, GSM, LILYPAD.**

## **ABSTRACT**

Road Safety and improving mobility in Ecuador has a problem, one of the reasons is that the reflective vest now used forwarding agents, only allows the display and does not provide any safety case because need external light to be seen, being limited to be indicative element and no control mobility so to fix some part design and implement a prototype vest using laptop computer, which will have different types of materials, as conductive fibers that can easily attach to clothing for electrical circuits in it and for the management of different traffic signs and the location and sending emergency messages glove controller attached to vest is designed to facilitate the simple operation thereof by sensors (buttons), traffic signals going to the left or right, stop, caution will be displayed with high brightness LEDs, low power consumption, designed for dress or e-textiles. The signal acquisition, management and control will be performed by a microcontroller device designed for e-textiles and garments called Lilypad low power consumption which is easily programmed using the Arduino IDE. Furthermore, this project will include a GPS module that allows the location of users and a GSM module that can send text messages.

**KEYWORDS: LAPTOP COMPUTER, CONDUCTIVE FIBER, E-TEXTILES, GPS, GSM, LILYPAD.**

## **CAPÍTULO 1**

### **1. “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CHALECO INTELIGENTE, PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACIÓN PORTÁTIL.”**

#### **1.1. Conceptualización del Proyecto.**

El chaleco inteligente para seguridad vial es un sistema compuesto por dispositivos electrónicos y leds de alto brillo diseñados para textiles inteligentes, de bajo consumo energético y sus circuitos eléctricos unidos mediante fibras conductoras. Posee un guante que controla las funciones del chaleco inteligente.

Las funciones que posee el chaleco son de la localización de las personas mediante un GPS y un módulo GSM, el almacenamiento de los datos de localización en una tarjeta SD, la función de alertar en caso de alguna emergencia y señales indicadoras para mejorar la movilidad del tránsito en general.

La activación de las funciones son enviadas al microcontrolador LilyPad mediante sensores on/off (pulsadores).

El software desarrollado para el prototipo se basa en programación realizada en el IDE (Interactive Development Environment - Entorno Interactivo de Desarrollo) de Arduino siendo un entorno de código abierto.

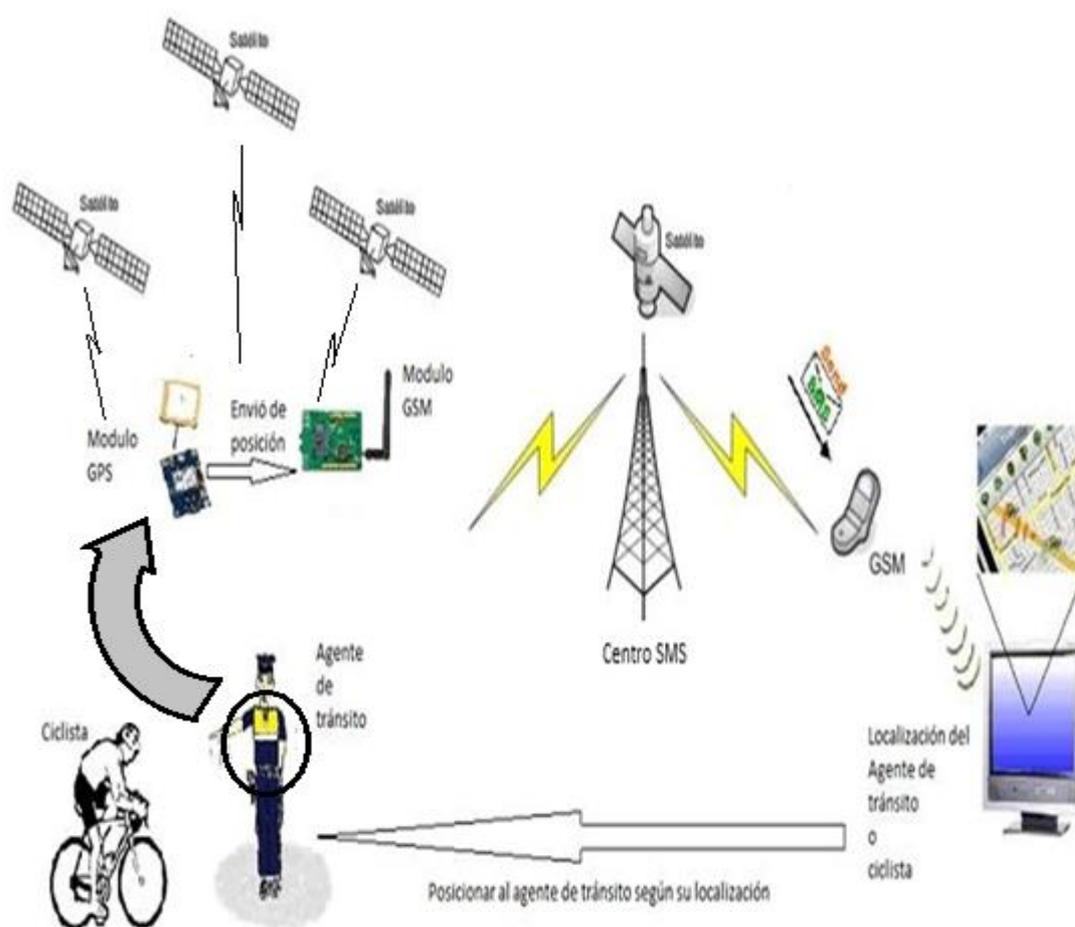


Figura 1: Ciclo de funcionamiento del prototipo de chaleco inteligente.

En el ciclo de funcionamiento en la figura 1, el agente de tránsito controla la movilidad mediante indicadores leds, el GPS recibe los datos de posición del usuario, se envía mediante GSM al centro de operaciones donde se utiliza los datos de ubicación para posterior reubicar a los agentes de forma estratégica en las calles de mayor congestión vehicular para mejorar la movilidad de tránsito y la seguridad vial.

## 1.2. Antecedentes.

Según el diario electrónico Extra, los agentes que dirigen el tráfico vehicular, ciclistas y motociclistas requieren de equipos de seguridad personal consistente en chalecos y otros. El chaleco reflectivo, solo permite la visualización y no presta toda la seguridad del caso, ya que necesita de luz externa para ser visto, siendo limitado al ser un elemento indicativo y no ejercer ningún control de movilidad.



Figura 2: Agentes de tránsito dirigiendo la movilidad.  
Fuente: (Diario Extra, 2013)

Las señales de mano y señales de tráfico para dirigir la movilidad no son suficientemente adecuados, sobre todo en la tarde y noche ya que los conductores de vehículos no pueden interpretar, ni visualizar de una forma correcta lo que el agente de tránsito trata de transmitir o los ciclistas o motociclistas con sus señales de tráfico como se muestra en la figura 2 y 3.



Figura 3: Agente de tránsito haciendo señales de mano.  
Fuente: (Diario la Hora, 2013)

Existen nuevos materiales tales como fibras conductoras combinado con plataformas de computación portátiles y accesibles, que han hecho posible unir variados tipos de vestimenta en conjunto de distintos componentes electrónicos denominados Textiles electrónicos (e-textiles), investigación desarrollada por Leah

Buechley profesora de ciencias y arte multimedia del MIT (Massachusetts Institute of technology).

El desarrollo de vestimentas inteligentes aún no tiene su auge, pero a futuro las personas utilizarán estos tipos de vestimentas en aplicaciones que van desde dirigir el tránsito y formas de mejorar la seguridad vial, hasta saber los signos vitales de los seres humanos, que serán monitoreados constantemente.

Según los datos estadísticos recolectados por el DMQ (Distrito metropolitano de Quito), en un día laborable promedio en Quito se produce 4.3 millones de viajes, de los cuales 84.4% son por modo mecanizado público (Transporte público general, escolar y de empresas) o privado (taxis y vehículos particulares), y solo un 15.6% se moviliza en modos no mecanizados es decir a pie o bicicleta como se muestra en la figura 4.

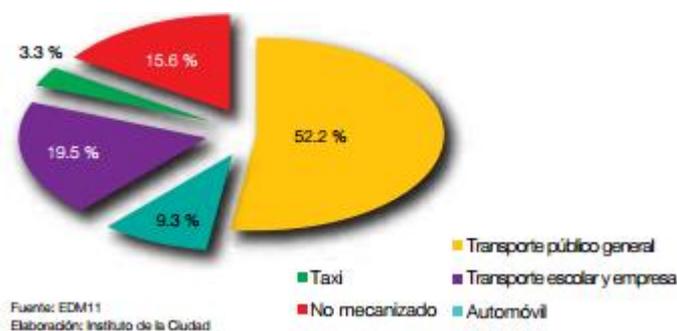


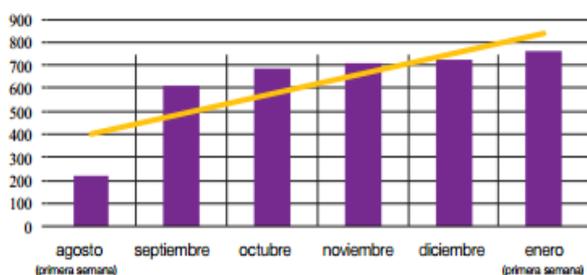
Figura 4: Distribución de los viajes por tipo de transporte.

Fuente: (Secretaría de movilidad, 2013)

BiciQ es un proyecto que presenta una alternativa rápida y económica para trayectos cortos dentro del perímetro urbano utilizando la bicicleta.

El sistema de BiciQ cuenta con 7425 usuarios registrados de los cuales 2563 están carnetizados y usando la red de bicicletas. Siendo el 34% de los usuarios mujeres y el 66% hombres. Respecto al sector residencial, se conoce que el 43% vive en el norte de la ciudad, seguido por el 38% que vive en el centro y finalmente el 19% que vive en el sur. El número de viajes en bicicleta en promedio semanal son de 1000 viajes en

días laborales y 273 en los fines de semana, la evolución de uso de bicicleta se observa en la figura 5.



Fuente: Secretaría de Movilidad  
Elaboración: Instituto de la Ciudad

Figura 5: Números de viajes en BiciQ (promedio semanal).  
Fuente: (Secretaría de movilidad, 2013)



Agencia  
Nacional  
de Tránsito

### SINIESTROS POR CAUSAS PROBABLES A NIVEL NACIONAL 2013

CAUSAS PROBABLES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL	%
CASOS FORTUITOS	30	24	24	23	21	35	30	38	38	263	1,36
CAUSAS EN PROCESO DE INVESTIGACIÓN	66	127	135	114	147	205	208	192	173	1.367	7,07
DAÑOS MECÁNICOS	28	31	29	36	24	34	35	46	31	294	1,52
EMBRIAGUEZ	187	168	167	169	188	176	144	163	176	1.538	7,96
EXCESO DE VELOCIDAD	217	142	146	188	144	141	139	147	164	1.428	7,39
IMPERICIA/IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR	1.165	1.126	1.013	1.076	1.036	1.085	1.048	1.139	1.168	9.856	50,99
IMPRUDENCIA DE LOS INVOLUCRADOS NO-CONDUCTORES	124	145	198	133	173	180	171	214	165	1.503	7,78
INVASIÓN DE CARRIL	37	37	37	35	27	38	27	31	50	319	1,65
MAL ESTACIONADO	2	3	1	2	2	1	1	4	2	18	0,09
NO RESPETAR LAS SEÑALES DE TRÁNSITO	171	137	107	199	182	151	172	179	177	1.475	7,63
OTRAS CAUSAS	23	29	225	99	30	21	18	31	151	627	3,24
PASAR SEMAFORO EN ROJO	18	23	79	-	96	139	131	156	-	642	3,32
<b>TOTAL</b>	<b>2.068</b>	<b>1.992</b>	<b>2.161</b>	<b>2.074</b>	<b>2.070</b>	<b>2.206</b>	<b>2.124</b>	<b>2.340</b>	<b>2.295</b>	<b>19.330</b>	<b>100</b>
%	10,70	10,31	11,18	10,73	10,71	11,41	10,99	12,11	11,87	100,00	

Figura 6: Siniestros por causas probables a nivel nacional 2013.  
Fuente: (DNCTSV-CTE-EMOV, 2013)

Como se puede observar en la figura 6 los siniestros por causas probables de accidentes a nivel nacional, por no respetar las señales de tránsito son de 1475 que representa un 7.63% del total de causas.

### **1.3. Justificación e importancia.**

En la actualidad la seguridad vial es ineficiente ya que se ha incrementado el número de vehículos motorizados en los últimos años aumentando el riesgo de accidentes y el tráfico vehicular, siendo la movilidad un tema de gran importancia para el desarrollo del buen vivir del Ecuador, por lo tanto para resolver este problema se plantea el uso de chalecos con implementación de computación portátil por parte de ciclistas, conductores de motocicletas y agentes de tránsito, de forma que este chaleco innovador y tecnológico permita una correcta visualización y fácil comprensión de señales de tránsito como el de pare y direccionales, ayudando a manejar el flujo de movilidad y evitar los accidentes.

El uso de tecnologías computacionales portátiles en prendas de vestir es un campo aún no explotado en todo el mundo, siendo éste un proyecto innovador el cual contribuye a la sociedad al resolver un problema que enfrenta en la actualidad en el Ecuador.

El manejo de computación portátil con el microcontrolador LilyPad se basa en una placa de bajo costo desarrollada en Estados Unidos en la universidad MIT (Massachusetts Institute of technology), por Leah Buechley y en cooperación diseñada con SparkFun. Cada LilyPad ha sido diseñado creativamente para tener buena conectividad con todos los contactos, permitiendo que sean cocidos dentro de la ropa con fibras conductoras inoxidables.

Posee Varias entradas y salidas, analógicas y digitales, un puerto de comunicación serial, conexión a fuentes de energía externa. Las características de este dispositivo son, ser robusto y puede ser lavable junto con la vestimenta que se encuentra unida.

Además el desarrollo de este prototipo de chaleco con tecnología portátil permitirá la localización de las personas mediante el uso de un módulo GPS y la información será transmitida mediante mensajes de texto con un módulo GSM, los datos de información de la ubicación del usuario serán utilizados para la mejora de la movilidad

vehicular reubicando a los agentes de tránsito en sitios estratégicos y también en casos de emergencias en accidentes de tránsito.

En la actualidad no existen industrias o empresas que se dediquen a la fabricación de vestimentas inteligentes y más aún vestimentas que logren mejorar la seguridad vial, por lo tanto este proyecto se direcciona a investigar la forma de emplear estas nuevas tecnologías para el buen vivir de los ecuatorianos.

#### **1.4. Áreas de Influencia**

El desarrollo de este proyecto poseerá influencia en el mejoramiento de la seguridad vial del Ecuador, disminuyendo los accidentes de tránsito, y mejorando la movilidad. Dado que se desarrollara un prototipo de chaleco con tecnología portátil que será de uso habitual y recurso necesario para la movilización y administración del tránsito de forma eficiente, permitiendo su localización y el aviso de alerta en caso de emergencias.

#### **1.5. Objetivos.**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un prototipo de chaleco inteligente, mediante fibras conductoras y módulos electrónicos portátiles, flexibles y resistentes al entorno, para seguridad vial.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar un modelo ergonómico para el chaleco.
- Seleccionar e implementar sistemas computacionales portátiles de bajo costo, bajo consumo energético y aplicado a la industria textil de forma que sean vestimentas inteligentes.

- Utilizar materiales de fibras conductoras para realizar los circuitos eléctricos en el chaleco y unir los distintos componentes.
- Utilizar dispositivos electrónicos para el GPS y GSM acordes al prototipo para garantizar la localización y la seguridad del usuario.
- Diseñar y construir guantes de control para el funcionamiento del prototipo de chaleco inteligente.

## **1.6 Alcance.**

El presente proyecto aborda el diseño e implementación de un prototipo de chaleco mediante computación portátil, que contará con distintos tipos de materiales, como fibras conductoras que fácilmente se puede acoplar a la vestimenta para realizar los circuitos eléctricos en el mismo, además se utilizará en el chaleco materiales como telas impermeables, resistentes al sol, a la humedad, al lavado y que sean cómodas para mejorar la ergonomía de su uso.

Para el manejo de las distintas señales de tránsito así como la localización y envío de mensajes de emergencia se diseñará un guante controlador sujeto al chaleco que facilitara el simple manejo del mismo mediante sensores (pulsadores), las señales de tránsito de ir a la izquierda o derecha, de pare y de precaución serán visualizadas con leds de alto brillo, bajo consumo de energía, diseñados para vestimenta o e-textiles. La adquisición de las señales, manejo y control se realizará mediante un dispositivo microcontrolador diseñado para vestimentas y e-textiles denominado Lilypad de bajo consumo de energía el cual es fácil de programar mediante el IDE de arduino.

Además este proyecto incluirá un módulo GPS que permite conocer la ubicación de los usuarios así como un módulo GSM que permitirá enviar mensajes de texto.

## CAPÍTULO 2

### 2. Fundamentos teóricos.

#### 2.1 Introducción a las fibras conductoras.

Las primeras fibras que se aplicaron con fines de conductividad eléctrica fueron para el uso de bombillas incandescentes mejoradas por Thomas Edison, al utilizar hilos de algodón carbonizados o la carbonización de fibras de bambú.

Los textiles que se usa en la actualidad en la vida cotidiana no contienen elementos eléctricos ni electrónicos pero con los continuos avances tecnológicos en la utilización de fibras conductoras en prendas de vestir proporcionaran signos vitales y otras variables que serán de mucha utilidad para todos los usuarios, además con el confort y ergonomía necesaria.

Bobina de Hilo conductor y una sección de la fibra conductora se muestra en la figura 7.

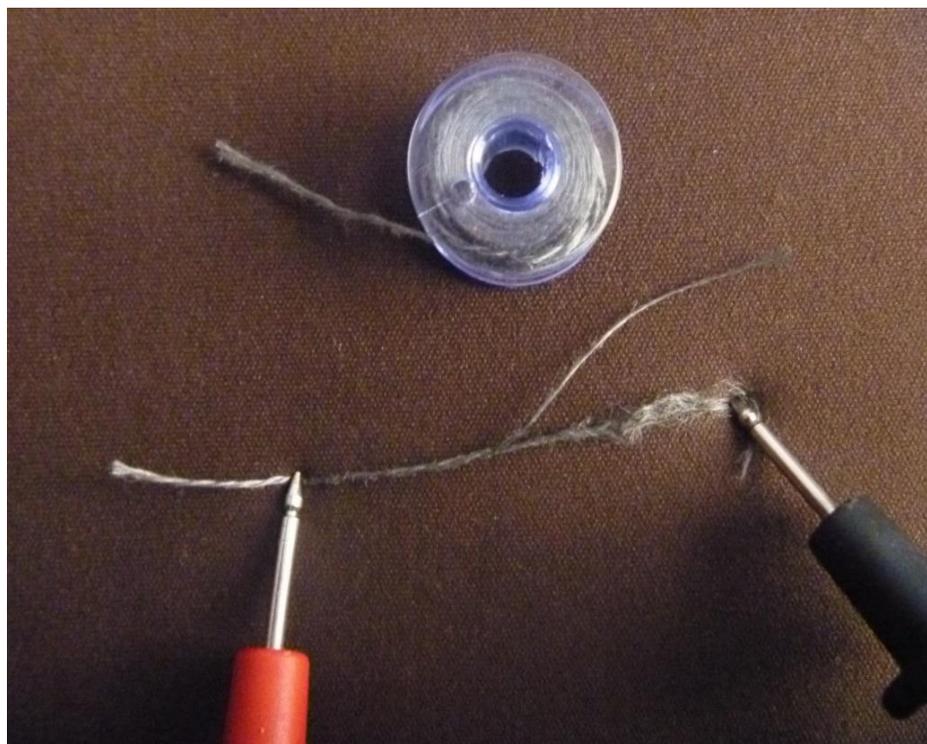


Figura 7: Fibras conductoras e hilo conductor.

### **2.1.1 Fibras conductoras.**

Las fibras conductoras son elementos flexibles que permiten conducir energía eléctrica y sus tejidos son compuestos de partes conductoras y no conductoras.

Los componentes conductivos son aquellos que permiten el fácil flujo de electrones como el oro, plata, níquel, cobre, aceros inoxidable entre otros, materiales que tienen un alto porcentaje de elongación para lograr de forma fácil, fibras y baja resistencia eléctrica para permitir una mejor conducción. Entre los componentes no conductivos están conformados de nylon, poliéster, algodón, pvc, etc., que no permiten el paso de energía eléctrica y tienen la característica de ser aislantes.

Al unir los dos componentes se tiene como resultado fibras conductoras, flexibles, ligeras, duraderas y con las características necesarias para realizar circuitos eléctricos en conjunto con las prendas de vestir.

Un aspecto muy importante es la consideración que la piel de los usuarios puede conducir energía eléctrica por tal motivo cuando se trabaje con fibras conductoras en proyectos de vestimentas inteligentes es muy importante restringir o aislar estos tejidos para evitar interferencias en las señales que reciben, procesan y transmiten los dispositivos electrónicos que están incorporados.

## **2.2 Materiales impermeables, transpirables y resistentes.**

### **2.2.1 Introducción a los Materiales impermeables y transpirables.**

Los materiales impermeables se utilizan para evitar el contacto directo con el agua o algún agente externo que se desee evitar, estos materiales se emplean en vestimentas de los bomberos, personas que se dedican actividades de seguridad, trabajadores de agroindustrias, personas que trabajan en la defensa civil, los buzos que se sumergen a grandes profundidades marinas, entre otros. Un complemento de estos textiles son los materiales térmicos, los cuales ayudan a mantener una temperatura corporal adecuada al usuario.

Muchos estudios se están realizando para mejorar la funcionalidad de materiales impermeables es decir que resistan temperaturas extremas, eviten algún tipo de filtración de líquido, soporte altas y bajas presiones.

El principal reto que tienen los ingenieros textiles es fusionar dos características muy opuestas entre si las cuales son: la impermeabilidad y la transpirabilidad, lo cual facilita que el tejido pueda evacuar el sudor de una persona hacia el exterior pero al mismo tiempo tenga la capacidad de no dejar entrar ningún fluido al interior de la textil. Los parámetros en los cuales se cuantifica estas dos características son: RET para transpirabilidad y Schmerber para impermeabilidad.

### **2.2.1.1 Impermeabilidad**

La impermeabilidad es la características que tienes diversos materiales textiles de no permitir el ingreso de fluidos.

La figura 8 muestra como las gotas de aguas no pueden atravesar un tejido con características impermeables.



Figura 8: Textiles impermeables.  
Fuente: (Focus Technology Co., 2014)

La impermeabilidad es la características que tienes diversos materiales textiles de no permitir el ingreso de fluidos.

Para determinar el grado de impermeabilidad se realiza la prueba Schmerberg o también denominado columna de agua, que consiste en colocar una columna de agua de 10 metros de longitud en un área de 1 cm<sup>2</sup> en un tejido y la norma que se aplica es la ISO 811:1981 que es la norma para determinar la resistencia a la penetración del agua en un tejido y de acuerdo a la norma es impermeable si la columna de agua supera los 15 metros de longitud.

### 2.2.1.2 Transpirabilidad

Los textiles transpirables permiten el paso de fluido de adentro hacia afuera de forma eficiente tal como se puede apreciar en la figura 9.

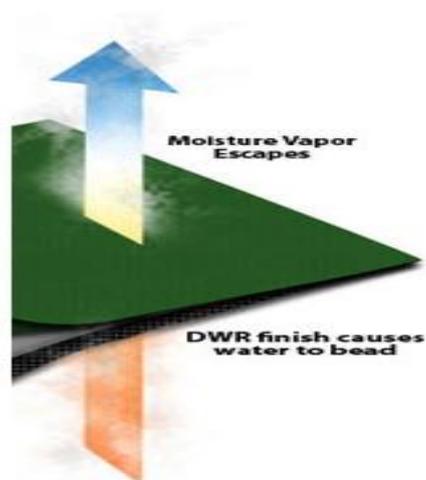


Figura 9: Textiles transpirables.  
Fuente: (Carrerasdemontana.com, 2012).

La transpirabilidad es la característica que tienen ciertos materiales textiles para que permita el paso de vapor de agua.

El grado de transpirabilidad de un material textil se mide según la norma ISO 11092:2014 que trata de la medida de la resistencia térmica y la resistencia al vapor de agua bajo condiciones de estado estable en materiales textiles.

Al aplicar la norma los resultados expresan en RET (Resistencia a la evaporación del textil). Las tasas de RET mide la energía necesaria para mover vapor de agua a través de una materia textil, de forma específica las pruebas por el método RET

indican los gramos de vapor de agua que pueden pasar en un tiempo determinado de 24 horas a través de una área transversal de tejido de  $0,258 \text{ m}^2$  a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$  y con condiciones climáticas de humedad de (40%) y un viento de fijo de 1 metro por segundo. Por lo tanto mientras más baja sea la tasa RET más transpirable será el material textil.

### 2.2.2 Tipos de materiales impermeables y transpirables

La forma de funcionamiento de un tejido impermeable y transpirable se basa en impedir el ingreso de agua hacia el interior y permitir la evacuación de fluido hacia el exterior como se muestra en la figura 10.

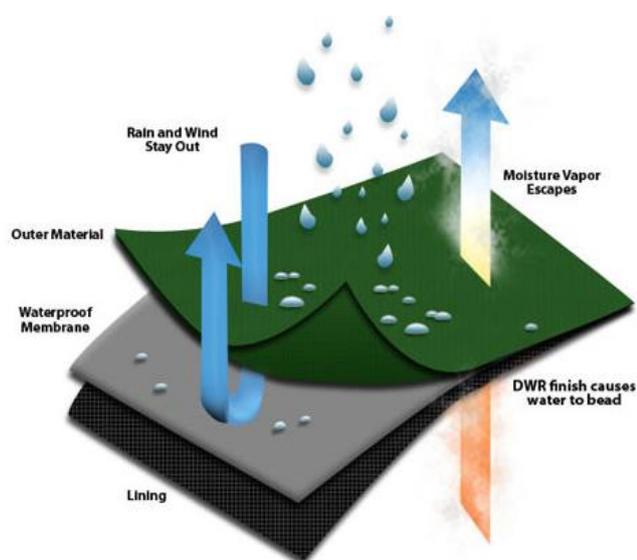


Figura 10: Funcionamiento de tejido impermeable y transpirable.  
Fuente: (Carrerasdemontana.com, 2012)

Los tipos de membranas que tratan de fusionar estas dos características con las membranas mecánicas y químicas.

#### 2.2.2.1 Membranas Mecánicas: Funcionamiento por poros.

Estos tejidos basan su impermeabilidad en utilizar en sus prendas agujeros muy pequeños, los cuales no dejan pasar agua en estado líquido, a pesar que la tensión

superficial se incremente y adicionalmente estas membranas son recubierta por un aislante denominado DWR, el cual es un repelente al agua.

Con respecto a la transpirabilidad, en este tipo de tejido los agujeros son lo suficiente grande para dejar pasar agua en forma de vapor desde el interior hacia el exterior.

#### **2.2.2.2 Membranas Químicas: Funcionamiento moléculas hidrofílicas.**

Estas membranas no tienen poros por lo tal motivo se garantiza que no penetre agua hacia el interior y también son revestidas por DWR.

Las moléculas hidrofílicas debido a un diferencial de temperatura y humedad relativa dejar pasar vapor de agua, es decir cuando el cuerpo humano sube de temperatura y el exterior tiene una temperatura menor se produce este fenómeno.

Entre los compuestos que tiene los materiales impermeables se destacan el PVC y el poliéster.

El policloruro de vinilo (PVC) es hecho de polimerización de monómero de cloruro de vinilo que hace que sea resistente al calor y a la luz y adicionalmente se incrementa su elasticidad, mientras el poliéster es un polímero de un éster, el cual es obtenido por condensación de diácidos orgánicos con polialcoholes por lo cual es altamente inflamable, resistente al moho y sobre todo mantiene su forma bajo fatiga física.

### **2.3 Textiles inteligentes-electrónicos.**

Los textiles inteligentes-electrónicos son tejidos que reaccionan inmediatamente de forma continua cuando son afectados, manipulados, modificados por un agente externo, para realizar una determinada función para la cual fueron creadas y también se sirve como medio de conexión entre distintos tipos de elementos eléctricos y electrónicos.

Para el desarrollo de este tipo de textiles se requiere que interactúen múltiples disciplinas como por ejemplo biotecnología, electrónica, biomecánica, ciencia de los materiales entre otros, cuyo propósito es crear una prenda poli funcional tenga un buen desempeño con el medio que le rodea ya sea en la arquitectura, industria de automoción, sanidad, el deporte, la actividad militar, protección laboral y en el hogar a través de la domótica.

Estas prendas como se encuentran en etapa de desarrollo requieren de un estudio para medir la vida útil.

Los principales textiles inteligentes son biotecnología textil, nanotecnología textil, tecnotextiles y automoción textil.

### **2.3.1 Biotecnología textil.**

Se trata del empleo de enzimas en el sector textil, son elementos biotecnológicos que presentan excelentes propiedades en procesos de acabado superficial de los tejidos lo que garantiza un buen ahorro energético por que trabajan a temperatura ambiente, tienen un valor de pH neutro y sus residuos son biodegradables. El proceso consiste en modificar las propiedades químicas de los tejidos a través de un proceso denominado “enzimático”, que se traduce a mejorar propiedades como: evitar el encogimiento después del lavado, resistencia al frío, humedad, fuego y principalmente la resistencia ante las bacterias.

### **2.3.2 Nanotecnología en textiles**

La nanotecnología en textiles se basa en la modificación interna de los materiales a nivel muy pequeño es decir en el orden de 1 a 100 mil millonésimas de metro, lo que permite crear tejidos más flexibles que son más resistentes, duraderos, no se arrugan, impiden el paso de agentes nocivos para la salud como las bacterias, el objetivo de este proceso es obtener prendas con un funcionamiento excepcional en diario vivir de las personas.

### 2.3.3 Tecnotextiles

Los tecnotextiles es el producto que resulta de la fusión entre la nanotecnología y la biotecnología textil para una aplicación específica, un ejemplo concreto son los hilos fotovoltaicos que sirven para acumular energía solar y transformarla en energía eléctrica. Las telas no tejidas es otro ejemplo, se las utiliza en el sector sanitario como gasas, vestuario quirúrgico, hilos de sutura, lencería hospitalaria, mallas implantables y prótesis.

### 2.3.4 Automoción textil

Son productos que se utilizan para modificar el aspecto exterior de un automóvil, porque son deformables y flexibles. Este tejido se puede levantar y modificar según las necesidades del usuario. Un producto que tiene estas características en el automóvil que se muestra en la figura 11.



Figura 11: Automoción textil.  
Fuente: (Roldán, 2012).

## 2.4 Componentes electrónicos de uso en vestimentas.

Los componentes electrónicos que se usan en las vestimentas son aquellos dispositivos electrónicos acondicionados para proporcionar una función específica en la prenda de vestir, dar mayor comodidad y seguridad al usuario para cual estos elementos deben poseer propiedades que resistan ambientes hostiles como temperatura, humedad y presión poco favorables.

Hace algunos años los diseños futuristas de ropa con componentes electrónicos solo eran bocetos que existían en la imaginación de pocas personas pero en la actualidad todo esto convirtió en realidad gracias a investigaciones y la ambición humana por mejorar cada día.

#### **2.4.1 Traje con componentes electrónicos (Traje militar).**

Traje que ha incorporado los avances tecnológicos al servicio militar, es una vestimenta que posee sensores en las manos para que el usuario pueda identificar si el agua es potable o no. Este traje también permiten enviar de información a través de dispositivos GSM, bluetooth y Wireless, pero lo más novedoso es la capacidad de adoptar la apariencia que le rodea es decir como un camaleón este función es gracias a que estos textiles estas fabricados con nanotecnología. La figura 12 indica un traje completo y terminado con las características antes mencionadas.



Figura 12: Traje militar con tecnología electrónica.  
Fuente: (Barrera, 2008)

Un tejido inteligente de componer de micrófono, fibra óptica, comunicador de datos, procesador de funciones, sensores y actuadores, estas cualidades se indican en la figura 13.

La estructura de una camiseta con componentes electrónicos es la siguiente para cualquier aplicación.

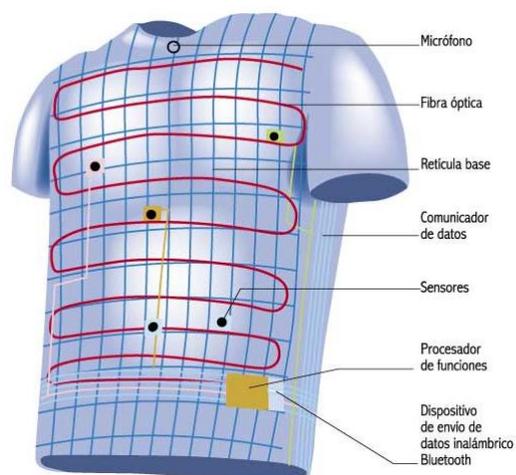


Figura 13: Estructura de una camiseta inteligente.  
Fuente: (Barrera, 2008)

#### 2.4.2 Forma de envío de información.

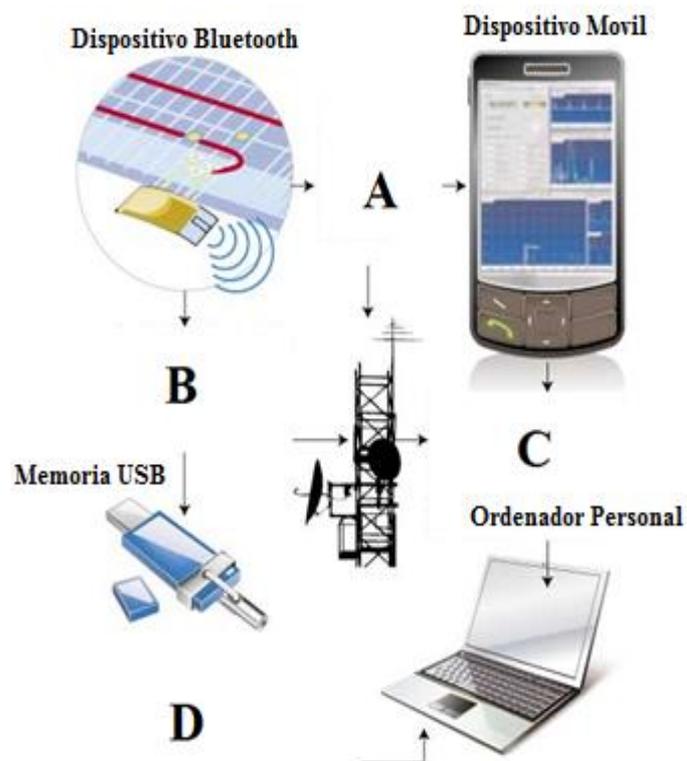


Figura 14: Forma de envío de información.  
Fuente: (Barrera, 2008)

La figura 14 describe la forma de enviar los datos desde diversos dispositivos para cualquier aplicación.

A: La información se transmite vía bluetooth de forma directa desde el dispositivo Bluetooth hacia el dispositivo Móvil.

B: También la información se puede transmitir a las centrales de comunicación satelital y una memoria USB.

C: Una vez que la información se encuentre en un teléfono móvil o en una central, se transmite mediante Wireless hacia un ordenador para que la procese.

D: La información guardada en la memoria USB, se descarga en el ordenador.

### 2.4.3 Ejemplo de dispositivos en vestimentas.

- Luces Indicadores.

Las luces indicadoras tienen bastantes aplicaciones entre las cuales se destaca la función de alerta cuando un peatón cruce por una calle, como se puede apreciar en la figura 15.



Figura 15: Luces indicadoras.  
Fuente: (Vilchez, 2012).

- Zapatos con conexión bluetooth

Una característica novedosa es la utilización de conexión bluetooth posee un zapato para transmitir poca información. La figura 16 indica esquemáticamente este nuevo producto.



Figura 16: Zapatos con conexión bluetooth.  
Fuente: (Vilchez, 2012)

- Reloj con funcionalidad de una computadora.

Un accesorio que se usa con frecuencia es un reloj, y los avances tecnológicos le han incorporado múltiples funciones como: conexión bluetooth, wifi, reproductor MP4, todas las características para que sea lo más parecido a un ordenador, tal como se indica en la figura 17.



Figura 17: Reloj con funcionalidad de computadora.  
Fuente: (Vilchez, 2012)

- Chompa con pulsadores.

La implementación de botones-pulsadores en una chompa a significador un incremento de las funciones que puede tener esta prenda, ya que se puede añadir bastantes botones-pulsadores para las necesidades que cualquier usuario tiene, tal como se muestra en la figura 18 en la cual se tiene 5 botones-pulsadores.



Figura 18: Chompa con pulsadores.  
Fuente: (Vilchez, 2012)

## **2.5 Computación portátil.**

### **2.5.1 Computación.**

Es la ciencia que hace posible el manejo y procesamiento de información de forma autónoma mediante dispositivos electrónicos y herramientas de programación para realizar cálculo matemático de los datos.

### **2.5.2 Portátil.**

Que es fácil de trasladar de un lugar a otro sin ningún inconveniente.

### **2.5.3 Conceptualización de computación portátil.**

Son dispositivos electrónicos que se pueden transportar de una forma fácil, poseen entradas y salidas y sirven para procesar, calcular y manejar la información de una manera adecuada mediante la utilización de herramientas de programación.

Un ejemplo de dispositivo electrónico de computación portátil como el microordenador Raspberry pi, es una placa computadora de bajo costo desarrollada en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, con el objetivo de la enseñanza de ciencias de la computación. El dispositivo está diseñado con un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz, un procesador gráfico (GPU) Video Core IV y 512 MB de memoria RAM, para

almacenamiento de datos permanentes utiliza tarjetas SD. El dispositivo Raspberry pi es pequeño, liviano, fácil de transportar y de bajo consumo energético. La figura 19 muestra las características de esta computadora.

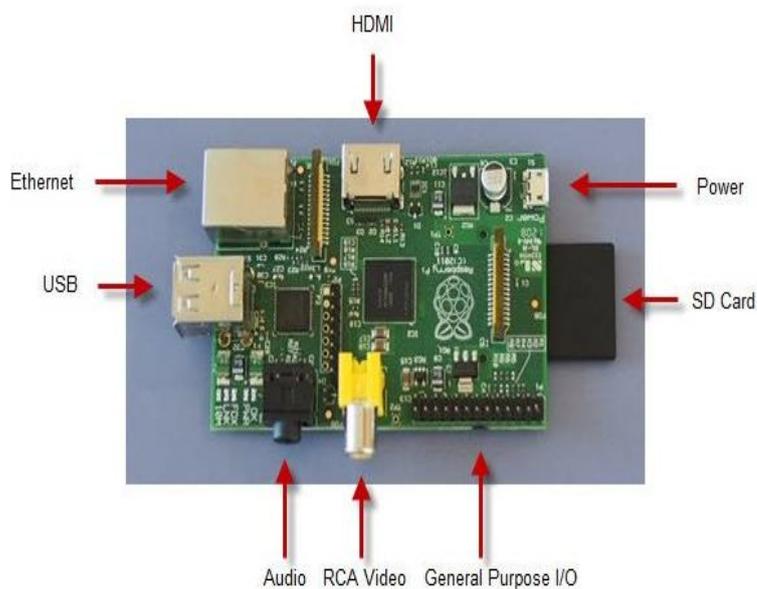


Figura 19: Placa de computadora Raspberry pi.  
Fuente: (Raspberry Pi, 2014)

## 2.5.4 Tipos de comunicación entre dispositivos electrónicos.

### 2.5.4.1 Comunicación Serial

La comunicación serial es un tipo de comunicación que se usa para establecer intercambio de información digital entre dispositivos, en la cual los datos se transmiten uno a continuación de otro desde el dispositivo emisor hacia el dispositivo receptor, lo que quiere decir que tiene un orden, primero se envía un dato y después otro dato, debido a esta forma de transmisión se considera a esta comunicación como lenta en comparación con otros tipos de comunicación como por ejemplo la paralela, donde los datos se transmiten en forma simultánea.

En la información transmitida, los datos están en formato binario, es decir solo hay dos posibles estados, el “0” lógico y el “1” lógico, el conjunto de bits es lo que se conoce como tren de bits porque cada bit viaja uno detrás de otro, ya sea de forma asíncrona o síncrona y el medio físico por el cual hay flujo de información se denomina

conductor eléctrico bus serial. Cuando se transmiten datos hay que esperar que todos los datos se hayan enviado para poder recibir nuevos ya por lo general solo se dispone de una sola línea de transmisión, pero si existe una línea exclusiva para enviar datos y otra línea para recibir, entonces si se puede enviar y recibir datos al mismo tiempo.

La comunicación serial asíncrona se refiere cuando los datos se transfieren de forma continua con una velocidad de transmisión ya previamente establecida entre el receptor y el emisor, esta velocidad se la mide en baudios y significa la cantidad de bits que se transfieren en 1 segundo, el valor más frecuente es de 9600 baudios.

La comunicación serial síncrona se basa en transmitir los datos cada vez que una señal se active, a esta señal se la conoce como señal de reloj.

#### **2.5.4.1.1 Estructura de un tren de bits de una señal serial asíncrona.**

Un tren de bits está formado por 7 u 8 bits, que usualmente se los nombra como caracteres, porque cada grupo de bits representa una letra del alfabeto cuando se lo codifica en ASCII, adicional a estos bits se tiene otros bits para determinadas funciones.

El primer bit enviado es el “START”, cuya función es iniciar la comunicación, después se envían los bits de datos, los cuales son lo que contiene la información útil que se desea transmitir. A continuación el bit de paridad que es un bit opcional, se lo emplea para identificar errores en la transmisión, si tiene, si un valor de “1” lógico significa que la paridad es impar y la suma de todos los “1s” deber ser igual a un número impar pero si tiene un valor de “0” lógico significa que la paridad es par y la suma de todos los “0s” deber ser igual a un número par. Finalmente se envía el bit “STOP”, el cual finaliza la transmisión, en la figura 20 se puede visualizar este proceso.

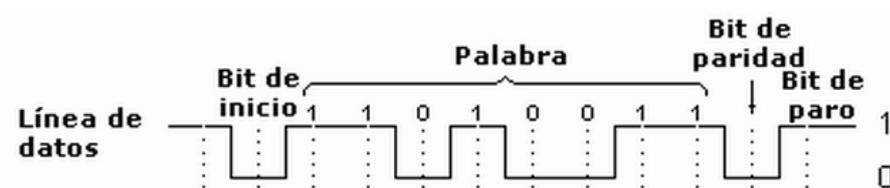


Figura 20: Tren de bits en una comunicación serial asíncrona.  
Fuente: (Bermudez, 2014)

#### 2.5.4.1.2 Estructura de un tren de bits de una señal serial síncrona.

Es igual a la comunicación serial asíncrona pero con la diferencia que para transmitir los datos se debes esperar que una señal se reloj de la orden tal como se puede ver en la figura 21.

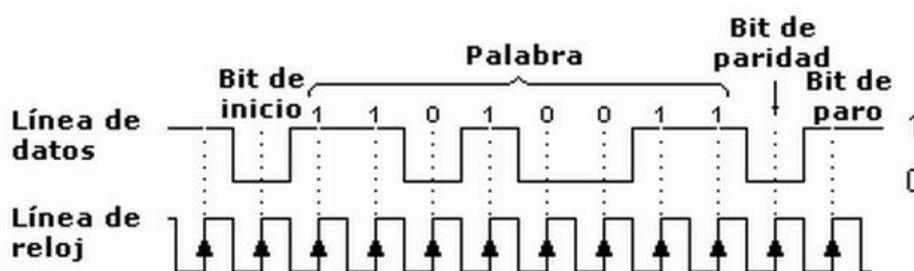


Figura 21: Tren de bits en una comunicación serial síncrona.  
Fuente: (Bermudez, 2014).

#### 2.5.4.1.3 Conexiones físicas de la comunicación serial.

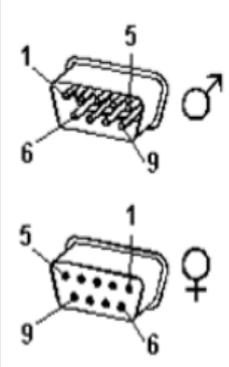
Para conectar físicamente a los dispositivos se debe emplear un conector denominado DB25 pero la versión de DB9 se la utiliza con mayor frecuencia, y cables de conexión.

Los niveles de voltajes que maneja esta comunicación son: de 5 voltios para establecer un “1” lógico y de 0 voltios para establecer un “0” lógico, pero hay aplicaciones en las cuales el “1” lógico se establece con +12 voltios y el “0” lógico se establece con -12 voltios.

En la tabla 1, se describe cada pin del conector DB9 y en la tabla 2 los pines del conector DB25.

Tabla 1

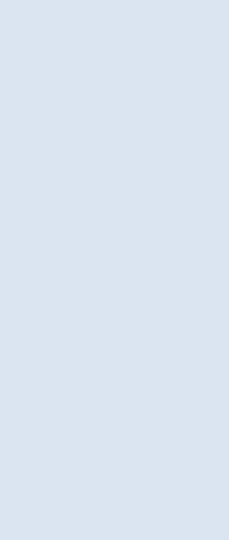
Pines del conector DB9.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB9
1			Tierra de Chasis	
2	RXD	E	Recibir Datos	
3	TXD	S	Transmite Datos	
4	DTR	S	Terminal de Datos Listos	
5	SG		Tierra de señal	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	RTS	S	Solicitud de Envío	
8	CTS	E	Libre para Envío	
9	RI	S	Timbre Telefónico	

Fuente: (Gozáles, 2010)

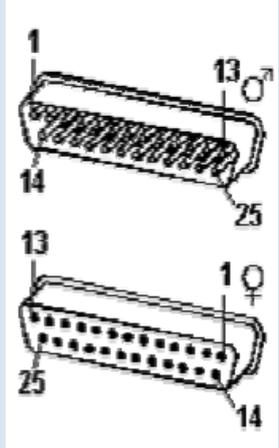
Tabla 2

Pines del conector DB25.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB25
1			Tierra de Chasis	
2	TXD	S	Transmite Datos	
3	RXD	E	Recibir Datos	
4	RTS	S	Solicitud de Envío	
5	CTS	E	Libre para Envío	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	SG		Tierra de señal	

Continua →

8	CD/DC D	E	Detector de Portada
15	TxC	S	Transmitir Reloj
17	RxC	E	Recibir Reloj
20	DTR	E	Terminal de Datos Listos
22	RI	S	Timbre Telefónico
24	RTxC	S/E	Transmitir/Recibi r Reloj



Fuente: (Dueñas, 2008)

En general para realizar la transmisión de datos en la comunicación serial asíncrona solo se utiliza tres señales, las cuales son: Tx, Rx y la señal de tierra (GND), la figura 22, muestra de forma esquemática las conexiones.

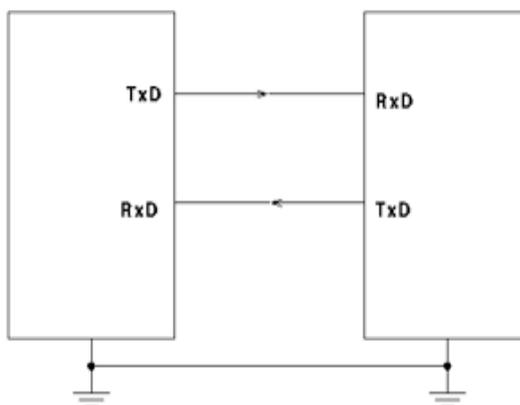


Figura 22: Comunicación serial síncrona.

Fuente: (Tamayo, 2009)

Por otro lado para realizar la transmisión de datos en la comunicación serial síncrona solo se utiliza cuatro señales, las cuales son: Tx (MOSI), Rx (MISO), reloj (Clock) y la señal de tierra (GND), la figura 23, muestra de forma esquemática las conexiones.

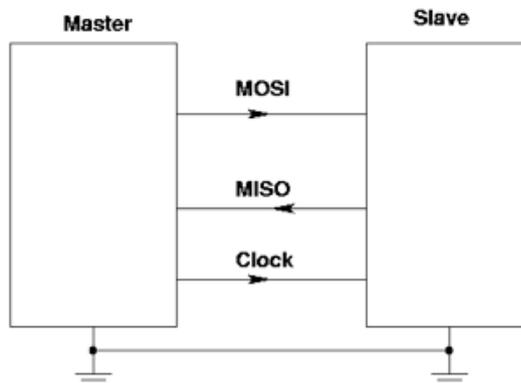


Figura 23: Comunicación serial asíncrona.  
Fuente: (Tamayo, 2009)

#### 2.5.4.2 Comunicación SPI

Es un tipo de comunicación sincrónica, en el cual la transmisión de datos se realiza entre dispositivos de forma serial, es decir un dato a continuación de otro, además es full dúplex lo que significa que los datos son enviados y también son recibidos.

El canal físico SPI fue diseñado para transmitir datos a altas velocidades del orden de los 10 Mbps, pero su implementación es para distancias cortas hasta 20cm, por lo cual se vuelve ideal para aplicaciones donde se utilicen circuitos impresos (PCB). Las señales que se transmiten utilizan tecnología TTL es decir, cada señal lleva eléctricamente 5 voltios o 3.3 volts, eso depende del fabricante de cada dispositivo.

Para comprender bien cómo funciona esta comunicación se debe detallar como funciona un registro de desplazamiento, el cual se utiliza para establecer los parámetros que intervienen en el proceso de intercambio de información.

Un registro de desplazamiento o shift register consta de dos partes, la primera se basa en enviar el dato al registro de forma paralela, y en la segunda parte una vez que el dato se encuentra en el registro se procede a desplazarlo de forma serial cuando se active un pulso de reloj. La figura 24 explica gráficamente como sucede este proceso.

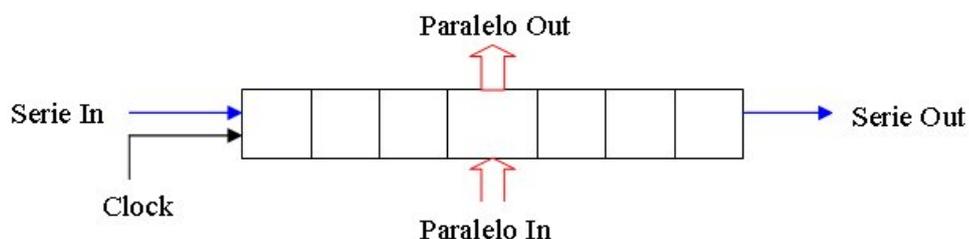


Figura 24: Proceso desplazamiento de datos de forma paralela y serial.  
Fuente. (Antonio, 2013)

La particular forma de utilizar este registro, consiste en que cada dato que sale en forma serial se transmite a la entrada del registro de tal manera que cada vez que entra un dato desplaza a los demás datos un espacio, por este motivo se logra transmitir y recibir información con un mismo registro, la figura 25, muestra cómo se realiza este intercambio de datos.

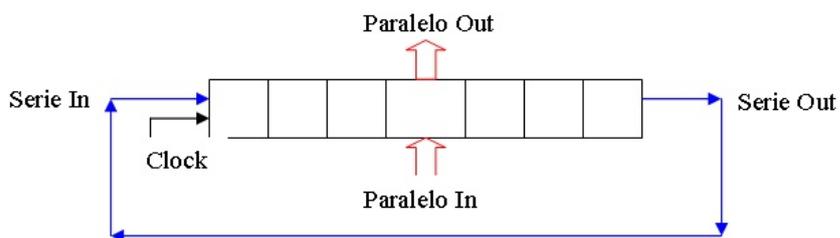


Figura 25: Proceso de desplazamiento de datos en un registro de desplazamiento.  
Fuente. (Antonio, 2013)

Ahora se procede a dividir en dos al registro anterior, de tal manera que la primera parte se nombrará como “Master SPI” (Maestro SPI) y la segunda parte “Slave SPI” (Esclavo SPI), estos subregistros comparten la misma señal de reloj. El dato que sale del Maestro (SDO) llega al Esclavo (SDI) para desplazar un espacio a todos los bits cada vez que suceda una señal de reloj, mientras el dato que salió del Esclavo (SDO) llega al Maestro (SDI) para desplazar un espacio a todos bits cuando ocurra una señal de reloj, este proceso se lo puede visualizar en la figura 26.

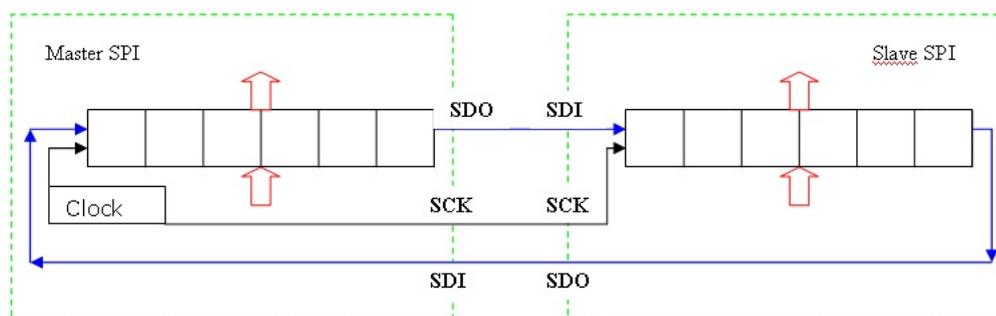


Figura 26: Proceso de desplazamiento de datos en dos registros de desplazamiento.

Fuente. (Antonio, 2013)

Este flujo puede tener varios nombres, dependiendo de la importancia del dato tanto para receptor como para el emisor, de esta manera se tiene.

Será una transmisión, si el dato que se envía desde el primer dispositivo (Maestro) hacia el segundo dispositivo (Esclavo) es importante, mientras que el dato que fluye desde el Esclavo hacia el Maestro no es importante.

Será una recepción, si el dato que se envía desde el primer dispositivo (Maestro) hacia el segundo dispositivo (Esclavo) no es importante, y solo se lo hace para obtener información del dispositivo Esclavo, aquí se aplica el criterio de, no se puede recibir información sino se entrega información.

Se denomina transmisión y recepción, si el dato que se envía es tan importante como el dato que se recibe, por esta razón la comunicación es full dúplex.

Hay situaciones en las cuales la información que se envía y recibe no tiene importancia para los dispositivos, el flujo de información tiene por objetivo solo activar la señal de reloj.

Cuando el Maestro envía (SDO) información y el Esclavo recibe información (SDI), se denomina MOSI, lo que significa “Master Output-Slave Input”, por otro lado si el Esclavo envía información (SDO) y el Maestro recibe información (SDI), se denomina MISO, lo que significa “Master Input-Slave Output”.

Por lo tanto las señales MOSI y MISO son las portadoras de los datos y la señal SCK, es la señal de reloj, la cual activa el desplazamiento cada vez que se active, en la figura 27 muestra de forma esquemática las líneas de dato y de reloj, pero también una línea denominada SS (Slave Selected), la cual sirve para seleccionar los dispositivos Esclavos.

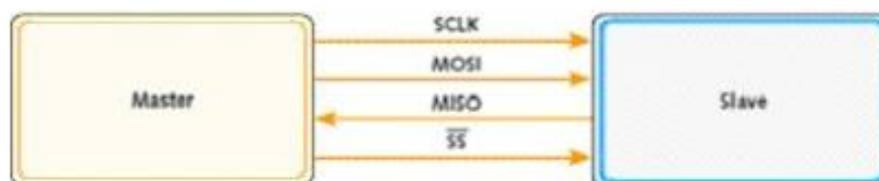


Figura 27: Líneas de transmisión, de reloj y selección de Esclavo.  
Fuente. (Antonio, 2013)

Cuando se tiene más de un dispositivo Esclavo, existen dos maneras de conectarlos al dispositivo Maestro:

Primera forma, cuando las mismas líneas de comunicación entre el dispositivo Maestro y el primer dispositivo Esclavo, se conectan de forma paralela al de los demás dispositivos Esclavos, pero el dispositivo Master tiene para cada Esclavo una línea SS, con el objetivo de selección con que dispositivo se desea establecer la comunicación, en la figura 28, se puede apreciar esta conexión.

Para determinar el dispositivo Esclavo que se desea establecer comunicación, se debe asignar la línea SS correspondiente en bajo y las otras líneas SS en alto para que los demás Esclavos no interfieran.

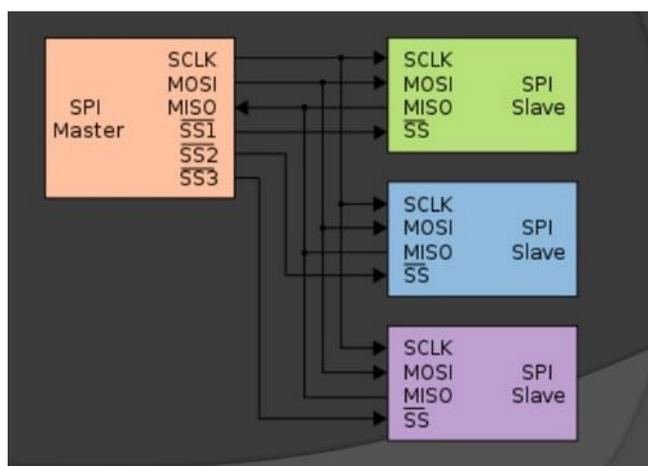


Figura 28: Conexión en paralelo de dispositivos esclavos.  
Fuente: (OswSt, 2011)

La diferencia con la conexión anterior se centra en que los datos circular en forma secuencial desde el dispositivo Maestro, hacia el primer Esclavo, después hacia el segundo, y así sucesivamente hasta el último dispositivo Esclavo para finalmente regresar el Maestro, cabe indicar que solo se utiliza una misma línea de conexión SS para todos los dispositivos, en la Figura 29, se puede visualizar las conexiones.

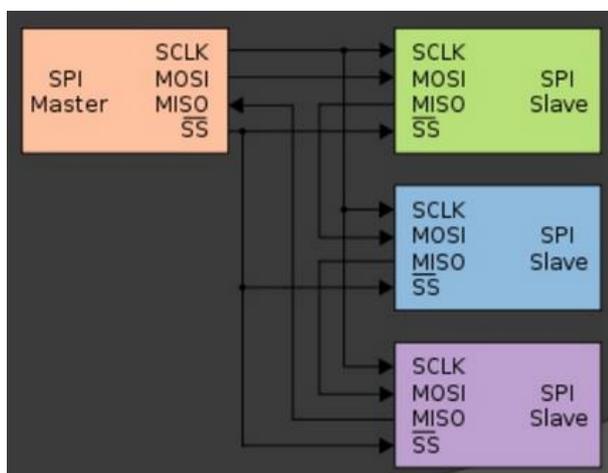


Figura 29: Conexión en serie de dispositivos Esclavos.  
Fuente: (OswSt, 2011)

### 2.5.5 Computación vestible portátil.

El término computación vestible portátil se refiere a los dispositivos y elementos electrónicos que se adaptan una prenda de vestir para ejercer la funciones que tiene un

ordenador, para poder interactuar con el usuario de una manera sistematizada y controlada, una característica de estos sistemas es el confort y la ergonomía que provee a la persona que lo use.

### **2.5.6 Módulo de lectura y escritura SD.**

El módulo de lectura y escritura SD es un dispositivo que sirve para almacenar y transmitir información al momento de insertar un tarjeta SD, una características relevante es su portabilidad que se la puede adecuar a una gran variedad de equipos.

La tarjeta SD (Secure Digital) es el elemento portable para transmitir la información almacenada hacía un ordenador, en el cual se procese toda la información, en la figura 30 se indica el módulo de lectura y escritura SD.



Figura 30: Módulo de lectura y escritura SD.  
Fuente: (Admin, 2012)

#### **2.5.6.1 Tarjeta de almacenamiento SD.**

La tarjeta SD (Secure Digital), es un dispositivo de almacenamiento de información que puede transferir dichos datos a otros dispositivos tales como cámaras digitales, tablets, computadoras, teléfonos móviles y laptop, debido a que está especialmente diseñada bajo normas de seguridad digital creadas y desarrolladas por

la asociación digital de seguridad, la cual fue creada por Panasonic, San Disk y Toshiba.

Existen dos tipos: unos que funcionan a velocidades normales, y otros de alta velocidad que tienen tasas de transferencia de datos más altas. Ya que algunas cámaras fotográficas digitales requieren tarjetas de alta velocidad para poder grabar vídeo con fluidez o para capturar múltiples fotografías en una sucesión lenguaje de programación Arduino es una implementación de Wiring, una plataforma similar a la computación física, que se basa en el entorno de programación de procesamiento multimedia. (Ortiz, Gigante, Cucart, & Abad, 2008).

#### 2.5.6.2 Pines de conexión de la tarjeta SD.

Los pines de conexión de la tarjeta SD son 9, tal como se ilustra en la figura 31, y adicionalmente un pin de bloqueo manual (WP), el cual sirve para habilitar o deshabilitar el modo de lectura y escritura de la tarjeta.

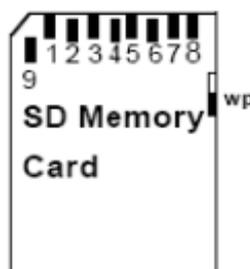


Figura 31: Pines de conexión de la tarjeta SD.  
Fuente: (Ortiz, Gigante, Cucart, & Abad, 2008).

Para desarrollar su funcionamiento solo se manejan 4 pines de datos y 3 pines de alimentación, debido a que en el caso particular de este proyecto se empleará comunicación SPI. Una descripción de los pines utilizados se tiene a continuación.

- Entrada de datos: DI (pin 2)
- Salida de datos: D0 (pin 7)

- Señal de reloj: CLK (pin 5)
- Chip select (Selector de chip), se activa en nivel bajo: CS (pin 1).
- Alimentación de 3.3V: VDD (pin 4).
- Alimentación 0V: GND (pin 3 y pin 6).

La siguiente tabla 3 proporciona una información más detallada acerca de todos pines que contiene una tarjeta SD.

Tabla 3

Pines de conexión de la tarjeta SD

Pin	Nombre	Tipo	SD Descripción
1	CS/DAT32	I/O 3	Chip Select/ Data line [Bit 3]
2	CMD/DI	I/O	Command/ Data In (SPI)
3	VSS1	S	Supply voltage ground
4	VDD	S	Supply voltaje
5	CLK	I	Clock
6	VSS2	S	Supply voltage ground
7	DAT0	I/O	Data Line [Bit 0]
8	DAT1	I/O	Data Line [Bit 1]
9	DAT2	I/O	Data Line [Bit 2]

Fuente: (Ortiz, Gigante, Cucart, & Abad, 2008).

### 2.5.6.3 Modo de funcionamiento de la tarjeta SD.

El primer parámetro que se debe configurar es la frecuencias en cual se van a transmitir los datos, en el caso tarjetas SD los valores típicos son de 25 MHz para tarjetas normales y de 50 MHz para tarjetas de mayor velocidad, el siguiente paso es establecer la línea de selección de chip (CS) en nivel bajo para poder comunicarse

entre el dispositivo emisor (microcontrolador o maestro) y el dispositivo receptor (Tarjeta SD o esclavo).

Esta transmisión en cada ciclo de reloj de SPI se compone típicamente de dos sucesos. El maestro envía un bit por la línea MOSI y el esclavo la lee, mientras que paralelamente el esclavo envía otro bit por la línea MISO para que sea leída por el maestro. (Ortiz, Gigante, Cucart, & Abad, 2008)

### 2.5.7 Diodos emisores de luz (LED).

Un led es un elementos electrónico semiconductor, cuyo funcionamiento es emitir luz visible con una sola longitud de onda bien definida cuando circula corriente a través de él en una dirección determinada, básicamente es una diodo emisor de luz por eso toma su nombre en inglés (Light Emitting Diode), debido a que emite luz se los usa como en indicadores, señalización, e iluminación, se caracterizan por su tenacidad porque están recubiertos de resina epoxi más resistentes que un cristal, en la figura 32, se muestra este semiconductor.

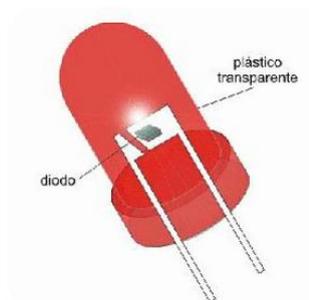


Figura 32: Diodo Emisor de Luz (LED).

Fuente: (Sánchez, Atón, Martín, & Fua de la Casa, 2007)

Los diodos leds se fabrican a partir de la unión de dos cristales semiconductores denominados PN (Fósforo-Nitrógeno), a los cuales se les ha añadido compuestos químicos para que al momento de energizarlos, los electrones de valencia del cristal tipo N, se posicionen en los huecos del cristal tipo P, y por el motivo que los electrones pasa de un nivel de energía alto hacia un nivel de energía bajo, ocurre una

transformación de energía que se manifiesta en radiaciones electromagnéticas y todo esto sucede dentro de un espectro luminoso.

El color de luz que emite un diodo led depende de elementos especiales de los que están manufacturados, como arseniuro de galio (GaAs) y fósforo, los cuales modifican la longitud de onda monocromática de la radiación de la onda luminosa y de esta manera obtener diferentes colores de luz, así se puede conseguir un color de luz roja, a partir de la combinación de galio y fósforo (GaPa) con la adición de óxido de cinc, pero si se le añade nitrógeno se logra que el diodo led emita luz verde, entre otras combinaciones químicas dando origen a diversos colores.

Las dos partes que componen a un led son el ánodo y el cátodo, siendo ánodo la parte positiva y el cátodo la parte negativa, como se mencionó anteriormente la corriente circula solo una dirección, la cual va desde el terminal positivo hacia el terminal negativo.

Existen dos formas en las cuales se cuantifican las características de un Led, la primera mide la cantidad de luz en un área determinada y la unidad de medida es el Lumen, mientras que la segunda mide intensidad luminosa y cuya medida es la candela.

La relación que existe entre el Lumen y la Candela es, que una candela es igual a un lumen dividido para 1.25.

Para tener una idea de lo que significa una Candela, se realizó una prueba de campo en cual se determinó que una candela es la luz emitida por una linterna pequeña que está alimentada por dos pilas de 1.5 voltios a una distancia de 30 cm y el consumo de energía eléctrica es de 2 watts.

La intensidad lumínica de un LED se mide en milicandela (mcd) debido a la baja cantidad de luminosidad que genera. Un led normal emite entre 10 y 100 mcd, pero existen leds de alto brillo que emiten intensidad luminosa en el rango de 10 000 mcd, se pueden conectar directamente a la fuente de alimentación para emitir su máximo

brillo aunque esto provoca que su vida útil disminuya, una característica que los diferencia de los otros leds es que la resina que los recubre es transparente y al momento de su funcionamiento genera la luz de un determinado color dependiendo de los elementos químicos de los cuales están formados, la figura 33, indica la figura de una led de alto brillo.



Figura 33: Diodo Led de alto brillo.

Fuente: (Sánchez, Atón, Martín, & Fua de la Casa, 2007)

## **2.5.8 Tipo de baterías recargables.**

### **2.5.8.1 Baterías de almacenamiento de energía eléctrica.**

Es un dispositivo acumulador y proveedor de energía eléctrica, la forma como almacena energía es mediante la reacción electroquímica que ocurre en una celda entre dos electrodos denominados ánodo y cátodo, conectados a través de un conductor conocido como puente de sal. Los electrodos pueden ser cualquier conductor eléctrico como metales y semiconductores.

La reacción electroquímica consiste que en el ánodo se produce una oxidación del electrodo mientras que en el cátodo se efectúa una reducción del electrodo, este proceso provoca que haya un flujo de electrones desde el ánodo hasta el cátodo, lo que da como resultado una diferencia de potencial entre los dos electrodos.

La cantidad de energía que puede entregar estos dispositivos se mide miliamperios-hora (mAh), es decir la corriente que proporciona en un determinado intervalo de tiempo.

### 2.5.8.2 Baterías de ion de Litio (Li-ion)

Esta una es nueva tecnología de baterías, ya que sirve como un dispositivo de almacenamiento y proveedor de magnitudes eléctricas como voltaje y amperaje, que ofrece una densidad de la tercera parte de una batería de plomo-ácido, por este motivo disminuye el peso de estas baterías, lo que le diferencia de otros tipos acumuladores de energía es el hecho que emplea como electrolito una sal de litio, la cual proporciona los iones necesarios para que se produzca la reacción química entre el cátodo y el ánodo, un ejemplo típico de esta baterías es la que se muestra en la figura 34.



Figura 34: Batería de ion de litio de 4400 mAh.  
Fuente: (Liu, Zhu, & Xiao, 2009)

### 2.5.8.3 Baterías de polímero de ion de Litio (Li-Po)

Es una versión mejorada de las baterías de ion de Litio (Li-ion), porque el electrolito de sal ya no está contenido en un compuesto químico llamado solvente, en vez de eso está en un compuesto de polímero ya sea el óxido de polímero o el poliacrilonitrilo, lo que se refleja en una disminución en su peso.

Estas baterías deben tener un trato muy delicado, porque una mala utilización puede provocar ignición o explosión.

Otro aspecto a considerar, es el voltaje de descarga mínimo el cual es 3V y el voltaje máximo de carga de 4,3V, si no se respeta estos valores, la batería puede sufrir un daño irreparable. En la figura 35 se muestra una batería de polímero de litio (Li-Po).



Figura 35: Batería de Litio de 1200 mAh.  
Fuente: (Sunping, 2012)

## 2.6 Módulo GPS.

### 2.6.1 GPS.

Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es un sistema que permite obtener la posición mediante un sistema de referencia del mundo, en cualquier ambiente climatológico y todo el tiempo, mediante la utilización de satélites espaciales que se encuentran orbitando el planeta tierra. Para lograr obtener la ubicación de algún lugar del planeta se requiere mínimo de cuatro satélites los cuales emiten señales de distancias que son recibidos por receptores, dispositivos electrónicos especialmente diseñados para entender y procesar las señales denominados módulos GPS.

La posición se da en función de latitud y longitud, un esquema de las coordenadas geográficas se indica en la figura 36, en la cual se indica cómo se utiliza los valores de latitud y longitud para localiza cualquier punto en el globo terráqueo.

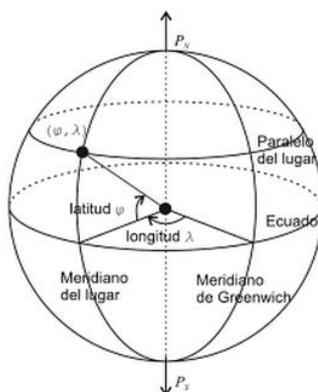


Figura 36: Coordenadas Geográficas.  
Fuente: (A. Rodríguez Arós, 2012)

### 2.6.1.1 Latitud.

Es el ángulo medido desde el plano de la línea ecuatorial hasta cualquier punto hacia el norte o sur del globo terráqueo.

### 2.6.1.2 Longitud.

Es el ángulo medido desde el meridiano de Greenwich hasta cualquier punto hacia el este u oeste del globo terráqueo.

## 2.6.2 Estándar NMEA.

### 2.6.2.1 Introducción NMEA

NMEA (National Marine Electronics Association – Asociación Electrónica de la Marina Nacional) fue creada en 1957 por una asociación de empresas electrónicas que estandarizaron todos los dispositivos electrónicos receptores GPS, para que entiendan los mensajes de datos de la estructura, contenidos y protocolos que permitan la comunicación con otros equipos electrónicos. El protocolo NMEA 0183 es el estándar utilizado para la comunicación de datos con los receptores GPS. Cada sentencia tiene su respectiva interpretación y significado en el protocolo NMEA, el cuadro 1 presenta una lista de sentencias con su respectiva interpretación.

Cuadro 1

Sentencias interpretadas del protocolo NMEA.

19 Sentencias interpretadas del protocolo NMEA	
\$GPBOD	Obteniendo, el origen al destino
\$GPBWC	Marcación y distancia waypoint, gran circulo
\$GPGGA	Sistema de posicionamiento global de datos fijos
\$GPGLL	Posición geográfica, latitud/longitud
\$GPGSA	GPS, DOP y satélites activos
\$GPGSV	Los satélites GPS en vista
\$GPHDT	Encabezado, cierto
\$GPR00	Lista de waypoints en la actualidad ruta activa

Continua ➡

<b>\$GPRMA</b>	Recomendado específico mínimo Loran-C de datos
<b>\$GPRMB</b>	Recomendado mínimo info navegación
<b>\$GPRMC</b>	Recomendado mínimo de datos específicos GPS/Transito
<b>\$GPRTE</b>	Rutas
<b>\$GPTRF</b>	Arreglo de transito de datos
<b>\$GPSTN</b>	Múltiples datos ID
<b>\$GPVBW</b>	Velocidad dual suelo/agua
<b>\$GPVTG</b>	Pista hizo bien y la velocidad del recorrido
<b>\$GPWPL</b>	Ubicación waypoint
<b>\$GPXTE</b>	Error Cross-track, medido
<b>\$GPZDA</b>	Fecha y hora

Fuente: (Baddeley, 2001)

### 2.6.3 Hardware del Módulo GPS.

El dispositivo electrónico dispone de un conector específico para un módulo de receptor GPS. Están disponibles en el dispositivo todos los pines del receptor tales como RX, TX, VCC y GND.

El módulo GPS posee la disponibilidad para la conexión de una batería de botón para la alimentación backup del GPS. Posee un led indicador cuando se ha logrado comunicar con los satélites necesarios para recibir la información necesaria.

Por defecto la tasa de baudios es de 9600, y el voltaje necesario para el funcionamiento es de 3 a 5 voltios. Los módulos GPS existen en varios tamaños y en tecnología wearable (de uso en vestimenta) como se muestra en la Figura 37.

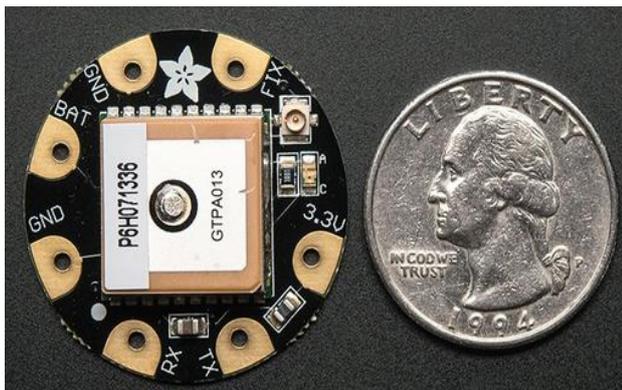


Figura 37: Flora Wearable Ultimate GPS Module.  
Fuente: (Adafruit Industries, 2013)

## 2.7 Módulo GSM.

### 2.7.1 GSM

GSM (Global System for Mobile Communications – Sistema Global para Comunicaciones Móviles). Es tecnología digital de segunda generación para transmitir servicios de voz y datos móviles como la transmisión de SMS (Short Message Service, Servicio de Mensajes Cortos) y es la estandarización de las comunicaciones celulares en todos los países.

#### 2.7.1.1 SMS

SMS (Short Message Service, Servicio de Mensajes Cortos), es un servicio que utiliza las redes telefónicas celulares para enviar y recibir mensajes cortos de texto, la longitud máxima de estos mensajes es de 160 caracteres. Al enviar el mensaje de texto se almacena en una central de mensajes cortos y posterior se envía inmediatamente al receptor, evitando la pérdida de los datos si es que el receptor no se encuentra activo.

#### 2.7.1.2 Tarjeta SIM

SIM (Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Suscriptor), es una tarjeta compuesta de un chip inteligente que permite la comunicación con la red

de telefonía celular para utilizar los servicios de voz y mensajes cortos de texto, además provee al usuario un código único de identificación que es el número telefónico.

### 2.7.2 Comandos HAYES

Los comandos HAYES también conocidos como grupo de comandos AT, son aquellos que establecen la comunicación entre dispositivos mediante sentencias por tal motivo se ejerce la función de control de parte del elemento que emite los comandos hacia el elemento que recibe de forma sincronizada.

La sintaxis que rige el envío de este tipo de sentencias es la siguiente:

AT COMANDO <CR> donde CR es el retorno de carro.

Algunos comandos AT se muestran en cuadro 2.

Cuadro 2

Principales comandos HAYES.

LISTA DE LOS PRINCIPALES COMANDOS HAYES	
<b>AT</b>	Prefijo de comando-inicio de una línea de comandos
<b>&lt;CR&gt;</b>	Retorno de carro-Terminación de una línea de comandos
<b>A</b>	Activación del modo de respuesta-interna la conexión
<b>AV</b>	Reejecución del último comando; no usa AT ni <CR>
<b>A&gt;</b>	Reservado.
<b>B</b>	Selección de norma-BO: norma CCITT B1: norma BELL.
<b>D</b>	Activa modo origen; marca número o intenta la conexión.
<b>DS=n</b>	Marca un número almacenado en el directorio
<b>E</b>	Activación (1)/ Desactivación (0) del eco en modo comando.
<b>H</b>	Cuelgue (0)/Descuelgue (1) del módem.
<b>I</b>	Test de memoria-Checksum de ROM.
<b>L</b>	Controla volumen del altavoz-tres niveles.
<b>M</b>	Control del altavoz.
<b>N</b>	Fija enlace del módem en función de velocidad del DCE.

Continua 

<b>O</b>	Activación del modo datos.
<b>P</b>	Marcación por pulsos
<b>Q</b>	Control de mensajes de error y estado de la transmisión
<b>Sr=n</b>	Asignación del valor "n" al registro "r" seleccionado continua
<b>Sr?</b>	Muestra el valor del registro "Y".
<b>T</b>	Marcación por tonos.
<b>V</b>	Muestra mensajes de estado en forma numérica (0)/verdad (1).
<b>W</b>	Indicación de códigos de progreso del enlace.
<b>X</b>	Activación de las prestaciones representadas por los códigos de error; parámetros de 0 a 7.
<b>Y</b>	Activación (1)/desactivación (0) de la desconexión por la recepción de un espacio largo.
<b>Z</b>	Inicializa el modem y asigna valores por defecto

Fuente: (Moya, 2007)

### 2.7.3 Hardware del módulo GSM.

En el módulo GSM se puede encontrar los siguientes componentes:

- Un módulo SIM900, es el microcontrolador que procesa y transmite la información.
- La frecuencia de trabajo es configurable para 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz, depende en lugar del mundo se trabaje.
- Se ejercer el control mediante comandos AT.
- Posee un puerto para conectar un micrófono y otro puerto para conectar un auricular.
- Esta incorporado un puerto para conectar una Antena GSN.
- Tiene 2 pines para PWMs, 12 para GPIO (propósito general de entradas y salidas), 1 para ADC (todos trabajan con 2.8 voltios) y el consumo de corriente total de placa es de 1.5 mA.

Un modelo compacto que reúne las funciones antes descritas en la se muestra en la figura 38 y el esquema con la ubicación de cada accesorios se indica en la figura 39.



Figura 38: Módulo GSM.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

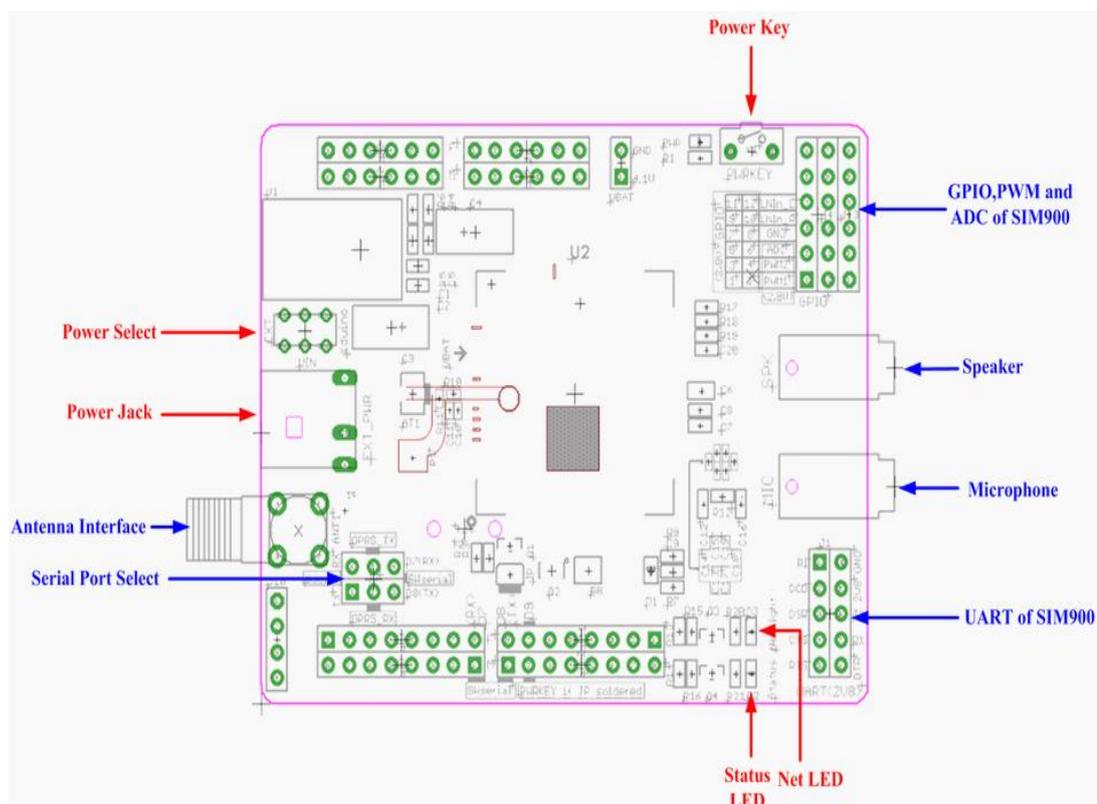


Figura 39: Esquema del módulo GSM.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

## CAPÍTULO 3

### **3. Diseño Mecatrónico.**

#### **3.1 Selección de materiales mecánicos, ventajas y desventajas.**

##### **3.1.1 Materiales impermeables.**

Los materiales impermeables son aquellos que impiden el paso de líquido a través de ellos, siendo esta una característica que tienen los materiales como los cerámicos, la madera, los metales y los plásticos, pero en el caso particular hay tejidos que también impiden el paso de líquidos como el agua, así se puede encontrar el tejido que se utiliza en los paraguas.

En la actualidad existen tejidos que adicional a la característica de impermeabilidad, poseen la propiedad de repeler líquidos que entren en contacto con la tela, ya que si alguna porción de líquido permanece que en el tejido puede causar filtraciones y hasta incluso que se humedezca en su totalidad la tela y por lo tanto se pierda la propiedad de impermeabilidad, entonces la característica de repeler a líquidos evita este tipo de dificultades.

De acuerdo a estudios realizados en la Universidad de Michigan, se han hecho pruebas con más de 100 líquidos a telas que son impermeables y a la vez repelentes, se comprobó que pudieron penetrar este tipo de telas, solo los líquidos que contienen clorofluorocarbonos, los cuales son productos utilizados en refrigeradoras y acondicionadores de aire. Por tal motivo, líquidos como café, salsa de soya, salsa de tomate y aceite vegetal, clorhídrico y sulfúrico son fácilmente repelidos, incluso la gasolina y diversos alcoholes a pesar de ser altamente inflamables. La siguiente figura muestra las pruebas de laboratorio realizadas para este tipo de telas, en las cuales se utilizaron los líquidos antes mencionados. En la figura 40 se muestra un tipo de prueba que se hace en un laboratorio en las telas.



Figura 40: Pruebas de laboratorio de una tela impermeable y repelente.  
Fuente: (LD/AGENCIAS, 2013)

Para empezar se debe considerar que a pesar de las constantes innovaciones y avances tecnológicos desarrollados durante las últimas décadas aún no se ha llegado a crear la prenda ideal que satisfaga todas las necesidades que puede llegar a tener un usuario en cualquiera de los medios ambientes, ya que todavía existen aplicaciones en las cuales no se ha creado la tela o tejido que pueda proteger totalmente a la persona que lo utilice.

A nivel comercial se puede encontrar tres tipos de prendas impermeables, que se pueden clasificar en los siguientes grandes grupos: resistentes al agua y transpirables, a prueba de agua y transpirable y finalmente solo a prueba de agua.

Resistentes al agua y transpirables, son prendas diseñadas para soportar una ligera lluvia, ya que debido a su característica de transpirabilidad estos tejidos se los utiliza en actividades donde hay un alto grado de humedad. La figura siguiente muestra un modelo comercial de este tipo de prendas.



Figura 41: Prendas resistentes al agua y transpirables.  
Fuente: (GEAR, 2013)

Prendas a prueba de agua y transpirables, son prendas diseñadas para ambientes de mayor intensidad de lluvia, y que a la vez posee una buena transpirabilidad pero no evacua el sudor tan rápido como el usuario necesitaría. Estos tejidos pretenden establecer un equilibrio para que una prenda sea lo suficientemente transpirable pero a la vez impermeable. El siguiente modelo de chompa que se muestra en la figura 42 es un ejemplo de este tipo de telas.



Figura 42: Prenda a prueba al agua y transpirable.  
Fuente: (GEAR, 2013)

Prendas a prueba de agua no transpirables, son prendas diseñadas para ambientes de extremo frío e intensidad de lluvia, ya que la impermeabilidad también ayuda a mantener una temperatura cálida en el usuario, debido a que no posee la característica de transpirabilidad no se recomienda su uso en actividades que demanden gran esfuerzo físico. Un ejemplo de este tipo de tela se puede observar en la figura 43, en la cual se indica un modelo de chompa totalmente amarillo, ideal para personas que se dediquen a cazar animales, mientras el otro modelo azul es ideal para actividades como la pesca.



Figura 43: Prendas a prueba al agua no transpirable.  
Fuente: (GEAR, 2013)

De acuerdo a las características descritas anteriormente se ha seleccionado un tipo de tela que sea lo suficientemente impermeable pero a las ves transpirables y la tela seleccionada es Heavy Taslan.

La tela Heavy Taslan es un producto de composición 100 % polyester y recubrimiento de poliuretano. Su característica de impermeabilidad, según testeado de 36,5 pulgadas columna de agua. El heavy Taslan es una versión con mayor espesor que la tradicional tela Taslan, con textura ondulada, marcada y regular. Posee una muy buena solidez de color a la luz y buen grado de impermeabilidad.

Entra sus ventajas se puede mencionar que es una tela apta para el sellado de costuras, de un peso mayor al Taslan y de mayor textura, por lo que entrega a las prendas una característica más robusta y de mayor cuerpo. Tela ideal para la confección de ropa de trabajo, como cortavientos, paraguas, jardineras, buzos, chalecos, etc. (PHP, 2014)

En el cuadro 3 se indica la composición y usos de la tela Taslan.

Cuadro 3

Composición y usos de la tela Taslan.

<b>Tela</b>	<b>Taslan</b>
<b>Composición</b>	100% nylon recubierto con una capa de poliuretano visible
<b>Usos</b>	Paraguas, cortavientos, casacas, buzos deportivos y similares.
<b>Observaciones</b>	Tela de alta impermeabilidad recomendable para ambientes lluviosos. Amplia variedad de colores disponibles

### **3.1.2 Conductores eléctricos sólidos y conductores eléctricos por fibras.**

Se denomina conductores eléctricos, a cualquier elemento que posea la propiedad de permitir fácilmente el flujo de corriente eléctrica a través del mismo y debido a que estos elementos ejercen la función de conectar eléctricamente entre dispositivos eléctricos y electrónicos y también con la fuente de energía, la trayectoria que adquiere la energía eléctrica es la forma del conductor eléctrico. En algunas aplicaciones la trayectoria no solamente la puede determinar el conductor eléctrico sólido, sino también puede ser un conductor eléctrico por fibras o también por “alambrado impreso”, el cual se implementa sobre tabillas especiales denominadas “baquelitas”.

#### **3.1.2.1 Conductores eléctricos sólidos.**

Los conductores eléctricos sólidos son elementos que permiten el paso de electrones, están fabricados a partir de metales entre los cuales se pueden mencionar de cobre, la plata y el aluminio.

En la actualidad el metal que más se utiliza para la manufactura de estos conductores es el cobre porque tiene buena conductividad eléctrica. El otro metal que se utiliza es plata, a pesar de ser mejor conductor del cobre, su elevado costo y poca disponibilidad hace poco frecuente el empleo de este material. El siguiente metal es el aluminio pero su excesivo costo hace que su utilización sea poco usual.

De forma comercial, los conductores eléctricos sólidos se los puede encontrar como conductores sólidos y también como conductores cableados, la diferencia es que el primero es un solo alambre sólido, se lo conoce como cable unifilar mientras que el segundo está constituido por cables o alambres finos en forma de trenza y se lo conoce como cable multifilar, la figura 44 y figura 45 se muestran respectivamente dos tipos de cables.

La ventaja de utilizar conductores eléctricos sólidos es la facilidad de cortarlos y maniobrarlos para implementarlos en instalaciones eléctricas debido a su

maleabilidad, los alambres de cobre son resistentes a la corrosión y ofrecen una gran resistencia mecánica a la tracción.

La desventaja de los cables de estado sólido radica en que se fatigan fácilmente ante la presencia de esfuerzos cortantes cíclicos lo que provoca fractura de los mismos.

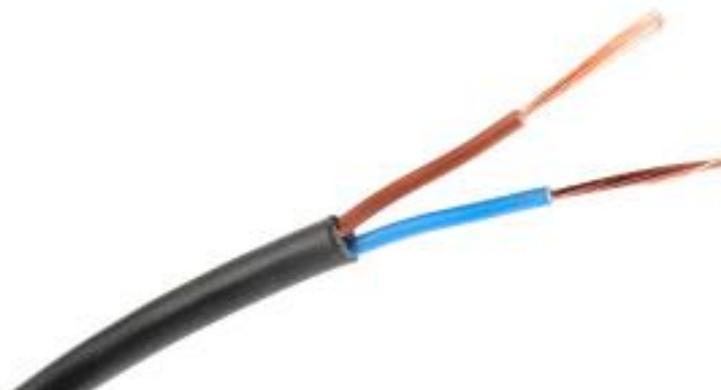


Figura 44: Cable unifilar.  
Fuente: (Merlin, 2013)

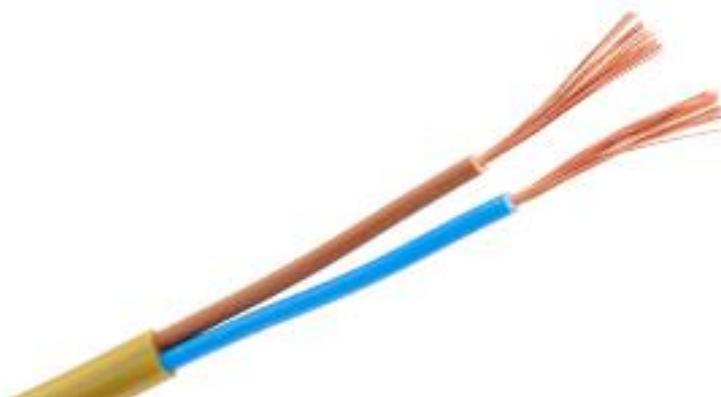


Figura 45: Cable multifilar.  
Fuente: (Merlin, 2013)

### 3.1.2.2 Conductores eléctricos por fibras.

Entre los conductores eléctricos por fibras se tienen diversos, pero la mayoría coincide que el acero del que se fabrican las fibras conductores es el acero AISI 316L, las características de este tipo de acero se describen a continuación.

El acero inoxidable 316L está compuesto de cromo-níquel-molibdeno, y también de bajos contenidos de carbono por esa razón lleva la letra L, la cual significa poco carbono (Low Carbon), lo que ayuda a minimizar la precipitación de cromo. La adición de molibdeno de 2% a 3% mejora la resistencia a la corrosión por picaduras e incrementa la resistencia a la corrosión por picaduras y hendiduras hasta 300°C, además aumenta la temperatura de resistencia a la corrosión intercrystalina a un valor de 400 °C, lo que se ve reflejado en una excelente formabilidad, fabricación de este tipo de elementos y una buena soldabilidad.

Este tipo de aceros por su composición química no presenta magnetismo en condiciones de recocido, pero cuando se lo trabaja en frío se llega a tener esta característica y además tiende a endurecerse, por tal motivo se puede trabajar con este acero en temperaturas criogénicas es decir menores de 420 °C y en temperaturas elevadas mayores a 860 °C, en la tabla 4 y 5 se indican las características del acero AISI 316L.

Tabla 4

Propiedades Mecánicas del Acero AISI 316L.

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Valor</b>
<b>Resistencia Máxima a la tensión</b>	70 ksi, 485 Mpa min
<b>Limite Elástico o esfuerzo de Cadencia</b>	25 ksi, 170 Mpa min
<b>Alargamiento</b>	50.8 mm min
<b>Dureza Rockwell</b>	B95 max

(Mexinox, 2010)

Tabla 5 Propiedades Físicas del Acero AISI 316L.

<b>Propiedad Física</b>	<b>Valor</b>
<b>Densidad</b>	70 ksi 485Mpa min
<b>Módulo elástico</b>	193 Gpa 28*10 <sup>6</sup> Psi

Continúa →

<b>Calor específico</b>	500 J/(kg*°K) 0.12 Btu/(lb*°F)
<b>Conductividad térmica a 100°C</b>	16.2 W/(m*°K) 9.4 Btu/(ft*h*°K)
<b>Rango de fusión</b>	(1375-1400)°C (2500-2550)°F

(Mexinox, 2010)

Las aplicaciones de este acero son diversas, las cuales se nombran a continuación:

- Se utiliza en la industria textil para la elaboración de hilos conductores, estos hilos se producen mediante un proceso denominado estiramiento en haz, el cual consiste en estirar una probeta de este tipo de acero hasta dejarlo del diámetro de 1 micra.
- En la fabricación de seda artificial también se lo emplea, pero a diferencia de la aplicación anterior, se estira la probeta de acero hasta que adquiera la forma de una tela muy delgada.
- Debido a su alta resistencia a la corrosión se fabrica piezas y elementos que estén expuesto al contacto con ácido sulfuroso.
- En general se emplea este acero en equipos de procesamiento de alimentos, equipos para refinería de petróleo, utensilios de cocina, intercambiadores de calor e incluso en implantes médicos.
- En la fabricación de piezas y elementos de la industrial celulosa (industria dedicada a la elaboración de papel, cartón y al reforzamiento de tejidos de los mismos).

El hilo conductor seleccionado para este proyecto está manufacturado a partir de fibras de acero inoxidable 316L, por tal motivo se garantiza una buena conductividad

eléctrica, y resistencia al fuego porque a diferencia de otros hilos conductores no posee nylon en su núcleo interno.

Este tipo de hilo conductor no presenta buenas características para ser soldado con otros materiales entonces una alternativa para conectar componentes eléctricos y electrónicos mediante esta fibra es mediante costura manual o sino con la utilización de máquinas de coser.

La costura manual se base en pasar hilo a través del agujero de una aguja, después perforar la tela para que el hilo quede entrelazado con la tela todo una la ayuda de la manos, por otro lado la costura con máquina de coser se similar que la costura a mano pero con la diferencia que se utiliza una máquina. Debido la forma no tan compacta de este tejido en algunos tramos del mismo se producen pelusas, por lo tanto se debe engrasar el hilo antes de utilizarlo.

El proceso mediante al cual se elabora los hilos conductores se denominada estiramiento en haz, en cual consiste en estirar una probeta circular de acero 316L hasta que adquiera un diámetro se encuentre en el rango de 1 a 40 micras.

Este hilo viene enrollado en una bobina de plástico, y la longitud que alcanza es de 30 pies, esto se puede apreciar en la figura 46.



Figura 46: Hilo conductor.  
Fuente: (Canakit, 2012)

Tabla 6

Características del hilo conductor manufacturado a partir de acero inoxidable AISI 316L.

<b>Hilo conductor de la bobina 30 ft (acero inoxidable)</b>	
<b>Tipo</b>	Hilo metálico
<b>Tipo del hilado</b>	Tipo H
<b>Uniformidad</b>	36.4 vueltas/10cm
<b>Fuerza</b>	16000.0 N
<b>Número del Modelo</b>	91*2
<b>Certificación</b>	ISO 9001:2008
<b>Función</b>	Alta temperatura
<b>Material</b>	Poliéster/metálico
<b>Característica</b>	Anti-Ultravioleta, Anti-Bacterias, Alta tenacidad (Deformacion-Rompimineto) ,Anti-Pilling (Anti-formación de bolitas textil)
<b>Lugar de origen</b>	China (Continental)
<b>Color</b>	Gris
<b>Característica</b>	Conductora.
<b>Marca Registrada</b>	JL-fibra
<b>Uso</b>	Costura, tejer a mano, bordado
<b>Material</b>	100% fibra de acero inoxidable

Fuente: (Anny, 2014)

Ventajas:

- El hilo posee muy buena conductividad eléctrica.
- Es resistente al fuego, lo cual es muy beneficioso en situaciones de emergencias porque se lo puede utilizar como escudo protector contra el fuego.

- Es muy liviano, por lo que se asemeja al peso y apariencia de un hilo normal que se emplea para la ropa.
- Debido a su alto grado de resistencia a la tracción no se lo puedo romper de forma manual, se necesita de un elemento de corte como un cuchillo o una tijera.

Desventajas:

- Tiene una resistencia eléctrica relativamente grande, la cual se cuantifica en un valor de 18 ohmios por cada pie de longitud.
- En algunos tramos presenta fibras no compactas lo que produce pelusas, que pueden provocar cortocircuitos y un mal funcionamiento del equipo.

## 3.2 Selección de los componentes del sistema del Control.

### 3.2.1 Sistema de control.

Un sistema de control es un conjunto de componentes o elementos que permiten regularse a sí mismos mediante agentes externos para cumplir con un determinado objetivo o funcionamiento.

Existen sistemas de control de lazo abierto y de lazo cerrado, para la elaboración del prototipo se seleccionó un sistema de control de lazo abierto cuyas características permiten un fácil y eficaz control del prototipo por parte del usuario.

Un sistema de control de lazo abierto como se muestra en la figura 47 consiste en que la actuación de su proceso depende de la manipulación de cualquier señal o variable de entrada que modifica al sistema obteniendo señales o variables de salida.

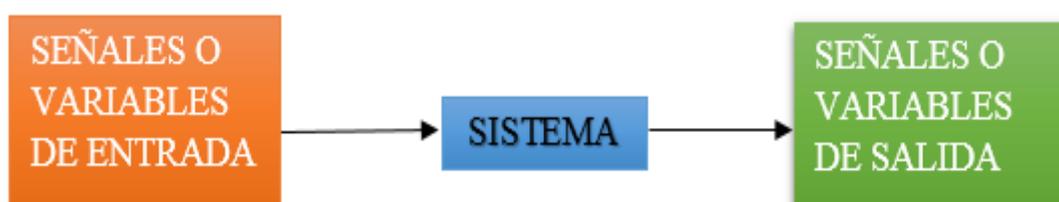


Figura 47: Sistema de control de lazo abierto.

Las ventajas de utilizar un sistema de control de lazo abierto son que es muy sencillo y que su precisión depende de la calibración del sistema. La desventaja es que al haber alguna perturbación en el sistema no las detecta por lo tanto se puede correr el riesgo obtener algún tipo de señal o variable de salida no deseada.

En el sistema las señales o variables de entrada son cinco y son las siguientes.

- Señal de dirección a izquierda.
- Señal de dirección a derecha.
- Señal de prevención.
- Señal de alto.
- Señal de envío de ubicación del usuario.

En el sistema las señales o variables de salida son cinco y son las siguientes.

- Actuadores de dirección a izquierda sobre el prototipo de chaleco.
- Actuadores de dirección a derecha sobre el prototipo de chaleco.
- Actuadores de prevención sobre el prototipo de chaleco.
- Actuadores de alto sobre el prototipo de chaleco.
- Envío de la ubicación mediante el módulo GPS a través de del módulo GSM.

En el sistema el controlador decodificará las señales obtenidas del módulo GPS que obtiene la ubicación aproximada del usuario a través de los satélites y las almacenará en una tarjeta de memoria SD mediante un módulo SD.

Además el controlador con los datos de latitud y longitud los enviará a un número preestablecido mediante SMS con ayuda del módulo GSM.

Por prevención y seguridad los datos de la ubicación serán almacenados en una memoria SD, con el fin de no perder datos, y además se logrará saber las ubicaciones de donde estuvo el usuario del prototipo de chaleco.

### 3.2.2 Selección del controlador del sistema de control.

Para la selección del controlador del prototipo se debe considerar que sea de uso wearable (vestible) o e-textiles (textiles electrónicos) lo que significa que sea fácil de unir con cualquier prenda de vestir, ligero, compatible para unir otros dispositivos electrónicos y eléctricos, con la suficiente cantidad de entradas y salidas, que posea por lo menos un puerto de comunicación por hardware, robusto, económico, que se pueda programar mediante software libre y de bajo consumo energético, ya que será colocado en un prototipo de chaleco el cual debe ser ergonómico y que pueda ser lavable o fácil de limpiar.

Debido a la necesidad de utilizar un hardware que sea programado mediante de software libre se ha seleccionado una plataforma arduino la cual es fácil, multiplataforma que significa que se utiliza en cualquier sistema operativo Linux, Windows o Macintosh OSX, ostenta múltiples herramientas de código abierto, plataforma robusta, económica y además que existes diferentes tipos de plataformas arduino que ayuda a conseguir el objetivo del prototipo a diseñar e implementar.

Arduino es una herramienta para fabricar computadoras que pueden detectar y controlar más del mundo físico que el equipo de escritorio. Es una plataforma de computación física de código abierto basado en una placa electrónica simple y un entorno de desarrollo para escribir software para la placa.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos, teniendo las entradas de una variedad de interruptores o sensores, y el control de una variedad de luces, motores y otras salidas físicas. Proyectos de Arduino pueden ser autónomos, o pueden comunicarse con el software que se ejecuta en el ordenador (por ejemplo, Flash, Processing, MaxMSP) Las tablas se pueden montar a mano o comprar preensamblados; el IDE de código abierto se puede descargar de forma gratuita.

El lenguaje de programación Arduino es una implementación de Wiring, una plataforma similar a la computación física, que se basa en el entorno de programación de procesamiento multimedia. (ARDUINO, 2014).

Uno de las características de la plataforma Wiring es el conjunto de funciones, variables y constantes que encapsulan el funcionamiento del hardware facilitando el uso del mismo, a este conjunto se le conoce como el lenguaje Wiring, esto también incluye la estructura de un sketch (programa), adicionalmente se puede utilizar las características del lenguaje C++ dentro del ambiente de desarrollo lo que permite crear prototipos de funciones, punteros, clases y objetos e incluso utilizar lenguaje de máquina y otras características propias del compilador para micro controladores de AVR. Esto da una gran flexibilidad al momento de crear proyectos complejos y gracias al ambiente de desarrollo permite crear aplicaciones rápidamente. También es posible desarrollar librerías que pueden ser instaladas dentro del ambiente de desarrollo y existe un gran número de ellas en el sitio oficial de Wiring y en Internet, que permiten el manejo de Servos, Comunicación Serial, pantallas LCD, GPS y muchos otros componentes.

El lenguaje Wiring es también utilizado hoy por la plataforma Arduino. (Manrique, 2011)

Además los requerimientos necesarios mínimos para la implementación del prototipo de chaleco son los siguientes.

- 5 Entradas analógicas que se utilizaran para el guante de control del sistema.
- 4 salidas digitales para la activación de las luces indicadoras.
- 1 salida digital para la activación del módulo GSM.
- 1 Puerto de comunicación serial por hardware.
- 1 puerto de comunicación serial por software.
- MISO, MOSI, SCK, CS para la comunicación del protocolo SPI.

Entre todas las variedades y tipos de arduinos existentes, se selecciona el arduino LilyPad que reúne todas las especificaciones y características necesarias ya antes mencionadas sus especificaciones técnicas se puntualizan en la tabla 7.

Tabla 7

Características LilyPad Arduino 328 Main Board.

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328V</b>
<b>Tensión de funcionamiento</b>	2.7 a 5.5 V
<b>Voltaje de entrada</b>	2.7 a 5.5 V
<b>Pines digitales I/O</b>	14(de los cuales 6 proporciona PWM)
<b>Pines de entrada analógica</b>	6
<b>Corriente DC por Pin I/O</b>	40 mA
<b>Memoria Flash</b>	16KB(de los cuales 2 KB utilizados por el gestor de arranque)
<b>SRAM</b>	1 KB
<b>EEPROM</b>	512 bytes
<b>Velocidad de reloj</b>	8 MHz
<b>Diámetro exterior</b>	50 mm
<b>Espesor</b>	0.8 mm de la PCB
<b>Lavable</b>	Si
<b>Peso</b>	10 g

(ARDUINO, 2014)

Esta placa electrónica está diseñada para wearable y e-textiles y puede ser unida o cosida a una tela o a una malla plástica y además unida a otros dispositivos electrónicos mediante hilo conductor, posee 22 pines que se encuentran descritos en la figura 49, posee un puerto de comunicación serial por hardware en Rx y Tx en el pin 0 y 1 respectivamente, Pin 13 SCK, Pin 12 MISO, Pin 11 MOSI, CS puede ser cualquier pin digital excepto los pines 11, 12 y 13, el requerimiento necesario también para la implementación del prototipo de chaleco es de que sea liviano y ergonómico por lo que es necesario que el peso del controlador sea lo menor posible en el caso del LilyPad arduino tan solo pesa 10 g por lo que cumple las exigencias requeridas.

En la figura 48 observamos el controlador LilyPad Arduino.

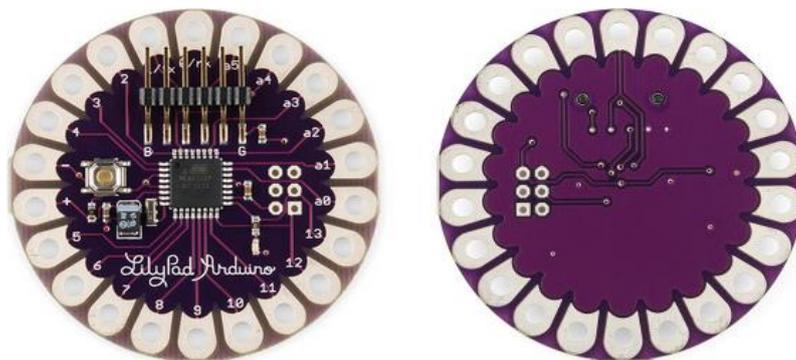


Figura 48: Controlador LilyPad.  
Fuente: (ARDUINO, 2014)

En la figura 49 se muestra la configuración de las entradas y salidas del LilyPad Arduino así como los pines para la conexión del protocolo SPI.

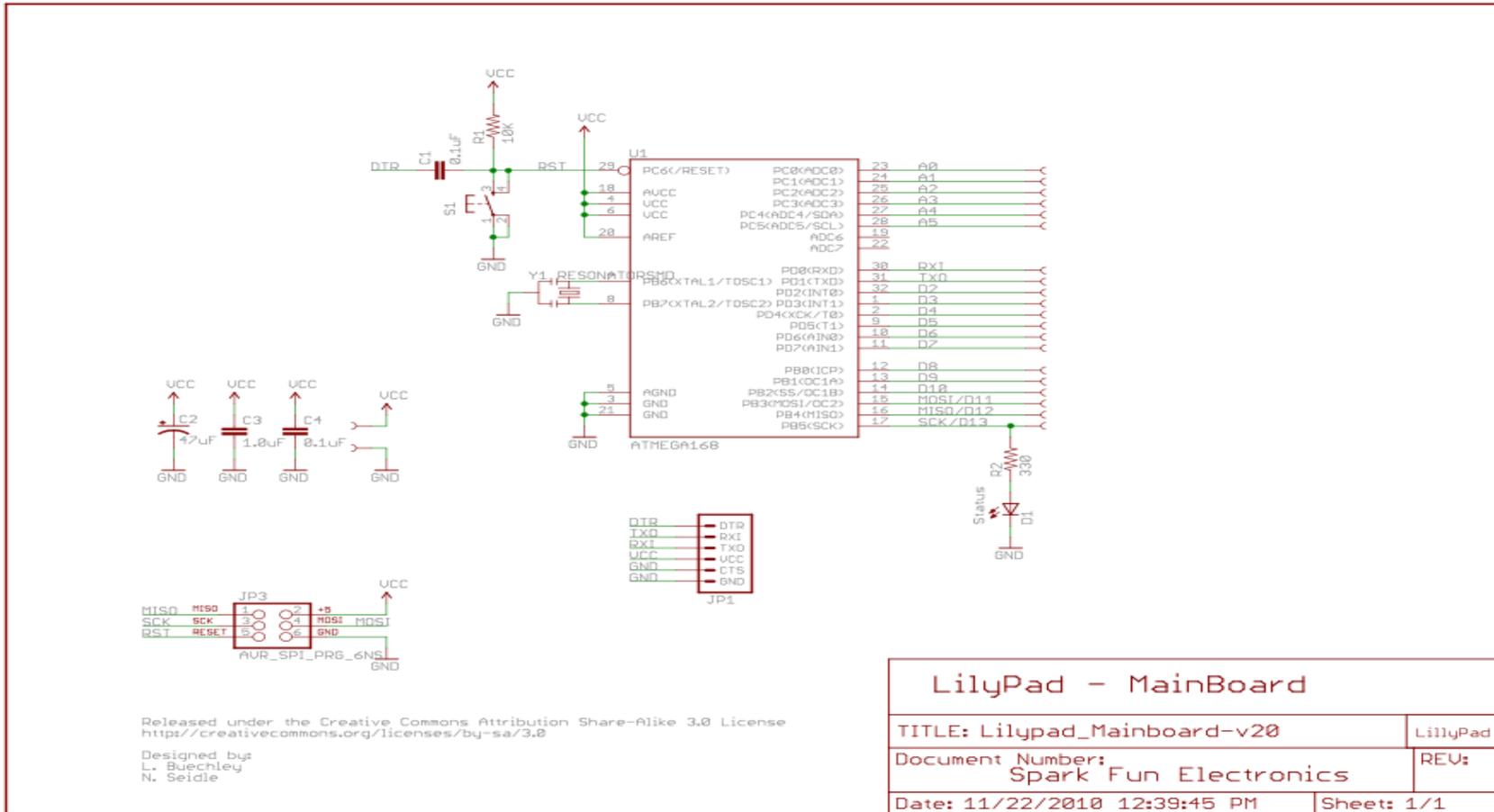


Figura 49: Esquema LilyPad Arduino 328 Main Board.  
 Fuente: (ARDUINO, 2014)

El controlador Lilypad es liviano y delgado permitiendo colocarlo en cualquier parte del prototipo, la velocidad de procesamientos de datos es rápida debido a que posee un oscilador de 8 MHz suficiente para el procesamiento de las señales del sistema de control, es de bajo consumo energético menos de 20 mA, además nos permite hacer puertos de comunicación serial mediante software esto es necesario ya que solo poseemos un puerto de comunicación serial por hardware permitiendo conectar al módulo GPS y al módulo GSM, cada módulo trabaja a distintos baudios el GPS a 9600 y el módulo GSM a 19200 motivo por la cual en los requerimientos se hace énfasis de un puerto de comunicación serial por hardware ya que si se trabaja ambos módulos por software existe una incompatibilidad de baudios.

Esta placa electrónica es el único controlador que sirve para la realización de nuestro prototipo de chaleco con todas las características necesarias para un correcto funcionamiento.

Para cargar un programa al controlador LilyPad arduino se necesita de un módulo FTDI FT232RL USB que permite comunicarse con el IDE de arduino y un cable con conexión a micro USB.

En la figura 50 se muestra el módulo FTDI FT232RL USB.

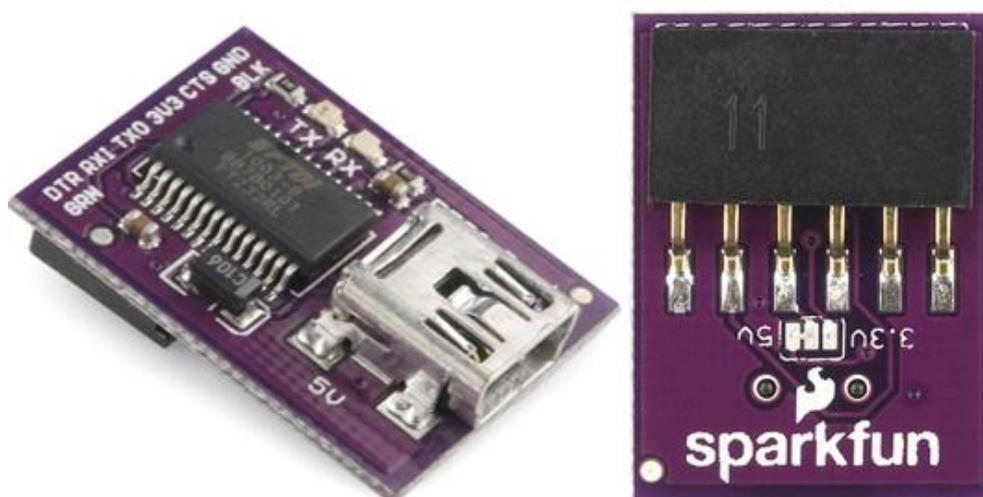


Figura 50: Modulo FTDI FT232RL USB.

Fuente: (SPARKFUN, 2014)

### 3.2.3 Selección de los sensores del sistema de control.

Para la activación de las múltiples funciones del prototipo de chaleco se selecciona los sensores de contacto que son sensores digitales que entrega a su salida una señal de tipo discreta. Los sensores de contacto a utilizar para el prototipo son tipo pulsador.

El pulsador es un elemento de maniobra que puede ser: normalmente abierto o normalmente cerrado. Cuando se actúa sobre un pulsador se cambia su estado normal, cuando se deja de pulsar vuelve a la situación inicial.

- Un pulsador normalmente abierto mantendrá el circuito abierto, excepto mientras se pulsa. Los pulsadores normalmente abiertos se emplean en timbres, puesta en marcha de máquinas, teclados, etc.
- Un pulsador normalmente cerrado mantendrá el circuito cerrado, excepto mientras se pulsa. Los pulsadores normalmente cerrados se emplean, en alarmas, iluminación interior de frigoríficos, la iluminación interior de los automóviles, las alarmas, etc. (INTEF, 2014)

En la figura 51 se muestra lo pulsadores tipo botón a utilizar en el prototipo para el control de las funciones del sistema ya que es económico, fácil de adquirir, sencillo de utilizar e intercambiable.



Figura 51: Pulsadores.  
Fuente: (Alavardo, 2012)

### **3.3 Diseño de los circuitos eléctricos y selección de componentes electrónicos.**

#### **3.3.1 Selección del módulo GSM.**

Se selecciona un escudo GPRS V1.0 con el chip SIM 900 ya que las prestaciones necesarias que ofrece el escudo son suficientes en la aplicación de la construcción del prototipo ya que solo utilizaremos el uso de SMS para enviar los datos de la ubicación mediante comandos AT y cuya velocidad de comunicación es de 19200 a través de comunicación serial la cual es soportada fácilmente por el controlador Lilypad, además que se puede encender el modulo mediante software conectando a uno de sus pines, es accesible, económico y de bajo de consumo energético, utiliza un chip GSM o tarjeta SIM de cualquier operadora y en cualquier país, el único inconveniente del escudo GSM/GPRS es la antena para la recepción de la señal que es del tipo antena de mástil lo que conlleva a requerir un espacio mayor al construir el prototipo, lo ideal para la construcción del prototipo sería una antena tipo PCB (Printed Circuit Board o Tarjeta de Circuito Impreso) ahorrando mayor espacio y disminuyendo la rigidez en la construcción del circuito.

Las características del escudo GPRS V1.0 son las siguientes:

- Basado en SIMCom módulo SIM900.
- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz - funcionaría en redes GSM en todos los países del mundo.
- Control a través de comandos AT - Comandos estándar: GSM 07.07 y 07.05 | mejoradas Comandos: Comandos AT SIMCOM.
- Servicio de mensajes cortos - de modo que usted puede enviar pequeñas cantidades de datos a través de la red (ASCII o hexadecimal en bruto).
- TCP Embedded / pila UDP - le permite cargar datos a un servidor web.
- Tomas de los altavoces y auriculares - por lo que puede enviar señales DTMF o reproducir la grabación como un contestador.
- Zócalo de la tarjeta SIM y la antena GSM - presente a bordo del escudo.
- 12 GPIO, 2 PWM y un ADC (toda lógica 2,8 voltios) - para una conexión con Arduino.
- Bajo consumo de energía - (modo de ahorro) 1.5 mA.

- Rango industrial de temperatura de - 40 ° C a 85 ° C. (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

Las especificaciones técnicas del SIM900 se detallaran en la tabla 8.

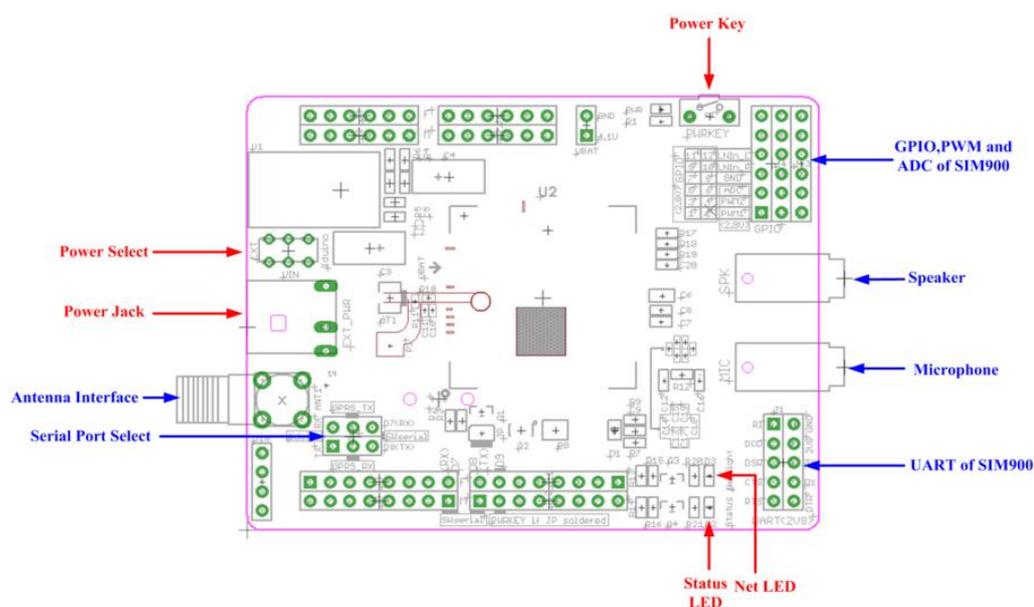
Tabla 8

Especificaciones del SIM900.

MODULO GSM/GPRS	SIM900
Tensión de funcionamiento	3.1 a 4.8 V
Voltaje de entrada	3.1 a 4.8 V
Corriente DC	50 mA
Control	Vía comando AT
Dimensiones con la antena	110x58x19 mm
Peso Neto	76±2 g

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

La interfaz del escudo GSM/GPRS que detallan todas las entradas y salidas se muestra en la figura 52.



Power Select (Selector de fuente de Poder), es un interruptor que nos permite seleccionar si la fuente de alimentación de energía eléctrica es de forma externa ya sea mediante una batería o una fuente de voltaje dc, siempre y cuando estén dentro del rango de 3.1 a 5 V. O seleccionar si se va alimentar mediante algún controlador Arduino mediante los pines que posee el escudo. En la figura 53 se muestra exactamente cuál es el interruptor que permite manejar los dos modos.



Figura 53: Selector de fuente de poder y conector de poder exterior.  
Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

Conector para la interfaz de la antena, se debe conectar la antena tipo mástil como se muestra en la figura 54.

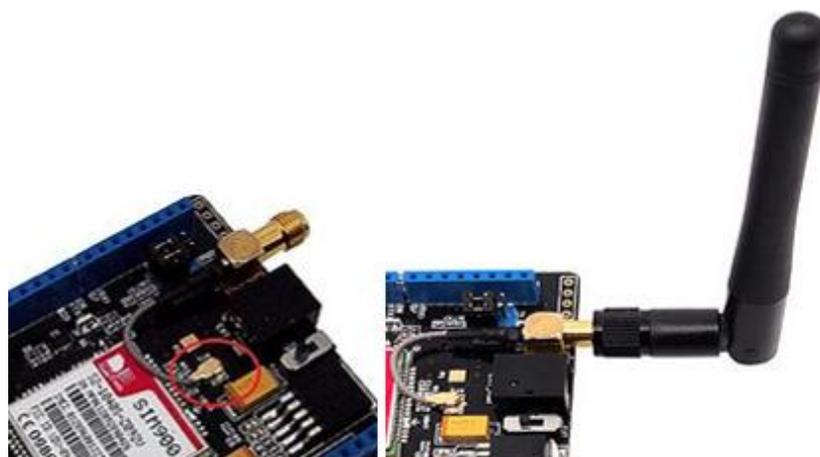


Figura 54: Conexión de la antena de mástil.  
Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

Selector de puerto serial, el escudo GSM/GPRS basada en SIM 900, ofrece la capacidad de trabajar de dos formas la comunicación serial entre el escudo y el

controlador Arduino, por medio de comunicación serial por puerto serial mediante hardware y la comunicación por puerto serial mediante software, este selector es de gran ayuda cuando se utiliza un Arduino uno o Mega entre otros, pero para el prototipo se selecciona un LilyPad Arduino no existe ninguna complicación de utilizar el selector del puerto serial de escudo, lo único importante es de que en el controlador se conecte tanto para puerto serial por software o por hardware, Rx del escudo GSM/GPRS con el Rx del controlador LilyPad a igual Tx.

Para seleccionar los modos de puerto serial en el escudo se los realiza con unos conectores tipo puente como se muestra en la figura 55 y figura 56.

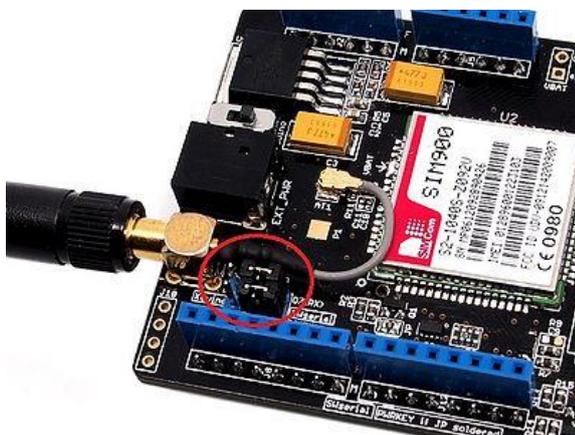


Figura 55: Configuración del escudo GSM/GPRS mediante software serial.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

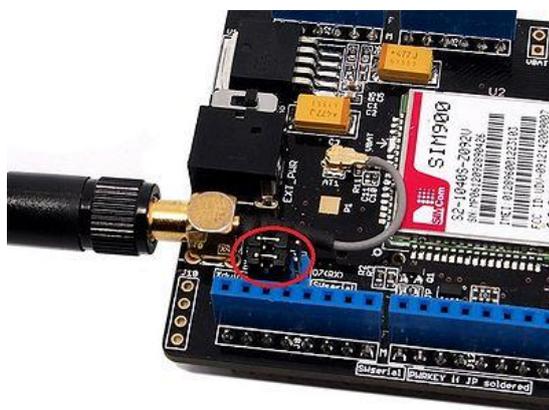


Figura 56: Configuración del escudo GSM/GPRS mediante hardware serial.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

Power Key o pulsador de inicialización del escudo GSM/GPRS como se muestra en la figura 56, al pulsar sirve para sacarlo de su modo de hibernación para que inicialice y busque la señal de red del chip GSM para lograr enviar SMS, realizar llamadas y conectarse a la red GPRS. También es posible hacer lo antes mencionado mediante software utilizando un pin digital del controlador y conectando al pin 9 del escudo GSM/GPRS, para que funcione de esta forma se debe soldar unos contactos JP que por defecto de fábrica están sin soldar como se muestra en la figura 57.



Figura 57: Power Key.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

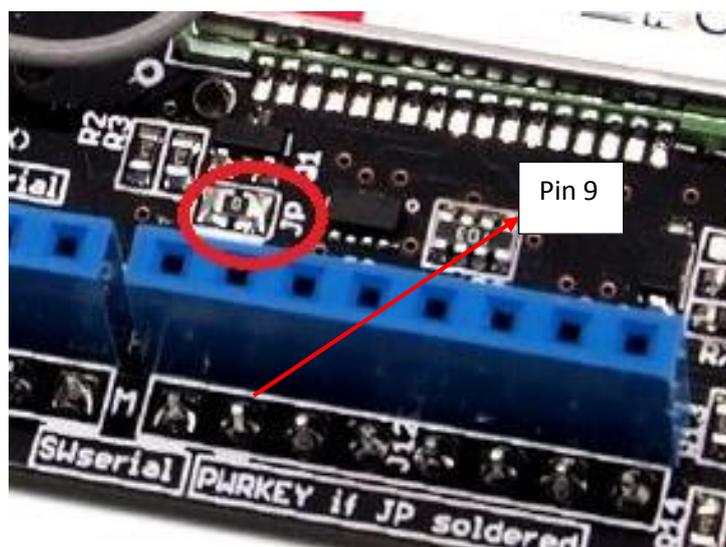


Figura 58: Contactos JP y pin 9.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

Al soldar los contactos JP podemos salir del modo de hibernación mediante software para realizarlo mediante un pin del controlador se debe realizar un pulso en alto mayor a 1 segundo y en bajo por lo menos 3 segundos lo necesario es que debe ser mayor de 3.2 segundos para una sincronización estable como se puede observar en la figura 59.

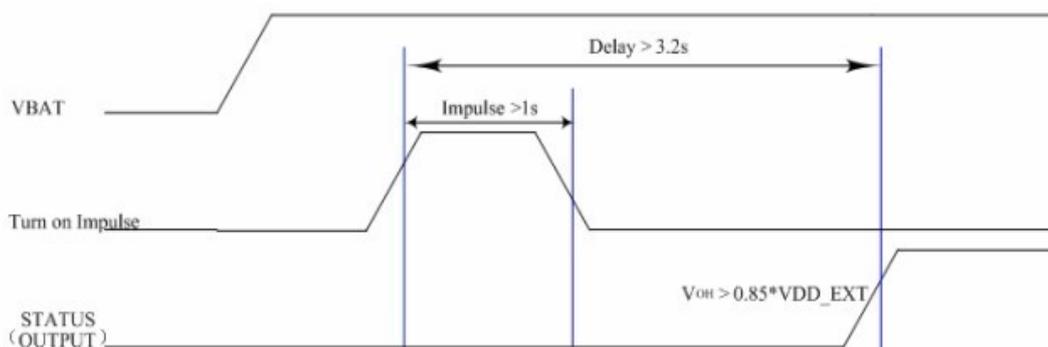


Figura 59: Señal de habilitación del escudo GSM/GPRS

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

El escudo GSM/GPRS posee conectores para un micrófono, para parlantes, GPIO, PWM, ADC de SIM900 y el UART del SIM900, para nuestra aplicación no se necesita estas salidas y entradas del escudo.

En la parte posterior del escudo GSM/GPRS se encuentra el zócalo en donde se coloca la tarjeta SIM como se muestra en la figura 60.



Figura 60: Zócalo para la tarjeta SIM.

Fuente: (seedstudio, GPRS Shield V1.0, 2014)

### 3.3.1.1 Circuito eléctrico entre el módulo GSM y el controlador LilyPad Arduino.

La conexión del circuito entre el módulo GSM y el LilyPad se utilizan los siguientes pines:

- El pin 0 (Rx) del LilyPad Arduino con el pin 0 (Rx) del módulo GSM.
- El pin 1 (Tx) del LilyPad Arduino con el pin 1 (Tx) del módulo GSM.
- El pin 2 (Digital) del LilyPad Arduino con el pin 9 (PWRKEY) del módulo GSM.
- El pin Vin se conecta a 3.7 V DC.
- El pin GND al GND de la fuente de energía DC.

En la comunicación serial entre ambos dispositivos electrónicos se utiliza el único puerto de comunicación serial por hardware del LilyPad arduino debido a que si utilizamos un puerto de comunicación serial por software interfiere con la comunicación serial del módulo GPS, debido a que trabajan a distintas velocidad de baudios. Además al realizar las conexiones con los pines para la comunicación serial como se especifica al inicio se debe realizar la conexión de esa forma debido a que si se conecta Rx o con Tx y viceversa al realizar las pruebas de funciona el módulo GSM no funcionó correctamente.

La fuente alimentación de energía del módulo GSM es independiente de la fuente alimentación de energía del LilyPad Arduino, por lo que se debe realizar una conexión común entre las GND de las fuentes de energía.

En la figura 61 se muestra la conexión del circuito entre los dispositivos electrónicos GSM/GPRS y LilyPad diseñada en ISIS-Proteus.

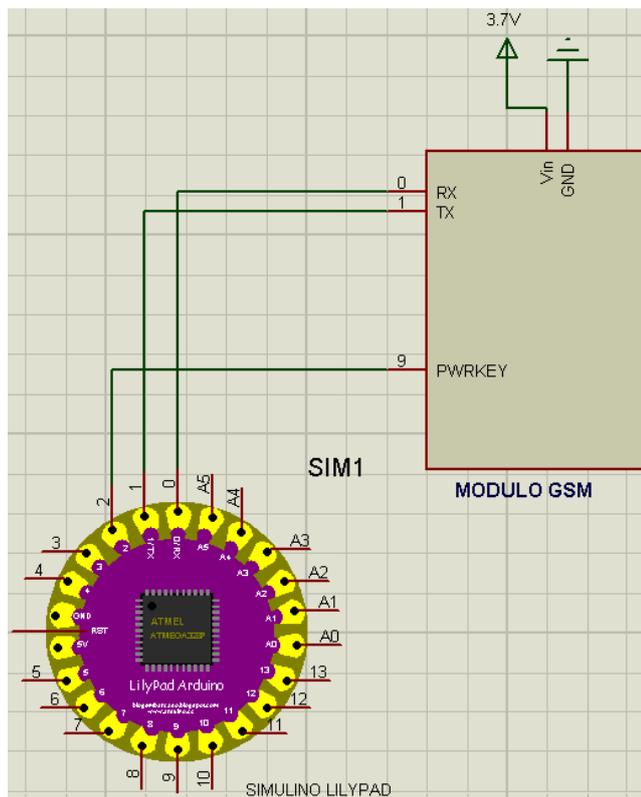


Figura 61: Conexión del circuito eléctrico entre el módulo GSM y LilyPad Arduino.

En la figura 62 se muestra el circuito ensamblado mediante el hilo conductor entre el módulo GSM y el LilyPad Arduino.

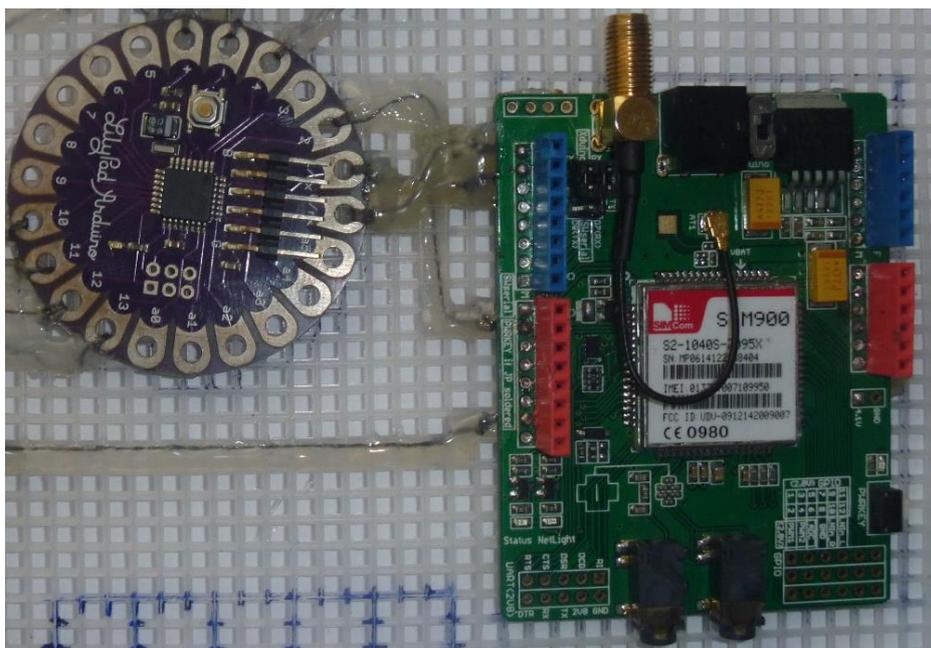


Figura 62: Conexión entre el módulo GSM y el LilyPad Arduino.

### 3.3.2 Selección del módulo GPS.

Para el desarrollo del prototipo se selecciona un módulo GPS el cual es fabricado y diseñado para e-textiles o para vestimentas construido alrededor del chipset MTK3339. Es ligero, pequeño, delgado y posee una antena de parche interno, fácil de unir a una tela o malla plástica mediante hilo conductor a otros dispositivos electrónicos, consume pequeñas cantidades energía eléctrica y es un excelente receptor de alta sensibilidad GPS, el nombre del pequeño pero potente receptor GPS es modulo GPS ULTIMATE.

Las características del módulo GPS se detallan a continuación:

- Satélites: 22 de seguimiento, 66 de búsqueda
- Antena Patch Tamaño: 15mm x 15mm x 4mm
- Velocidad de actualización: 1 a 10 Hz
- Precisión de la posición: <3 metros (toda la tecnología GPS tiene unos 3 metros de exactitud)
- Precisión de la velocidad: 0,1 m / s
- Cálido / arranque en frío: 34 segundos
- Sensibilidad de adquisición: -145 dBm
- Seguimiento de sensibilidad: -165 dBm
- Altitud máxima para PA6H: probado en 27.000 metros
- Velocidad máxima: 515m / s
- Gama Vin: 3.0-5.5VDC
- Actual MTK3339 de funcionamiento: 25 mA de seguimiento, 20 mA de corriente durante la navegación
- Salida: NMEA 0183, 9600 baudios por defecto
- DGPS / WAAS / EGNOS apoyado
- Cumplimiento y soporte AGPS (Modo Offline: EPO válida hasta 14 días) FCC E911
- Hasta 210 canales PRN
- La detección y la reducción de Jammer
- Detección multi-ruta de acceso y compensación
- Historial de revisiones

- 07 de octubre 2014 - que ahora lo venden con v5516 firmware que corrige algunos cálculos a gran altitud (más precisión)
- Detalles del tablero del desbloqueo:
- Peso: 5,43 g
- Dimensiones: 30,5 mm de diámetro x 5.98mm de espesor / 1.2 "de diámetro x 0.24" de espesor. (Adafruit, 2013)

El modulo GPS seleccionado es un receptor de alta calidad que puede rastrear hasta 22 satélites en 66 canales posee una alta sensibilidad de seguimiento de -165dB, logra hacer las actualizaciones de 10 localizaciones cada segundo, el registro que posee es de alta sensibilidad de seguimiento.

El dispositivo electrónico tan solo consumo 20 mA, siendo ideal para el desarrollo del prototipo, y además es fácil de utilizar como todos los GPS maneja el protocolo NMEA el cual es universal en cualquier parte del mundo lo que facilita la decodificación de cada trama receptada por el modulo GPS y enviada por los satélites, las tramas receptadas por el GPS serán procesadas en el controlador LilyPad Arduino.

En la figura 63 se muestra el modulo GPS a utilizar.

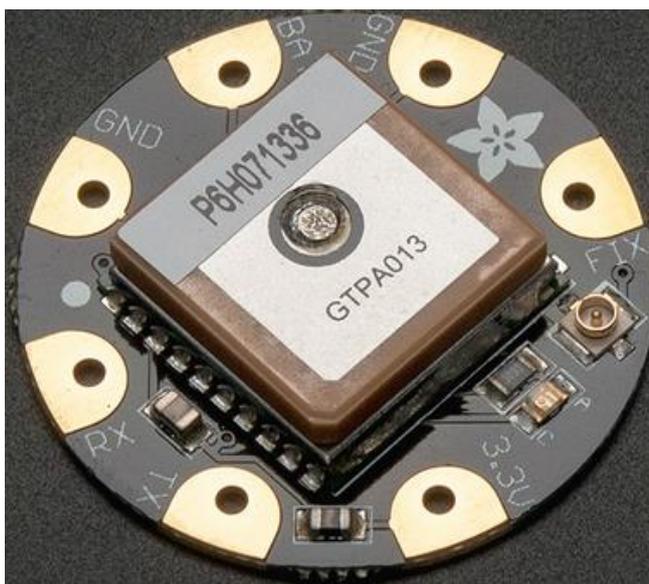


Figura 63: Modulo GPS.  
Fuente: (Adafruit, 2013)

### 3.3.2.1 Circuito eléctrico entre el modulo GPS y el controlador Lilypad Arduino.

La conexión del circuito entre el módulo GPS y el LilyPad se utilizan los siguientes pines:

- El pin 4 y 3 se configuran para ser un puerto serial mediante software siendo 4 (Rx) del Lilypad Arduino con el pin Tx del módulo GPS.
- El pin 3 el Lilypad Arduino no se conecta a ningún pin.
- El pin 3.3 V se conecta a 3.7 V DC.
- El pin GND al GND de la fuente de energía DC.

La comunicación serial entre el dispositivo electrónico GPS y el controlador Lilypad Arduino se utiliza un puerto serial creado mediante dos pines del controlador y software, para la comunicación serial entre los dos dispositivos electrónicos únicamente se utiliza el pin 4 (Rx) que es el pin de recepción de datos y los cuales se van a manipular en el controlador, no se utiliza el pin 3 (Tx) ya que no se manipulan los datos en el módulo GPS.

Se configura el puerto serial mediante software para la comunicación serial con el módulo GPS en 9600 baudios, si se necesita utilizar otro puerto de comunicación serial se lo puede crear pero la velocidad máxima de configuración es de 9600 baudios.

La conexión de la fuente de energía es la misma tanto para el controlador Lilypad como para el modulo GPS.

La antena de del GPS es tipo parche y viene incorporada en el módulo GPS lo que disminuye la cantidad de espacio a utilizar, pero si se desea instalar una antena con más prestaciones se lo puede conectar ya que posee un conector para una antena externa.

En la figura 64 se muestra la conexión del circuito entre los dispositivos electrónicos GPS y LilyPad diseñada en ISIS-Proteus.



todos los componentes eléctricos y electrónicos para una fácil y rápida instalación con el controlador y un socket para ingresar la tarjeta SD.

EL módulo seleccionado para la realización del prototipo es una tarjeta lectora SD ARM MCU.

Las características del módulo de lectura y escritura SD se detallan a continuación:

- Soporte para tarjetas SD.
- Pines de salida SD SPI: MOSI, SCK, MISO y CS.
- Voltaje de entrada de 3.3 a 5 V dc.
- Consumo de corriente 0.16 mA.
- Peso 6 g.

En la figura 66 se muestra el módulo de lectura y escritura SD, con el socket para la tarjeta de memoria SD y sus componentes eléctricos y electrónicos que permite la conexión directa al controlador LilyPad Arduino.

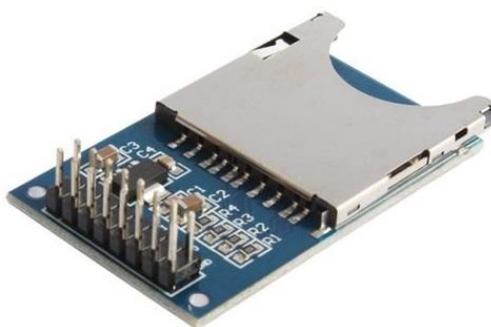


Figura 66: Módulo de lectura y escritura SD ARM MCU.  
Fuente: (Admin, 2012)

Para la transferencia de datos desde el controlador a la memoria SD se utiliza el bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI que es un estándar para comunicar dispositivos electrónicos. El hardware maestro será nuestro controlador LilyPad Arduino y nuestro hardware esclavo el módulo de lectura y escritura SD. El hardware maestro controla el tiempo de almacenamiento cada 5 segundos de la ubicación dada por el módulo GPS.

### **3.3.3.1 Circuito eléctrico entre el módulo de lectura y escritura SD y el controlador LilyPad Arduino.**

La conexión del circuito entre el módulo de lectura y escritura SD ARM MCU y el LilyPad se utilizan los siguientes pines:

- El pin 10 del Lilypad se conecta con el CS del módulo de lectura y escritura SD ARM MCU.
- El pin 11 del Lilypad se conecta con el MOSI del módulo de lectura y escritura SD ARM MCU.
- El pin 12 del Lilypad se conecta con el MISO del módulo de lectura y escritura SD ARM MCU.
- El pin 13 del Lilypad se conecta con el SCK del módulo de lectura y escritura SD ARM MCU.
- El pin 5 V y 3.3 V se conecta a 3.7 V DC.
- El pin GND al GND de la fuente de energía DC.

Los pines 11, 12 y 13 se deben conectar exclusivamente en esos pines del LilyPad Arduino que son dedicados para el bus SPI, por lo tanto no se debe conectar en otros pines.

El pin 10 del controlador puede ser cambiado por cualquier otro pin, configurándolo con salida digital, el pin sirve para activar al módulo de lectura y escritura SD y almacenarlo en la memoria SD.

El pin de 5 V y de 3.3 V DC, se debe unir entre sí y conectarlo al fuente de energía DC, ya que si solo se conecta en un pin o en el otro el módulo no funciona.

Los dos pines de GND se deben conectar al GND de la fuente para que funcione de forma correcta el módulo.

En la figura 67, se muestra la conexión eléctrica que se debe realizar entre el módulo de lectura y escritura SD ARM MCU y el LilyPad Arduino diseñada en ISIS-Proteus.

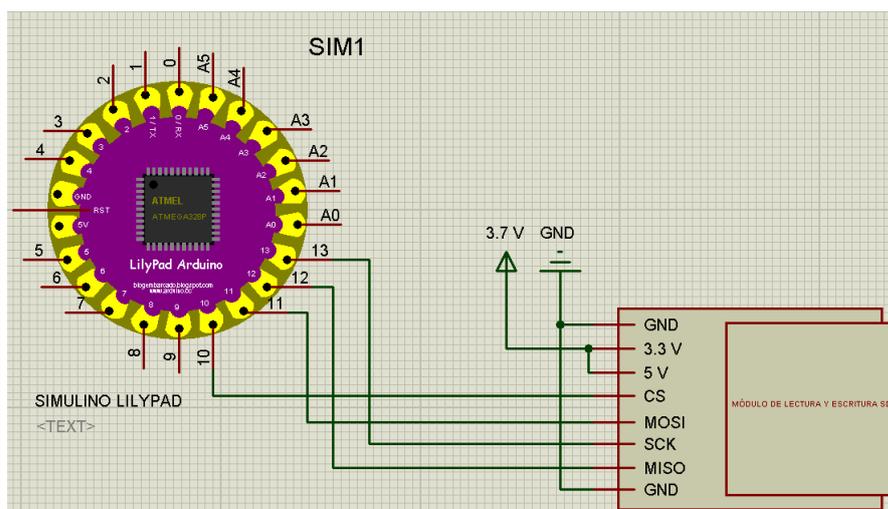


Figura 67: Conexión del circuito eléctrico entre el módulo de lectura y escritura SD y LilyPad Arduino.

En la figura 68 se muestra el circuito ensamblado mediante el hilo conductor entre el módulo de lectura y escritura SD y el LilyPad Arduino.

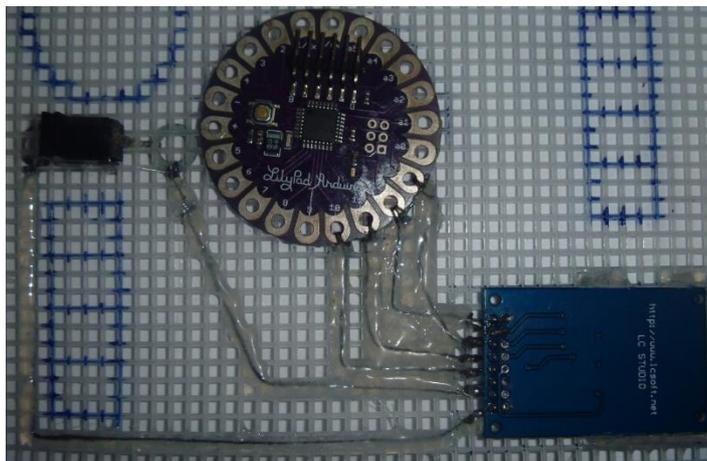


Figura 68: Conexión entre el módulo de lectura y escritura SD y el LilyPad Arduino.

### 3.3.4 Selección de los conectores.

Con el objetivo de facilitar la instalación y desinstalación del controlador, se han instalado en el chaleco conectores eléctricos, los cuales se los selecciono por su disponibilidad, facilidad de uso y costo, debido a la gran variedad de tamaño, peso liviano y la facilidad de implementarlo en el circuito de control, en el prototipo se utilizaron los conectores tipo plug invertido y el jack invertido. En la figura 69 se muestra los conectores seleccionados para la realización del prototipo.



Figura 69: Plug invertido y el jack invertido.  
Fuente: (Electrónica Steren, 2014)

### 3.3.4.1 Circuito entre los conectores y el controlador LilyPad.

La conexión del circuito entre los conectores y el LilyPad se utilizan los siguientes pines:

- Los pines analógicos A0, A1, A2, A3 y A4 se conecta a los conectores que van a los pulsadores.
- Los pines digitales 6, 7, 8, 9 se conectan a los conectores que se conectan a los pines negativos de los leds.
- Los 9 pines de los conectores se conecta a 3.7 V DC.

En la figura 70, se muestra la conexión eléctrica que se debe realizar entre los conectores y el controlador LilyPad diseñada en ISIS-Proteus.

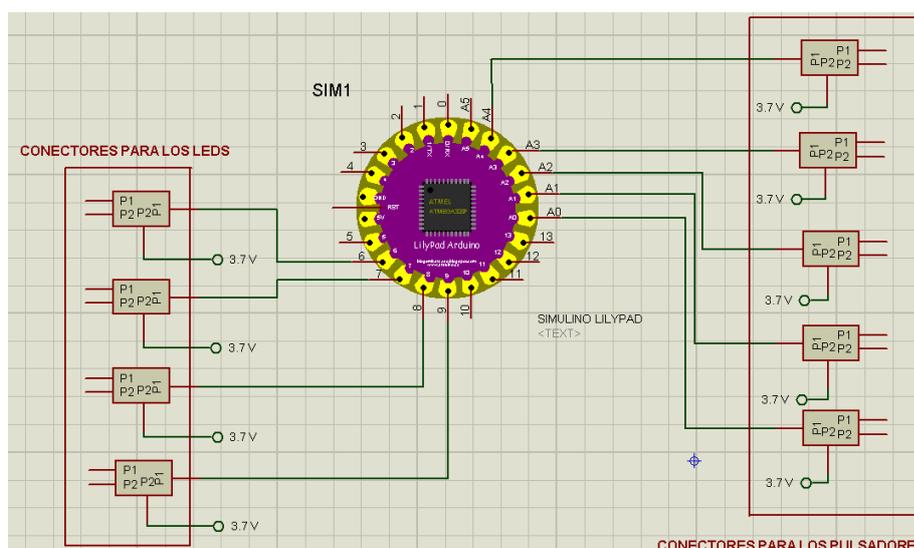


Figura 70: Conexión del circuito eléctrico entre los conectores y LilyPad Arduino.

### **3.3.5 Circuito Eléctrico y electrónico con los componentes seleccionados del prototipo.**

Para una fácil realización del circuito con el hilo conductor, el circuito completo se lo realiza en una malla plástica, esto permitirá además instalarlo de forma rápida y sencilla en el prototipo, en algunos dispositivos electrónicos seleccionados para el prototipo fue necesario realizar algunas adaptaciones con el objetivo de unir los circuitos con hilo conductor. Para una fácil unión con los dispositivos electrónicos mediante el hilo conductor se lo engrasa mediante pasta de soldar ya que al ser un hilo posee unas hilachas que sobresalen del hilo haciendo que se cortocircuiten con otros hilos dificultando un correcto funcionamiento.

En la figura 71 se muestra el circuito total del prototipo desarrollado en ISIS-PROTEUS y en la figura 72 se muestra el circuito total del prototipo físicamente.

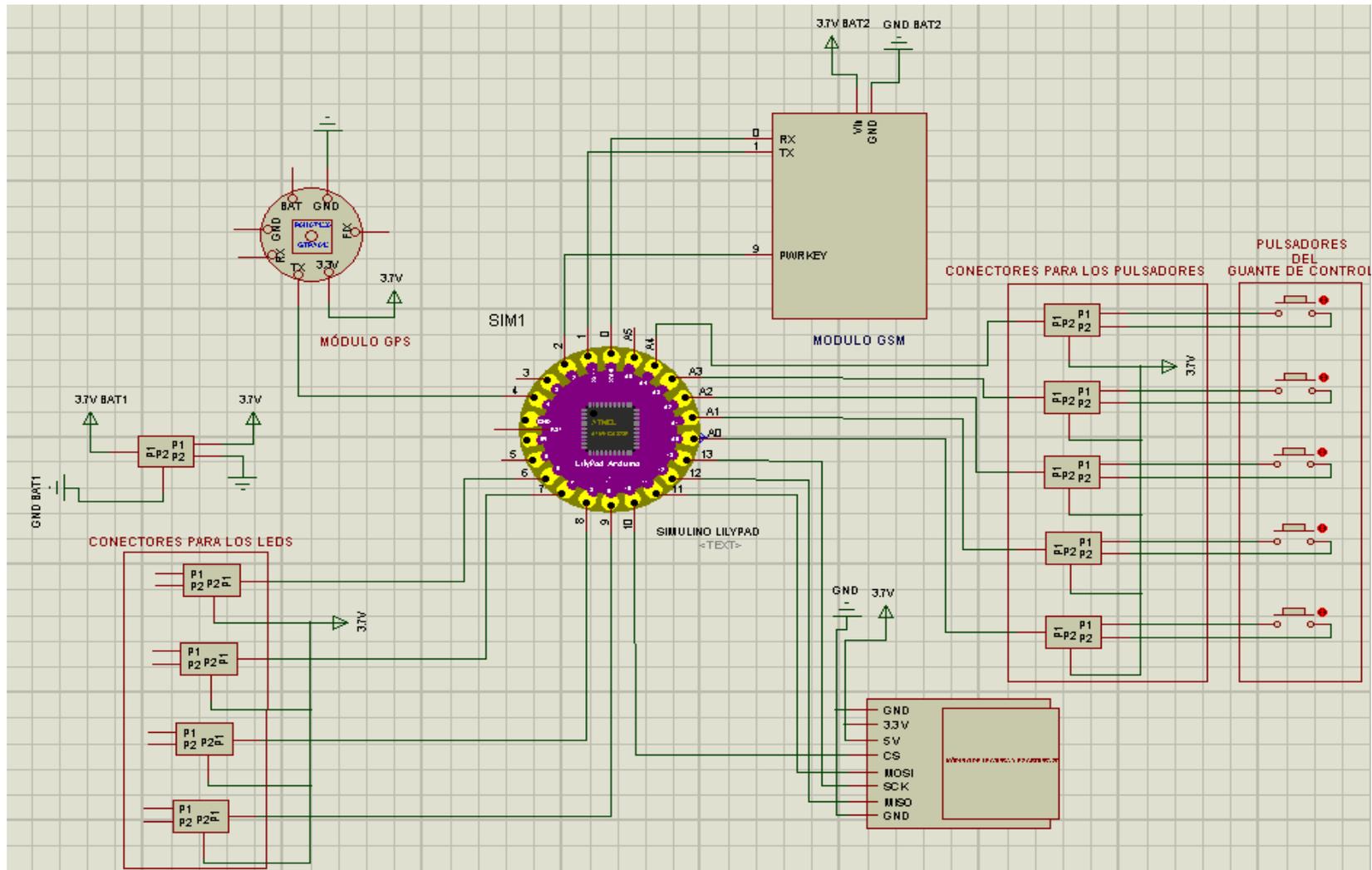


Figura 71: Circuito con todos los componentes eléctricos y electrónicos del prototipo.

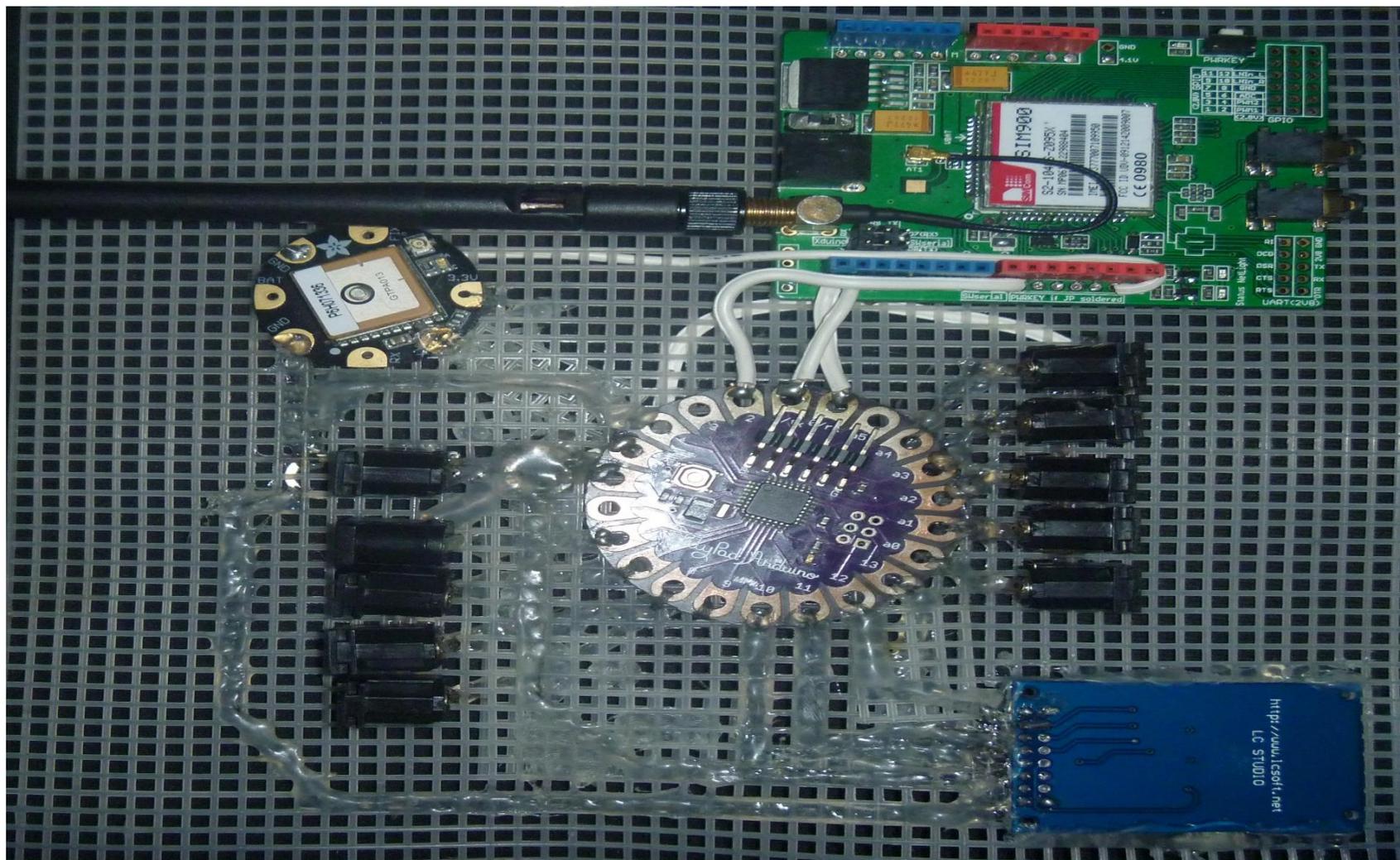


Figura 72: Circuito con todos los componentes eléctricos y electrónicos del prototipo.

### 3.4 Dimensionamiento y selección de fuente de energía portátil.

La selección de la fuente energía dependerá del voltaje y de los mili amperios hora (mAh) consumidos por cada uno de los componentes del prototipo, adicionalmente para el diseño fue importante considerar características como si son portátiles, recargables y de bajo peso.

Para la alimentación de energía de todos los componentes eléctricos y electrónicos se selecciona una batería de Ion Litio de mayor capacidad de carga y ligera, excepto para el módulo GSM que la alimentación de energía es por medio de una batería de polímero de Litio en base a las consideraciones descritas más adelante.

Para la selección de la capacidad de carga de las baterías se analiza el consumo de corriente de cada componente electrónico y el tiempo de duración que puede soportar la batería.

En la tabla 9 se muestra la cantidad de corriente que consume cada componente y el tiempo de duración.

Para el tiempo de duración de la batería se utiliza la fórmula 1.

$$t = \frac{\text{Capacidad de carga}}{A} [h] \text{ fórmula 1}$$

Siendo t el tiempo de duración de descarga de la batería, capacidad de carga en mAh (mili amperios hora), y A es el amperaje que consume los dispositivos electrónicos.

Un ejemplo de cálculo del tiempo de duración de la batería para el controlador LilyPad Arduino se presenta a continuación.

$$t = \frac{\text{Capacidad de carga}}{A} [h]$$

$$t = \frac{4400[mAh]}{200 [mA]}$$

$$t = 22 [h]$$

Tabla 9

Consumo de energía de los dispositivos electrónicos.

<b>Dispositivo</b>	<b>Fuente de energía(mAh) a 3.7 VDC</b>	<b>Corriente (mA)</b>	<b>Tiempo de descarga en horas</b>
<b>Flora Wearable Ultimate GPS Module</b>	4400	20	220
<b>LilyPad</b>	4400	200	22
<b>Pulsadores</b>	4400	10	440
<b>130 LED</b>	4400	650	7
<b>Módulo SD Card Slot Socket Lector para Arduino MCU ARM</b>	4400	20	220
<b>TOTAL de consumo y tiempo de descarga</b>	4400	900	5
<b>Módulo GSM SIM900</b>	1200	50	24
<b>TOTAL de consumo y tiempo de descarga</b>	1200	50	24

Se selecciona una capacidad de carga de 1200 mAh y una batería de polímero de litio para el módulo GSM ya que el dispositivo envía la información de la ubicación todo el tiempo necesario que requiera el usuario, el módulo consume 50 mA para enviar mensajes de texto (SMS) por lo tanto el tiempo de duración de la batería es de 24 horas.

Para los otros dispositivos eléctricos y electrónicos presentes en el prototipo de chaleco se selecciona una batería de Ion Litio con una capacidad de carga de 4400 mAh, el consumo total de corriente al máximo funcionamiento es de 900 mA obteniendo un tiempo de duración de la batería de 5 horas, pero el tiempo de duración

aumenta cuando no se utiliza los leds en la mañana aumentado el tiempo de duración a 18 horas.

### **3.5 Diseño del software necesario.**

El software necesario y que se requiere para el prototipo de chaleco inteligente es el desarrollo de una aplicación que permita saber la ubicación del usuario, ya que el prototipo enviara un mensaje de texto (SMS), que posee la información de posición y será recibido por cualquier dispositivo electrónico GSM o por un teléfono móvil inteligente, logrando que la información del SMS se vea en un mapa.

Para el desarrollo del software se utiliza las siguientes aplicaciones google maps y appinventor2.

Google Maps es un servicio de Google que ofrece imágenes vía satélite de todo el planeta, combinadas, en el caso de algunos países, con mapas de sus ciudades, lo que unido a sus posibilidades de programación abierta ha dado lugar a diversas utilidades ofrecidas desde numerosas páginas web.

Desde su lanzamiento en febrero de 2005, la aplicación cartográfica de Google ha conmocionado a la comunidad de desarrolladores. Si bien sus principios técnicos de base eran ya conocidos, incluso utilizados desde hacía tiempo, la aplicación de Google los combina de manera inteligente, y sobre todo ofrece una accesibilidad sin igual.

Varios aspectos de Google Maps son los responsables de su facilidad de uso por cualquier usuario: el sistema de deslizamiento de imagen, acoplado a la carga dinámica de nuevas imágenes; la adaptación del mapa al tamaño de ventana del navegador; la interfaz minimalista; la posibilidad de cambiar de tipo de mapa en un clic.

Como todas las demás aplicaciones Google, Maps descansa poderosamente sobre la utilización de JavaScript. La carga y el deslizamiento de imagen no podrían efectuarse sin este código.

Según el nivel de zoom, un mapa podría descomponerse en varias decenas de miles de cuadrados. Esta descomposición se realiza automáticamente por un script del lado servidor. Cuando el utilizador hace deslizar la imagen en un sentido, JavaScript calcula cuales son los cuadrados involucrados, envía al servidor una pregunta sobre las imágenes en cuestión, y las coloca alineadas junto a las otras.

Cada cuadrado es almacenado en un fichero cuyo nombre indica su longitud, su latitud, y el valor del zoom. Recuperar estas informaciones para todos los cuadrados a colocar, no es sino una cuestión de derivación de los datos conocidos para un solo cuadrado. (GoogleMaps, 2005)

El programa appinventor 2 es una aplicación web de código abierto es decir que se puede desarrollar programas de forma gratuita y por cualquier persona, en su inicio era proporcionada por google pero posterior es mantenido por Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

Appinventor 2 permite desarrollar software para el sistema operativo Android, que se encuentra en la gran mayoría de teléfonos móviles inteligentes.

La aplicación web appinventor 2 posee una interfaz gráfica que permite a los programadores arrastrar y soltar objetos visuales que son herramientas de programación para desarrollar aplicaciones que se ejecuten en dispositivos con sistema operativo Android.

### **3.5.1 Desarrollo del Software.**

Para el desarrollo de la aplicación se usa el navegador web, se inicia la aplicación ingresando a <http://ai2.appinventor.mit.edu/> y con la cuenta de google se accede.

Una vez ingresado a la aplicación appinventor 2 se da clic en empezar un nuevo proyecto como se muestra en la figura 73.

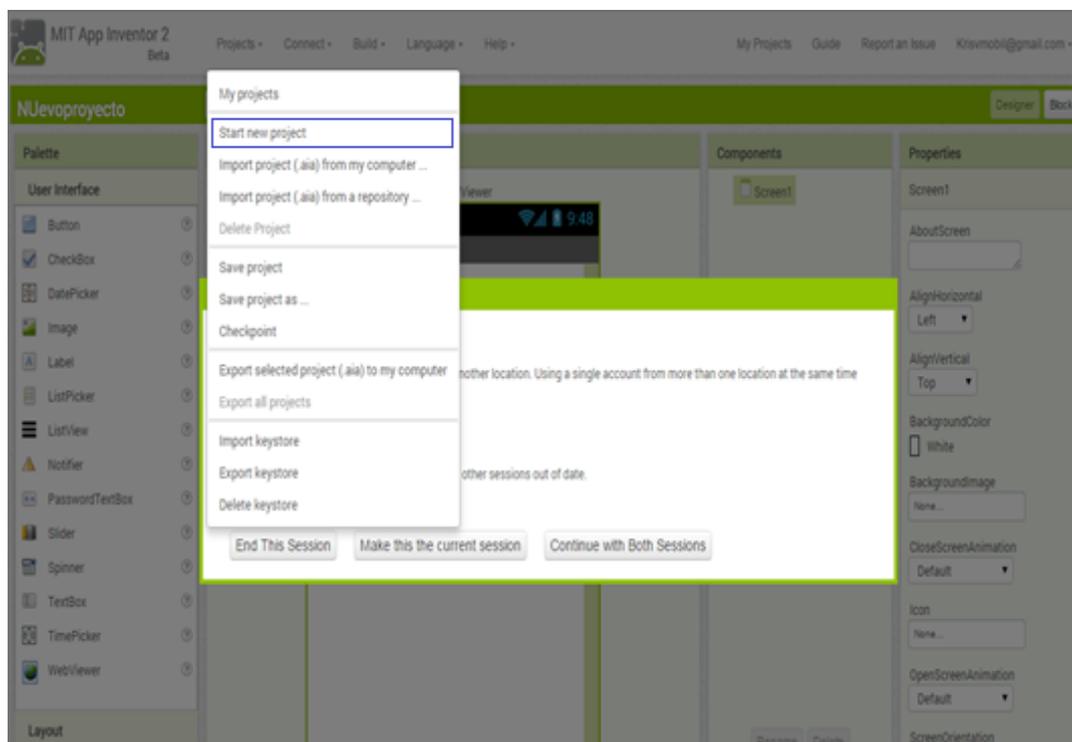


Figura 73: Acceso a un nuevo proyecto para hacer la aplicación.

Una vez creado el proyecto en la parte superior derecha se encuentra dos botones en el que se debe seleccionar diseño. Se inicia con la realización de la interfaz gráfica de la aplicación, ingresando botones, línea donde se va a escribir nuestros datos, y el texto de la descripción y autoría como se muestra en la figura 74.

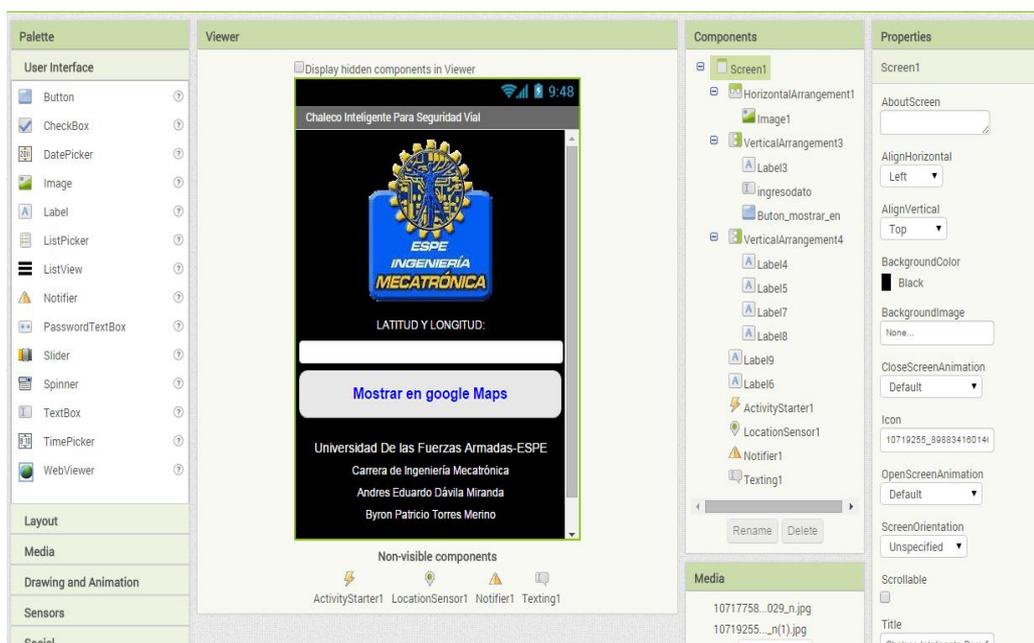


Figura 74: Entorno de diseño de la interfaz de la aplicación para (SO) Android.

Para iniciar la programación de la aplicación luego de hacer la interfaz se da clic en la parte superior derecha de la pantalla en el botón bloques, en la ventana de bloques es donde insertamos y nombramos a los componentes de nuestra aplicación como se muestra en la figura 75.



Figura 75: Entorno de programación por bloques de la aplicación para (S.O.) Android.

En la figura 75 básicamente se tiene los bloques de variables de programación y control, además existen bloques preestablecidos dependiendo de las aplicaciones propias para el sistema operativo Android.

En el desarrollo de la aplicación se utiliza un bloque llamado MessengerReceived como se indica en la figura 76, se encuentra en los bloques de control de mensajes, este bloque permite que la aplicación reconozca un número de teléfono y el texto que se encuentra al recibir un SMS de este número almacenando la información en las variables “number” y “messageText” respectivamente.



Figura 76: Bloque de programación MessengerReceived.

Ya con la información almacenada en variables hacemos la respectiva visualización con los bloques de control como se indica en la figura 76. Los bloques “set” del visualizador ingresado el primero sirve para confirmar la información que se ha reconocido al momento de llegar el SMS y el segundo bloque es para mostrar el texto del mensaje en la barra de búsqueda de nuestra aplicación.

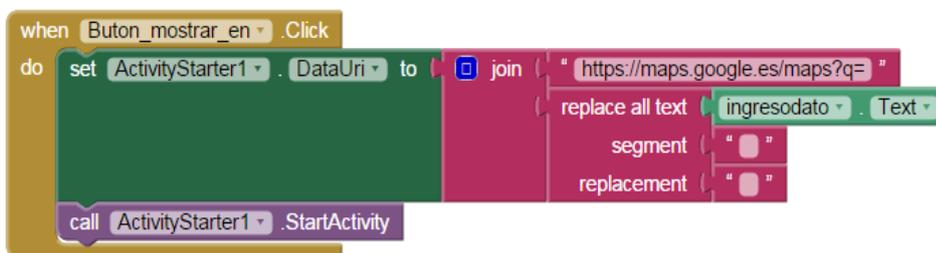


Figura 77: Bloque de programación para asociar a google maps

En la figura 77 se observa la sentencia correspondiente al botón “mostrar en google maps” en el bloque ‘join’ ingresamos el direccionamiento de google maps en la

aplicación maps de los teléfonos Android, reemplazando el texto del mensaje con lo que se encuentra en la barra de búsqueda en blanco.

En la figura 78 se muestra la aplicación en ejecución esperando el nuevo mensaje con la información de la ubicación del usuario.



Figura 78: Aplicación para Android en ejecución.

En la figura 79 se muestra cuando la aplicación recibe un SMS con los datos de la posición del usuario, para mostrar la ubicación con los datos recibido se da clic en el botón mostrar en google maps.



Figura 79: Aplicación recibiendo información de la ubicación.

En la figura 80 se visualiza la ubicación de los datos recibido por SMS en google maps.



Figura 80: Visualización de la ubicación con los datos recibidos por SMS.

La aplicación actualiza la ubicación siempre y cuando se regrese a la pantalla principal y luego se realiza nuevamente la búsqueda con el botón buscar en google maps.

La aplicación se la puede instalar en cualquier teléfono con sistema operativo Android, con un ejecutable llamado trackerpersonal.APK, se lo copia en la memoria del celular luego se lo hace clic y se cambia los permisos de instalación de aplicaciones de terceros. Esto se encuentra en configuración, seguridad señalar en cuadro de fuentes desconocida como se indica en la figura 81.

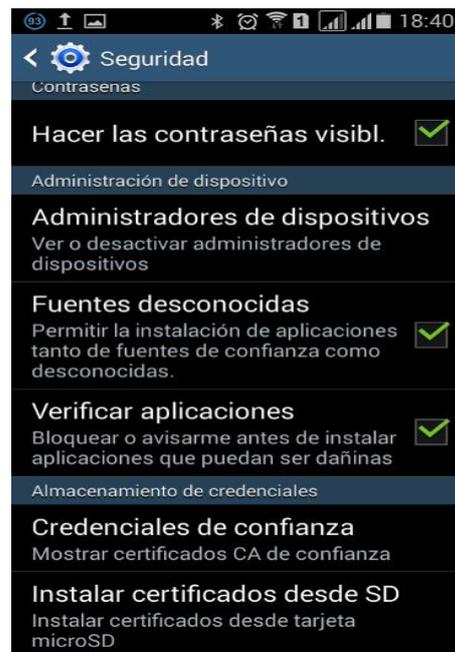


Figura 81: Configuración para la instalación del trackerpersonal.APK.

## CAPITULO 4

### 4. Construcción e implementación.

#### 4.1 Implementación del prototipo de chaleco ergonómico.

La implementación del prototipo del chaleco inteligente que sea ergonómico para el usuario, se lo realiza con materiales impermeables que evitan la penetración del agua hacia el interior del mismo, además está provisto de un forro interno compuesto de una combinación de poliéster y algodón lo que proporciona comodidad a la persona que lo utilice y además deja una separación donde se coloca los conductores eléctricos.

El chaleco inteligente está diseñado de tal forma que se puede colocar encima de cualquier otra vestimenta manteniendo el confort del usuario.

El circuito electrónico se coloca dentro del prototipo de tal forma que no causa ninguna incomodidad física al usuario, está ubicado en la parte interna posterior inferior como se muestra en la figura 82.



Figura 82: Bolsillo contenedor del circuito eléctrico-electrónico del chaleco inteligente.

El chaleco está provisto de aberturas de tal forma que se puedan instalar de manera rápida y sencilla todos los componentes eléctricos y electrónicos, en la figura 83 y 84 se muestra las aberturas que poseen un cierre doble y una tapeta con velcro para ingresar los leds de color rojo, amarillo y los leds verdes direccionales.



Figura 83: Abertura para los leds amarillos y rojos.



Figura 84: Abertura para los leds verdes direccionales.

En la figura 85 se muestran las aberturas para ingresar los conductores eléctricos desde los leds y en la figura 86 se muestran las aberturas para ingresar los conductores eléctricos desde el guante de control.



Figura 85: Aberturas para ingreso de los conductores desde los leds hacia el circuito eléctrico – electrónico.



Figura 86: Aberturas para ingreso de los conductores desde los leds hacia el circuito eléctrico – electrónico.

En la figura 87 se muestra prototipo de chaleco ergonómico implementado.



Figura 87: Prototipo de chaleco ergonómico implementación.

#### **4.2 Implementación de los componentes eléctricos y electrónicos al chaleco de forma estratégica.**

Se coloca las luces indicadoras led que muestran las direcciones de izquierda y derecha. Las luces indicadoras son de color verde y de forma de rombo se implementan

en la parte frontal y en los dos costados del prototipo de chaleco inteligente sobre una cinta reflectiva como se demuestra en la figura 88.



Figura 88: Implementación de las luces indicadores de dirección.

El circuito de las luces indicadoras de dirección implementado en el prototipo se expone en la figura 89.

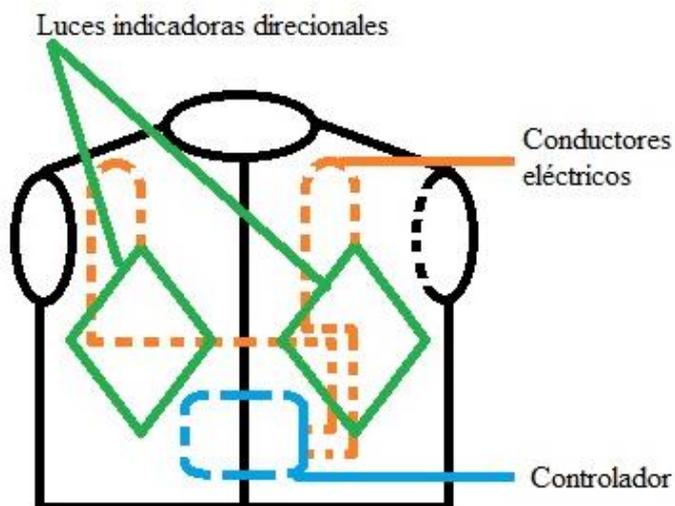


Figura 89: Circuito de las luces indicadoras de dirección implementado en el prototipo.

Para encender una sola dirección, la conexión de los conductores eléctricos está configurado para que vaya a un solo plug de dirección ya sea esté de izquierda o derecha, conectado al controlador.

Las luces indicadoras de paro (leds de color rojo) y de precaución (leds de color amarillo) se implementan en la parte posterior del prototipo como se muestra en la figura 90, en cintas reflectivas de forma horizontal y paralelas.



Figura 90: Implementación de las luces indicadores de paro y de precaución.

El circuito de las luces indicadoras de paro y precaución implementado en el prototipo se expone en la figura 91.

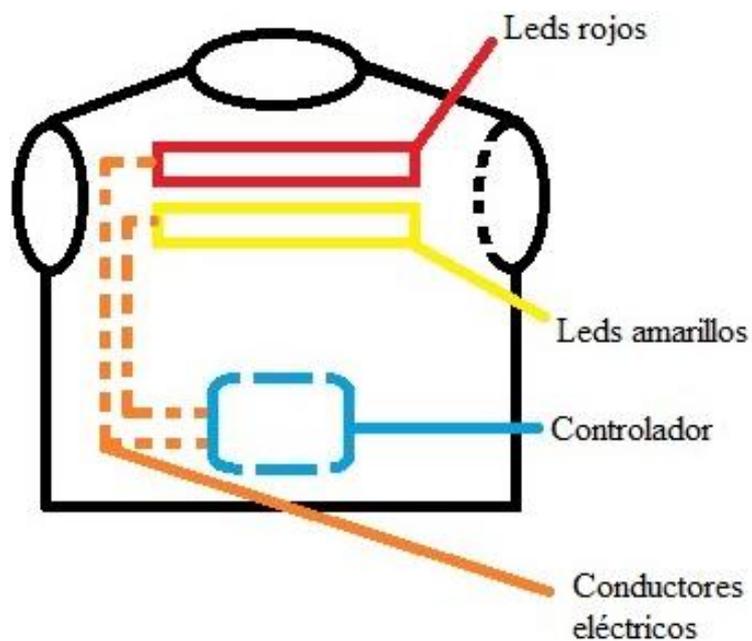


Figura 91: Circuito de las luces indicadoras de paro y precaución implementado en el prototipo.

### 4.3 Implementación del sistema de control.

El sistema de control está comandado por un guante de control que posee pulsadores que envía señales al controlador para activar varias funciones. Las funciones que controlan son 5 y son las siguientes:

- Pulsador P1 controla el envío de la ubicación del usuario mediante el LilyPad, el módulo GPS y el módulo GSM.
- Pulsador P2 controla el encendido de las luces indicadoras led con dirección hacia la izquierda.
- Pulsador P3 controla el encendido de las luces indicadoras led con dirección hacia la derecha.
- Pulsador P4 controla el encendido de las luces indicadoras led de paro.
- Pulsador P5 controla el encendido de las luces indicadoras led de precaución.

Los pulsadores están dispuestos de izquierda a derecha desde P1 hasta P5, como se muestra en la figura 92.



Figura 92: Guante de control con los pulsadores de activación de funciones.

El guante de control en conjunto con los pulsadores, son conectados a los plugs mediante conductores eléctricos y además están recubiertos de un plástico que protege de ambientes hostiles. Lo que proporciona un fácil montaje y desmontaje al sistema de control como se indica en la figura 93.



Figura 93: Guante de control y conectores plugs.

El funcionamiento del sistema de control consiste en maniobrar cualquiera de los 5 sensores pulsadores, al accionarlos envía una señal a las entradas del controlador para que este la procese y ejecute cualquiera de las funciones ya antes mencionadas como se indica en la figura 94.

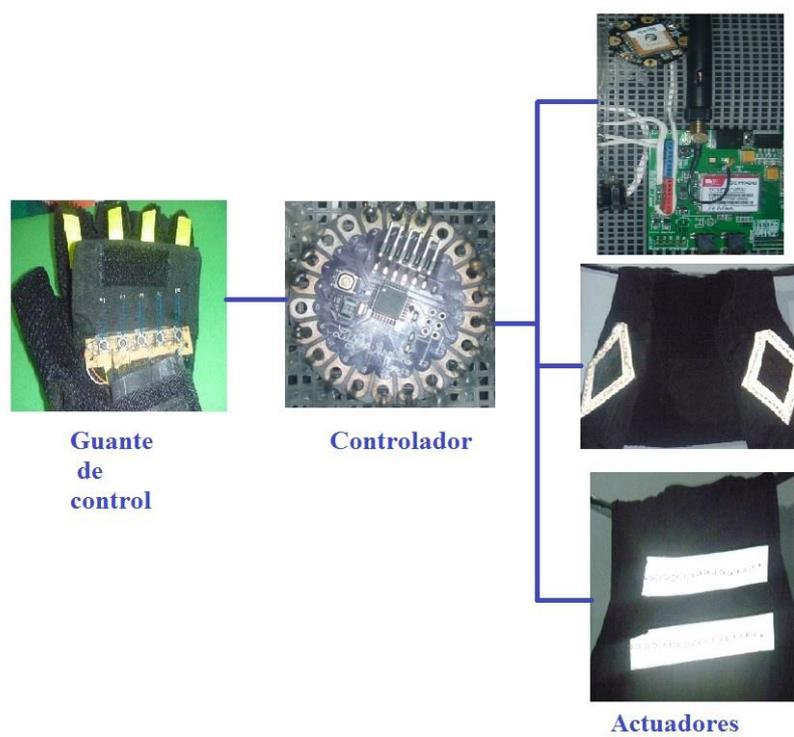


Figura 94: Sistema de control.

En la figura 95 se denota el sistema de control implementado en el prototipo de chaleco inteligente.



Figura 95: Sistema de control implementado

#### 4.4 Programación del sistema de control.

En el diagrama de flujo del sistema de control que se indica en la figura 96, 97, 98, 99 se detalla a continuación: la primera función es la decodificación de los datos que provienen del módulo GPS utilizando la librería TinyGPS, y se procede a guardar los datos de latitud y longitud en la memoria SD.

Al iniciar el programa se asigna a la variable “var” la letra “e” y se realiza una sola vez. La siguiente interacción es leer los datos analógicos proporcionados por las entradas A0, A1, A2, A3, A4, que se encuentran conectados con los pulsadores del guante de control. Se verifica si la entrada A0 ha sido accionada, si es verdadero, se asigna la letra “t” a una variable denominada “var”, pero en caso falso el programa la variable “var” se asigna la letra “z”. De forma similar para la entrada A1, pero en este caso a la variable “var” se asigna la letra “i”, para la entrada A2 se asigna la letra “d”, para la entrada A3, la letra “a”, para la entrada A4, la variable “r”. Cuando se accionada las entradas A3 y A4 al mismo tiempo, la variable “var” se asigna la letra “O”.

Como siguiente interacción se tiene la revisión de la variable “var” que asocia a los diferentes casos para activar cada una de las funciones. Si la variable se asignó la letra “t”, en caso afirmativo se activa la función “SendMessage”, la cual envía un mensaje de texto con la información de ubicación hacia un teléfono móvil previamente seleccionado, en caso negativo se regresa a la función de decodificar variables de GPS. Si la variable se asignó la letra “e” se activa la función “powerUpDown” la cual enciende el módulo GSM, esta función se activa una sola ocasión. Si la variable se asignada con la letra “i”, en caso afirmativo, se activa la función lediz, para encender las luces de color verde, que tiene forma de flecha hacia la izquierda. Si la variable se asigna la letra “d”, si es así se activa la función “ledde”, que sirve para encender las luces de color verdad, cuya forma es de flecha hacia la derecha. Si la variable se asigna la letra “a”, activa la función “ledam” la cual enciende las luces indicadoras de color amarilla, pero en caso negativo se regresa a la función de decodificar variables del módulo GPS. Si la variable se le asigna la letra “r” activa la función “ledroj” la cual enciende las luces indicadoras de color rojo, pero en caso negativo se regresa a la

función de decodificar variables del módulo GPS. Para desactivar cualquier función del prototipo la variable se asigna la letra “O” la que activa la función “ledoff” apagando todas las luces indicadoras. Al finalizar cualquier función se asigna a la variable “var” con la letra “z”, en caso afirmativo sale de la verificación de los casos y se retorna con la lectura de las entradas analógicas para la asignación de la letra de la variable “var”.

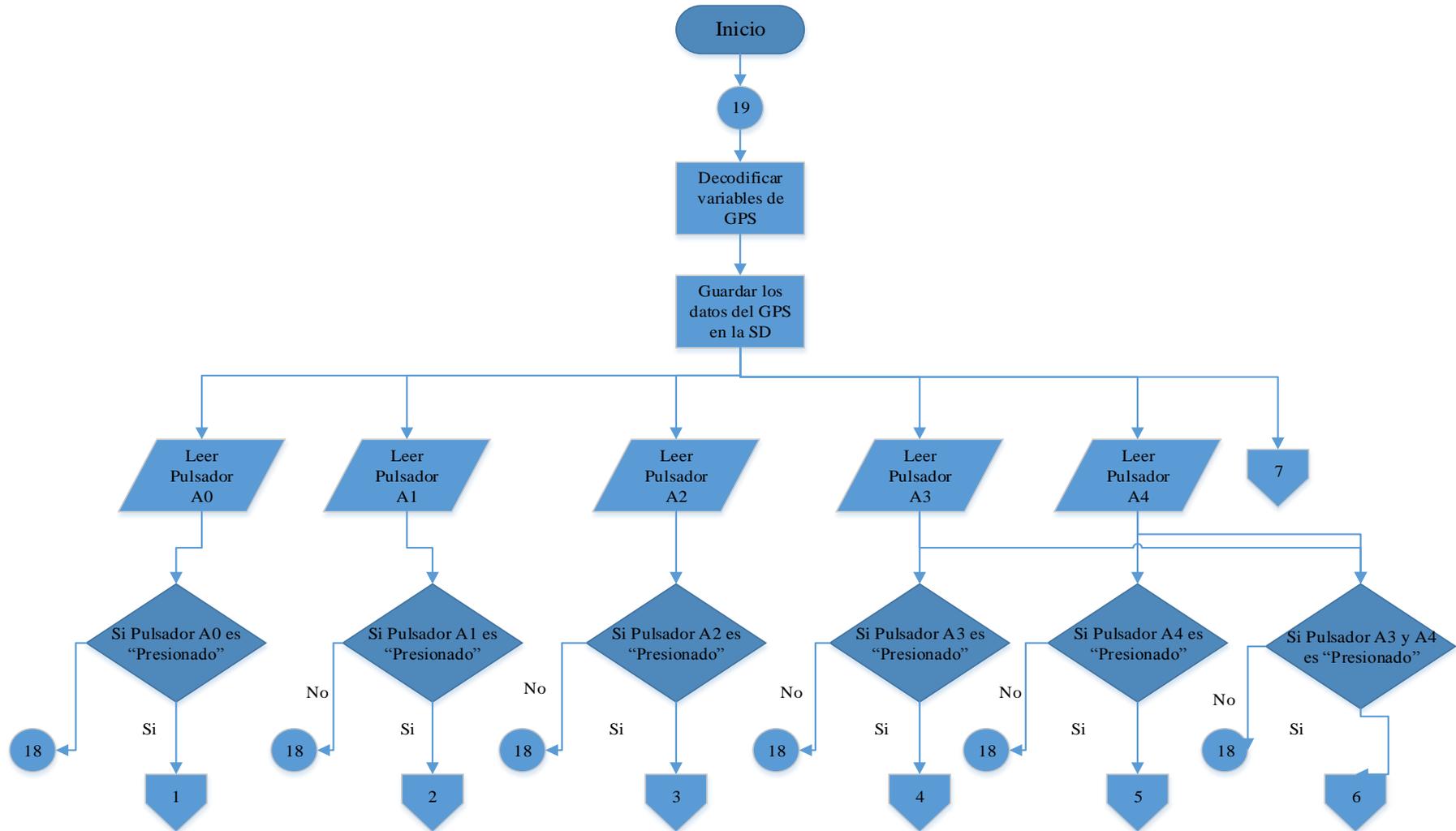


Figura 96: Diagrama de flujo del sistema de control.

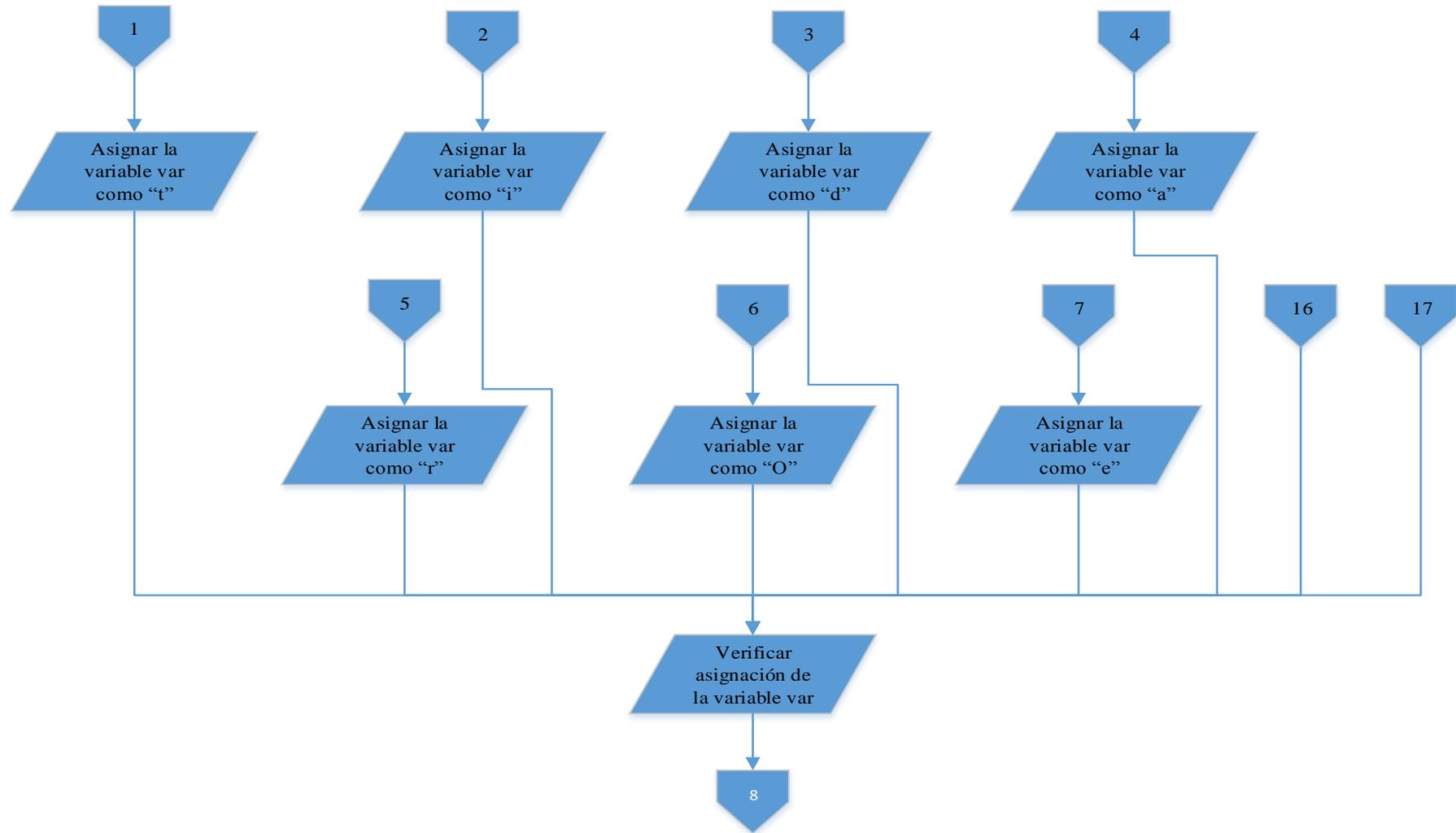


Figura 97: Diagrama de flujo del sistema de control.

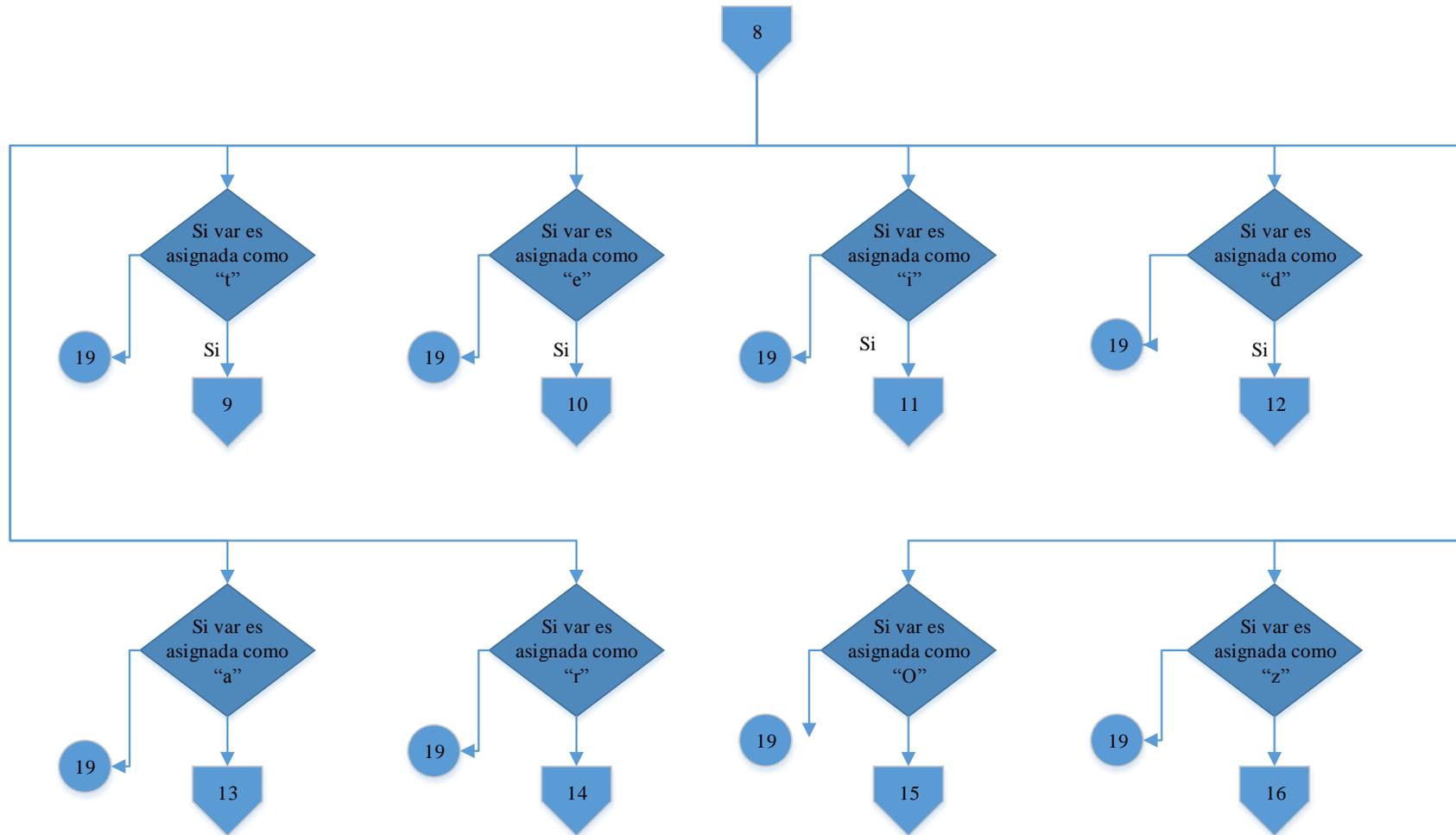


Figura 98: Diagrama de flujo del sistema de control.

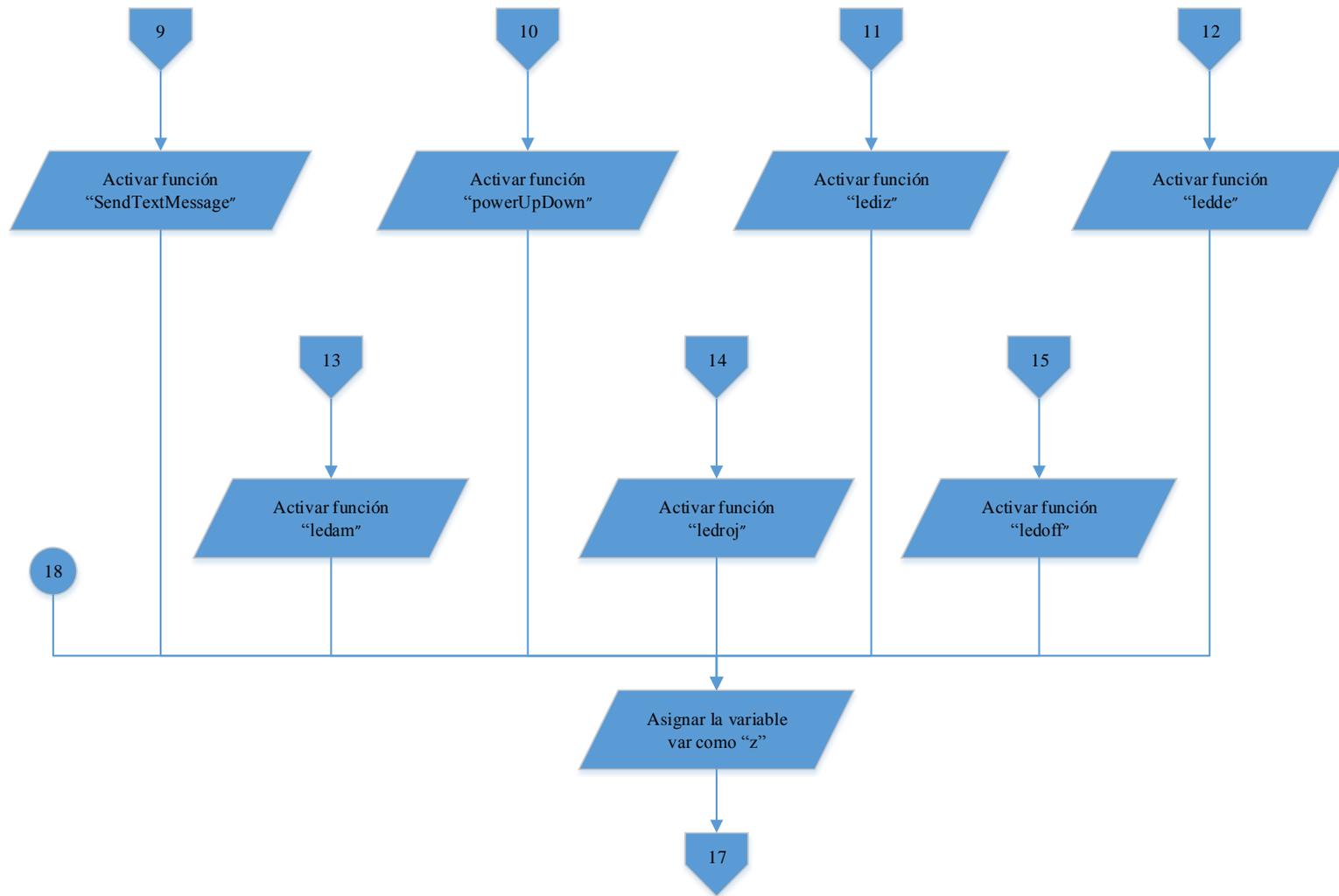


Figura 99: Diagrama de flujo del sistema de control.

## CAPÍTULO 5

### **5. Análisis de Pruebas y Resultados.**

#### **5.1 Desarrollo de Protocolo de pruebas.**

Definición: protocolo de pruebas es un programa sistemático de verificación e inspección aplicado por una organización para el control de la calidad de la tecnología y operación de un equipo, proceso o servicio así como sus condiciones de seguridad y confiabilidad. Donde la autoridad competente emitirá un dictamen al concluir la prueba. (Ruymbeke, 1996)

Advertencia: Antes de iniciar las pruebas revisar si todos los componentes poseen una buena conexión y verificar el nivel de suministro energético proporcionado por las baterías sea el adecuado para el funcionamiento del prototipo el nivel requerido de energías debe de ser superior a 3 Voltios.

Para verificar el funcionamiento del prototipo se analizará parámetros como el tiempo que se tarda en ejecutar las funciones al activar los pulsadores, así como cuantificar la señal analógica que recibe el controlador, tiempo de encendido del sistema, tiempo en que los dispositivos GPS y GSM se encuentran operativos y verificar la precisión de los datos adquiridos por el GPS. Voltaje al que se encuentran sometidos los dispositivos electrónicos mediante la fuente de alimentación. Pruebas físicas (mecánicas y eléctricas) que se someterá a las fibras conductoras para obtener información acerca de las cualidades de material, se realizará la prueba de ergonomía al prototipo del chaleco cuando un usuario lo lleva puesto, prueba de visualización de las luces indicadoras, todos los ensayos mencionados se analizarán en las secciones 5.2 a la 5.5 de este capítulo.

#### **5.2 Prueba y resultados de materiales de fibras conductoras.**

La prueba que estuvieron sometidas las fibras conductoras es el ensayo a tracción, el cual permite obtener información acerca de la capacidad de un material para resistir cargas axiales que varían lentamente en ambientes estándares.

El ensayo consiste en sujetar un segmento de hilo conductor en sus extremos con la utilización de mordazas metálicas, para que el hilo quede perfectamente fijo y templado. La distancia que existe entre las mordazas es 12 mm, esto se puede evidenciar en la figura 100.



Figura 100: Distancia de separación de las mordazas para del ensayo de tracción del hilo conductor

Después se procede a seleccionar la escala adecuada para poder cuantificar la fuerza en la cual se rompe el material, en este caso la escala es de 5kg, lo que se muestra en la figura 101.

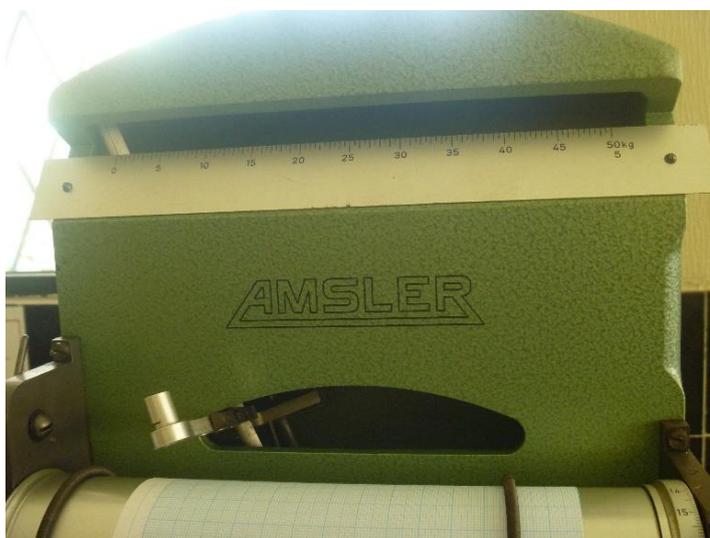


Figura 101: Escala para la medición de la fuerza de tracción.

El siguiente paso es la colocación de las pesas respectivas, las cuales determinan la máxima fuerza que se podría ejercer sobre el elemento de análisis, esto se muestra en la figura 102.



Figura 102: Pesas para la aplicación de la fuerza del ensayo.

Una vez realizado los pasos anteriores, se debe colocar un papel milimetrado y el marcador, en el que se mostrará la gráfica de la fuerza máxima que rompe al material, tal como se indica en la figura 103.



Figura 103: Colocación del papel milimetrado y marcador para el ensayo de tracción.

Finalmente se procede a aplicar fuerzas de tracción de forma progresiva al hilo, hasta que se despedace. La evolución del incremento de esta fuerza queda registra en

el papel cuadriculado. En la figura 104, se puede apreciar cómo se encuentra el hilo después del ensayo.



Figura 104: Estado del hilo luego del ensayo de tracción.

El resultado del ensayo se muestra en la figura 105, ahí se especifica la escala empleada para registrar el valor de fuerza, la escala es 5kg, para entender como cuantificar la fuerza, se debe considerar que cada cuadro de 1mm de longitud en el eje horizontal representa 50 g de fuerza. Tal como se muestra en la figura la fuerza a recorrido 30 mm, por lo tanto la magnitud es de 1500g, es decir 1,5 kg.

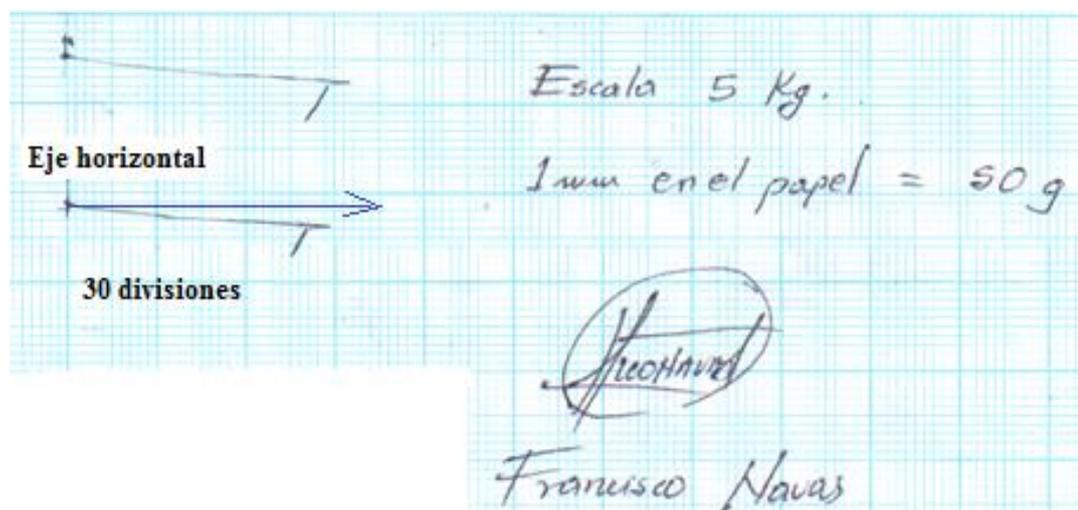


Figura 105: Registro de la fuerza aplicada.

### 5.3 Prueba y resultados de componentes eléctricos y electrónicos.

En la tabla 10 se muestra los valores de voltaje que se midieron de cada uno de los componentes eléctricos y electrónicos, los valores dados son debido a la caída de tensión que existe desde la fuente de alimentación y los conductores eléctricos (fibras conductoras).

Tabla 10

Voltajes en los componentes eléctricos y electrónicos.

<b>Voltaje en los dispositivos</b>	
<b>Dispositivo electrónicos</b>	<b>Voltaje (V)</b>
<b>Módulo GSM</b>	4,14
<b>Módulo GPS</b>	3,89
<b>Módulo de lectura y escritura SD</b>	3,6
<b>Controlador LilyPad</b>	4
<b>Leds de dirección Izquierda</b>	2,62
<b>Leds de dirección derecha</b>	2,64
<b>Leds de paro</b>	1,79
<b>Leds de precaución</b>	1,97
<b>Batería de Ion litio 4400 mAh</b>	4,06
<b>Batería de polímero Ion litio 1200 mAh</b>	4,14
<b>Voltaje de carga de las baterías</b>	4,05

En la tabla 11 se muestran los tiempos en que el módulo GSM se activa luego el tiempo para reconocer la banda de la red móvil y por último el tiempo en que se demora en llegar el mensaje, estos tiempos depende de la calidad de señal de las operadoras de telefonía móvil.

Tabla 11  
Tiempos del módulo GSM.

<b>Módulo GSM tiempo en segundos (s)</b>		
<b>Tiempo de activación.</b>	Tiempo de reconocimiento de señal de la tarje SIM.	Tiempo de envió de datos de ubicación.
<b>3,2</b>	21	10

En la tabla 12 se muestra el tiempo en reconocer los satélites necesarios para dar la ubicación del usuario, el tiempo en que se demora en obtener los datos de posición depende del clima, del lugar donde se encuentra el módulo GPS y también si el usuario se encuentra dentro de una casa o edificio hecho de hormigón no se puede dar la ubicación ya que no reconoce a los satélites.

Tabla 12  
Tiempos del módulo GPS.

<b>Modulo GPS tiempo en segundos (s)</b>	
<b>Tiempo de activación.</b>	Tiempo de reconocimiento de los satélites.
<b>1</b>	64

#### 5.4 Prueba y resultados del sistema de control.

La pruebas realizadas al sistema de control fueron los tiempos de respuesta al accionamiento de los pulsadores, los valores de voltaje y los valores de ADC para la activación de funciones como se muestra en la tabla 13, además para la comprobación del accionamiento de la función de envió de los datos de ubicación mediante el modulo GPS y el módulo GSM, se colocó un led en el guante de control para comprobar si la función se activa.

Tabla 13

Pruebas del sistema de control.

<b>Pulsadores</b>	<b>Voltaje a las entras del controlador.</b>	<b>Valores ADC.</b>	<b>Tiempo de accionamiento de las funciones.</b>
<b>P1</b>	3,8	973	3,5
<b>P2</b>	3,72	996	3,375
<b>P3</b>	3,73	1011	3,123
<b>P4</b>	3,55	999	2,537
<b>P5</b>	3,54	978	3,915

## 5.5 Prueba de ergonomía y funcionamiento del chaleco.

### 5.5.1 Prueba de ergonomía.

La ergonomía de este prototipo se centra en proporcionar una prenda de vestir liviana, impermeable, cómoda, fácil de vestirla y manejarla, de tal forma que el usuario se sienta protegido, libre de humedad, y con la capacidad de ejercer las mismas funciones que tiene un semáforo, pero con la autonomía energética de trabajar sin la necesidad de estar conectado a ninguna fuente externa.

Para brindar un mayor confort al usuario se diseñó el prototipo de chaleco inteligente, de tal forma que sea lo más liviano posible, para que no cause ningún tipo de incomodidad física al momento de llevarlo puesto en cualquier tipo de ambiente.

El peso del prototipo se verificó mediante una prueba de pesaje, la cual consiste en colocar en una balanza el chaleco y dejarlos hasta que el elemento de medición registre el peso en unidades de gramos, la figura 106 como se realizó este ensayo.



Figura 106: Pesaje del prototipo.

También se ejecutó un segundo pesaje, pero esta vez se le suprimió al chaleco el circuito de control, y se procedió a realizar la medición, tal como se aprecia en la figura 107.



Figura 107: Pesaje del prototipo sin el circuito de control.

Las pruebas de los pesajes, dieron como resultado que el chaleco tiene un peso de 970 g y cuando se le quitó el circuito de control tiene un peso de 742 g.

### 5.5.2 Prueba de visualización.

La prueba de visualización que se realizó en el prototipo, consistió en observar la intensidad luminosa de los luces a cierta distancia en un ambiente nocturno. En la figura 108, se evidencia el grado de luminosidad que emiten las luces color verde de dirección izquierda, a una distancia de 5m.



Figura 108: Intensidad luminosa de las luces color verde izquierdas a una distancia de 5m.

La prueba de luminosidad descrita en el párrafo anterior se realizó para los demás tipos de luces, como las de color verde de dirección derecha, color rojo y color amarillo. En las figuras 109, 110 y 111, se muestra la intensidad de luz que emitió cada luz, respectivamente.



Figura 109: Intensidad luminosa de las luces color verde derechas a una distancia de 5m.



Figura 110: Intensidad luminosa de las luces color rojo a una distancia de 5m.



Figura 111: Intensidad luminosa de las luces color amarillo a una distancia de 5m.

La segunda prueba de visualización, se la realizó bajo las mismas condiciones que la anterior pero en este caso la distancia de separación entre el observador y las luces es

de 100 m, este experimento se evidencia en la figura 112 y 113, en las cuales se utilizan las luces de color verde izquierda y derecha respectivamente.



Figura 112: Intensidad luminosa de las luces color verde izquierda a una distancia de 100m.



Figura 113: Intensidad luminosa de las luces color verde derecha a una distancia de 100m.

La prueba también se ejecutó para las luces de color rojo y amarillo, las figuras 114 y 115 indican la intensidad de luz que imito casa diodo.



Figura 114: Intensidad luminosa de las luces color rojo a una distancia de 100m.



Figura 115: Intensidad luminosa de las luces color amarillo a una distancia de 100m.

El resultado del primer experimento es una perfecta visualización de todas luces cuando se las observa a una distancia de 5m. Pero en el segundo experimento cuando se incrementa la distancia de separación entre el observador y las luces, ya no se puede visualizar la intensidad luminosa de las luces de color rojo y amarillo, solo el resplandor de los diodos de color verde es visible.

### 5.5.3 Prueba de ubicación del prototipo.

La prueba de visualización de la ubicación del prototipo consistió en accionar el pulsador correspondiente para ejecutar la función de enviar los datos de longitud y latitud hacia un teléfono celular, en el cual ya se instaló una aplicación que permite obtener la ubicación del prototipo, en la figura 116, se muestra el accionamiento



Figura 116: Accionamiento del pulsador para él envío de información hacia un teléfono celular.

Una vez que ha llegado el mensaje de texto, la aplicación utiliza los datos para enlazarlos con Google maps y de esta manera se visualiza la ubicación de chaleco inteligente tal como se indica en la figura 117.

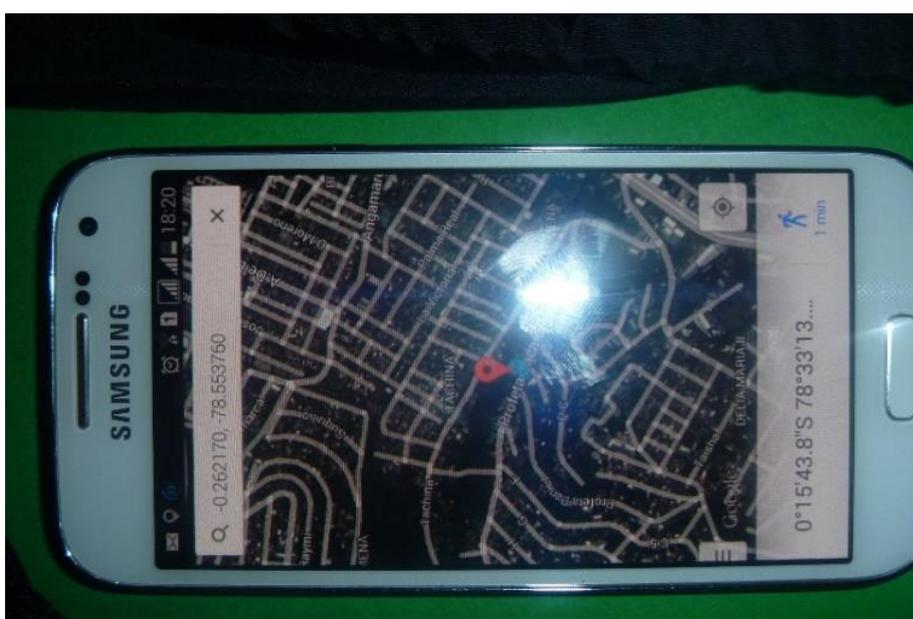


Figura 117: Visualización de la ubicación del chaleco en google maps.

#### 5.5.4 Prueba de impermeabilidad.

La prueba de impermeabilidad se basa en colocar agua dentro de un tubo circular de longitud de 1m, después se procede a ubicarlos de forma vertical sobre la superficie de la tela que se utilizó para la elaboración del prototipo, tal como se indica en la figura 118.

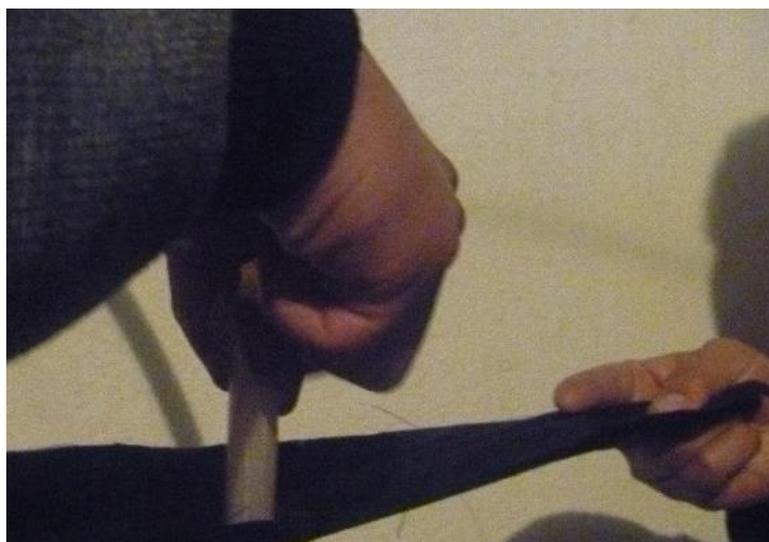


Figura 118: Colocación del tubo circular de forma perpendicular a la tela impermeable.

Después se observó si el agua podía atravesar la superficie la tela, como se muestra en la figura 119.

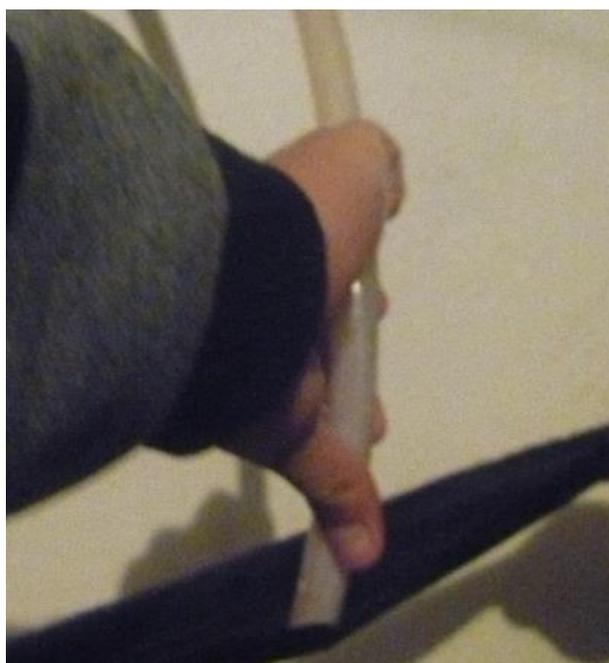


Figura 119: Verificación si la tela impermeable es atravesada por agua.

Como resultado de las pruebas se tiene que el agua no penetró a la tela impermeable, en ningún momento del experimento, siempre permaneció seca en lado que no se aplicó el flujo de agua. Esto resultado se puede evidenciar en la figura 120.



Figura 120: Resultado de la prueba de impermeabilidad.

## CAPÍTULO 6

### **6. Análisis Económico-Financiero.**

#### **6.1 Viabilidad técnica.**

##### **6.1.1 Factores de diseño.**

###### **6.1.1.1 Funcionales.**

El prototipo tiene la utilidad de mejorar la movilidad en el tránsito, proporcionando a los peatones y conductores de vehículos mejores formas de visualización de señales de circulación que dan los agentes de tránsito. Además tiene la capacidad de dar la ubicación de las personas que utilizan el chaleco inteligente de forma que podrían ser reubicados en zonas con mayor incidencia de tráfico o informar de forma rápida y precisa la ubicación del lugar donde se esté presentando una eventualidad. El prototipo de chaleco inteligente proporciona seguridad vial a motociclistas y ciclistas disminuyendo el riesgo al que están expuestos los agentes de tránsito.

Con respecto al mantenimiento que se debe realizar en el chaleco inteligente debemos mencionar que lo único a realizar es una limpieza al mismo.

En mención de la reparación del prototipo se debe tener en cuenta de que todos los dispositivos eléctricos y electrónicos se los puede soldar de forma sencilla debido a que están colocados de manera accesible y fácil de manipular.

Los recambios de los elementos eléctricos y electrónicos que se pueden hacer de forma inmediata: son los pulsadores, leds y cables eléctricos. Además los dispositivos restantes debido a que no están en disposición en el país se los debe importar lo que significaría un mayor tiempo para el recambio.

###### **6.1.1.2 Estéticos**

El chaleco inteligente es de textura de fibras artificiales polyester y nylon, el color es negro debido a que se necesita que resalte las señales con las luces indicadoras, tiene

2 franjas de forma rombo de 4 cm ancho en la parte frontal mientras que en la parte posterior 2 franjas de forma recta, horizontales y paralelas de 4 cm de ancho ambas de tela reflectiva, las luces indicadoras están colocadas de forma simétrica en la parte frontal. Cuenta con un guante de control en el costado derecho el cual está unido al chaleco con una tira de tela, poseen unas aberturas que van directo al controlador.

En la parte interna del prototipo posee un bolsillo que contendrá el controlador.

### **6.1.1.3 Ergonómicos.**

Las dimensiones del chaleco inteligente son de talla médium (M), la longitud del de la tira que conecta el guante de control con el prototipo es de 84 cm. La manejabilidad de prototipo consiste en que es poco rígido y fácil de colocarse. Con respecto al peso es liviano y no representa una carga física e inapropiada para el usuario. En seguridad se advierte que no debe acercarse al fuego debido a que es inflamable.

## **6.1.2 Factores de proceso.**

### **6.1.2.1 Materias primas.**

La accesibilidad de los componentes necesarios para la construcción del prototipo son escasos motivo por la cual, son importados. La continuidad y disposición de los suministros varían de acuerdo al tiempo de importación y a la existencia de los mismos ya que son productos en desarrollo.

### **6.1.2.2 Requerimientos de energía y modalidad.**

Para la elaboración del chaleco inteligente se requiere de energía eléctrica y la modalidad se hace de forma manual.

### **6.1.2.3 Medios disponibles y adquisiciones necesarias.**

Los recursos financieros necesarios para las adquisiciones del chaleco inteligente fueron provistos por los autores de la presente tesis por lo cual no existen amortización

futura que indique el pago de deuda alguna. Los desembolsos realizados y que nos permiten conocer el costo se especifican en el punto 6.2.1.

#### **6.1.2.4 Gestión de la calidad.**

A continuación se presentara el proceso que se debe seguir en la elaboración del prototipo de chaleco inteligente para seguridad vial mediante computación portátil.

El primer proceso consiste en la selección de materiales y servicios que contiene las siguientes actividades: búsqueda de proveedores análisis de opciones y selección del proveedor.

El segundo proceso es diseño y construcción en el cual se realiza las siguientes actividades: Análisis de los requerimientos energéticos de los dispositivos eléctricos y electrónicas, selección de los conductores eléctricos, diseño del circuitos eléctricos necesarios, elaboración del programa del controlador y la aplicación para el sistema operativo Android para observar la ubicación, colocación de forma estratégica las luces indicadoras, diseño e implementación del chaleco.

El tercer proceso es el desarrollo de protocolo de pruebas en el que realiza lo siguiente: Análisis de resistividad y resistencia mecánica de los conductores eléctricos, pruebas de dispositivos electrónicos, prueba del sistema de control, prueba de ergonomía y funcionamiento.

El cuarto proceso es análisis de resultados en donde se hace: Verificación del estado del prototipo y envió de reportes de requerimientos para solución de problemas.

EL quinto proceso consiste: en la fabricación e implementación del prototipo de chaleco inteligente con todas las pruebas realizadas previamente y con el funcionamiento sin errores.

En la figura 121 se muestra el diagrama de flujo de todo el proceso de fabricación del prototipo de chaleco inteligente.

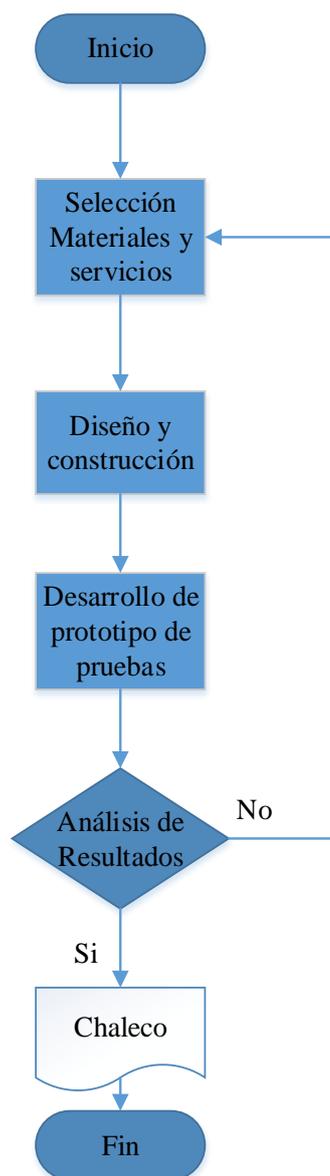


Figura 121: Diagrama de flujo del proceso de fabricación del chaleco inteligente.

## 6.2 Rentabilidad económica.

### 6.2.1 Costos.

En este punto se tratará el tema concerniente a los costos necesarios para la elaboración del prototipo, esto sirve para determinar el margen de utilidad y el precio de venta del ejemplar, además se incluirá costos concernientes a herramientas, materiales y tecnología que intervienen en la construcción e implementación.

En la tabla 14 se muestra los principales costos en que se ha incurrido para obtener el prototipo de chaleco.

Tabla 14  
Costos de materiales.

N°	Detalle	Cantidad	Precio (\$)	Total
1	Lilypad Arduino	1	20	20
2	Módulo GSM SIM900	1	75	75
3	Flora Wearable Ultimate GPS Module	1	39,95	39,95
4	Módulo SD Card Slot Socket Lector para Arduino MCU ARM	1	3,28	3,28
5	CanaKit hilo conductor de la bobina (Pack de 2 x 30 pies Bobinas)	4	14,95	59,8
6	Lithium Ion Battery Pack - 3.7V 4400mAh	1	19,95	19,95
7	Lithium Ion Polymer Battery - 3.7v 1200mAh	1	9,95	9,95
8	Adafruit Micro Lipo - USB LiIon/LiPoly charger - v1	1	5,95	5,95
10	Leds	130	0,35	45,5
11	Chaleco personalizado	1	50	50
12	Guantes de seguridad vial	1	15	15
13	Pulsadores	5	0,25	1,25
14	Conectores Plug invertido y Jack invertido	10	0,5	5
15	Placa para circuitos	1	1,5	1,5
16	Costos Indirectos	1	15	15
17	Servicios de confección	1	20	20
18	Chip GSM	1	6	6
19	Memoria SD	1	15	15
			<b>TOTAL</b>	<b>408,1</b>

Las herramientas necesarias para la elaboración y sus respectivo costo se muestra a continuación en la tabla 15, se ha considerado estos instrumentos por ser fundamentales y corresponde a los costos atribuibles a la confección y elaboración, se hace énfasis en este punto ya que si el prototipo pasa a formar parte de la producción de una empresa será importante mantener estos datos.

**Tabla 15**

Tabla de costos de herramientas.

No	Herramientas y tecnología	Unidades	Costos	Subtotal
1	Pinzas	2	4,5	9
2	Destornillador	1	10	10
3	cautín	1	12,5	12,5
4	tijeras	1	1,5	1,5
5	multímetro	1	50	50
TOTAL				83,00

Por tanto la sumatoria de costos de materiales, costos indirectos y herramientas es de \$ 491,13 no se consideró el rubro de mano de obra ya que los autores de la presente tesis realizaron la manufacturación del prototipo y los programas para el funcionamiento electrónico son de software libre por lo que no representa ningún costo. La programación también la realizaron los autores y no representa rubro de servicio.

### 6.2.1.1 Precio de Venta

El precio de venta se obtiene de la fórmula 2.

$$\text{precio de venta} = \text{Costo} + \text{Utilidad} \quad \text{fórmula 2}$$

La primera variable Costo se obtiene del punto 6.1.3.1 y la variable de utilidad es producto de 3 rubros económicos que son inflación, riesgo país y coto de oportunidad, los mismos que al ser sumados se convierten en la utilidad de un inversionistas el cual puede estar en función del costo o del capital invertido. A continuación se hará referencia a definiciones y datos de diferentes fuentes para obtener el porcentaje de utilidad requerido.

El riesgo país es un concepto económico que ha sido abordado académica y empíricamente mediante la aplicación de metodologías de la más variada índole: desde la utilización de índices de mercado como el índice EMBI de países emergentes de Chase-JPmorgan hasta sistemas que incorpora variables económicas, políticas y financieras. El Embi se define como un índice de bonos de mercados emergentes, el cual refleja el movimiento en los precios de sus

títulos negociados en moneda extranjera. Se la expresa como un índice ó como un margen de rentabilidad sobre aquella implícita en bonos del tesoro de los Estados Unidos. (Banco Central del Ecuador, 2014)

El riesgo país de Ecuador actual es de 316 como se muestra en la tabla 16 del Banco Central del Ecuador.

Tabla 16

Riesgo país Ecuador 2014.

<b>FECHA</b>	<b>VALOR</b>
<b>Septiembre-01-2014</b>	316.00
<b>Agosto-31-2014</b>	316.00
<b>Agosto-30-2014</b>	316.00
<b>Agosto-29-2014</b>	316.00
<b>Agosto-28-2014</b>	354.00
<b>Agosto-27-2014</b>	393.00
<b>Agosto-26-2014</b>	396.00
<b>Agosto-25-2014</b>	397.00
<b>Agosto-24-2014</b>	398.00
<b>Agosto-23-2014</b>	398.00
<b>Agosto-22-2014</b>	398.00
<b>Agosto-21-2014</b>	400.00
<b>Agosto-20-2014</b>	399.00
<b>Agosto-19-2014</b>	406.00
<b>Agosto-18-2014</b>	408.00
<b>Agosto-17-2014</b>	409.00
<b>Agosto-16-2014</b>	409.00
<b>Agosto-15-2014</b>	409.00
<b>Agosto-14-2014</b>	410.00
<b>Agosto-13-2014</b>	410.00
<b>Agosto-12-2014</b>	412.00
<b>Agosto-11-2014</b>	413.00
<b>Agosto-10-2014</b>	413.00
<b>Agosto-09-2014</b>	413.00
<b>Agosto-08-2014</b>	413.00
<b>Agosto-07-2014</b>	415.00
<b>Agosto-06-2014</b>	407.00
<b>Agosto-05-2014</b>	416.00
<b>Agosto-04-2014</b>	416.00
<b>Agosto-03-2014</b>	417.00

(Banco Central del Ecuador, 2014)

El siguiente punto es la inflación que se define como:

La inflación es medida estadísticamente a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana (IPCU), a partir de una canasta de bienes y servicios demandados por los consumidores de estratos medios y bajos, establecida a través de una encuesta de hogares.

(Banco Central del Ecuador, 2014)

Este concepto macro económico a septiembre 2014 es de 4,19% el comportamiento se presenta en la tabla 17.

Tabla 17

Inflación Ecuador 2014.

<b>FECHA</b>	<b>VALOR</b>
<b>Septiembre-30-2014</b>	4.19 %
<b>Agosto-31-2014</b>	4.15 %
<b>Julio-31-2014</b>	4.11 %
<b>Junio-30-2014</b>	3.67 %
<b>Mayo-31-2014</b>	3.41 %
<b>Abril-30-2014</b>	3.23 %
<b>Marzo-31-2014</b>	3.11 %
<b>Febrero-28-2014</b>	2.85 %
<b>Enero-31-2014</b>	2.92 %
<b>Diciembre-31-2013</b>	2.70 %
<b>Noviembre-30-2013</b>	2.30 %
<b>Octubre-31-2013</b>	2.04 %
<b>Septiembre-30-2013</b>	1.71 %
<b>Agosto-31-2013</b>	2.27 %
<b>Julio-31-2013</b>	2.39 %
<b>Junio-30-2013</b>	2.68 %
<b>Mayo-31-2013</b>	3.01 %
<b>Abril-30-2013</b>	3.03 %
<b>Marzo-31-2013</b>	3.01 %
<b>Febrero-28-2013</b>	3.48 %
<b>Enero-31-2013</b>	4.10 %
<b>Diciembre-31-2012</b>	4.16 %
<b>Noviembre-30-2012</b>	4.77 %
<b>Octubre-31-2012</b>	4.94 %

(Banco Central del Ecuador, 2014)

Finalmente tenemos el costo de oportunidad que es “Una decisión económica que tiene varias alternativas, es el valor de la mejor opción no realizada. Es decir que hace referencia a lo que una persona deja de ganar o de disfrutar, cuando elige una alternativa entre varias disponibles”.

(zoniaeconomica.com, 2013)

Hemos tomado la tasa de interés de la tabla 18 como referencia de la oportunidad alternativa de inversión actualmente la tasa pasiva referencial a Octubre del 2014 en el Ecuador es de 5,08 en depósitos a plazo se decidió tomar esta referencia ya que no requiere de un análisis exhaustivo.

Tabla 18

Tasas de interés pasivas efectivas promedio por instrumento.

<b>TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS PROMEDIO POR INSTRUMENTO</b>			
<b>Tasas Referenciales</b>	<b>% anual</b>	<b>Tasas Referenciales</b>	<b>% anual</b>
<b>Depósitos a plazo</b>	5.08	Depósitos de Ahorro	1.18
<b>Depósitos monetarios</b>	0.60	Depósitos de Tarjetahabientes	0.52
<b>Operaciones de Reporto</b>	0.46		

(Banco Central del Ecuador, 2014)

Al tener la información de las diferentes variables económicas podemos obtener el porcentaje requerido de utilidad que es Riesgo País: 3,16% Inflación: 4,19% y Costo de oportunidad: 5,08% en Total: 12,43% con lo cual procedemos a multiplicar el costo total del prototipo por el porcentaje total de utilidad requerida obteniendo como resultado \$61,05 obteniendo así el precio de venta del prototipo \$552,18

## CAPÍTULO 7

### 7. Conclusiones y Recomendaciones

#### 7.1 Conclusiones

Fue posible diseñar un prototipo de chaleco inteligente manejado mediante un guante, diseñado con dispositivos electrónicos ligeros, fáciles de transportar, resistentes, flexibles y configurables, unidos mediante fibras conductoras independiente al hilo conductor, el cual cuenta con funciones necesarias para la seguridad vial.

El chaleco diseñado cuenta con características de impermeabilidad, comodidad, de bajo peso y se puede colocar encima de otras prendas de vestir, lo que se logra con estas cualidades es proporcionar al usuario una buena ergonomía.

Se utilizó el controlador LilyPad desarrollado para el uso en vestimentas, pequeño y de bajo consumo energético. Debido a que se trata de nuevas tecnologías para realizar e-textiles o textiles electrónicos, en el mercado no existen la mayoría de componentes electrónicos para implementar el sistema computacional portátil por tal motivo se realizaron ciertas adecuaciones a los componentes electrónicos para implementarlos en el prototipo de chaleco inteligente.

Al construir los circuitos para unir distintos componentes eléctricos y electrónicos en el chaleco, mediante el empleo de hilo conductor hecho de fibras conductoras de acero inoxidable, se verifico la baja eficiencia del conductor debido a la estructura no compacta del hilo ya que contiene pequeños filamentos que al hacer contacto con otros filamentos de hilo, pudiendo producirse un corto circuito lo que provoca un mal funcionamiento del sistema.

Se utilizó un módulo GPS desarrollado para el uso en vestimentas y un módulo GSM lo que permite enviar los datos del GPS mediante mensajes de texto (SMS) a cualquier otro módulo GSM o teléfono móvil inteligente y al emplear google maps se

puede visualizar la ubicación del usuario lo que le provee de una seguridad en caso un accidente, emergencias médicas u otra eventualidad.

Se implementó un guante de control con 5 pulsadores que activan 5 funciones y además posee un led indicador que permite saber cuándo se envió un mensaje con los datos de la ubicación del prototipo de chaleco inteligente hacia otro dispositivo móvil.

Se desarrolló una aplicación APK para el sistema operativo Android que sirve para ubicar al prototipo de chaleco inteligente cuando reciba un mensaje con los datos de latitud y longitud cuya información se reedirecciona a google maps.

Las luces implementadas en este proyecto son de alto grado de intensidad luminosa con un alcance máximo de 100 metros, por tal motivo se determinó que para mejorar la visualización de las luces indicadores led, se deber agregar cinta reflectiva.

El prototipo se puede implementar en otras aplicaciones como por ejemplo para localizar a personas que practican montañismo, personas con habilidades especiales y monitoreo de signos vitales.

## **7.2 Recomendaciones**

A fin de disminuir el grado de pérdidas en el prototipo se recomienda cambiar el hilo conductor por cables eléctricos solidos flexibles de cobre para el caso de unir dispositivos que encuentren a una distancia superior a 15cm, ya que este hilo es altamente resistivo lo que provoca una disminución de voltaje en las señales.

Se recomienda engrasar el hilo conductor antes de su implementación, ya que los filamentos que sobresalen pueden provocar cortocircuitos, los cuales puede causar daños irreversibles en los dispositivos que están conectados.

Para realizar la carga de las baterías es necesario utilizar cargadores de polímero de ion de Litio y de ion de Litio, debido a que si se carga con otros tipos de cargadores, las baterías sufren daños permanentes.

Al momento de coser con el hilo conductor se debe utilizar costura a mano, porque si se emplea costura con máquina, el hilo tiende a romperse.

## Referencias

- A. Rodríguez Arós, F. B. (2012). *Trigonometria plana y esférica con aplicaciones a la navegación*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Adafruit Industries, L. (2013). *Flora Wearable Ultimate GPS Module*. Obtenido de <http://www.adafruit.com/products/1059>
- Adafruit, I. (2013). *Flora Wearable Ultimate GPS Module*. Obtenido de <http://www.adafruit.com/products/1059>
- Admin. (5 de Agosto de 2012). *SD Card Module (HCARDU008)*. Obtenido de FORUM.HOBBY: <http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=25&t=5>
- Alavardo, C. (2012). *Space Electronic*. Obtenido de [http://electronicavirtual-carlos.blogspot.com/2012\\_11\\_01\\_archive.html](http://electronicavirtual-carlos.blogspot.com/2012_11_01_archive.html)
- Anny, M. H. (2014). *JL-Fiber Science & Technology*. Obtenido de Alibaba.com Global trade starts here: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/conductive-thread-bobbin-30ft-stainless-steel-91-2-1634107944.html>
- Antonio. (5 de Abril de 2013). *Comunicaciones Serie SPI*. Obtenido de Tutoriales PIC: <http://picferalia.blogspot.com/2013/04/comunicaciones-serie-spi.html>
- ARDUINO. (2014). *Introducción de Arduino*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Guide/Introduction>
- Baddeley, G. (2001). *GPS - NMEA Informacion de sentencias*. Obtenido de <http://aprs.gids.nl/gps>
- Banco Central del Ecuador. (2014). *Riesgo País*. Obtenido de [http://contenido.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=riesgo\\_pais](http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=riesgo_pais)
- Barrera, P. A. (8 de July de 2008). *La tecnologia en tu ropa*. Obtenido de MUNDO & motor REVOLUCIONA TUS SENTIDOS: [http://www.mundoymotor.com/No129\\_0002\\_Julio\\_2008/mym\\_108624417105.htm#.VBBEvv15PUK](http://www.mundoymotor.com/No129_0002_Julio_2008/mym_108624417105.htm#.VBBEvv15PUK)
- Bermudez, B. (27 de Abril de 2014). *Digital Proyect*. Obtenido de Digital Proyect: <http://digitalprojectsudistrital.blogspot.com/2014/04/comunicacion-serial-pc-psoc-4.html>
- Canakit. (10 de Diciembre de 2012). *Canakit Conduvtive Thread Bobbin*. Obtenido de Amazon Tri Prime: <http://www.amazon.com/gp/product/B007R9UA4S%3FSubscriptionId%3DA>

KIAIDUGVDXQUXVHEX3A%26tag%3Dcamecoupandre-#product-description-iframe

- Carrerasdemontana.com. (2012). *Retelur Marketing y Carrerasdemontana.com*.  
Obtenido de <http://carrerasdemontana.com/2011/09/30/material-de-montana-chaqueta-pantalon-impermeables-transpirables/>
- Diario Extra. (12 de Mayo de 2013). *Cronicatres, 3 meses para validar agentes metropolitanos de transito*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Diario la Hora. (13 de Noviembre de 2013). *Ciudadanos evalúan labor de los agentes de Tránsito*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- DNCTSV-CTE-EMOV. (2013). *Partes Policiales de Tránsito*. Quito: ANT, Estadísticas.
- Dueñas, R. (11 de Septiembre de 2008). *Puerto paralelo DB25*. Obtenido de Puerto paralelo DB25: <http://puerto-paralelo-db25.blogspot.com/>
- Electrónica Steren, S. d. (2014). *Catalogo de conectores* . Obtenido de <http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?p=326>
- Focus Technology Co., L. (2014). *Producto químico Fabric75D \* 75D/170t de la tela 100%Polyester teñido + tela impermeable de la ropa de la pongis*. Obtenido de [http://es.made-in-china.com/co\\_fankhaki/product\\_Fabric-100-Polyester-Chemical-Fabric75D-75D-170t-Dyed-Waterproof-Pongee-Garment-Fabric\\_euhohong.html](http://es.made-in-china.com/co_fankhaki/product_Fabric-100-Polyester-Chemical-Fabric75D-75D-170t-Dyed-Waterproof-Pongee-Garment-Fabric_euhohong.html)
- GEAR, T. A. (2 de Enero de 2013). *Cómo elegir una chaqueta impermeable*. Obtenido de TATOO ADVENTURE GEAR: <http://ec.tatoo.ws/posts/node?id=1452>
- GoogleMaps. (2005). *Noticias Google Maps*. Obtenido de [http://www.googlemaps.es/?page\\_id=3](http://www.googlemaps.es/?page_id=3)
- Gozáles, R. (6 de Enero de 2010). *Conector Serial COM 1 o Conector DB9*. Obtenido de PC Expertos: <http://pcexpertos.com/2010/01/conector-serial-com-1-o-conector-db9.html>
- INTEF. (2014). *Elementos de entrada o sensores* . Obtenido de [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/47/cd/mod2/2c\\_1.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/47/cd/mod2/2c_1.htm)
- LD/AGENCIAS. (20 de Enero de 2013). *LibertadDigitalCIENCIA*. Obtenido de LibertadDigitalCIENCIA: <http://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/ciencia/2013-01-20/un-material-impermeable-en-el-que-los-liquidos-rebotan-1276479758/>

- Liu, L., Zhu, Q., & Xiao, L. (2009). *Lithium Ion Battery Pack - 3.7V 4400mAh*. Obtenido de Adafruit:  
[http://www.adafruit.com/products/354#Technical\\_Details](http://www.adafruit.com/products/354#Technical_Details)
- Manrique, M. J. (2011). *Que es Wiring*. Obtenido de  
<http://www.marlonj.com/blog/2011/06/ques-es-wiring/>
- Merlin, L. (2013). *Cable para interior*. Obtenido de Leroy Merlin España S.L.U:  
[https://www.leroymerlin.es/productos/electricidad/cables/cable\\_para\\_interior.html](https://www.leroymerlin.es/productos/electricidad/cables/cable_para_interior.html)
- Mexinox. (2010). *Acero Inoxidable 316L ficha técnica*. Mexico: Mexinox.
- Moya, J. M. (2007). Sistemas telemáticos. En J. M. Moya, *Sistemas telemáticos* (págs. 35, 36, 37). España: Paninfo.
- Ortiz, J., Gigante, L., Cucart, P., & Abad, D. (2008). *Acceso a tarjetas de Memoria de Estado Sólido*. Valencia.
- OswSt. (14 de Marzo de 2011). *Sladeshare*. Obtenido de Serial Peripheral Interface (SPI): <http://www.slideshare.net/OswST/serial-peripheral-interface-spi>
- PHP, J. (20 de Octubre de 2014). *Impermeable*. Obtenido de FULLTEX Excelencia en calidad y tecnología:  
[http://www.fulltex.cl/sitio\\_nuevo/producto/46/linea\\_impermeable/](http://www.fulltex.cl/sitio_nuevo/producto/46/linea_impermeable/)
- Raspberry Pi, F. (2014). *Ultimas noticias de raspberry pi*. Obtenido de  
<http://www.raspberrypi.es/>
- Roldán, A. (2012). *Textiles inteligentes*. Obtenido de ACTA Textiles inteligentes:  
[http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/056069.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/056069.pdf)
- Ruymbeke, D. C. (Noviembre de 1996). *Formulación e instrumentación de protocolo de pruebas*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep62/Formula/Formula.html>
- Sánchez, J., Atón, T., Martín, J., & Fua de la Casa, E. (25 de Abril de 2007). *Uso de los LED en iluminación*. Obtenido de infoleds.wordpress:  
<http://infoleds.files.wordpress.com/2007/04/ledsweb.pdf>
- Secretaría de movilidad. (Enero de 2013). *BOLETÍN ESTADÍSTICO MENSUAL ICQ*. Obtenido de  
<http://www.institutodelaciudad.com.ec/attachments/article/124/Bolet%C3%A9n%20N%C2%B02014.pdf>

seeedstudio. (21 de Agosto de 2014). *GPRS Shield V1.0*. Obtenido de Media Wiki:  
[http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS\\_Shield\\_V1.0#Getting\\_Started\\_-\\_Fun\\_with\\_AT\\_Commands](http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V1.0#Getting_Started_-_Fun_with_AT_Commands)

seeedstudio. (2014). *GPRS Shield V1.0*. Obtenido de  
[http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS\\_Shield\\_V1.0](http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V1.0)

SPARKFUN. (2014). *LilyPad FTDI Breakout - 5V*. Obtenido de  
<https://www.sparkfun.com/products/10275>

Sunping. (2012). *Lithium Ion Polymer Battery - 3.7v 1200mAh*. Obtenido de  
Adafruit: [http://www.adafruit.com/products/258#Technical\\_Details](http://www.adafruit.com/products/258#Technical_Details)

Tamayo, A. (21 de Julio de 2009). *Comunicación Serial*. Obtenido de  
WordPress.com: <http://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>

Vilchez, A. (8 de July de 2012). *Accesorios y ropa inteligente electrónica, el futuro está aquí*. Obtenido de Configurarequipos.com:  
<http://www.configurarequipos.com/actualidad-informatica/5586/accesorios-y-ropa-inteligente-electronica-el-futuro-esta-aqui>

zonaeconomica.com. (2013). *Costos de oportunidad*. Obtenido de  
<http://www.zonaeconomica.com/costo-de-oportunidad>