



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

**SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD QUE ALERTA Y PREVIENE
ACCIDENTES DE BEBÉS QUE OCURREN CUANDO EMPIEZAN A
MOVILIZARSE INDEPENDIENTEMENTE BASADO EN LA PLATAFORMA
ARDUINO**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO**

EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

AUTOR: INTI JAVIER CHICO MORALES

DIRECTOR: MSc. SANDRA KARINA NARVÁEZ PUPIALES

IBARRA - ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

| DATOS DEL CONTACTO | |
|---------------------|--|
| Cédula de identidad | 100365051-0 |
| Apellidos y Nombres | Chico Morales Inti Javier |
| Dirección | Otavalo-Illumán, 12 de noviembre y Shyris |
| E-mail | ijchico@utn.edu.ec, intyco5@gmail.com |
| Teléfono fijo | (06) 2 690 633 |
| Teléfono móvil | 0999691945 |
| DATOS DE LA OBRA | |
| Título | SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD QUE ALERTA Y PREVIENE ACCIDENTES DE BEBÉS QUE OCURREN CUANDO EMPIEZAN A MOVILIZARSE |

| | |
|----------|--|
| | INDEPENDIEMENTE BASADO EN LA PLATAFORMA ARDUINO |
| Autor | Chico Morales Inti Javier |
| Fecha | Octubre 2017 |
| Programa | Pregrado |
| Título | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación |
| Director | MSc. Sandra Karina Narváez Pupiales |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Inti Javier Chico Morales, con cédula de ciudadanía Nro. 100365051-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Yo, INTI JAVIER CHICO MORALES declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación

profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, mayo de 2017.

EL AUTOR



Inti Javier Chico Morales

C.I. 100365051-0



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Inti Javier Chico Morales con cédula de ciudadanía Nro. 100365051-0 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: “SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD QUE ALERTA Y PREVIENE ACCIDENTES DE BEBÉS QUE OCURREN CUANDO EMPIEZAN A MOVILIZARSE INDEPENDIENTEMENTE BASADO EN LA PLATAFORMA ARDUINO”. Que ha sido desarrollado con el propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Inti Javier Chico Morales

100365051-0

Ibarra, octubre de 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

MAGISTER SANDRA NARVÁEZ, DIRECTORA DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICO:

Que, el presente Trabajo de Titulación “SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD QUE ALERTA Y PREVIENE ACCIDENTES DE BEBÉS QUE OCURREN CUANDO EMPIEZAN A MOVILIZARSE INDEPENDIENTEMENTE BASADO EN LA PLATAFORMA ARDUINO”. Ha sido desarrollado por el señor Inti Javier Chico Morales bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

MSc. Sandra Narvárez, MSc.

DIRECTORA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi padre Inti Chico y a mi madre Rosa Morales, que con esfuerzo y sacrificio me han brindado su apoyo incondicional durante toda mi vida, por formarme con buenos valores y no dejarme en los momentos más difíciles.

A mi amada esposa Josselin Yamberla, que ha sabido apoyarme pese a las dificultades que se nos han atravesado, por confiar siempre en mí y alentarme para nunca renunciar, por brindarme su amor incondicional y juntos compartir momentos especiales demostrándome que siempre puedo confiar en ella.

A mis abuelos que desde el cielo me cuidan y en vida me supieron dar buenos consejos para guiarme de la mejor manera.

A mis amigos y familiares, por estar siempre brindándome su apoyo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por las fuerzas que me ha brindado y la oportunidad de culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A la Magíster Sandra Narváez, directora del presente trabajo de grado, por toda la colaboración brindada, por guiarme y asesorarme de la mejor manera para culminar exitosamente este trabajo.

A la Magíster Stefany Flores, por colaborar en calidad de asesora en el presente trabajo, compartiendo sus conocimientos y su tiempo durante la elaboración de este trabajo.

A todos los docentes que en el transcurso de mi formación profesional han sabido compartir sus conocimientos.

Finalmente, agradezco a todas las personas que directa o indirectamente me apoyaron durante la realización de este trabajo.

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE | ii |
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE..... | v |
| CERTIFICACIÓN | vi |
| DEDICATORIA | vii |
| AGRADECIMIENTO..... | viii |
| CONTENIDO | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xvi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xix |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xx |
| RESUMEN..... | xxi |
| ABSTRACT..... | xxii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.1. TEMA | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.3. OBJETIVOS | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general | 2 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 2 |

| | | |
|--------------------------|---|----|
| 1.4. | ALCANCE..... | 3 |
| 1.5. | JUSTIFICACIÓN | 4 |
| CAPITULO II | | 6 |
| FUNDAMENTO TEÓRICO | | 6 |
| 2.1. | SITUACIÓN ACTUAL..... | 6 |
| 2.2. | DESARROLLO EVOLUTIVO EN LA PRIMERA INFANCIA DE 0 A 18 MESES | 7 |
| 2.2.1. | Desarrollo cognitivo..... | 7 |
| 2.2.2. | Desarrollo emocional y social..... | 7 |
| 2.2.3. | Desarrollo psicomotor..... | 7 |
| 2.3. | CARACTERÍSTICAS DEL BEBÉ Y POSIBILIDAD DE LESIONES DE ACUERDO A SU EDAD | 8 |
| 2.4. | IMPORTANCIA DEL GATEO | 9 |
| 2.5. | FACTORES DE RIESGO | 10 |
| 2.5.1. | Factores que favorecen la ocurrencia de los accidentes domésticos infantiles | 11 |
| 2.5.2. | Lesiones más frecuentes en los infantes..... | 11 |
| 2.5.3. | Lugares donde ocurren los accidentes domésticos infantiles..... | 11 |
| 2.6. | LESIONES DE NIÑOS Y SU CONTEXTO SEGÚN LA OMS | 14 |
| 2.7. | SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE SEGURIDAD..... | 14 |
| 2.7.1. | Funcionamiento de un sistema electrónico de seguridad..... | 14 |
| 2.7.2. | Componentes de un sistema de seguridad..... | 15 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.8. | PLATAFORMAS DE PROTOTIPOS OPEN SOURCE | 16 |
| 2.8.1. | Software Open Source..... | 17 |
| 2.8.2. | Hardware Open Source | 17 |
| 2.9. | ARDUINO | 18 |
| 2.9.1. | Tipos de placas Arduino..... | 18 |
| 2.9.2. | Placas Arduino oficiales..... | 19 |
| 2.9.3. | Placas no oficiales (Compatibles) | 22 |
| 2.10. | SENSORES..... | 23 |
| 2.10.1. | Características de los sensores..... | 24 |
| 2.10.2. | Clasificación de los sensores | 26 |
| 2.10.3. | Aplicaciones de los sensores | 28 |
| 2.11. | TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD INALAMBRICA PARA ARDUINO | |
| | 28 | |
| 2.11.1. | Bluetooth | 29 |
| 2.11.2. | Wi-Fi..... | 30 |
| 2.11.3. | Zigbee | 31 |
| 2.12. | INTERNET DE LAS COSAS | 32 |
| 2.13. | APLICACIONES MÓVILES | 32 |
| 2.13.1. | Plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles | 33 |
| | CAPITULO III..... | 35 |
| | DESARROLLO DEL SISTEMA | 35 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1. | REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD | 35 |
| 3.2. | DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA..... | 36 |
| 3.2.1. | Diagrama del funcionamiento general del sistema | 36 |
| 3.3. | DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA | 37 |
| 3.4. | BLOQUE DE CONTROL | 39 |
| 3.4.1. | Selección de la placa de desarrollo | 40 |
| 3.5. | BLOQUE DE SENSADO..... | 43 |
| 3.5.1. | Elección de los sensores | 44 |
| 3.5.2. | Circuito de conexión del sensor Reed Switch a la placa Arduino LilyPad.... | 47 |
| 3.6. | BLOQUE DE COMUNICACIÓN | 49 |
| 3.6.1. | Elección del módulo de comunicación..... | 49 |
| 3.6.2. | Programación del módulo ESP-01 | 51 |
| 3.6.3. | Circuito de conexión del módulo ESP-01 a la placa Arduino LilyPad | 53 |
| 3.7. | BLOQUE DE IOT | 54 |
| 3.7.1. | Elección de la plataforma IoT | 54 |
| 3.7.2. | Configuración de la plataforma ThingSpeak | 56 |
| 3.8. | BLOQUE DE NOTIFICACION..... | 59 |
| 3.8.1. | Elección de la aplicación para generar notificaciones | 60 |
| 3.8.2. | Configuración de la aplicación IFTTT..... | 62 |
| 3.8.3. | Vinculación de la plataforma ThingSpeak a la aplicación IFTTT | 66 |
| 3.9. | BLOQUE DE ALIMENTACIÓN | 68 |

| | | |
|--|---|-----|
| 3.9.1. | Consumo de energía del sistema | 68 |
| 3.9.2. | Tiempo de carga de la batería | 71 |
| 3.9.3. | Circuito de conexión de la batería..... | 72 |
| 3.9.4. | Circuito de carga de la batería..... | 73 |
| 3.10. | DISEÑO DEL SOFTWARE..... | 74 |
| 3.10.1. | Diagramas de flujo del sistema..... | 74 |
| CAPITULO IV | | 78 |
| IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | | 78 |
| 4.1. | PROTOTIPO DEL SISTEMA..... | 78 |
| 4.1.1. | Distribución de pines de la placa de desarrollo..... | 78 |
| 4.1.2. | Circuito de conexión del sistema completo..... | 79 |
| 4.1.3. | Pruebas de funcionamiento del prototipo..... | 80 |
| 4.2. | IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PARA BEBÉS | 81 |
| 4.2.1. | Diseño de la placa para el módulo Wi-Fi y control de alimentación | 81 |
| 4.2.2. | Integración de las placas en tela..... | 83 |
| 4.2.3. | Diseño del arnés para el sistema de seguridad | 86 |
| 4.2.4. | Instalación de los sensores | 90 |
| 4.2.5. | Conexión completa del prototipo del sistema de seguridad..... | 92 |
| 4.2.6. | Instalación de la cinta magnética | 96 |
| 4.3. | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | 99 |
| 4.3.1. | Pruebas de inicio del sistema | 100 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.3.2. | Pruebas del envío de notificaciones de alarma..... | 102 |
| 4.3.3. | Duración de la batería del sistema..... | 104 |
| 4.3.4. | Almacenamiento de datos en la plataforma IoT..... | 105 |
| 4.4. | CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD ... | 107 |
| 4.4.1. | Potencia emitida por el módulo Wi-Fi | 108 |
| 4.4.2. | Wi-Fi y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) | 108 |
| 4.5. | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PARA BEBÉS | 109 |
| | CAPITULO V | 111 |
| | ANÁLISIS ECONÓMICO | 111 |
| 5.1. | PRESUPUESTO DE HARDWARE..... | 111 |
| 5.2. | PRESUPUESTO DE SOFTWARE Y DE MATERIALES TEXTILES | 112 |
| 5.3. | PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO..... | 113 |
| 5.3.1. | Tiempo de vida útil del sistema..... | 113 |
| 5.4. | PRESUPUESTO TOTAL..... | 114 |
| | CAPITULO VI..... | 116 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 116 |
| 6.1. | CONCLUSIONES | 116 |
| 6.2. | RECOMENDACIONES | 118 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 120 |
| | GLOSARIO DE TÉRMINOS | 127 |
| | ANEXOS..... | 129 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Código de programación de la placa Arduino LilyPad. | 129 |
| Anexo 2. Diagrama esquemático de la placa Arduino LilyPad Main Board | 134 |
| Anexo 3. Diagrama esquemático del módulo ESP8266-01 | 135 |
| Anexo 4. Datasheet del sensor Magnetic Reed | 136 |
| Anexo 5. Manual de usuario del sistema de seguridad para bebés | 139 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Peligros en la escalera..... | 12 |
| Figura 2. Peligros en la cocina..... | 13 |
| Figura 3. Peligros en el baño..... | 13 |
| Figura 4. Componentes de un sistema de seguridad contra robos | 16 |
| Figura 5. Productos oficiales de Arduino..... | 21 |
| Figura 6. Módulo Bluetooth HC-05..... | 29 |
| Figura 7. Módulo Wi-Fi ESP8266-01..... | 30 |
| Figura 8. Módulo XBee S2..... | 31 |
| Figura 9. Análisis de las plataformas más populares y pronósticos hasta el 2019..... | 33 |
| Figura 10. Funcionamiento general del sistema de seguridad | 37 |
| Figura 11. Diagrama de bloques de la arquitectura general del sistema de seguridad para bebés..... | 38 |
| Figura 12. Diagrama de bloques del apartado de control..... | 40 |
| Figura 13. Arduino LilyPad Main Board..... | 42 |
| Figura 14. Diagrama de bloques del apartado de sensado conectado al bloque de control | 43 |
| Figura 15. Funcionamiento del sensor Reed Switch normalmente abierto..... | 46 |
| Figura 16. Prueba de funcionamiento del sensor Reed Switch..... | 47 |
| Figura 17. Esquema de montaje y eléctrico del bloque de sensado..... | 48 |
| Figura 18. Diagrama de bloques del apartado de comunicación | 49 |
| Figura 19. Componentes y distribución de pines del módulo ESP-01..... | 51 |
| Figura 20. Esquema de conexión para programar el módulo ESP-01 | 52 |
| Figura 21. Esquema de montaje y esquema eléctrico del ESP-01 y el Arduino LilyPad | 53 |
| Figura 22. Diagrama de bloques del apartado de IoT..... | 54 |
| Figura 23. Creación de cuenta en ThingSpeak..... | 56 |
| Figura 24. Correo de confirmación tras la creación de una cuenta en ThingSpeak..... | 56 |
| Figura 25. Creación de un canal en ThingSpeak..... | 57 |
| Figura 26. Ingreso de datos del canal..... | 57 |
| Figura 27. Reconocimiento del API key del canal creado | 58 |
| Figura 28. API request de actualización del campo..... | 58 |
| Figura 29. Datos recibidos y mostrados por la plataforma ThingSpeak..... | 59 |
| Figura 30. Diagrama de bloques del apartado de notificaciones | 60 |
| Figura 31. Composición de Applets en IFTTT | 62 |
| Figura 32. Creación de cuenta en IFTTT en su página oficial y aplicación | 62 |
| Figura 33. Conexión del canal Maker Webhooks en IFTTT | 63 |
| Figura 34. Conexión e información del canal Maker Webhooks..... | 64 |

| | |
|--|-----|
| Figura 35. Formato de la solicitud web y clave de Maker Webhooks..... | 64 |
| Figura 36. Configuración de Maker Webhooks como evento en la aplicación IFTTT..... | 65 |
| Figura 37. Creación de la acción de generar notificaciones..... | 65 |
| Figura 38. Creación de la solicitud web vinculado a IFTTT | 66 |
| Figura 39. Ubicación del API Request que se envía desde la placa de desarrollo..... | 67 |
| Figura 40. Notificación recibida en un teléfono Android al iniciar el Sistema de seguridad | 67 |
| Figura 41. Diagrama de bloques del apartado de alimentación del sistema | 68 |
| Figura 42. Esquema de montaje y esquema eléctrico de la conexión de la batería | 72 |
| Figura 43. Esquema eléctrico del circuito de carga | 73 |
| Figura 44. Diagrama de flujo de la placa de control..... | 75 |
| Figura 45. Diagrama de flujo del módulo de comunicación..... | 76 |
| Figura 46. Diagrama de flujo de la plataforma de IoT y recepción de notificaciones | 77 |
| Figura 47. Esquema eléctrico del sistema completo | 79 |
| Figura 48. Esquema de montaje del prototipo del sistema completo..... | 80 |
| Figura 49. Pruebas de funcionamiento con el prototipo del sistema..... | 81 |
| Figura 50. Circuito impreso elaborado para el proyecto..... | 82 |
| Figura 51. Ubicación de los pines destinados a coserse en la placa realizada | 83 |
| Figura 52. Diseño de conexiones de las dos placas del sistema..... | 84 |
| Figura 53. Ubicación del bolsillo de la batería en la parte trasera del segmento desmontable | 85 |
| Figura 54. Broches para la conexión de sensores y GND en el segmento desmontable..... | 86 |
| Figura 55. Ubicación de los componentes y broches de conexión para el diseño del arnés | 87 |
| Figura 56. Estatura y peso promedio de los infantes de acuerdo a su edad | 87 |
| Figura 57. Diseño del arnés y ubicación de los broches de conexión..... | 88 |
| Figura 58. Extensión de las conexiones sobre cinta mediante hilo conductor..... | 89 |
| Figura 59. Broches ubicados al final de las extensiones del arnés..... | 89 |
| Figura 60. Ubicación de los sensores del sistema de seguridad..... | 90 |
| Figura 61. Ubicación de los broches para los sensores en la rodillera..... | 91 |
| Figura 62. Broches de conexión para el arnés | 91 |
| Figura 63. Sensores instalados en la rodillera de gateo | 92 |
| Figura 64. Ubicación de los broches en el segmento y el arnés..... | 93 |
| Figura 65. Distribución de broches en las extensiones y rodilleras..... | 94 |
| Figura 66. Sistema de seguridad completamente armado..... | 95 |
| Figura 67. Cinta magnética instalada a 1,54m de las escaleras | 99 |
| Figura 68. Prototipo del sistema de seguridad colocado a un bebé..... | 100 |
| Figura 69. Notificaciones recibidas durante las pruebas de inicio del sistema | 101 |
| Figura 70. Prueba de envío de alarmas generadas por la cinta magnética | 102 |
| Figura 71. Notificación de alerta recibida en un dispositivo Android | 104 |

| | |
|--|-----|
| Figura 72. Datos almacenados durante las pruebas de inicio del sistema..... | 106 |
| Figura 73. Datos almacenados durante las pruebas del envío de notificaciones de alarma | 106 |
| Figura 74. Clasificación de la IARC | 109 |
| Figura 75. Proceso de instalación de la cinta magnética..... | 139 |
| Figura 76. Colocación del arnés a un bebé | 140 |
| Figura 77. Ubicación y ajuste de los reguladores del arnés | 141 |
| Figura 78. Ubicación y colocación de los cierres de cinta..... | 141 |
| Figura 79. Colocación de la correa de cinta velcro | 142 |
| Figura 80. Colocación de las rodilleras de gateo y ubicación de los sensores | 142 |
| Figura 81. Instalación de los sensores en las rodilleras de gateo | 143 |
| Figura 82. Conexión de las extensiones a las rodilleras de gateo | 144 |
| Figura 83. Inicio del sistema mediante el botón de encendido | 144 |
| Figura 84. Notificación recibida al iniciar el sistema | 145 |
| Figura 85. Bebé pasando sobre la cinta con el prototipo del sistema colocado | 146 |
| Figura 86. Notificación de alerta recibida por la activación de los sensores al pasar por la cinta | 146 |
| Figura 87. LED indicador de procesos de envío de notificaciones y datos | 147 |
| Figura 88. LED indicador del proceso de carga..... | 147 |
| Figura 89. Conexión del cable de carga al prototipo del sistema..... | 148 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Tabla de los tipos de placas Arduino oficiales y sus características principales..... | 20 |
| Tabla 2. Placas no oficiales y sus características principales..... | 22 |
| Tabla 3. Áreas de aplicación y sensores usados en ellos | 28 |
| Tabla 4. Especificaciones técnicas del módulo bluetooth HC-05 | 29 |
| Tabla 5. Especificaciones técnicas del módulo Wi-Fi ESP8266-01 | 30 |
| Tabla 6. Especificaciones técnicas XBee S2. | 31 |
| Tabla 7. Especificaciones de los tipos de Arduino LilyPad..... | 41 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas del Arduino LilyPad Main Board | 42 |
| Tabla 9. Tipos de sensores para Arduino y sus características | 44 |
| Tabla 10. Comparación de sensores magnéticos..... | 45 |
| Tabla 11. Comparación de las características de los módulos para Arduino | 49 |
| Tabla 12. Comparación de las plataformas ThingSpeak, Ubidots y Xively | 54 |
| Tabla 13. Comparación de aplicaciones móviles para generar notificaciones..... | 60 |
| Tabla 14. Consumos de corriente total del sistema..... | 69 |
| Tabla 15. Tiempo de carga de acuerdo al porcentaje de pérdida de eficiencia del cargador | 72 |
| Tabla 16. Distribución de pines usados en la placa de desarrollo..... | 78 |
| Tabla 17. Conexiones de la placa creada con la placa LilyPad..... | 83 |
| Tabla 18. Conexión de broches del arnés y del segmento | 93 |
| Tabla 19. Conexión de broches del arnés a las rodilleras | 94 |
| Tabla 20. Promedio de la velocidad de gateo de los bebés..... | 96 |
| Tabla 21. Tiempos obtenidos al activar el sensor hasta recibir la notificación..... | 97 |
| Tabla 22. Tiempos obtenidos con las pruebas de inicio del sistema..... | 100 |
| Tabla 23. Tiempos obtenidos con las pruebas de envío de notificaciones de alerta | 102 |
| Tabla 24. Pruebas realizadas para verificar la duración de la batería | 104 |
| Tabla 25. Especificaciones del sistema desarrollado | 109 |
| Tabla 26. Presupuesto del hardware usado para el desarrollo del sistema..... | 111 |
| Tabla 27. Presupuesto de software y de materiales textiles usados en el proyecto..... | 112 |
| Tabla 28. Presupuesto total del sistema de seguridad..... | 114 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Fórmula del consumo medio de corriente | 70 |
| Ecuación 2. Fórmula del tiempo de consumo | 70 |
| Ecuación 3. Fórmula del tiempo de carga para baterías de Litio | 71 |
| Ecuación 4. Fórmula del promedio aritmético | 97 |
| Ecuación 5. Fórmula de la velocidad | 98 |

RESUMEN

En el presente proyecto, se ha desarrollado un sistema electrónico de seguridad para bebés que comienzan a moverse independientemente mediante el gateo. El sistema se conecta mediante una antena a la red Wi-Fi del hogar y es capaz de enviar notificaciones de alerta por Internet. Las notificaciones se generan cuando un bebé llega a acercarse a sitios considerados peligrosos, estos a su vez pueden ser delimitados por los usuarios mediante cintas magnéticas.

El sistema de seguridad se encuentra integrado en una prenda de vestir tipo arnés la cual va conectada a unas rodilleras de gateo. Se ha usado la placa controladora Arduino LilyPad y el Módulo Wi-Fi ESP-01 para realizar el envío de notificaciones. En las rodilleras de gateo se han integrado sensores Magnetic Reed para detectar las cintas magnéticas cuando el bebé pase sobre estas. Además, se integra un Buzzer como indicador de errores y un puerto micro USB para la carga de la batería.

Al finalizar la implementación del sistema en el arnés, se realizaron las respectivas pruebas con los cuales se verificaron el correcto funcionamiento del sistema y todos sus componentes. Se realizaron pruebas colocando el implemento a un bebé de 1 año y 4 meses de edad, como característica esencial este usaba su capacidad de gateo como manera de desplazarse. Se verificó la activación de sensores mediante la detección de las cintas magnéticas y la llegada de notificaciones de alerta en los dispositivos vinculados mediante la aplicación multiplataforma IFTTT (If This Then That).

Por último, como complemento adicional se verificó el almacenamiento de datos en una plataforma IoT, para mostrar las veces que se enciende el sistema y se activa una alarma.

ABSTRACT

In the present Project, an electronic safety system has been developed for infants who begins to mobilize independently by crawling. The system is connected by means of an antenna to the net Wi-Fi at home and it's able to send alert notifications for Internet. The notifications are generated when a baby comes closer to places considered dangerous which in turn can be defined by users using magnetic tapes.

The security system is integrated in a garment kind of a harness which is connected to the knee pads to crawl. The Arduino LilyPad controller board and the ESP-01 Wi-Fi module have been used to send notifications. Magnetic Reed sensors have been integrated into the knee pads to detect the magnetic tapes when the baby passes on these. In addition, a buzzer is integrated as an error indicator and a micro USB port for charge the battery.

At the end of the implementation of the System in the harness, the respective tests were performed with which the correct functioning of the system and all their components were verified. Tests were performed placing the implement on a 1-year and 4-month-old baby, as an essential feature this used its crawling ability as a way to move. The activation of sensors were verified by detecting the magnetic tapes and the arrival of alert notifications on the linked devices through the multiplatform application IFTTT.

Finally, as an additional complement, data storage was verified on an IoT platform, to show the times the system is turned on and an alarm is triggered.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. TEMA

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE SEGURIDAD QUE ALERTA Y PREVIENE ACCIDENTES DE BEBÉS QUE OCURREN CUANDO EMPIEZAN A MOVILIZARSE INDEPENDIENTEMENTE BASADO EN LA PLATAFORMA ARDUINO”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los accidentes infantiles están entre los primeros lugares dentro de las causas de mortalidad, en el Ecuador el 30% de accidentes ocurren en casa, especialmente con bebés y niños de los cuales el 10% traen consigo consecuencias fatales. (Minda, 2011) Con el pasar del tiempo un bebé adquiere la capacidad de desplazarse (gatear) sin necesidad de ayuda, esto genera grandes preocupaciones en los padres debido a que sus hijos pueden llegar a sitios peligrosos sufriendo graves accidentes (Ocaña, 2017), mientras el bebé va creciendo va adquiriendo mayor capacidad de movilidad, con esto también van aumentando los riesgos de sufrir distintos tipos de lesiones como: caídas, quemaduras, golpes, cortes y envenenamiento. (Asociación Española de Pediatría, 2015)

Según estudios realizados por tesis en la Universidad de Cuenca los bebés de 7 meses en adelante tienen una mayor posibilidad de sufrir accidentes debido a que al desarrollar nuevas capacidades éstos sienten la necesidad de explorar los lugares que lo rodean en su totalidad (Seminario, Segovia, & Durán, 2015). De acuerdo a estadísticas de servicios de emergencias del Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra el 47% de los niños menores de 5 años son bebés que no pasan los dos años los cuales han sido internados por accidentes domésticos. (Minda, 2011)

Los niños que empiezan a moverse corren el riesgo de sufrir golpes en la cabeza, mayor posibilidad de fracturas en brazos y piernas, quemaduras, envenenamiento y cortes por objetos filosos. (Academia Americana de Pediatría, 2017)

De acuerdo a lo mencionado se requiere desarrollar un sistema electrónico de seguridad para bebés que alerte y prevenga accidentes que pueden ocurrir cuando éste empiece a moverse independientemente mediante el gateo. El desarrollo de este sistema se realizará sobre la plataforma libre Arduino y permitirá brindar seguridad al bebé mientras este se encuentre jugando y desplazándose por distintos lugares de una casa, al llegar a un sitio peligroso los sensores del sistema detectaran las cintas especiales instaladas en ese lugar y activará una alarma que llegará a un dispositivo móvil para alertar a los padres de la exposición al peligro. El uso de la plataforma Arduino facilitará la integración de sensores para conectarnos con el entorno y de esta manera desarrollar el sistema. (Arduino, 2017) El sistema beneficiará al bienestar del bebé y brindará tranquilidad a los padres. Además, de esta manera se espera reducir los índices de accidentes infantiles que se registran en los servicios de urgencias.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema electrónico de seguridad mediante el uso de la plataforma Arduino para alertar y prevenir accidentes que pueden ocasionarse cuando un bebé empieza a moverse independientemente mediante el gateo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Revisar información general sobre accidentes domésticos en los bebés.
- Investigar acerca de los sistemas electrónicos de seguridad, realizar una comparativa de diferentes sensores que se acoplarán al sistema y recabar información acerca de la plataforma Arduino y su funcionamiento.

- Desarrollar el sistema electrónico de seguridad de manera que se logre brindar un nivel de seguridad mayor y se prevenga algún tipo de accidente generando alarmas para los padres a una distancia considerable del lugar peligroso.
- Implementar el sistema y colocarlo al bebé mediante un tipo de arnés que se conecten a unas rodilleras de gateo de manera que no se interfiera con las actividades motrices del bebé ni se vea interrumpido su funcionamiento.
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de seguridad y detallar los resultados obtenidos.
- Realizar el análisis económico del sistema.

1.4. ALCANCE

Mediante una revisión teórica se obtendrán datos generales los accidentes que puede ocasionar cuando el bebé empieza a movilizarse independientemente a la edad de 7 a 18 meses, los tipos de lesiones y sitios peligrosos como son cocina, escaleras, baño.

A través de la investigación se recopilará información tomando como referencia distintas fuentes que traten de temas sobre sistemas de seguridad electrónicos, se estudiará las características de diferentes tipos de sensores que hay y se realizarán comparaciones para seleccionar la mejor opción que se acople al proyecto. Además, se recabará información acerca de la plataforma de código libre Arduino.

Mediante la información obtenida se desarrollará el sistema electrónico de seguridad, para esto, se realizará la programación de la placa Arduino y se armará el circuito de sensores que envíen señales de alarma y alerten a los padres cuando él bebé se encuentre en situaciones de peligro mediante notificaciones en sus dispositivos.

Se implementará el sistema de seguridad en un elemento semejante a un arnés colocando los sensores y demás elementos en sitios estratégicos de manera que funcionen adecuadamente

y no interfiera con las actividades motrices del bebé, el sistema activará los sensores a una distancia considerable del lugar peligroso para evitar que el bebé se encuentre demasiado cerca.

Se realizarán las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema mediante simulacros en sitios de peligro para verificar que se active la alarma y las notificaciones lleguen a los padres y de esta manera constatar el correcto funcionamiento del sistema.

Finalmente se realizará el análisis económico para poder conocer los costos que tiene la implementación del proyecto.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La gran cantidad de accidentes que ocurren en los hogares con bebés aprendiendo a explorar el mundo y a sí mismos, deja al descubierto la falta de seguridad que hay durante su desarrollo. La falta de seguridad mientras los bebés se desplazan es donde se destaca este proyecto, se lo puede ver como un complemento para el hogar que beneficia tanto a los padres como a sus bebés que lo usan ya que podría incluso salvar sus vidas.

El uso de plataformas libres hace que se fortalezca e incentive proyectos de innovación tecnológica dejando atrás la dependencia de plataformas pagadas. Además, se logra aportar a la sociedad mediante la reducción de la brecha digital de esta manera cumpliendo con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir que es fomentar el conocimiento mediante la innovación, ciencia y tecnología. (Senplades, 2013)

El presente proyecto tiene como objetivo prevenir que el bebé se acerque a sitios peligrosos como: escaleras, cocina y baño para evitar accidentes graves por objetos que encuentren en estos lugares como objetos calientes o punzante, medicamentos o sufra caídas desde grandes alturas mientras se movilice por distintos lugares (Asociación Española de Pediatría, 2013), se propone reducir de cierta manera los accidentes domésticos y garantizar el bienestar y salud de los infantes, cumpliendo de esta manera con los objetivos del Código de la Niñez y

Adolescencia mediante el uso de la tecnología. (CÓDIGO DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA, 2003)

El desarrollo de este sistema se plantea debido a los peligros que el bebé de 7 a 18 meses se expone al movilizarse mediante el gateo, la mayoría de padres no conocen los riesgos que tienen sus bebés por lo tanto deben estar siempre atentos mientras el bebé esté desplazándose por distintos sitios. Por los índices de accidentes domésticos mencionados anteriormente se puede verificar que un simple instante es necesario para que pueda ocurrir algún accidente.

Los beneficios que trae este proyecto están encaminados a la seguridad los bebés y a la tranquilidad de sus padres, ya que este sistema tiene la capacidad activar una alarma que notificara a los padres cuando este haya llegado a un lugar peligroso lo que hará que acudan rápidamente al lugar. El sistema funcionará de manera autónoma sin necesidad de estar enchufada a la electricidad, todos los elementos electrónicos se instalarán en un tipo de arnés de manera que no se vean afectados los movimientos del bebé asegurando así su óptimo funcionamiento y disponibilidad.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. SITUACIÓN ACTUAL

Los accidentes domésticos infantiles es uno de los temas más importantes en todo el mundo, representan una de las causantes más comunes de muerte y lesiones en niños menores de dos años de edad. Cada año en los hospitales del Ecuador se muestran cifras críticas de emergencias que se atienden debido a este tipo de accidentes, el 30% de accidentes en Ecuador ocurren en casa con bebés y niños de los cuales el 10% traen consigo fatales consecuencias. (Minda, 2011)

De acuerdo a encuestas realizadas en el Hospital San Vicente de Paúl por tesis de la Universidad Técnica del Norte a madres con niños menores de 5 años se tiene que, el 47% de los accidentes domésticos ocurren con niños menores de 2 años y éstos han sido internados por sufrir caídas, quemaduras, cortes o envenenamiento. (Minda, 2011)

De acuerdo a la investigación, quienes tienen mayor riesgo de un accidente doméstico son el grupo de niños de edad de 0-2 años, esto debido a que no son conscientes de las acciones que realizan y aun no desarrollan el control total sobre su cuerpo. Las caídas representan la mayoría de los accidentes no mortales, mientras que el mayor número de muertes se deben al fuego, objetos calientes y envenenamiento.

La mayoría de estos accidentes se puede prevenir mediante una mayor precaución, mejoras en el entorno del hogar o también mediante el uso de tecnología que aporte una mayor seguridad

2.2. DESARROLLO EVOLUTIVO EN LA PRIMERA INFANCIA DE 0 A 18 MESES

En este apartado se describe el desarrollo evolutivo en la primera infancia de manera general en los periodos claves de la línea de tiempo de un niño de 0 a 18 meses. Durante cada etapa ocurren cambios en los dominios primarios del desarrollo, estos son: físicos, intelectuales, lingüísticos y social - emocionales.

2.2.1. Desarrollo cognitivo

En el área cognitiva a partir del séptimo mes, el bebé aprende a controlar más su cuerpo ampliando sus perspectivas de explorar el medio y actuando con la finalidad de conseguir algo entre las cosas que lo rodea. Se inicia su autonomía a la vez que muestra curiosidad por cosas nuevas sin tener en cuenta el riesgo de sus acciones.

2.2.2. Desarrollo emocional y social

El desarrollo de esta área brinda a los bebés la capacidad de hacer y mantener relaciones sociales tanto con los adultos como otros niños. Los bebés se desplazan de manera seguida buscando a alguien o algo y son llevados por sus emociones y la satisfacción que tendrá al lograrlo, expresan sus sentimientos mediante acciones, ganan cada día más experiencia al comprender y responder a las emociones de los demás.

2.2.3. Desarrollo psicomotor

El desarrollo psicomotor abarca los cambios en el tamaño, la forma y la madurez física del cuerpo, incluyendo las capacidades físicas y la coordinación del cuerpo.

La capacidad de desplazarse independientemente la adquieren no antes de octavo mes de vida, ésta es la edad en la cual su cuerpo aprende a tomar la postura de gateo para realizar pequeños y grandes desplazamientos y a la vez la capacidad de explorar el mundo por sí solo,

antes de esta edad pueden realizar mínimos desplazamiento reptando lo cual no presenta tal peligro como cuando empieza a gatear.

Cuando un bebé empieza a moverse solo alrededor de la casa se abre la posibilidad de una serie de accidentes. Por supuesto, es algo difícil de evitar cuando se tiene un niño curioso y desesperado por explorar el mundo.

Al año de nacido un bebé puede pararse sobre los pies apoyándose sobre algo, algunos ya podrán andar con los pies casi pegados al suelo, esto varía en cada uno. A los 18 meses es capaz de realizar movimientos más desarrollados como correr o saltar, levanta más los pies para caminar y tienen más conciencia en lo que hacen.

A menudo, los niños son llevados por sus propios intereses inmediatos. Éstos tienen una percepción limitada del medio ambiente debido a su falta de experiencia o de desarrollo, no son conscientes sobre las consecuencias que pueden traer las nuevas situaciones que se les presenten, exponiéndose de esta manera al riesgo. (Puche, Orozco, Orozco, & Correa, 2009)

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL BEBÉ Y POSIBILIDAD DE LESIONES DE ACUERDO A SU EDAD

- **0-3 meses:** presenta acciones y reflejos no controlados, es capaz de succionar con la boca y no puede levantar su cabeza. En este tiempo el bebé depende totalmente de sus padres.
- **4 meses:** lleva sus manos hacia la boca conjuntamente con objetos que se encuentran a su alcance. A esta edad aun no puede desplazarse por sí solo por lo cual no corre riesgo de accidentarse.
- **5 meses:** es capaz de rotar sobre su propio abdomen, apareciendo así la probabilidad de caer de la cuna o de lugares donde se encuentra y que tengan desniveles.

- **6 meses:** puede mantenerse sentado y se arrastra para alcanzar diferentes objetos que lo atraen. Realiza pequeños desplazamientos en zonas menores a 1 metro por lo cual es necesario estar al pendiente.
- **7-8 meses:** mejora sus movimientos con los dedos y es capaz de tomar objetos muy pequeños para llevárselos a la boca. Se inicia en su autonomía llegando a distintos lugares realizando desplazamientos mediante su postura de gateo.
- **9-11 meses:** realiza desplazamientos mediante el gateo, ampliando de esta manera su radio de acción y pudiendo llegar a distintos lugares del hogar.
- **12-14 meses:** algunos bebés ya caminan solos y los posibles peligros se agudizan porque pueden alcanzar objetos que se encuentran a mayor altura o pueden apoyarse sobre bases inestables para mantenerse de pie.
- **14-16 meses:** su curiosidad lo lleva a subir sobre las cosas, abrir lo que desean y llevarse a la boca lo que a ellos les parezca, son capaces de realizar cualquier cosa para evadir cualquier obstáculo que se interponga sobre su objetivo.
- **16 meses en adelante:** las variables de riesgo aumentan con su desarrollo, pero ésta es compensada con el conocimiento y la experiencia que ha adquirido. Los nuevos conocimientos y la expansión de sus áreas de acción o recreación lo llevan a explorar el mundo exterior fuera de la casa. (Torres, 2009)

2.4. IMPORTANCIA DEL GATEO

El aprendizaje del gateo es una fase muy importante en el desarrollo de la vida de un infante, mediante este los bebés aprenden a moverse e investigar su entorno como parte de su proceso natural de desarrollo. La curiosidad natural y la necesidad de explorar su mundo resultan en distintas formas efectivas de movimientos, alrededor de 7 a 8 meses, un bebé aprenderá a equilibrarse sobre sus manos y rodillas y poco a poco aprenderá a moverse hacia adelante y hacia atrás empujando y realizando movimientos sincronizados.

Cuando un bebé gatea, está aprendiendo a moverse por el ambiente por su cuenta y por lo tanto adquiere un sentido de independencia. El bebé puede decidir a dónde va y comenzará a desarrollar habilidades de toma de decisiones basados en sus movimientos, además sus músculos se fortalecen y se preparan para la siguiente etapa que es el aprender a caminar. (Eckersley, 2011)

Hay varias razones que evidencian que el gateo juega un papel importante en el desarrollo del infante, las principales se las mencionan a continuación:

- **Desarrollo físico:** habilidades motoras gruesas y finas, equilibrio y la coordinación mano-ojo.
- **Comprensión espacial:** proporciona al niño una comprensión física y la orientación del mundo físico que lo rodea en conjunto también su relación con la posición dentro de ella.
- **Comprensión visual:** abarca la capacidad de calcular distancias y dar sentido a lo que se ve.
- **Coordinación:** desarrollo del cerebro para coordinar los movimientos de sus diferentes extremidades e impulsar el gateo y posteriormente la caminata.
- **Confianza en sí mismo:** Toma decisiones descubriendo de esta manera su potencial y limitaciones, también lo ayuda a desarrollar de cierta manera su autonomía.
- **Fuerza física:** comienza a desarrollar músculos en la espalda, piernas y brazos lo cual es importante para caminar sobre sus propios pies. (Kidspot, 2017)

2.5. FACTORES DE RIESGO

En un hogar son muchos los factores y variables de riesgo; la edad de un bebé es un factor primordial ya que según éste algunos factores de riesgo podrían favorecer a que se produzca

un accidente, un claro ejemplo es el inicio de la autonomía del bebé al moverse solo llegando a lugares peligrosos y encontrándose con objetos que le pueden causar lesiones. (Torres, 2009)

2.5.1. Factores que favorecen la ocurrencia de los accidentes domésticos infantiles

Los accidentes ocurren de forma imprevista en cualquier lugar del hogar, basta un segundo para que un niño se encuentre en peligro y sufra algún tipo de lesión. Entre las principales de las causas para que ocurran estos accidentes se mencionan las siguientes (TodoPapás, 2017):

- No tomar acciones de prevención.
- La ignorancia de un peligro.
- Desarrollo del bebé.
- Descuido o ausencia de los padres.
- Falta de áreas de recreación

2.5.2. Lesiones más frecuentes en los infantes.

Según (Torres, 2009) son:

- Cortes con objetos filosos o punzantes
- Quemaduras
- Envenenamiento o intoxicación
- Caídas desde grandes alturas
- Ahogamiento
- Asfixia por cuerpos extraños

2.5.3. Lugares donde ocurren los accidentes domésticos infantiles

Los accidentes pueden darse en cualquier lugar y a cualquier momento, el presente proyecto se enfoca en sitios del hogar los cuales se han considerado potencialmente peligrosos debido a

los riesgos que tiene el bebé al estar en estas áreas. A continuación, se detallan los sitios de mayor riesgo.

2.5.3.1. Escaleras

Es un lugar muy peligroso para debido a que pueden sufrir caídas desde grandes alturas. Las caídas por escaleras son las causas más comunes de accidentes en el hogar y representan el 44% de los accidentes de todos los niños. (Mother & Baby, 2014)



Figura 1. Peligros en la escalera

Fuente: (homominimus.com, 2014)

2.5.3.2. Cocina

En este lugar ocurren el 35% de los accidentes infantiles, se lo considera un sitio muy peligroso y es necesario evitar que juegue dentro de esta estancia debido a que puede tener acceso a herramientas de cocina peligrosas calientes o punzantes tales como estufas, ollas calientes, cuchillos y otros utensilios. (Santamaría & Sanz, s.f.)



Figura 2. Peligros en la cocina

Fuente: (Mother & Baby, 2014)

2.5.3.3. Baño

En este lugar ocurren el 11.7% de accidentes, es peligroso debido a que en este lugar se alojan productos tóxicos como cosméticos, medicamentos y productos de limpieza. Un bebé que se encuentre en esta área puede ingerir estos productos llegando a envenenarse con ellos. Los productos tóxicos o venenosos pueden causar alteraciones en las funciones de los sistemas del cuerpo provocando la muerte si no se actúa de manera urgente ante la situación. (Andreotti, s.f.)



Figura 3. Peligros en el baño.

Fuente: (sipse, 2014)

2.6. LESIONES DE NIÑOS Y SU CONTEXTO SEGÚN LA OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que los niños de todo el mundo son importantes, proclama mediante la Convención sobre los Derechos del Niño a disfrutar y vivir en un ambiente saludable y sin riesgos, con protección contra lesiones y violencia.

Las lesiones o accidentes en un niño presentan un gran problema de salud pública que necesita de atención, estudios aportan información sobre la magnitud de este problema y la posibilidad de prevenirla, ya que son los principales causantes de muerte y discapacidad en niños del mundo. (OMS, 2012)

Afrontar contra esto constituye una parte fundamental en la iniciativa de reducción de la mortalidad y morbilidad en los niños mediante el presente proyecto.

2.7. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE SEGURIDAD

La definición más básica de cualquier sistema de seguridad se encuentra en su nombre; es literalmente un medio o método por el cual algo se asegura mediante un sistema de interfuncionamiento de componentes y dispositivos. También podría referirse a cualquier equipo electrónico que podría llevar a cabo operaciones de seguridad como la vigilancia, control de acceso o activar alarmas en una instalación o un área.

En nuestro mundo cada vez más interconectado, la seguridad es esencial en el hogar si queremos prevenir algún robo o accidente. Para este caso, estamos hablando de sistemas de seguridad para el hogar, conformados por dispositivos electrónicos integrados que trabajan conjuntamente para la protección contra accidentes de un bebé en una vivienda.

2.7.1. Funcionamiento de un sistema electrónico de seguridad

Un sistema de seguridad funciona en el simple concepto de asegurar algo mediante el uso de sensores que se comunican con un centro de comando o panel de control. Los sensores se

colocan de manera que puedan detectar algún tipo de anomalía en el espacio y generen señales hacia panel de control para que éste proceda a realizar la acción necesaria como por ejemplo activar una alarma. (Maxim Integrated, 2015)

2.7.2. Componentes de un sistema de seguridad

Un sistema de seguridad típico incluye:

- **Un panel de control:** El panel de control es el equipo que se comunica con cada componente instalado, puede generar alarmas cuando se viola una zona de seguridad y monitorear los sensores. Por lo general es donde se realiza la programación, en nuestro caso donde se introducirán códigos del sistema será una placa Arduino.
- **Sensores:** Son elementos capaces de medir magnitudes físicas y químicas del medio y convertirlas en señales eléctricas procesables, dichas señales contienen información de acuerdo a magnitudes en función de una variable (temperatura, color, humedad, luz, etc.). Un sensor instalado en un sistema está en constante comunicación con el panel de control enviando datos que obtiene del medio.
- **Alarmas:** Son elementos capaces de advertir algún tipo de peligro mediante emisiones sonoras, visuales o algún otro tipo de notificaciones. Este elemento es controlado por el panel principal que evalúa e interpreta los sensores del sistema y de acuerdo a la situación la activa si es necesario. (Safewise, 2017)



Figura 4. Componentes de un sistema de seguridad contra robos

Fuente: Editado por el Autor en base a (Amazon, 2017)

2.8. PLATAFORMAS DE PROTOTIPOS OPEN SOURCE

Las plataformas de prototipos Open Source son aquellas que se basan en hardware y software libre y son accesibles a todo el público pudiendo éstos, modificar y compartir cualquier tipo de proyectos.

¿Qué es Open Source?

El término “código abierto” u “Open Source” se refiere a los códigos de libre acceso y modificación los cuales los desarrolladores pueden compartir y ponerlo al alcance de otros. (Rouse, 2010)

“Open Source” es una marca de certificación de propiedad de la Open Source Initiative (OSI). Los códigos desarrollados están destinados a ser compartidos libremente y posiblemente a ser mejorados y redistribuidos por otros con la marca registrada de “Open Source”, todo esto si sus condiciones de distribución se ajustan a la definición de código abierto de la OSI. (Open Source Initiative, 2017)

La distribución del código debe seguir los siguientes requerimientos:

- El software desarrollado debe ser redistribuido a cualquier persona sin ningún tipo de restricción.
- El código fuente debe estar disponible (de modo que la parte receptora será capaz de mejorar o modificar).
- La licencia puede requerir versiones mejoradas del software para llevar un nombre o una versión diferente del software original.

La idea es muy similar a la de software libre que tiene la Fundación para el Software Libre (Free Software Foundation). (Open Source Initiative, 2017)

2.8.1. Software Open Source

Software Open Source o Software de código abierto (OSS) se refiere al software que se desarrolla, se prueba, o mejorar a través de la colaboración pública y se distribuye con la idea de que se debe compartir con los demás, lo cual garantiza una futura colaboración abierta. La colaboración se da gracias a la experiencia de muchos desarrolladores especialmente los que están en el entorno académico que día a día ponen a prueba sus nuevos conocimientos. (Rouse, 2010)

2.8.2. Hardware Open Source

El hardware Open Source es aquel cuyo diseño está a disposición del público para que cualquiera pueda estudiar, modificar, distribuir, realizar, y vender basándola en su personalización. La fuente del hardware y su diseño está disponible en el formato preferido para realizar modificaciones, hay que tener en cuenta que el hardware de código abierto se refiere específicamente a compartir los archivos digitales del diseño de objetos materiales. (OSHWA, 2012)

2.9. ARDUINO

Arduino es descrito por sus creadores como " una plataforma electrónica de prototipos de código abierto basado en flexibilidad, hardware y software fácil de usar ". (Arduino, s.f.)

El objetivo de Arduino es crear una forma accesible de entrar en el mundo de la programación del microcontrolador para los desarrolladores de software, Arduino es una interfaz de microcontrolador construido base a un procesador Atmel ATmega, junto con un entorno de lenguaje y programación fácil para la creación de proyectos.

Es de código abierto, tanto en su especificación de software como de hardware, tiene la capacidad de poder instalarse módulos pre-ensamblados más sofisticados que dotan a la placa de funcionalidades adicionales. El hardware se puede encontrar con diferentes variaciones de acuerdo al modelo de la placa, ya sea desde un pequeño dispositivo portátil a grandes placas para diferentes finalidades.

El principal modo de conexión con el ordenador es a través de USB, sin embargo, también cuentan con otras formas de conexión como bluetooth, comunicación serial, ethernet, Wi-Fi y otros. (Enríquez, 2009)

El software de Arduino es libre y de código abierto. La plataforma de programación se basa en el lenguaje popular de programación C/C++. El IDE se basa en Processing, que es un lenguaje bien conocido entre los diseñadores de prototipado. A diferencia de la mayoría de las interfaces de microcontrolador Arduino es multiplataforma ya que se puede ejecutar en de Windows, Linux y Macintosh OS X. (Lifewire, s.f.)

2.9.1. Tipos de placas Arduino.

Se pueden encontrar una multitud de placas diferentes en el mercado, cada una es pensada para personas diferentes que tienen proyectos que cumplen funciones específicas. La

plataforma de software y hardware libre de Arduino se ha desarrollado tanto que incluso se han creado placas no oficiales por fabricantes diferentes, estas placas tienen características similares a las oficiales o cuentan con algún tipo variación.

Arduino anima a los fabricantes y desarrolladores a crear y diseñar sus propias placas y sistemas, sin embargo, éstas deben seguir algunas disposiciones de autorización para llevar consigo el nombre de Arduino. A continuación, se mencionan algunas placas oficiales y otros modelos no oficiales compatibles con el IDE de Arduino.

2.9.2. Placas Arduino oficiales

Son las placas construidas por compañías y empresas autorizadas y reconocidas oficialmente, éstas placas cumplen con las normativas para llevar el nombre y la marca registrada de Arduino.

- Compañías que ensamblan las placas Arduino oficiales:
- Smart Projects (Italia)
- SparkFun Electronics (SFE) (Estados Unidos)
- Gravitech (Estados Unidos)

Las placas Arduino cuentan con cantidades diferentes de pines análogos y digitales, también tienen diferentes microcontroladores. Estas y otras características se las analizará a continuación en la Tabla 1, donde se presentan algunas de las placas oficiales que tiene Arduino. (Domínguez, 2016)

Tabla 1. *Tabla de los tipos de placas Arduino oficiales y sus características principales*

| Arduino | Microcontrolador | Voltaje de entrada (recomendado) | Pines digitales E/S | Pines análogos Entrada | Corriente por pin E/S | Velocidad de reloj | Pines PWM | Longitud (mm) | Anchura (mm) | Peso |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|---------------|--------------|------|
| Uno R3 | ATmega328P | 7-12V | 14 | 6 | 20mA | 16MHz | 6 | 68,6 | 53,4 | 25g |
| Ethernet | ATmega328 | 7-12V | 14 | 6 | 40mA | 16MHz | 4 | 68,6 | 53,3 | 28g |
| Mega | Atmega2560 | 7-12V | 54 | 16 | 20mA | 16MHz | 15 | 101,52 | 52,2 | 37g |
| Due | AT91SAM3X8E | 7-12V | 54 | 12 | 130mA | 84Mhz | 12 | 101,52 | 53,3 | 36g |
| LilyPad | ATmega328V | 2,7-5,5V | 14 | 6 | 40mA | 8MHz | 6 | 52 | 52 | 5g |
| Yun | Atmega32U4 / Atheros AR9331 | 5V | 20 | 12 | 40mA | 16 MHz | 7 | 73 | 53 | 32g |
| Nano | ATmega328 | 7-12V | 22 | 8 | 40mA | 16Mhz | 6 | 24 | 18 | 7g |
| Esplora | ATmega32U4 | 7-12V | - | - | - | 16MHz | - | 164,04 | 60 | 53g |
| Micro | ATmega32U4 | 7-12V | 20 | 12 | 20mA | 16MHz | 7 | 48 | 18 | 13 |
| BT (Bluetooth) | ATmega328 | 2,5-12V | 14 | 6 | 40mA | 16Mhz | 6 | 81,28 | 53,34 | 25g |
| Leonardo | ATmega32U4 | 7-12V | 20 | 12 | 40mA | 16Mhz | 7 | 68,6 | 53,3 | 20gr |

Fuente: Elaborado por el Autor en base a (Arduino, 2017)

Las placas analizadas anteriormente son las más utilizadas para la realización de todo tipo de proyectos de prototipado, pero existen aún más productos oficiales en la página de Arduino, cada una con características diferentes y variadas aplicaciones. En la *Figura 5* se puede apreciar la totalidad de placas, módulos, shields, kits y accesorios oficiales con los que cuenta Arduino.

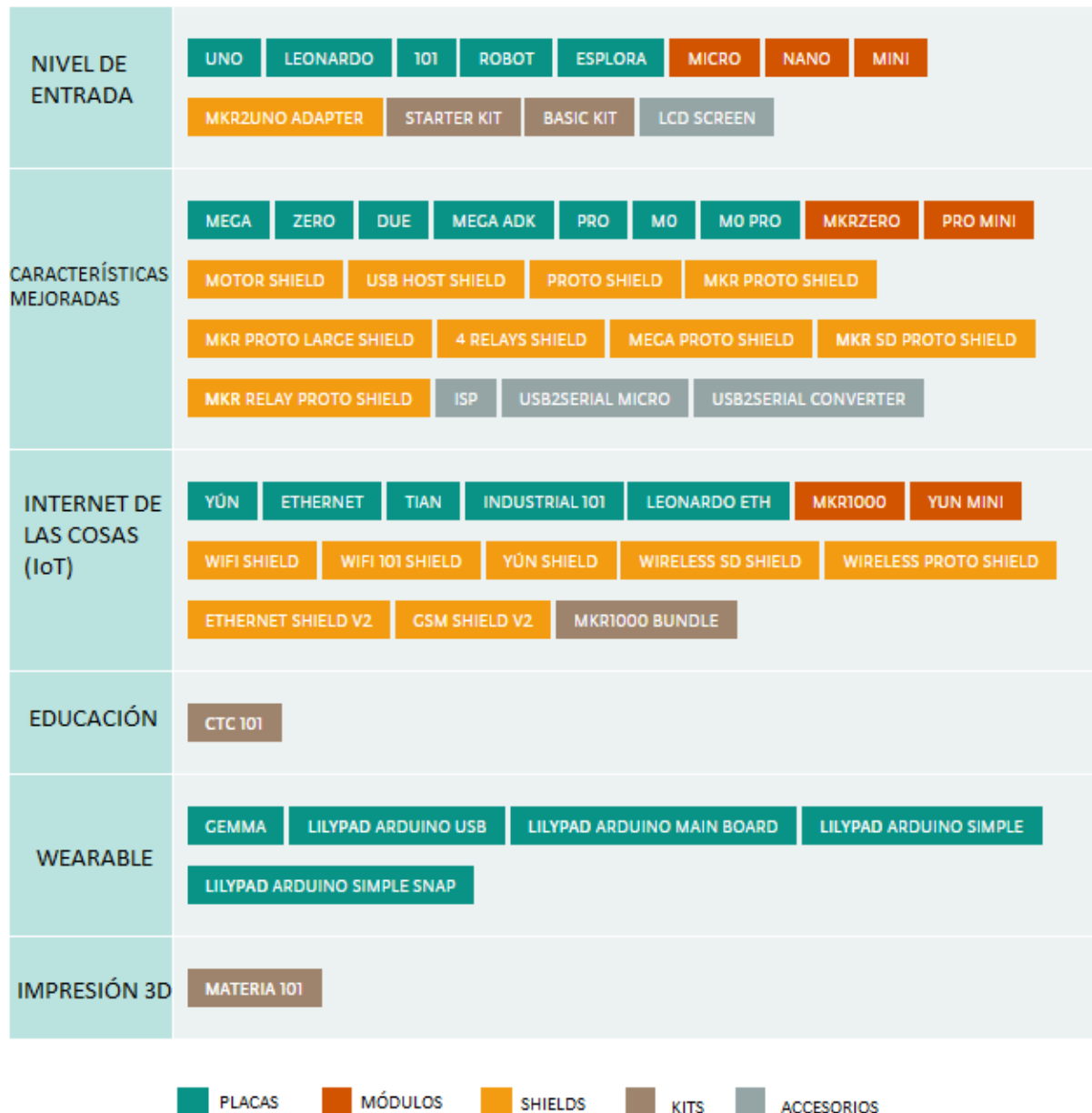


Figura 5. Productos oficiales de Arduino

Fuente: Desarrollado por el Autor en base a (Arduino, 2017)

2.9.3. Placas no oficiales (Compatibles)

Existe una infinidad de placas no oficiales en mercado, esto se debe a que cada placa cuenta con una multitud de ediciones los cuales se han dado para mejorar al oficial u original por así decirlo. Estas placas se caracterizan por presentar un valor añadido, con esto nos referimos a que no solo es una copia idéntica, sino que en realidad el creador ha añadido algo más y lo compartió con tal modificación, una de las características que destaca es su menor costo con referencia a las oficiales. Hay desarrolladores que no conocen las características de estos productos, pero es importante conocerlas ya que muchas placas tienen funciones interesantes.

En la Tabla 2 se nombran y detallan algunas de las placas no oficiales más usadas compatibles con el IDE de Arduino.

Tabla 2. *Placas no oficiales y sus características principales*

| PLACA | CARACTERISTICA |
|---------------------|--|
| Almond PCB | Usado para control de manos robóticas |
| Diavolino | Tiene bajo coste y se basa en el Arduino UNO |
| Freeduino | Compatible con la placa Arduino decimilnove |
| Motoduino | Chip L293 de doble puente H para el controlar motores |
| AVR.duino U+ | Combinación entre el Arduino UNO y el Esplora (leds, potenciómetro, pulsador) |
| Sanguino | Tamaño muy pequeño y 32 pines para propósitos generales |
| Seeduino | Mayor flexibilidad y compatible con shields oficiales |

| | |
|----------------------|---|
| Boarduino | Muy económico y pequeño, pensado para usarse en protoboard |
| pcDuino | Tiene las características de Arduino y puede ser usado como miniPC |
| TinyLily | Similar al LilyPad está destinado a proyectos textiles sobre prendas de vestir |
| Rascal | Puede correr sistemas operativos Linux y es compatible con shields Arduino |
| Romeo 2012 | Posee controladoras de motores y sockets Xbee para el área robótica o mecatrónica |
| Femtoduino | Tamaño muy pequeño de 20,7x15,2 con microcontrolador ATmega3298P |
| Roboduino | Diseñados para robótica con más pines adicionales que el UNO para este fin |
| Faraduino | Transistor puente H y terminales para conectar motores DC |
| FlyDuino Mega | Diseñado para controlar multirrotores de aeronaves (drones o aviones pequeños) |

Fuente: Desarrollado por el Autor en base a (PE, 2014)

2.10. **SENSORES**

Son dispositivos capaces de detectar y responder a algún tipo de entrada del medio físico, Pueden detectar señales específicas como: luz, calor, movimiento, humedad, presión, o cualquier otro fenómeno que se encuentre en el medioambiente. Un sensor convierte un parámetro físico en una señal que puede ser medida eléctricamente y ser interpretada mediante

procesos adicionales. En pocas palabras se puede decir que un sensor convierte la información del mundo real en una señal eléctrica con el fin de detectar alguna característica de su entorno.

2.10.1. Características de los sensores

Son desviaciones que se manifiestan en torno a un modelo de sensor ideal para definir el comportamiento real de un sensor.

2.10.1.1. Características estáticas

Son las propiedades del sensor después de que todos los efectos transitorios se han establecido en un solo estado final o cuando la variable de medición cambia lentamente pudiéndolo considerar a esta constante. A continuación, se mencionan las características estáticas de los sensores.

- **Resolución:** Es el valor medible que se tiene a la salida de un sensor al detectarse un mínimo cambio a la entrada.
- **Precisión:** Es la capacidad de un instrumento de medición para dar la misma lectura cuando se mide repetidamente en las mismas condiciones prescritas, la precisión está relacionada con la variación de un conjunto de mediciones reales y teóricas.
- **Rango de medida:** Se refiere al valor máximo y mínimo de la señal en los que el sensor puede funcionar y llevar a cabo procesos de medición.
- **Saturación:** Se desarrolla cuando la sensibilidad se pierde al sobrepasar sus rangos aceptables de medida.
- **Ruido:** Son señales eléctricas o electromagnéticas no deseadas que degradan la calidad de la información y los datos que se desean medir.
- **Sensibilidad:** Es la relación que existe entre el cambio en una entrada y el cambio en la salida de un sensor. De acuerdo a esta característica se puede determinar la denominada curva de calibración.

- **Linealidad:** Es la cercanía de la curva de calibración a una línea recta especificada.
- **Histéresis:** Es la diferencia entre dos valores de salida que corresponden a la misma entrada dependiendo de la trayectoria seguida por el sensor.
- **Exactitud:** Se refiere al porcentaje de concordancia que hay entre el valor de entrada y un valor medido.
- **Null o Zero:** Es el valor de la señal a la salida cuando en la entrada se tiene cero

(Herrero, 2014)

2.10.1.2. Características dinámicas

Estas características describen la respuesta a una variable de entrada en función del tiempo cuando se encuentra en circunstancias normales. Estas características pueden estudiarse a través de ecuaciones con coeficientes constantes que son obtenidas de acuerdo a su relación Entrada/Salida. A continuación, se mencionan las características dinámicas de los sensores.

- **Estabilidad:** Muestra la variación de la salida en relación a medidas teóricas cuando se cambian las variables exteriores a medir.
- **Velocidad de respuesta:** Describe el tiempo mínimo en el que un sensor responde a una variación en su señal de entrada, mientras menor sea este tiempo mejor es la velocidad de respuesta.
- **Respuesta en frecuencia:** Describe la reacción de un sensor ante variaciones en la señal de entrada mientras su frecuencia aumenta. (Herrero, 2014)

2.10.1.3. Características ambientales

Estas características describen como se comporta el sensor mientras se encuentra en distintas condiciones ambientales externas, éstas varían si el sensor se encuentra en uso o reposo. Las dos características ambientales de los sensores son:

- **Efectos de operación:** Son los efectos que tiene el sensor cuando está realizando el proceso de medición en un ambiente determinado. Estos pueden variar de acuerdo a condiciones externas.
- **Efectos de no operación:** Describe las condiciones que puede resistir el sensor durante un tiempo dado sin que cambien sus prestaciones hasta que éste se ponga en funcionamiento. (Pelaz, 2012)

2.10.2. Clasificación de los sensores

Debido a que existe una gran cantidad de estos dispositivos para realizar mediciones o censado, se han clasificado de varias maneras para entender de mejor manera su funcionamiento y procedencia.

2.10.2.1. Según su forma de funcionamiento

- **Activos:** Necesitan de una fuente de alimentación para funcionar
- **Pasivos:** Funcionan bajo las propias condiciones donde se encuentre sin necesidad de un suplemento de energía adicional. (Serna, Ros, & Rico, 2010)

2.10.2.2. Según las señales de salida

- **Análogo:** Son aquellas que a la salida presentan señales continuas (analógicas) que pueden tomar cualquier valor dentro del rango admisible es decir un mínimo y un máximo.
- **Digital:** Su salida se presenta mediante señales digitales que pueden tomar únicamente dos valores lógicos 0 o 1. (Serna, Ros, & Rico, 2010)

2.10.2.3. Según la magnitud que miden

- **Magnéticos:** son los que miden las variaciones de campo magnético del medio.

- **Humedad:** son los que miden variaciones del medio en función de la humedad que lo rodea.
- **Movimiento:** son los que miden variaciones de acuerdo a los movimientos que detectan.
- **Posición:** son los que miden variaciones basándose en la posición que ocupan a cada instante.
- **Temperatura:** son los que miden variaciones de temperatura del medio que lo rodea.
- **Presión:** son los que son capaces de medir la variación de la presión a la que se encuentran sometidos.
- **Químicos:** son capaces de detectar y medir elementos químicos externos que lleguen hasta ellos.
- **Fotoeléctricos:** son los que miden las variaciones del medio en función de la luz que hay sobre él.

(Serna, Ros, & Rico, 2010)

2.10.2.4. Según su material de fabricación

- **Resistivos:** están compuestos de elementos resistivos.
- **Inductivos:** se componen de elementos inductivos como bobinas.
- **Semiconductores:** están compuestos de materiales semiconductores como el silicio y el germanio.
- **Mecánicos:** usan propiedades mecánicas para funcionar como contactos para abrir y cerrar.
- **Capacitivos:** se componen de elementos capacitivos como condensadores.
- **Piezoeléctricos:** están compuestos de cristales como el cuarzo.

(Serna, Ros, & Rico, 2010)

2.10.3. Aplicaciones de los sensores

En la Tabla 3 se detallan algunas áreas de aplicaciones y los tipos de sensores que comúnmente se usan en ellas.

Tabla 3. *Áreas de aplicación y sensores usados en ellos*

| Aplicación | Sensores |
|------------------------|--|
| Humedad | Capacitivos, Resistivos |
| Distancia | Infrarrojos, Ultrasónicos |
| Frio/Calor | Células Termoeléctricas (Peltier) |
| Temperatura | Termistores (PCT, NTC, Semiconductores) |
| Presencia | Magnéticos, Infrarrojos, Ultrasónicos |
| Caudal | Piezoeléctricos, Magnetorresistivos |
| Iluminación | Fotorresistivos (LDR), Fotoeléctricos |
| Posición / Inclinación | Mecánicos, Resistivos, Acelerómetros, Magnéticos |
| Presión | Piezoeléctricos, Resistivos |
| Químicos | Detectores de gas y humos |

Fuente: (Serna, Ros, & Rico, 2010, pág. 7)

2.11. TECNOLOGÍAS DE CONECTIVIDAD INALÁMBRICA PARA ARDUINO

Existen diferentes opciones a la hora de tener comunicación con tu Arduino, estas pueden ser cableadas o inalámbricas dependiendo del propósito de cada proyecto. Para este caso se mencionarán algunas de las tecnologías conectividad inalámbrica, cada una tiene sus ventajas y desventajas como diferentes características que se toman en cuenta para realizar su selección, estas pueden ser: la topología de red, la velocidad de transmisión, su consumo de energía, alcance y estabilidad.

2.11.1. Bluetooth

La tecnología Bluetooth ha ido evolucionando mucho durante los últimos años. La última versión desarrollada hasta la fecha es Bluetooth 5.0 con características de baja potencia y un ancho mayor de banda, esta tecnología puede cubrir distancias considerables sin hilos y sin problemas permitiendo de esta manera la interoperabilidad con dispositivos que normalmente tienen Bluetooth a bordo. Los módulos Bluetooth se comunican con Arduino a través de los pines de serie RX y TX. (Schwartz, 2014)

- *Módulo Bluetooth HC-05*

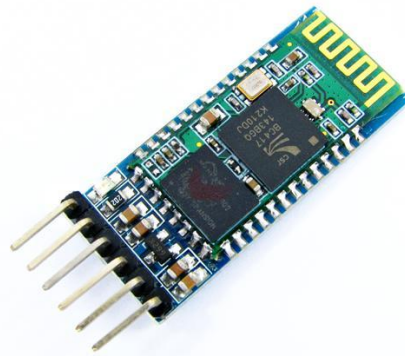


Figura 6. Módulo Bluetooth HC-05

Fuente: (Rivers & Buenaventura, 2017)

En la Tabla 4 se muestran las especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC-05.

Tabla 4. *Especificaciones técnicas del módulo bluetooth HC-05*

| Parámetro | Detalle |
|-------------------------|-----------------|
| Versión de Bluetooth | v2.0 + EDR |
| Modo de configuración | Maestro-Esclavo |
| Frecuencia | 2.4GHz |
| Alcance | 5m-10m |
| Voltaje de alimentación | 3.3V – 6V |

Consumo de corriente < 40mA

Fuente: (Rivers & Buenaventura, 2017)

2.11.2. Wi-Fi

Es la tecnología más usada para proyectos de automatización del hogar, las soluciones mediante wifi son amplias pudiendo conectar un proyecto directamente a un servicio web o al Internet de las Cosas (IoT). A partir de esto es posible monitorear por ejemplo la temperatura en un hogar fácilmente, sin tener una computadora actuando como un servidor central. Su principal ventaja es su compatibilidad con varios sistemas operativos y su amplio rango de cobertura. Para utilizar este tipo de conectividad, se tiene algunas soluciones como: módulos, shields o placas que integran la tecnología directamente (Arduino Yun). (Schwartz, 2014)

- **Módulo Wi-Fi ESP8266**



Figura 7. Módulo Wi-Fi ESP8266-01

Fuente: (Rivers & Buenaventura, 2017)

En la Tabla 5 se muestran las especificaciones técnicas del módulo Wi-Fi ESP8266.

Tabla 5. *Especificaciones técnicas del módulo Wi-Fi ESP8266-01*

| Parámetro | Detalle |
|--------------------|--------------|
| Protocolo | 802.11 b/g/n |
| Potencia de salida | +19.5 dBm |

| | |
|-------------------------|-----------|
| Consumo de corriente | <10 uA |
| Frecuencia | 2.4 GHz |
| Voltaje de alimentación | 3.3V-3.7V |
| Alcance | 30m-100m |

Fuente: (electronilab.co, 2017)

2.11.3. Zigbee

Es una tecnología que integra soluciones de interconectividad por el medio inalámbrico con la finalidad de comunicar dispositivos que cuenten con la misma tecnología. Se basa en el protocolo IEEE 802.15.4 el cual permite crear redes punto-punto o punto-multipunto. Su diseño fue basado en Zigbee y fue creado por Digi para aplicaciones que requieren una alta transferencia de datos con gran exactitud de sincronización. (Rivers & Buenaventura, 2017)

- *XBee S2*



Figura 8. Módulo XBee S2

Fuente: (5hertz.com, 2014)

En la Tabla 6 se muestran las especificaciones técnicas del XBee S2.

Tabla 6. Especificaciones técnicas XBee S2.

| Parámetro | Detalle |
|----------------------|---------|
| Volteje de operación | 3.3V |
| Frecuencia | 2.4 GHz |

| | |
|--------------------------|--------------|
| Consumo de corriente | 35mA – 40 mA |
| Velocidad de transmisión | 1Mbps |
| Alcance | 100m |

Fuente: (SparkFun Electronics)

2.12. INTERNET DE LAS COSAS

El Internet de las cosas o IoT es un concepto que describe la idea de los objetos físicos cotidianos (distintos a los típicos computadores, teléfonos o tablets) a estar conectados a internet y ser capaces de comunicarse y transferir datos a través de una red sin requerir la interacción de un humano.

IoT surge de la evolución de la convergencia de las tecnologías inalámbricas y es por eso que está estrechamente relacionado con la comunicación inalámbrica como medio de transmisión de datos.

La IoT permite prácticamente infinitas aplicaciones, algunos de ellos ni siquiera los podemos imaginar o totalmente entender. La IoT es un tema creciente en la actualidad; sin lugar a dudas abre la puerta a una gran cantidad de proyectos y oportunidades, pero también a muchos desafíos como la seguridad entre una de ellas. (Morgan, 2014)

2.13. APLICACIONES MÓVILES

Una aplicación móvil o comúnmente conocida como app, es una aplicación de software desarrollado específicamente para ser ejecutada en dispositivos inalámbricos inteligentes como son: smartphones, tablets, smartwatches y otros en lugar de ordenadores o portátiles.

Su diseño se basa en las consideraciones de demanda y las limitaciones que tienen los diferentes dispositivos, de acuerdo a esto son creadas específicamente para una plataforma de distribución o para varias. (Cuello & Vittone, 2013)

2.13.1. Plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles

Existe varias plataformas para el desarrollo de aplicaciones, cada una de ellas requiere conocimientos de programación diferente. A continuación, se hacen mención a 3 de las plataformas más populares hasta la actualidad, como se puede observar en la *Figura 9* estos son: Android, iOS y Windows Phone.

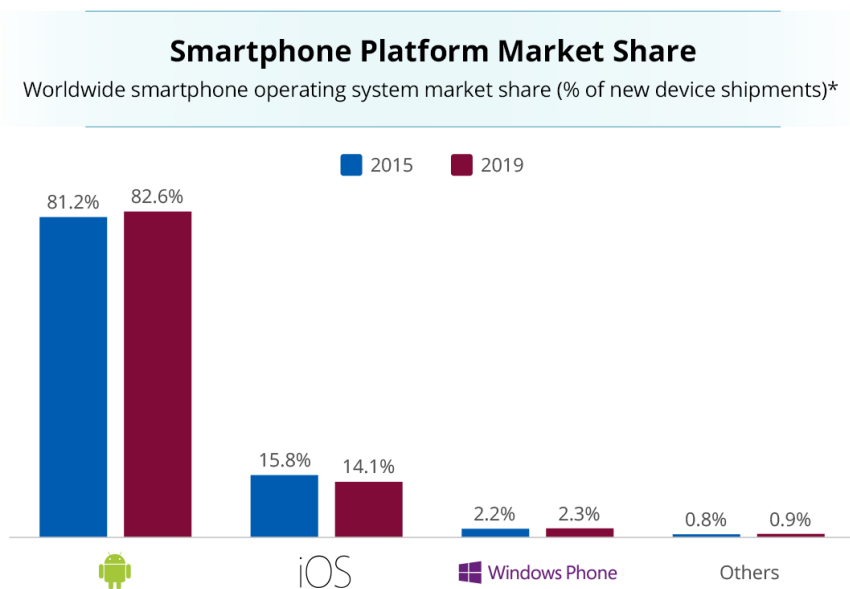


Figura 9. Análisis de las plataformas más populares y pronósticos hasta el 2019

Fuente: (Rosoff, 2015)

2.13.1.1. Android

Es un sistema operativo impulsado por Google, es líder en el mercado de los sistemas operativos de teléfonos inteligentes y dispositivos móviles, tiene código abierto basado en Linux y permite a los desarrolladores crear de manera mucho más fácil cualquier aplicación

sin necesidad de conocimientos de programación profundos. Su ventaja principal es que puede ser instalado en infinidad de dispositivos independientemente de su marca o características.

2.13.1.2. iOS

Es uno de los sistemas operativos más usados en dispositivos móviles detrás de Android, fue creado por la empresa Apple Inc. y es especialmente diseñado y desarrollado para dispositivos de su marca como: iPhone, iPad, iPod y Apple TV. La empresa no concede licencias de iOS para ser instalados en hardware de terceros, por lo que este sistema operativo se cierra solamente al uso en dispositivos fabricados por la empresa.

2.13.1.3. Windows Phone

Es el sistema operativo móvil desarrollado por Microsoft, se encuentra en el tercer lugar después de Android e iOS, tiene un diseño estético similar a versiones de escritorio de Windows. Este sistema operativo tiene la posibilidad de instalar en sus dispositivos software de terceros previo al pago y adquisición de estos mediante la tienda de Windows Marketplace.
(Pro Blog Booster, 2017)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL SISTEMA

En este capítulo se describe el proceso de diseño del prototipo del sistema para alertar y prevenir accidentes de bebés cuando estos empiezan a moverse independientemente, mediante un análisis técnico se detalla el hardware a usar, su respectiva programación y los elementos que se requieren para su armado. Este prototipo es capaz de detectar mediante sensores magnéticos sitios y placa de desarrollo LilyPad Arduino los lugares marcados como potencialmente peligrosos gracias a unas cintas magnéticas colocados en estos sitios. Por último, se desarrolla el apartado de notificaciones mediante una plataforma de IoT para poder enviar notificaciones push mediante internet hasta los smartphones de los padres.

3.1. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD

El desarrollo del sistema de seguridad está enfocado a disminuir la cantidad de accidentes que se dan en hogares con bebés que empiezan a moverse independientemente, el proyecto se centra en lugares como: cocina, baño y escaleras informando a los padres de la situación de peligro para que se tomen medidas de auxilio inmediato.

Para el desarrollo del prototipo del sistema a continuación se mencionan un conjunto de declaraciones que identifican a las funciones, características y las limitaciones que debe tener el diseño para alcanzar las expectativas planteadas.

Requerimientos del diseño del sistema.

- Tiempo de acción adecuado para notificar inmediatamente el peligro.
- Su radio de acción debe estar dentro del alcance del modem Wi-Fi del hogar.
- Rendimiento adecuado de la fuente de alimentación.

- Uso de sensores que no puedan ser activados de manera accidental.
- Estético de manera que no interfiera con las actividades motrices del infante.
- Sistema autónomo y de fácil uso.
- Aviso de errores

3.2. DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

El presente sistema de seguridad permite alertar sobre posibles accidentes que pueden ocurrir cuando un bebé llega a sitios marcados como peligrosos, todo esto tiene la finalidad de prevenir cualquier tipo de lesión en su cuerpo y guardar así su seguridad dentro del hogar.

El funcionamiento de este sistema se describe de la siguiente manera; mediante cintas magnéticas instaladas a una distancia considerable del lugar peligroso, es posible alertar a los padres antes de que ocurra algún tipo accidente, estas cintas pueden generar un activador al ser detectados por los sensores instaladas en sitios estratégicos de las extremidades inferiores del bebé y conectadas a la placa de desarrollo.

Una vez originada la señal de alarma se hace uso del módulo Wi-Fi conectado por comunicación serial a la placa y por Wi-Fi a la red del hogar, esto con el fin de enviar el dato de alerta a una plataforma web de IoT, por último, mediante la plataforma de IoT mencionada es posible enviar notificaciones push y ser recibidos en una aplicación específica instalada en un teléfono inteligente.

3.2.1. Diagrama del funcionamiento general del sistema

En la *Figura 10* se muestra el funcionamiento general y las secuencias que sigue el sistema para generar las señales de alarma y notificaciones.

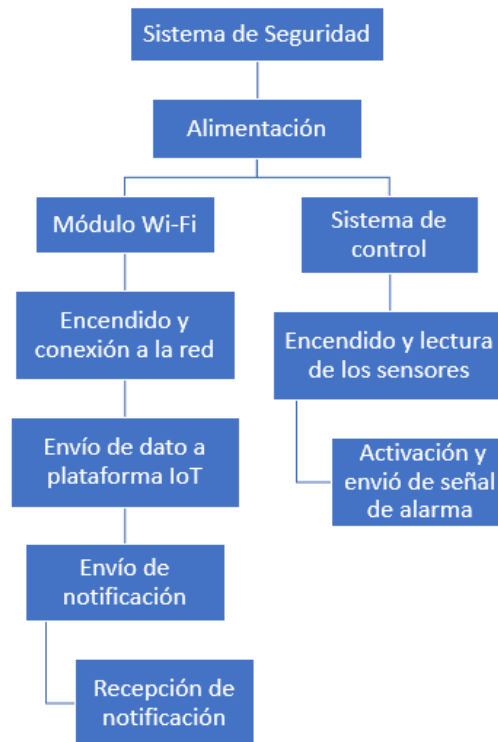


Figura 10. Funcionamiento general del sistema de seguridad

Fuente: Elaborado por el Autor

3.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En la *Figura 11*, se muestra mediante un diagrama de bloques la arquitectura general del prototipo del sistema de seguridad para alertar y prevenir accidentes en bebés.

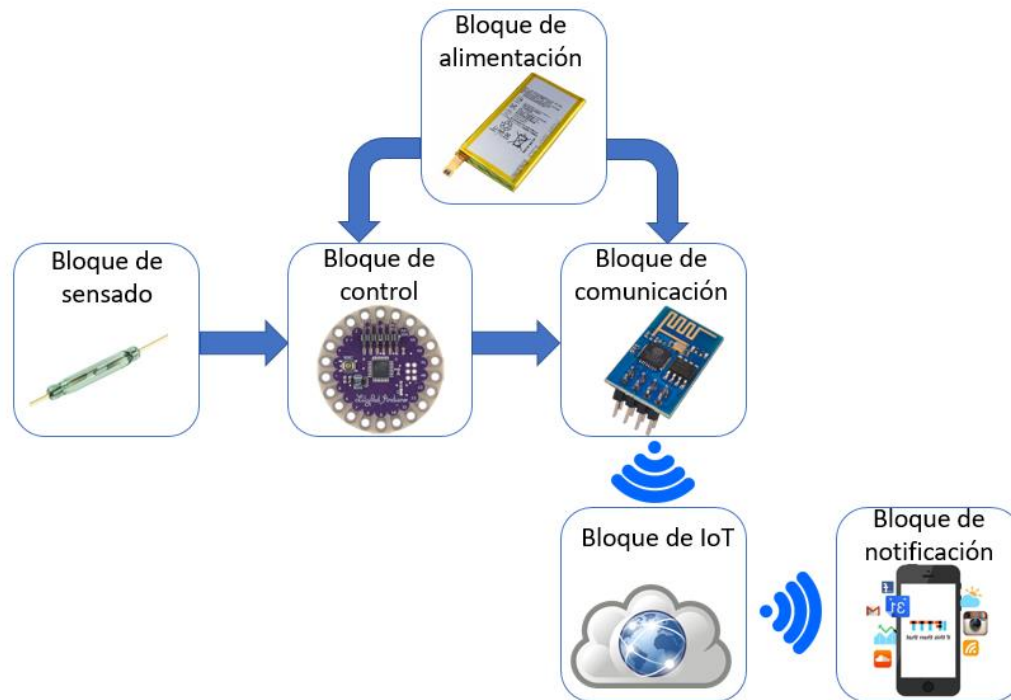


Figura 11. Diagrama de bloques de la arquitectura general del sistema de seguridad para bebés

Fuente: Elaborado por el Autor

Se ha dividido el diseño del proyecto mediante bloques los cuales son esenciales para poder alcanzar las expectativas planteadas, cada bloque cumple con funciones específicas y estas mencionan brevemente a continuación:

- El **bloque de sensado** es el encargado de detectar los valores del medio y por las variaciones de éste accionar un proceso de conmutación que activará una señal.
- El **bloque de control** está en constante comunicación con los sensores y procesa las señales que provienen de ellos, tras activarse una señal de alarma entra en acción con el bloque de comunicación para dar la orden de alerta, este bloque es además el encargado de controlar las funciones básicas de todo el sistema en general.
- El **bloque de comunicación** está conectado a internet a través de la red inalámbrica del hogar y tiene la función de enviar peticiones de alerta a la plataforma de IoT.

- Para poder enviar las notificaciones hacia los padres el **bloque IoT** recibe la información del bloque de comunicación, esto se realiza mediante peticiones web generadas por el bloque de comunicación.
- El **bloque de alimentación** es el encargado de suministrar energía a los componentes de todo el sistema siendo los que más corriente consumen el bloque de control y el de comunicación.
- Para el **bloque de notificaciones** se hace uso de una aplicación en un teléfono inteligente, éste es capaz de comunicarse con la plataforma IoT y de acuerdo a solicitudes recibidas mediante internet generar notificaciones de alerta en el teléfono.

3.4. BLOQUE DE CONTROL

Es el bloque más importante de todo el sistema, su función es la de trabajar con los procesos que realizan los demás bloques, evaluando datos y llevando a cabo diferentes acciones a partir de éstos. Se comunica directamente con los bloques de sensado y de comunicación por medio de la interconexión con sus pines digitales y pines de comunicación serial respectivamente.

Este bloque consta de la placa de desarrollo el cual se encarga de manejar todo el prototipo, sus acciones son: controlar, dirigir o regular el funcionamiento correcto de los demás bloques que conforman todo el sistema.

En la *Figura 12* se muestra el diagrama de bloques del apartado de control conectado a los bloques de sensado y comunicación los cuales se analizarán posteriormente.

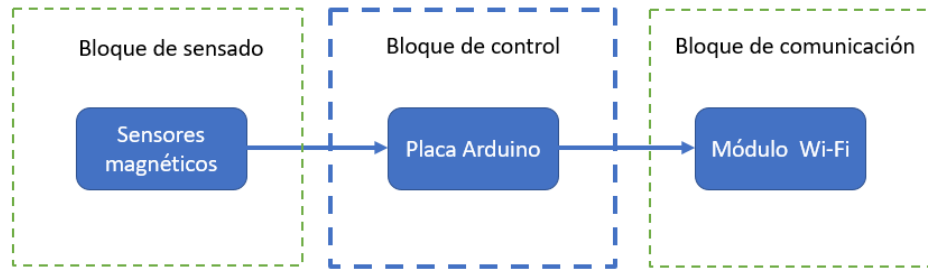


Figura 12. Diagrama de bloques del apartado de control

Fuente: Elaborado por el Autor


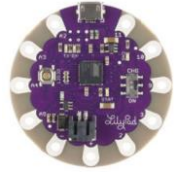

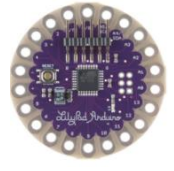
3.4.1. Selección de la placa de desarrollo

La selección de la placa de desarrollo que conformará el bloque principal de control se lo realiza mediante el análisis exhaustivo de los requerimientos del proyecto, la placa elegida debe tener las características adecuadas para acoplarse de la mejor manera al tipo de proyecto que se tiene.

La Tabla 1 nos muestran las características técnicas de algunas de las placas oficiales de Arduino, tras analizarla se determina que solo la placa Arduino LilyPad tiene la capacidad de funcionar con voltajes de entrada menor a 5V, además una característica especial de esta placa es que puede ser integrada en proyectos electrónicos textiles, estas características son esenciales para el tipo de proyecto que se tiene debido a que se usará una batería como fuente de alimentación y será integrada en una prenda de vestir.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se ha optado por seleccionar la placa de desarrollo Arduino LilyPad, ésta a su vez tiene diferentes versiones las cuales se analizan en la Tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones de los tipos de Arduino LilyPad

| Arduino | Microcontrolador | Pines digitales E/S | Pines de entrada analógica | Interfaz de programación | Ilustración |
|---------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|---|
| LilyPad Simple | ATMega328 | 5 | 4 | FTDI |  |
| LilyPad USB | ATmega32U4 | 5 | 4 | USB |  |
| LilyPad SimpleSnap | ATMega328 | 5 | 4 | FTDI |  |
| LilyPad Main Board | ATMega328 | 14 | 6 | FTDI |  |

Fuente: Elaborado por el Autor en base a (Arduino, 2017)

Además de las especificaciones técnicas de cada placa es necesario también tomar en cuenta algunos puntos para su selección. Para el presente proyecto se ha seleccionado la placa Arduino LilyPad Main Board debido a las siguientes ventajas que tiene frente a los otros.

- **Disponibilidad local:** Se puede adquirir fácilmente en sitios de distribución local a diferencia de otros que solo están disponibles fuera del país.
- **Costo:** Tiene un costo más económico con referencia a otras placas
- **Integración al sistema total:** Su número de pines digitales y análogos lo hace adecuado para su integración en el proyecto, debido a que se requieren más pines de los que las otras placas ofrecen.

Arduino LilyPad Main Board

La placa LilyPad de Arduino fue diseñado para aplicaciones portátiles y textiles, está destinado a ser cosido a tela y conectado a otros componentes o sensores usando hilo conductor, esta placa requiere el uso de un cable TTL para su programación. Su forma circular y su distribución de pines de E/S (ver *Figura 13*) hace más fácil la realización de proyectos basados electrónica textil. El hardware de la placa LilyPad es básicamente el mismo que el Arduino UNO con pines digitales y analógicos que cumplen las mismas funciones. (Castillo, 2013)

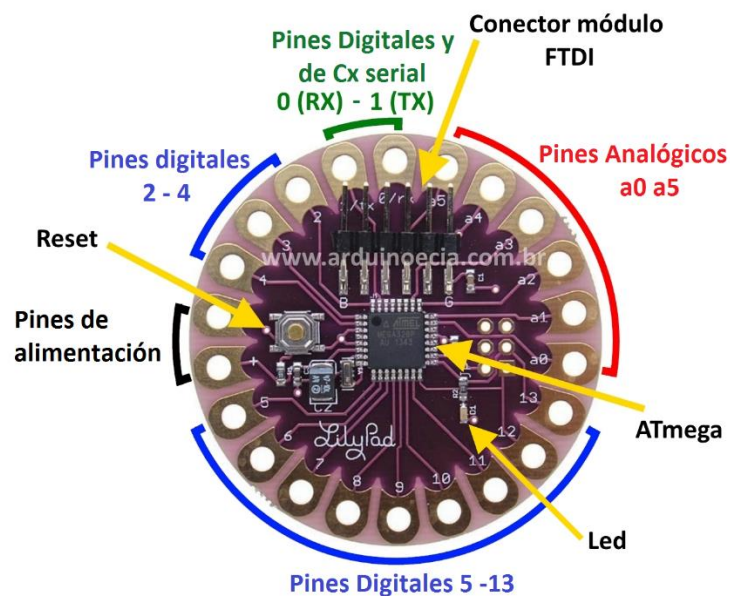


Figura 13. Arduino LilyPad Main Board

Fuente: Editado por el Autor en base a (arduinoocia.com, s.f)

En la Tabla 8 se muestran las especificaciones de la placa seleccionada.

Tabla 8. Especificaciones técnicas del Arduino LilyPad Main Board

| Arduino LilyPad Main Board | |
|----------------------------|------------------------|
| Microcontrolador | ATmega168 o ATmega328V |
| Tensión de funcionamiento | 2.7 a 5.5 V |
| Voltaje de entrada | 2.7 a 5.5 V |

| | |
|----------------------------|---|
| Pines digitales de E/S | 14 |
| Pines PWM | 6 |
| Pines de entrada analógica | 6 |
| Corriente DC para Pin E/S | 40 mA |
| Memoria flash | 16 KB (de los cuales 2 KB son utilizados por el gestor de arranque) |
| SRAM | 1 KB |
| EEPROM | 512 bytes |
| Velocidad de reloj | 8 MHz |

Fuente: (Arduino, 2017)

3.5. BLOQUE DE SENSADO

Este bloque consta de sensores conectados a la placa controladora y las cintas magnéticas colocadas en distintos sitios, los sensores se encargan de evaluar el medio en el que están y en caso de encontrarse con las cintas cierran el circuito de conmutación el cual es detectado por la placa de desarrollo.

En la *Figura 14* se muestra el diagrama de bloques del circuito de sensado y su conexión al bloque de control para generar la señal de alarma al llegar a una distancia considerable de las cintas.

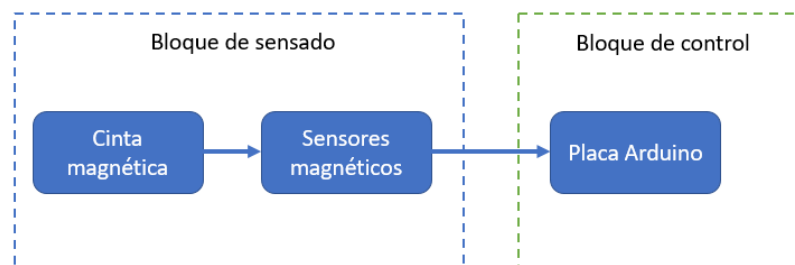


Figura 14. Diagrama de bloques del apartado de sensado conectado al bloque de control

Fuente: Elaborado por el Autor

3.5.1. Elección de los sensores

Hay una amplia variedad de sensores destinados a usarse con el hardware de desarrollo Arduino, cada sensor brinda interesantes funcionalidades las cuales pueden ser añadidas a los fácilmente a proyectos. A continuación, en la Tabla 9 se hacen mención a algunos tipos de sensores compatibles con Arduino.

Tabla 9. *Tipos de sensores para Arduino y sus características*

| Sensor | Sonido | Ultrasónico | Color | Infrarrojo | Magnético |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Forma de funcionamiento | Genera señales mediante presencia de acústica | Genera y recibe señales ultrasónicas | Detecta y filtra datos de colores RGB | Genera y recibe señales infrarrojas | Genera señales en presencia de campos magnéticos |
| Distancia de sensibilidad | Grandes y pequeñas distancias | Medianas y grandes distancias | Cortas distancias | Cortas distancias | Cortas distancias |
| Aplicación | Automatización y domótica | Medición de distancias | Detección de colores | Seguidor de línea | Activación de circuitos mediante campos magnéticos |
| Estabilidad | Estable | Poco estable | Poco estable | Poco estable | Estable |

Fuente: Elaborado por el Autor en base a (Electrónica Estudio, 2017)

Los tipos de sensores a usar en el proyecto son los sensores magnéticos debido a su gran sensibilidad, estabilidad y fácil uso para su activación. Además, este sensor se acopla completamente a este tipo de proyecto al momento de evitar falsas señales de activación en comparación a los sensores expuestos en la tabla anterior.

Existen una variedad de sensores magnéticos, todos tienen la misma metodología de funcionamiento, que es el de cerrar o abrir un circuito de conmutación en presencia o ausencia de algún campo magnético generado por corrientes eléctricas o imanes. En la Tabla 10

podemos observar la comparación de 3 de los sensores más usados para la detección de campos magnéticos.

Tabla 10. *Comparación de sensores magnéticos*

| Sensor | HALL LINEAL 49E | HALL A3144 | Magnetic Reed |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Salida | Analógica | Digital | Digital |
| Número de pines | 3 | 3 | 2 |
| Sensibilidad | Media | Media | Alta |
| Voltaje de operación | 3-6.5VDC | 3-6.5VDC | Max 24VDC |
| Estabilidad | Alta | Alta | Alta |
| Dimensiones | 3x4x1.52 (mm) sin pines | 3x4x1.52 (mm) sin pines | 2x14(mm) sin pines |
| Disponibilidad | Baja | Media | Alta |
| Precio | \$ 3,00 | \$ 3,80 | \$ 1,00 |

Fuente: Elaborado por el Autor en base a (Llamas, 2016)

El tipo de sensor seleccionado es el sensor Magnetic Reed debido a las siguientes ventajas:

- Alta sensibilidad y característica detectar campos magnéticos desde cualquier punto, no tiene la necesidad de que el campo magnético se acerque a un punto específico del sensor a diferencia de los de efecto hall que tiene un punto único de detección y que también dependen de la polaridad del campo.
- Costo menor frente a los otros sensores y de fácil adquisición en tiendas de electrónica.
- Su distancia de detección es ligeramente mayor.
- Número de pines adecuado para disminuir el número de conexiones en el sistema.

Sensor Magnetic Reed

Conocido también como Reed Switch, es un elemento conformado por dos contactos o laminas construidas en base a un material ferromagnético (hierro y níquel) y recubierto con un metal resistente (rodio o rutenio) para brindarle mayor vida útil, por fuera se encuentra sellado con una envoltura de vidrio lleno de un gas no reactivo, sobre el vidrio sobresale una carcasa de plástico para mayor protección de los contactos.

Los materiales que lo conforman tienen una alta permeabilidad magnética, lo cual hace que magnetizarlo sea más fácil, los contactos se encuentran una delante de otra y separadas a una cierta distancia (normalmente abierto) o en otros casos unidas (normalmente cerrado).

Para el proyecto se usarán los sensores que tienen las láminas normalmente abiertas (ver *Figura 15*) los cuales en presencia de un campo magnético se unirán cerrando de esta manera un circuito de conmutación. (Molina, 2017)

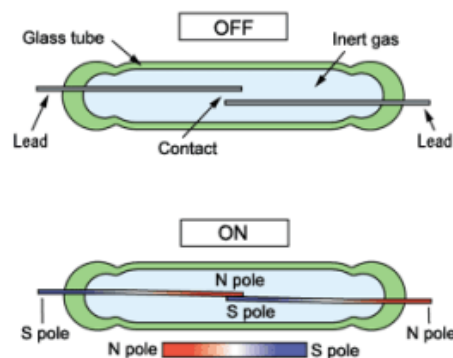


Figura 15. Funcionamiento del sensor Reed Switch normalmente abierto

Fuente: Obtenido de (Molina, 2017)

La distancia de detección del sensor depende de la intensidad del campo magnético y su tiempo de reacción es menor muy corto. De acuerdo a pruebas realizadas con el sensor, se ha logrado determinar que, con campos magnéticos producidos por imanes pequeños, la distancia de detección es de 3cm aproximadamente (ver *Figura 16*). Esta distancia es lo suficiente para

generar señales de alarma dado que los sensores se colocarán en puntos estratégicos para que sea posible la detección de las cintas magnéticas.

La *Figura 15* muestra una prueba de funcionamiento realizada con el sensor Magnetic Reed en el cual se visualiza la distancia de detección al acercar imanes pequeños, se usó un led para comprobar la detección del campo magnético donde, éste se muestra encendido cuando el sensor ha detectado el imán y apagado cuando no lo detecta.

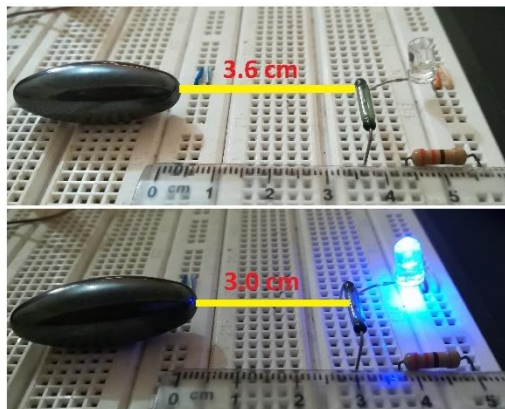


Figura 16. Prueba de funcionamiento del sensor Reed Switch

Fuente: Elaborado por el Autor

3.5.2. Circuito de conexión del sensor Reed Switch a la placa Arduino LilyPad

La *Figura 17* nos muestra el esquema de montaje y circuito eléctrico para conectar el sensor a la placa de desarrollo, como se puede ver los sensores se conectan a los pines digitales directamente, este tipo de conexión se hace posible gracias a las resistencias internas en configuración Pull-Up que tiene la placa de desarrollo.

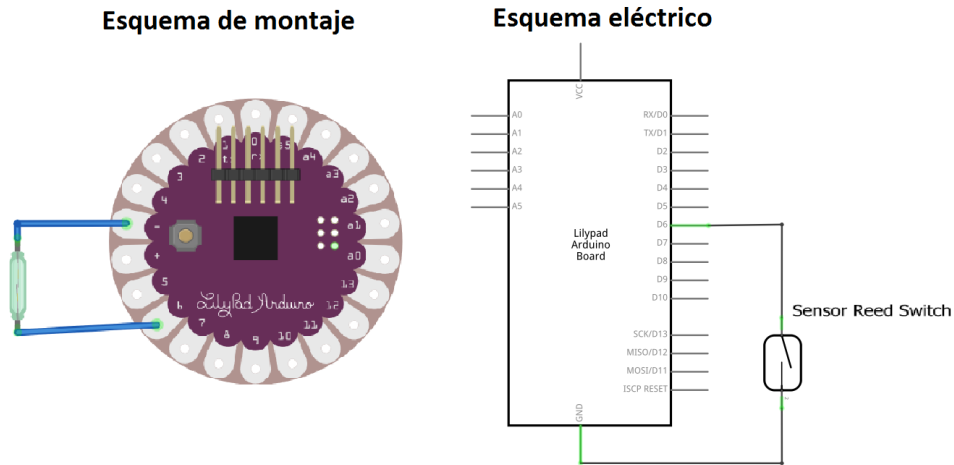


Figura 17. Esquema de montaje y eléctrico del bloque de sensado

Fuente: Elaborado por el Autor

Se configuran los pines de la placa como entradas digitales, es necesario también configurar dichos pines con la resistencia interna mencionada anteriormente para leer el estado del sensor Magnetic Reed, esta configuración se lo realiza en la fase de programación de la placa.

Cintas magnéticas

El activador que se acopla al sensor seleccionado es una cinta magnética, esta tiene características similares a las de un imán siendo de esta manera ideal para cambiar el estado del sensor Magnetic Reed. La cinta magnética tiene dimensiones adecuadas para ser colocadas sobre la superficie del suelo y deben colocarse de manera adecuada para que los sensores sean capaces de detectarlas.

3.6. BLOQUE DE COMUNICACIÓN

Para el proyecto presente el módulo de comunicación seleccionado debe acoplarse a los requerimientos establecidos. En la *Figura 18* se puede observar el diagrama de bloques del apartado de comunicación el cual es controlado por bloque de control.

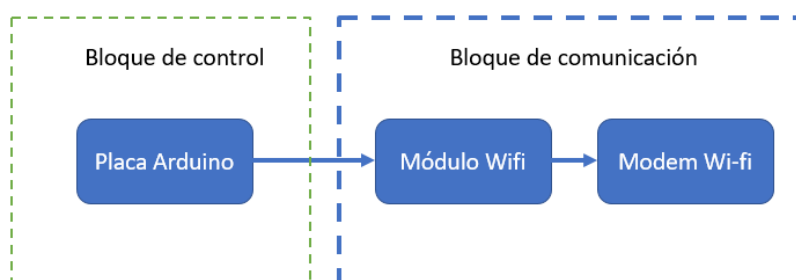


Figura 18. Diagrama de bloques del apartado de comunicación

Fuente: Elaborado por el Autor

3.6.1. Elección del módulo de comunicación

Para lograr la comunicación y llegar de manera inalámbrica hasta el teléfono inteligente del padre o la madre, se analizan las posibles soluciones de conectividad inalámbrica que tiene Arduino. En la sección 2.11 de este documento se mencionan 3 de las soluciones más destacadas para esta plataforma: Bluetooth, Zigbee y Wi-Fi, la selección se realiza mediante una comparación de las características de los módulos de cada tecnología (ver Tabla 11).

Tabla 11. Comparación de las características de los módulos para Arduino

| | Módulos | | |
|----------------------------|-----------------|--|--------------|
| | Bluetooth HC-05 | XBee S2 | Wi-Fi ESP-01 |
| Alcance nominal | 5m-10m | 100m | 30m-10m |
| Arquitectura de red | Estrella | Estrella, Árbol, Punto a Punto y Malla | Estrella |
| Disponibilidad | Alto | Alto | Alto |

| | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Complejidad | Medio | Medio | Medio |
| Dimensiones (mm) | 17,0 x 40,0 | 24,0 x 28,0 | 14,3 x 24,8 |
| Costo | \$ 7,00 | \$ 40,00 | \$ 5,00 |

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo a la comparación realizada en la Tabla 11 se ha seleccionado el módulo Wi-Fi debido a su alcance, su tamaño reducido y su menor costo frente a los otros módulos. Cabe recalcar que existen diferentes variantes de este tipo de módulo con características más sofisticadas, pero de igual manera éstas son más costosas.

Módulo Wi-Fi ESP8266 (ESP-01)

El ESP-01 es un módulo que incorpora el microcontrolador ESP8266 y una antena que en conjunto permiten el acceso a internet a través de una conexión Wi-Fi, mediante sus últimos avances puede ser usado de manera autónoma, es decir, puede usarse como una placa Arduino cambiando el firmware que trae por defecto, pero para nuestro será usado solo para conectar el sistema a internet debido a que el módulo tiene pines limitados.

Las características que tiene hacen que el ESP-01 sea muy versátil a la hora de ahorrar algo de dinero y espacio en proyectos de cualquier tipo. En la *Figura 19*, se pueden observar los componentes del módulo y la distribución de pines que tiene.

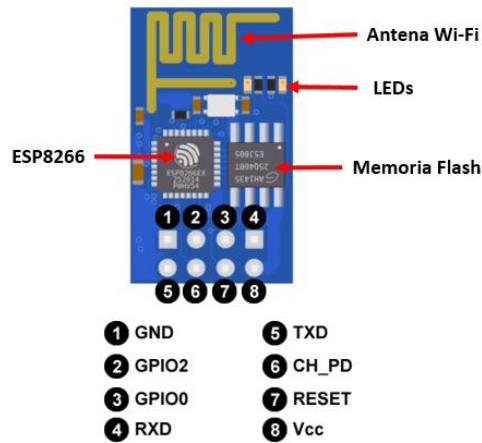


Figura 19. Componentes y distribución de pines del módulo ESP-01

Fuente: Elaborado por el Autor

La Tabla 5 nos presenta las especificaciones técnicas del módulo, en esta se observa que trabaja con voltajes de entrada 3,3V a 3,7V por lo que si se excede este valor podría dañarse, por otro lado, existe documentación realizada por desarrolladores en las cuales afirman que el módulo es tolerante a 5V, como en nuestro caso se usara una batería, el voltaje manejado será de 4,2V a 3,6V lo cual es un voltaje adecuado para su funcionamiento. El firmware que trae por defecto nos permite programar al módulo mediante el uso de comandos AT.

3.6.2. Programación del módulo ESP-01

La programación del módulo se lo puede realizar mediante un cable Serial-USB o haciendo uso una la placa Arduino UNO, por efectos de disponibilidad de información se hará uso de una placa Arduino conjuntamente con su IDE de programación.

El esquema de conexión para realizar programación se lo puede apreciar en la *Figura 16*, se aprovecha el pin de 3,3V del Arduino UNO para alimentar al módulo, el pin CH_PD se usa para encender o apagar el módulo, en este caso debe estar en estado alto para encenderlo y para esto se usa un puente al pin VCC. La comunicación para la programación se hace mediante los

pinos seriales que tienen cada elemento, estos deben conectarse como se muestra en el esquema mencionado.

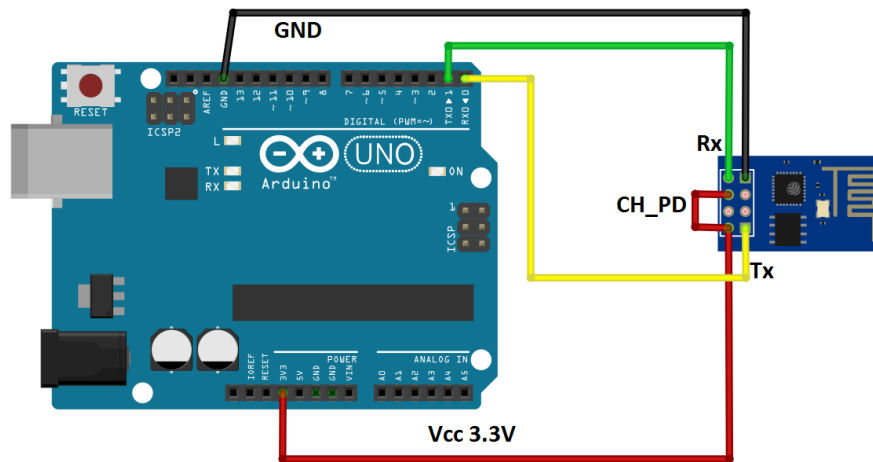


Figura 20. Esquema de conexión para programar el módulo ESP-01

Fuente: Elaborado por el Autor

El presente módulo tiene tres modos de operación: Access Point, Estación o ambos a la vez.

- El modo **Access Point (AP)** actúa como una red Wi-Fi, permitiendo que distintos dispositivos se conecten a éste con la finalidad de establecer una manera de comunicación entre ellos.
- El modo **Estación (STA)** permite al módulo conectarse a una red Wi-Fi para tener acceso a servicios como Internet, esto permite que el módulo pueda comunicarse con cualquier dispositivo que tenga Internet.
- El tercer modo permite que el módulo actúe de las dos maneras antes mencionadas: AP y STA. (Systems, s.f.)

El modo estación es el elegido para este proyecto, mediante éste se puede tener acceso a internet conectándonos a la red Wi-Fi del hogar, para configurarlo se usan comandos básicos AT. Es necesario recalcar que la programación se lo hace mediante comunicación serial, la

velocidad que manejan este tipo de módulo es de 9600 o 11520 baudios por lo que es necesario verificarlo antes de comunicarse con el módulo.

3.6.3. Circuito de conexión del módulo ESP-01 a la placa Arduino LilyPad

La placa de desarrollo se comunicará con el módulo a través de comunicación serial haciendo uso de los pines específicos que tienen cada elemento para esta tarea. La *Figura 21* muestra el esquema de montaje y el esquema de conexión eléctrico que tiene el módulo en el sistema.

Cada elemento se conecta directamente a la batería debido a que en este caso no podemos utilizar el pin de 3,3V con él contaba el Arduino UNO, dado que en el Arduino LilyPad el pin mencionado está ausente. Además, la corriente que suministraría este pin no sería suficiente para abastecer al módulo al momento de poner en marcha el sistema.

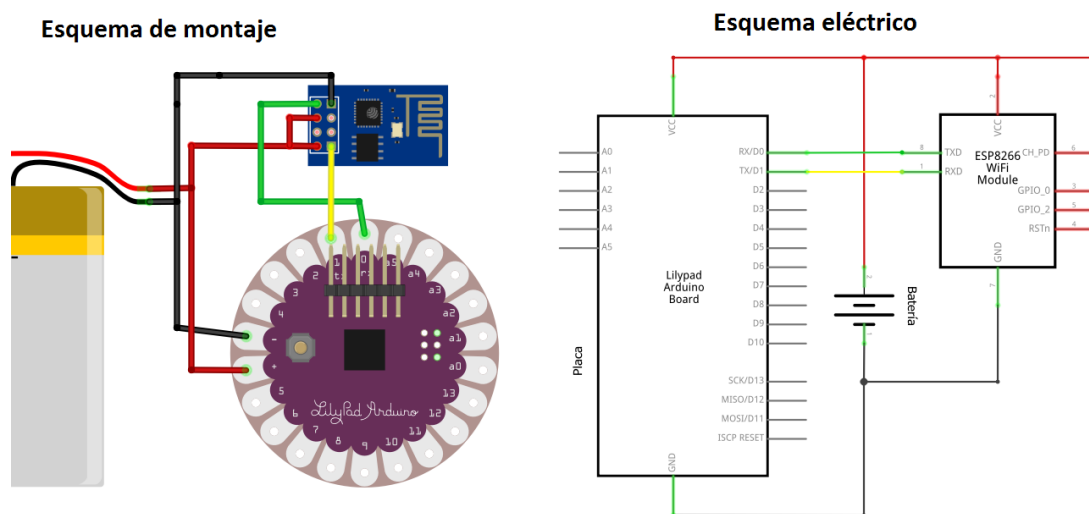


Figura 21. Esquema de montaje y esquema eléctrico del ESP-01 y el Arduino LilyPad

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez conectado el módulo a Internet, la placa tiene la posibilidad de acceder a los servicios web de la plataforma IoT del cual se habla en la sección 3.7. de este capítulo. Como señal de alerta el módulo envía peticiones HTTP a la plataforma, para realizar esto el bloque

de control envía comandos AT programados en él una vez sea recibida la señal de alerta del bloque de sensado.

3.7. BLOQUE DE IOT

El uso de una plataforma IoT nos permitirá poder transmitir datos a internet y desde ahí realizar diferentes acciones para poder enviar notificaciones hacia los teléfonos inteligentes. La *Figura 22* nos muestra el diagrama de bloques del apartado de IoT, el bloque de comunicación envía datos a la plataforma y según estos se ejecutan acciones a partir de este.

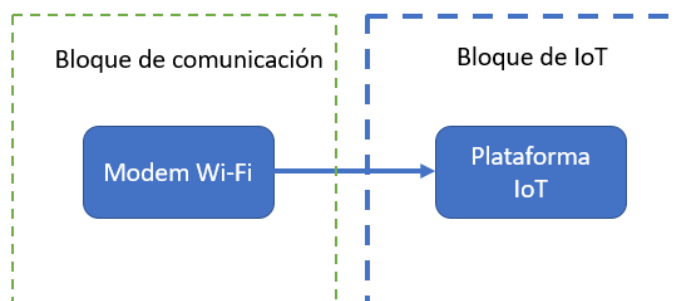


Figura 22. Diagrama de bloques del apartado de IoT

Fuente: Elaborado por el Autor

3.7.1. Elección de la plataforma IoT

Para la selección de la plataforma IoT, se ha optado por tomar 3 alternativas de plataformas en la nube, esto se lo realiza mediante la comparación que se muestra en la Tabla 12, en donde se detallan las características y diferencias que tienen cada una de las plataformas.

Tabla 12. Comparación de las plataformas ThingSpeak, Ubidots y Xively

| THINGSPEAK | UBIDOTS | XIVELY |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Servicio gratuito | Periodo de prueba con 5000 puntos | Periodo de prueba por 30 días |
| Documentación buena | Documentación buena | Documentación regular |

| | | |
|--|--|--|
| API sencilla y fácil de entender | API sencilla y fácil de entender | Requiere elementos adicionales para la creación de alertas |
| Cada canal puede tener 8 campos de almacenamiento | En la creación del segundo dispositivo en adelante se consumen puntos | No tiene soporte para módulo ESP-01 |
| Entorno gráfico de visualización de datos | Entorno gráfico de visualización de datos | Entorno gráfico de visualización limitado |
| Soporte para módulo ESP-01 | Soporte para módulo ESP-01 en desarrollo | |
| Envío de peticiones HTTP en una sola línea de código | Envío de peticiones HTTP en varias líneas de código con diccionario JSON | |

Fuente: Desarrollado por el Autor en base a las características de cada plataforma

Tras la comparación realizada se optó por usar la plataforma de IoT ThingSpeak debido a sus ventajas como son:

- Servicio gratuito que no requieren pagos o renovación de cuenta después de un periodo de prueba.
- Sus APIs son fáciles de usar y entender.
- Se pueden realizar peticiones HTTP con una sola línea de código lo que lo hace perfecto para efectuarlos mediante comandos AT del módulo ESP-01.
- Se pueden generar acciones de alerta mediante peticiones HTTP con la extensión ThingHTTP que integra la plataforma.

ThingSpeak

Es una plataforma open source aplicada al Internet de las cosas (IoT), permite recolectar datos y almacenarlos en la nube, provee aplicaciones que permiten analizar y visualizar datos para realizar algún tipo de acción. Los datos pueden provenir de sensores conectados a Arduino, Raspberry, Beagle Black u algún otro hardware o aplicación.

3.7.2. Configuración de la plataforma ThingSpeak

Antes de comenzar a usar esta plataforma es necesario registrarse creando una cuenta, esto se lo puede hacer ingresando a la página oficial <https://thingspeak.com/> y accediendo al apartado Sing Up como muestra la *Figura 23*.

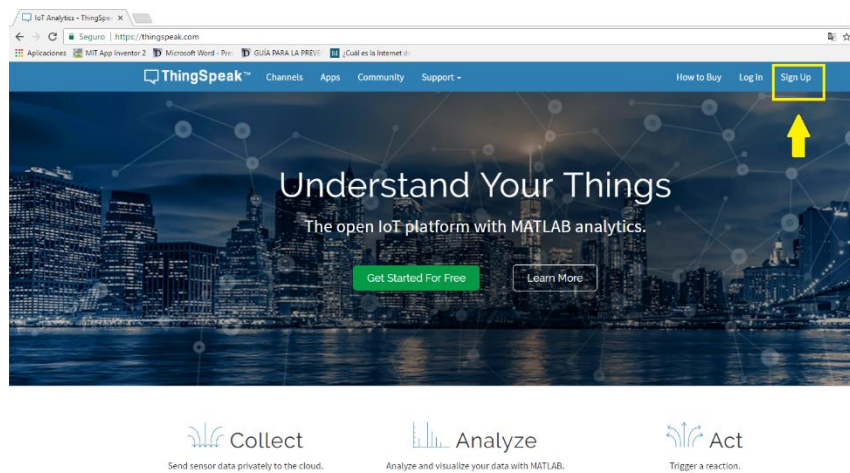


Figura 23. Creación de cuenta en ThingSpeak

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Una vez en la página de registro, introducimos todos los datos que se requieren, al llenar todos los campos y aceptar se recibirá un correo de confirmación como se observa en la *Figura 24*.

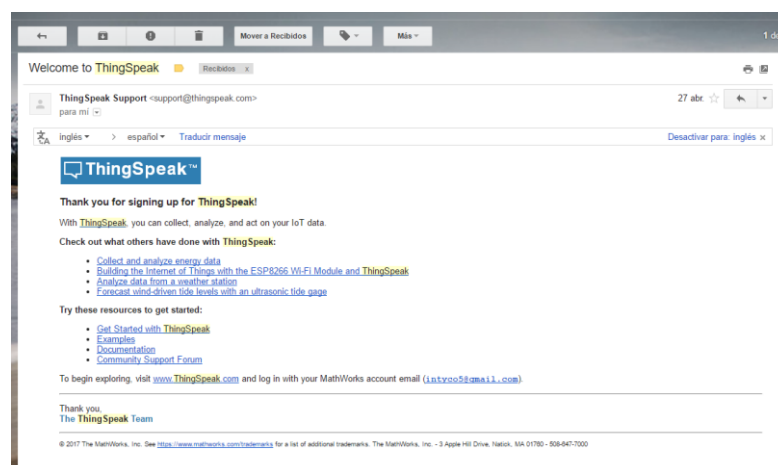


Figura 24. Correo de confirmación tras la creación de una cuenta en ThingSpeak

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Como el sistema enviará un dato a la plataforma cada vez que se active un sensor, este se deberá almacenar y mostrar mediante un gráfico. Para poder almacenar y mostrar datos es necesario crear un canal en ThingSpeak el cual estará vinculado al sistema.

La creación del canal se lo realiza en el apartado de My Channels como se ve en la *Figura 25*, al hacer clic en New Channel se muestran algunos campos los cuales se deben llenar.

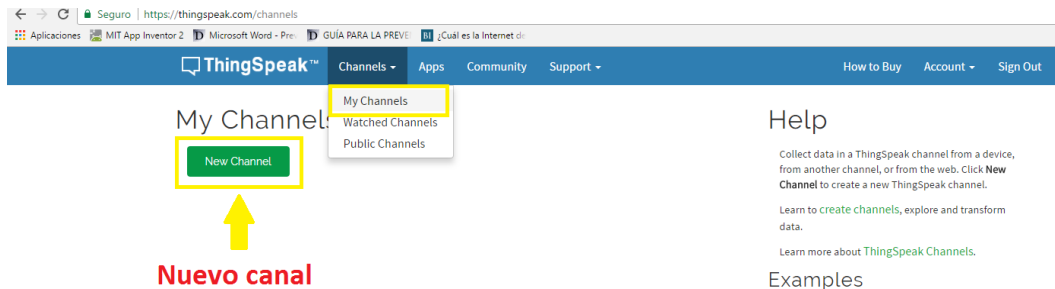


Figura 25. Creación de un canal en ThingSpeak

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Cada canal de ThingSpeak puede abarcar 8 campos diferentes, para este caso solo se hará uso de un campo. Los únicos recuadros que se llenan para configurar el canal son: Name, Description y Field1. Para guardar el canal con la información ingresada se hace clic en el botón verde al final de la página (Save Channel) como se ve en la *Figura 26*.

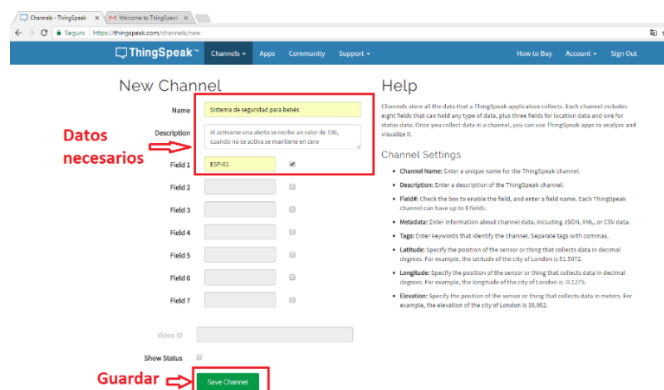


Figura 26. Ingreso de datos del canal

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Una vez creado el canal y su campo estarán listos para recibir datos, cada canal creado tiene una clave denominada API key que lo identifica. Como en este caso tenemos un solo canal tendremos un solo key. En la *Figura 27* se muestra el apartado de API key del canal creado.

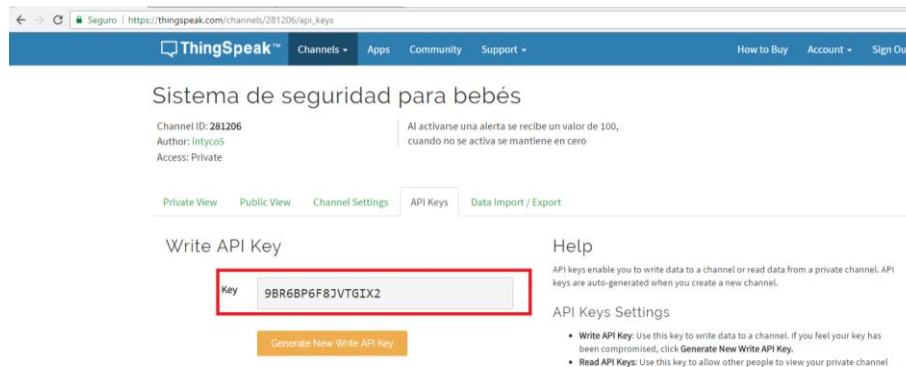


Figura 27. Reconocimiento del API key del canal creado

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Como él envió de datos a través del módulo ESP-01 se lo hace mediante peticiones HTTP, se hace uso de las peticiones API Request (ver *Figura 28*) que integra la plataforma, siendo ésta una manera fácil de enviar datos a ThingSpeak desde el módulo mediante peticiones web por comandos AT.

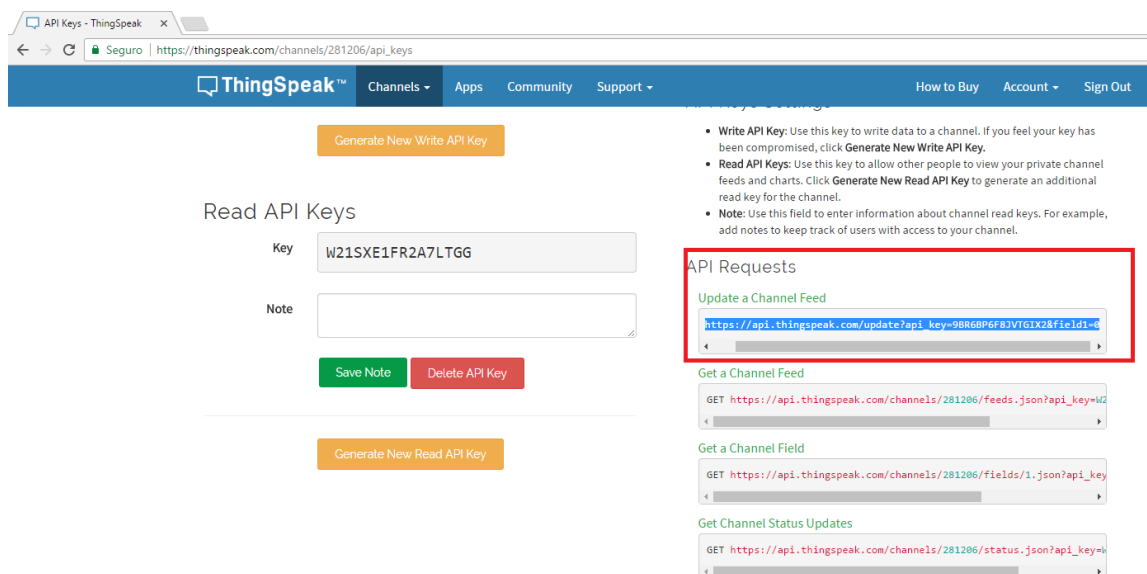


Figura 28. API request de actualización del campo

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Cada vez que se genere una señal de alarma el módulo enviara datos a la plataforma, una vez realizada la programación se enviaran los valores de la siguiente manera: el valor 100 muestra que se ha activado una alarma y un valor de cero muestra el inicio del sistema. En la *Figura 29* se muestran datos de prueba recibidos y mostrados por esta plataforma.



Figura 29. Datos recibidos y mostrados por la plataforma ThingSpeak

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

3.8. BLOQUE DE NOTIFICACION

El bloque de notificación es muy importante para el proyecto, mediante éste podremos advertir a los padres de cuando sus hijos se encuentren en zonas de peligro. La figura 30 muestra el diagrama de bloques del apartado de notificaciones el cual funciona a través de la vinculación de la plataforma IoT y una aplicación móvil.

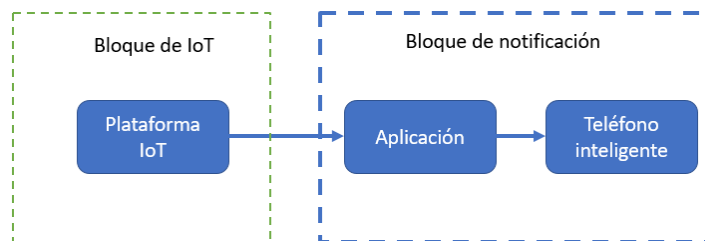


Figura 30. Diagrama de bloques del apartado de notificaciones




Fuente: Elaborado por el Autor (ThingSpeak, 2017)

Para lograr que las notificaciones de advertencia lleguen hacia los teléfonos inteligentes se hará uso de las peticiones API Request mencionadas anteriormente y una aplicación que pueda manejar este tipo de peticiones para generar notificaciones.

3.8.1. Elección de la aplicación para generar notificaciones

Existen distintos tipos de aplicaciones especializadas para trabajar mediante solicitudes web y llaves API, cada una tiene diferentes maneras de funcionar, pero todas tienen un mismo fin que es el usar servicios web para enviar notificaciones al teléfono. En la Tabla 13 se observa una comparativa de las tres alternativas más destacadas que podrían usarse para este proyecto, de acuerdo a esta comparación se elegirá la más adecuada.

Tabla 13. Comparación de aplicaciones móviles para generar notificaciones

| Característica | Pushly  | SimplePush  | IFTTT  |
|--|---|---|--|
| Sistema Operativo | Android | Android | Android, iOS |
| Notificaciones en varios dispositivos | Solo dispositivo instalado | Solo dispositivo instalado | Varios dispositivos con la misma cuenta |
| Costo | No tiene costo | \$ 4,50 tras un periodo de prueba de 7 días | No tiene costo |
| Requiere registro | No | No | Si |
| HTTP Request | Si | Si | Si |

Extras

No

No

Envío de correos,
actualizaciones de
estados en redes
sociales, enviar SMS y
más.

Fuente: Elaborado por el Autor en base a las características de cada aplicación.

La aplicación elegida para el proyecto es IFTTT, debido a su libre distribución para las plataformas móviles líderes como son Android y iOS, además, puede usarse en distintos dispositivos configurando la misma cuenta, lo cual no puede hacerse con las otras dos alternativas mencionadas. Y por último agrega diferentes funcionalidades aparte de generar notificaciones en el teléfono inteligente.

IFTTT

Es una herramienta web y una aplicación a la vez que funciona con la idea de automatizar aplicaciones habilitadas en dispositivos inteligentes. Sus siglas en inglés corresponden a “if this then that” lo cual se traduce en “si esto, entonces eso”.

Actualmente IFTTT es compatible con más de 400 servicios (también llamados "canales"), incluyendo los dispositivos Android y aplicaciones de Apple iOS como recordatorios y fotos, así como sitios web como Facebook, Instagram, Flickr, Tumblr, Google Calendar, Google Drive, Etsy, Feedly, Foursquare, LinkedIn, SoundCloud, WordPress, YouTube y más.

IFTTT funciona de la siguiente manera: los usuarios son guiados a través de un proceso para hacer scripts simples, también conocidos como “Applets” o “Recetas”, donde algún tipo de evento en un dispositivo o servicio activa automáticamente una acción en otro. (Better, 2015)

La *Figura 31* muestra la manera en la que se conforma un Applet en IFTTT, vinculando un evento y una acción para producir automáticamente un resultado.

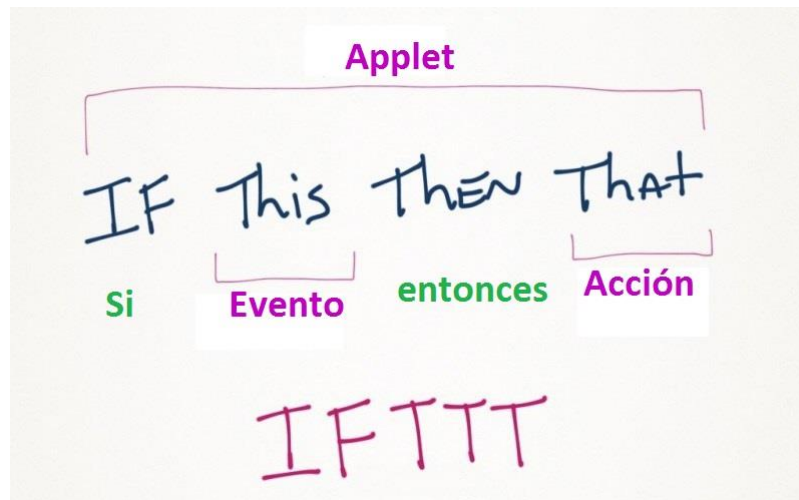


Figura 31. Composición de Applets en IFTTT

Fuente: Editado por el Autor en base a (Better, 2015)

Para el proyecto se usará como evento a suscitarse la llegada de una petición web desde la plataforma ThingSpeak hacia el canal Maker Webhooks que integra IFTTT para habilitar la acción de generar las notificaciones.

3.8.2. Configuración de la aplicación IFTTT

Para acceder a los servicios de IFTTT es necesario registrarse, para esto nos dirigimos a la página principal <https://ifttt.com> y damos clic en Sing Up, esto se lo puede realizar también desde la propia aplicación (ver *Figura 32*).

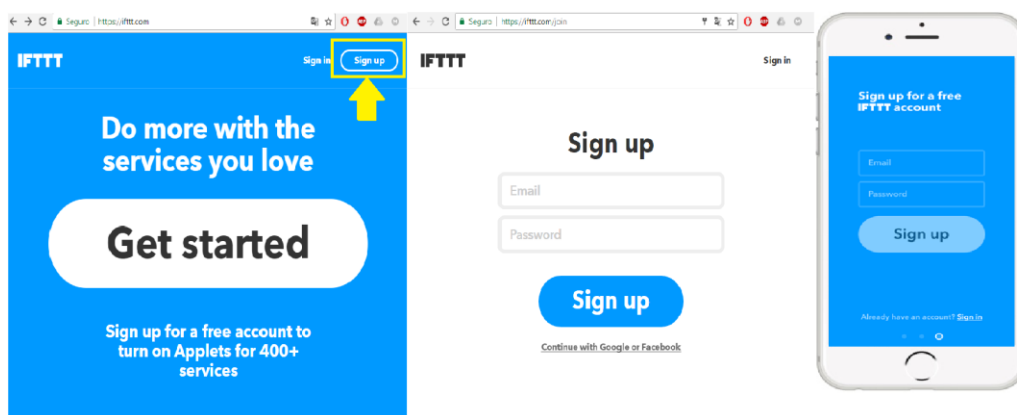


Figura 32. Creación de cuenta en IFTTT en su página oficial y aplicación

Fuente: (IFTTT, 2017)

Una vez creada la cuenta se requiere conectarse al canal Maker Webhooks, este canal nos permite trabajar con dispositivos o aplicaciones que pueden crear o recibir peticiones web como es ThingSpeak. Para conectarse al canal se recomienda hacerlo desde un navegador web mediante el siguiente proceso: desde la página principal de IFTTT dirigirse a Search y escribir Maker Webhooks, la página nos mostrara el servicio y applets creados por otros usuarios con este canal como se muestra en la *Figura 33*.

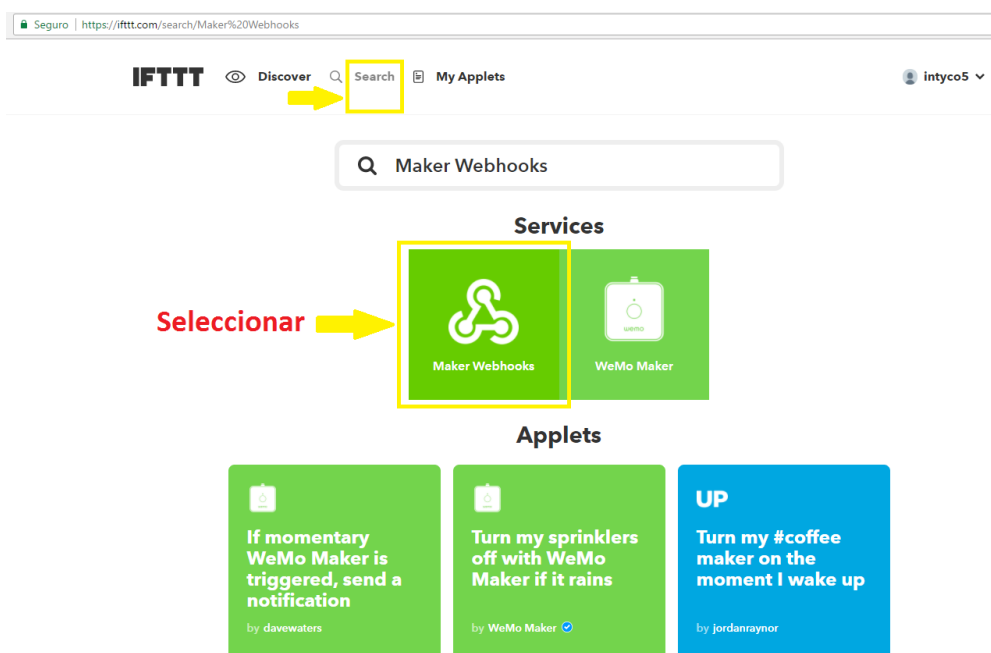


Figura 33. Conexión del canal Maker Webhooks en IFTTT

Fuente: (IFTTT, 2017)

Al acceder al canal simplemente damos clic en Connect y ya será posible acceder a su configuración como se muestra en la Figura 34. En el apartado de Settings se observarán información del canal vinculado incluyendo la URL necesaria para acceder a las claves y generar las solicitudes HTTP.

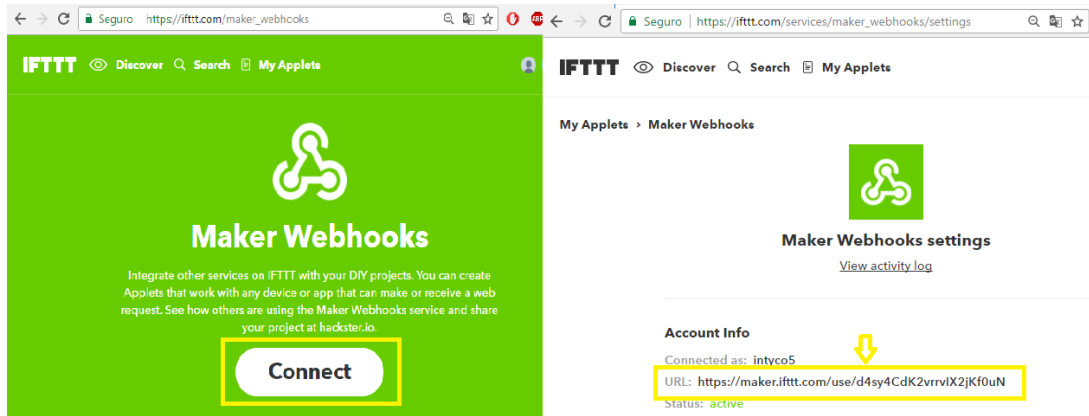


Figura 34. Conexión e información del canal Maker Webhooks

Fuente: (IFTTT, 2017)

Al abrir la URL mencionada del canal Maker se podrá observar la clave del canal vinculado y el formato del enlace que se debe tener para generar las solicitudes Web desde ThingSpeak.

Como se observa en la Figura 35, existe un campo entre llaves denominado {event} donde debe ir el nombre de la acción, en este caso como prueba se escribirá “Conectado” para notificar al usuario que el sistema se ha conectado a Internet, cabe recalcar que éste debe ser colocada de igual manera en la aplicación al crear un applet con este canal.

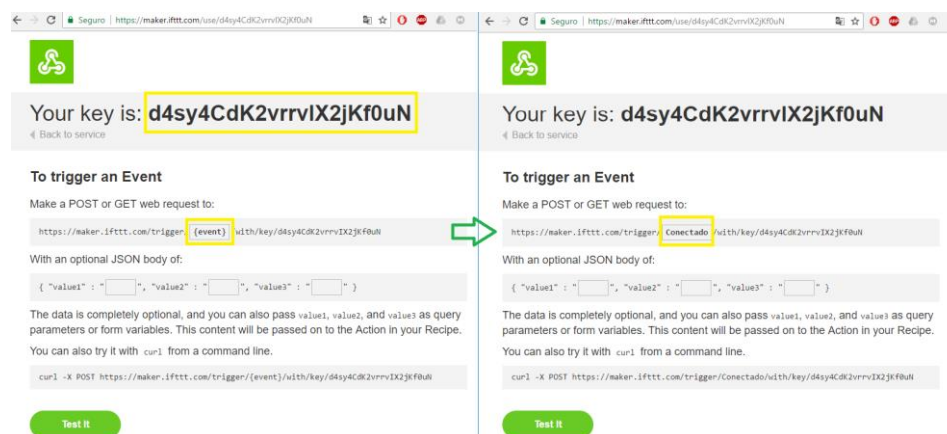


Figura 35. Formato de la solicitud web y clave de Maker Webhooks

Fuente: (IFTTT, 2017)

Una vez ingresada la palabra de la acción en este caso “Conectado”, tendremos listo el enlace de solicitud el cual debe copiarse en ThingSpeak para que la plataforma active el evento

en la aplicación. Para la configuración de la aplicación se realiza lo siguiente: Desde la pantalla principal dirigirse My Applets, en la siguiente pantalla tocar sobre el símbolo “+” para crear un Applet y después buscar el canal de Maker Webhooks como se muestra en la Figura 36.

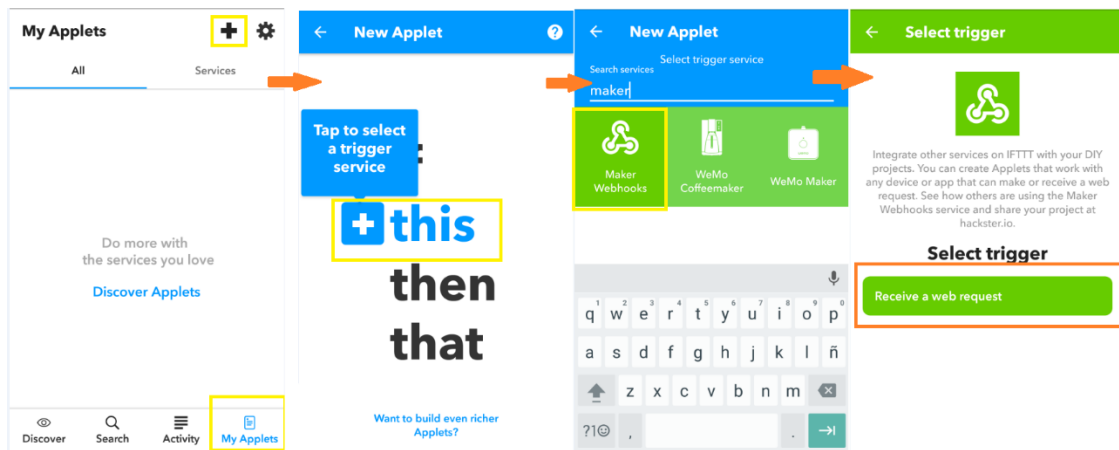


Figura 36. Configuración de Maker Webhooks como evento en la aplicación IFTTT

Fuente: Aplicación IFTTT en Android

Como paso siguiente se coloca el nombre del evento de la misma manera que se colocó en la página de IFTTT en este caso la palabra “Conectado”, después se selecciona la acción a realizar, la opción elegida son las notificaciones del sistema con el fin de generar una notificación que contenga el texto que se desee mostrar cuando éste se active (ver Figura 37).

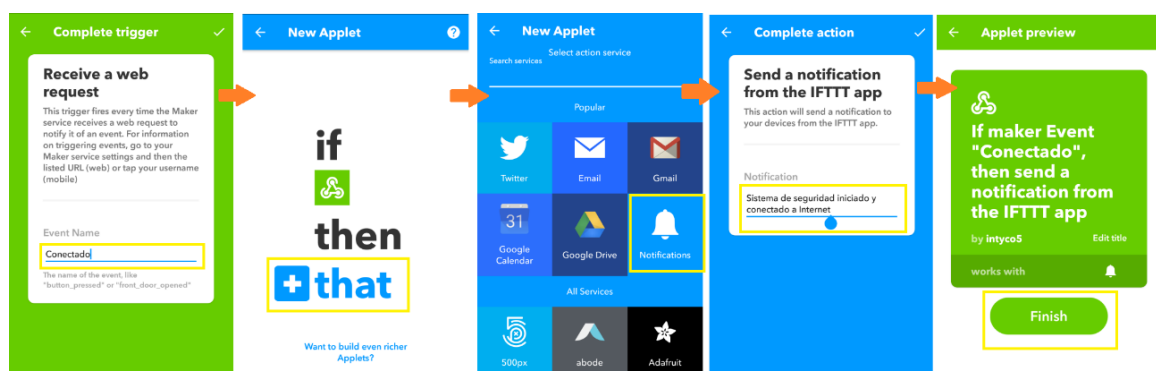


Figura 37. Creación de la acción de generar notificaciones

Fuente: Aplicación de IFTTT en Android

3.8.3. Vinculación de la plataforma ThingSpeak a la aplicación IFTTT

Una vez creado el Applet en la aplicación de IFTTT, se hará uso del formato de la solicitud web de Maker Webhooks mostrada en la *Figura 35*, este debe copiarse y pegarse en la aplicación ThingHTTP de la plataforma IoT. Para esto debe crearse un nuevo ThingHTTP, renombrarlo y pegar el link como se muestra en la *Figura 38*.

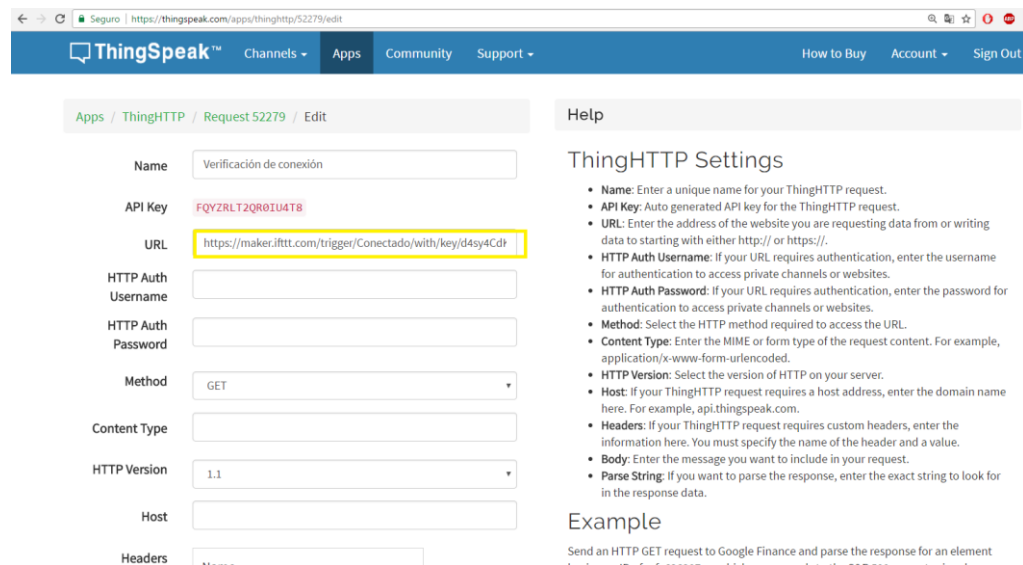


Figura 38. Creación de la solicitud web vinculado a IFTTT

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Al guardar se generará un API Request similar al que se usa para enviar datos desde el módulo ESP-01 a la plataforma, ésta API Request es compatible con el módulo haciendo posible que este sea enviado mediante comandos AT. En la *Figura 39* se muestra donde se encuentra el API Request que será enviado desde la placa Arduino al módulo.

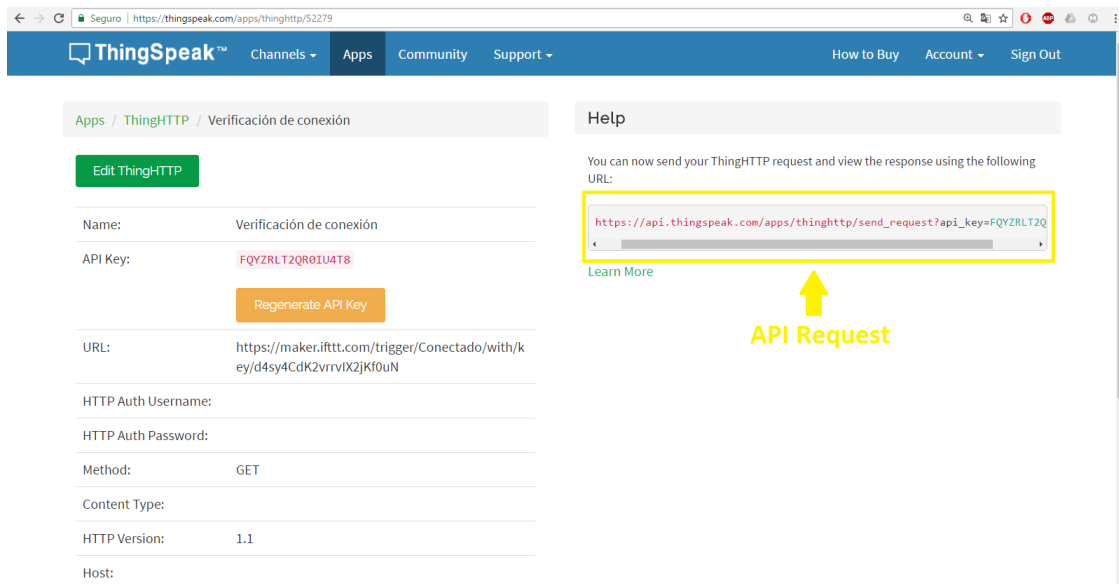


Figura 39. Ubicación del API Request que se envía desde la placa de desarrollo

Fuente: (ThingSpeak, 2017)

Mediante pruebas realizadas con un teléfono con S.O. Android se ha comprobado el funcionamiento de la vinculación realizada, la Figura 40 muestra la notificación que recibirá el usuario en sus dispositivos cuando el sistema inicie y se conecte a la red obteniendo acceso a Internet. Esta prueba ha sido realizada mediante el envío de comandos programados desde la placa de desarrollo al módulo al encender el sistema.

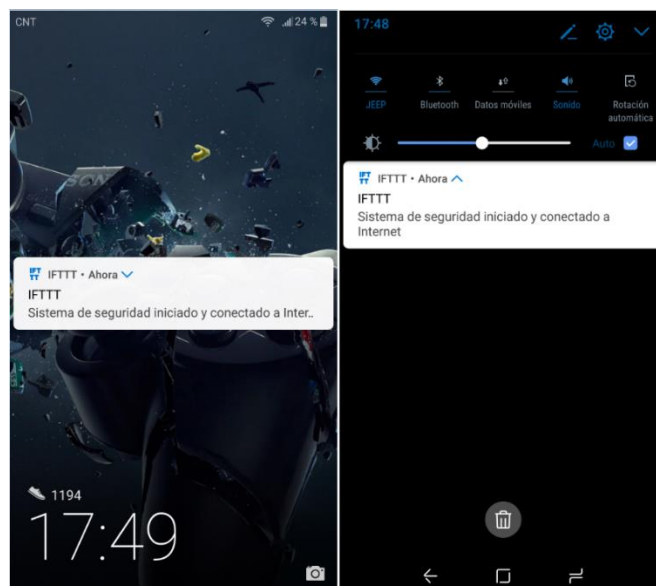


Figura 40. Notificación recibida en un teléfono Android al iniciar el Sistema de seguridad

Fuente: Teléfono con S.O. Android

3.9. BLOQUE DE ALIMENTACIÓN

Este bloque tiene una vital importancia debido a que se encarga de suministrar la energía necesaria a todos los elementos del sistema para que puedan funcionar correctamente. Al tratarse de un sistema autónomo, el presente proyecto debe llevar como fuente de alimentación una batería recargable, este debe tener las dimensiones adecuadas y una capacidad que garantice el funcionamiento del sistema por un determinado tiempo.

En la *Figura 41* se muestra el diagrama de bloques del apartado de alimentación del sistema, la batería alimenta directamente a la placa de desarrollo y al módulo Wi-Fi. Por otro lado, los sensores no necesitan de alimentación ya que son conectados directamente a los pines digitales de la placa como se ha mostrado anteriormente.

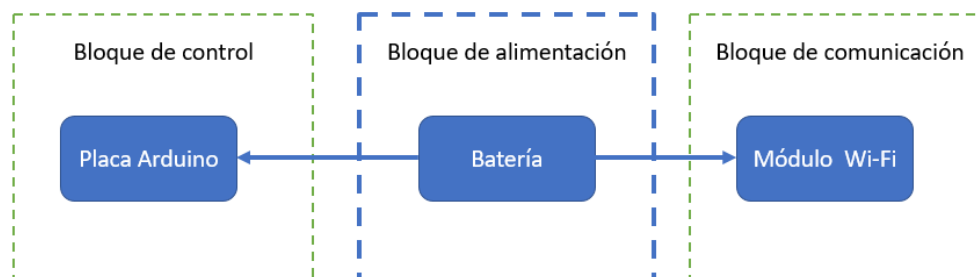


Figura 41. Diagrama de bloques del apartado de alimentación del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

3.9.1. Consumo de energía del sistema

Para determinar el tipo de batería y su capacidad se realiza el análisis de consumo de energía de todo el sistema, considerando los elementos que lo conforman. El análisis se realiza tomando como referencia casos normales de funcionamiento donde los elementos trabajan al máximo y consumen mayor corriente, también se toma en cuenta casos donde los componentes se encuentran en modo de espera (stand-by).

La siguiente Tabla 14 muestra las corrientes de consumo de cada elemento instalado en el sistema, los valores representados son han sido obtenidos mediante el uso de un multímetro, el valor final puede variar entorno a las pruebas prácticas, las sumas de las corrientes se usarán con el propósito de elegir la batería con capacidad adecuada para el sistema.

Tabla 14. *Consumos de corriente total del sistema*

| Dispositivo | Cantidad | Voltaje | Corriente (Stand-by) | Corriente (Máxima) |
|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|
| Arduino LilyPad | 1 | 3,7V | 10 mA | 40 mA |
| Módulo ESP-01 | 1 | 3,7V | 80 mA | 120 mA |
| Sensor Magnetic Reed | 4 | 0V | 0 mA | 0 mA |
| Buzzer | 1 | 3,7V | 0 mA | 15 mA |
| Total | | | 90 mA | 175 mA |

Fuente: Elaborado por el Autor

Tomando en cuenta en cuenta el consumo con todos los elementos funcionando al mismo tiempo se tiene un consumo máximo de 175mA por lo cual para tener un aproximado de 10 horas de autonomía se hará uso de una batería de Litio con una capacidad de 1500mA.

Como el sistema no se encuentra transmitiendo datos a cada instante se calcula el valor promedio de consumo de energía entre el estado Stand-by y Normal mediante la *Ecuación 1*.

Donde:

- T_{cn} = *Tiempo Consumo Máximo*
- T_{cd} = *Tiempo Consumo en Stand-by*
- I_{cn} = *Corriente Consumo Máximo*
- I_{cd} = *Corriente Consumo en Stand-by*

$$\text{Consumo} = \frac{T_{cn} * I_{cn} + T_{cd} * I_{cd}}{T_{cn} + T_{cd}}$$

Ecuación 1. Fórmula del consumo medio de corriente

Fuente: (Carrión, 2016)

Para poder calcular el consumo con la Ecuación 1, es necesario calcular el tiempo de consumo en cada modo de funcionamiento del sistema, esto se lo calcula mediante la Ecuación 2, haciendo uso de los datos de corriente de consumo en cada modo.

$$\text{Tiempo consumo} = \frac{\text{carga eléctrica batería}}{\text{consumo eléctrico}}$$

Ecuación 2. Fórmula del tiempo de consumo

Fuente: (Wikipedia, 2017)

Aplicando los datos anteriores en la Ecuación 2, se tiene:

$$T_{cd} = \frac{1500 \text{ mAh}}{90 \text{ mA}} = 16,66 \text{ h}$$

$$T_{cn} = \frac{1500 \text{ mAh}}{175 \text{ mA}} = 8,57 \text{ h}$$

Mediante los cálculos realizados, los datos a tomar en cuenta son los siguientes:

Tcd= 16,66 h, Tcn= 8,57 h, Icd = 90 mA, Icn=175mA.

Aplicando los valores en la Ecuación 1, se obtiene:

$$\text{Consumo} = \frac{8,57 \text{ h} * 175\text{mA} + 16,66 \text{ h} * 90 \text{ mA}}{8,57 \text{ h} + 16,66 \text{ h}}$$

$$\text{Consumo} = 118,9 \text{ mA}$$

Con el consumo de corriente promedio obtenido, se puede calcular la duración que tendrá la batería mediante la *Ecuación 2*, el dato obtenido muestra la duración de la batería en horas:

$$Tiempo\ de\ duración = \frac{1500\ mAh}{118,9\ mA}$$

$$Tiempo\ de\ duración = 12,61\ h$$

3.9.2. Tiempo de carga de la batería

Como se ha determinado que una batería totalmente cargada puede durar 12,61 horas, es necesario también saber en cuanto tiempo se recargará para tener el sistema funcionando nuevamente. La recarga de la batería se lo puede hacer mediante un cargador normal de pared de los que se usan para cargar celulares.

Dependiendo del amperaje del cargador, el tiempo de carga puede variar, para este caso se hará uso de un cargador de 5V que suministra una corriente de 1A, el tiempo de carga se obtiene usando la *Ecuación 3*, donde T_c es el tiempo máximo de carga en horas.

$$T_c = \frac{mAh(Batería)}{mA(Cargador)}$$

Ecuación 3. Fórmula del tiempo de carga para baterías de Litio

Fuente: (EasyCalculation.com, 2017)

$$T_c = \frac{1500mAh}{1000mA}$$

$$T_c = 1.5\ h$$

El tiempo de carga obtenido es de 1,5 horas, este valor ha sido calculado sin tomar en cuenta las pérdidas de eficiencia del cargador, estas pérdidas dependen del cargador que se use y puede variar el tiempo de carga según su porcentaje, como se puede ver en la Tabla 15.

Tabla 15. Tiempo de carga de acuerdo al porcentaje de pérdida de eficiencia del cargador

| Porcentaje de pérdida de eficiencia | Tiempo de carga |
|-------------------------------------|-----------------|
| 0 % | 1.5 horas |
| 10 % | 1.65 horas |
| 20 % | 1.8 horas |
| 30 % | 1.95 horas |
| 40 % | 2.10 horas |

Fuente: Elaborado por el autor en base a (EasyCalculation.com, 2017)

3.9.3. Circuito de conexión de la batería

El circuito de alimentación consta de una batería conectada a un botón el cual se usa para el encendido y el apagado del sistema, la *Figura 42* muestra el esquema de montaje y el esquema eléctrico de conexión de la batería.

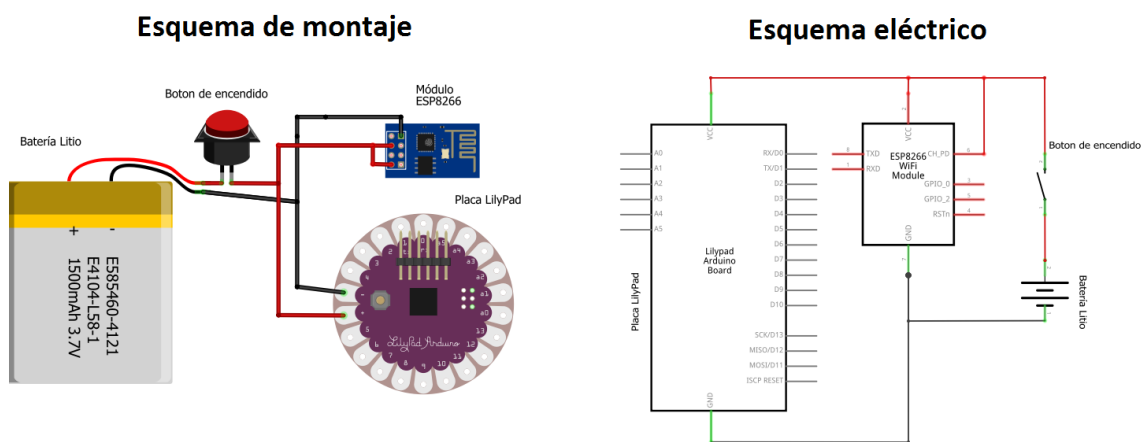


Figura 42. Esquema de montaje y esquema eléctrico de la conexión de la batería

Fuente: Elaborado por el Autor

3.9.4. Circuito de carga de la batería

La recarga de la batería se lo hará mediante un cargador normal de pared de 5V, el sistema tendrá integrado un conector hembra Micro-USB para esta tarea. Se hará uso de un diodo rectificador 1n4007 para dirigir la corriente a la batería, además, se integra un led y una resistencia al circuito de carga como un indicador, el mismo diodo evitará que el led se encienda mediante la batería cuando el sistema no esté cargando. Cabe recalcar que para recargar el sistema se lo debe realizar con el sistema apagado.

La *Figura 43* muestra el esquema eléctrico del circuito de carga del sistema de seguridad.

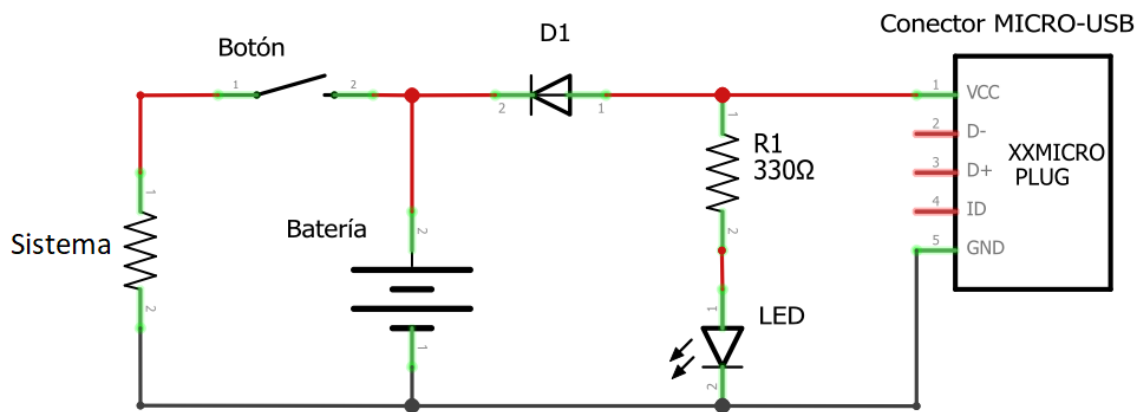


Figura 43. Esquema eléctrico del circuito de carga

Fuente: Elaborado por el Autor

El circuito se encuentra diseñado de manera que no sobrecargue los componentes del sistema en especial el módulo Wi-Fi, si el botón de encendido se encuentra desactivado el voltaje y la corriente del cargador solamente llegará a la batería mas no a los demás componentes.

El sistema emite pitidos mediante un buzzer cuando se inicia el sistema y se activa algún sensor, para saber cuándo cargar la batería se debe poner atención a la intensidad del pitido que emite el buzzer, cuando el pitido sea muy bajo, entonces es señal de que debe recargarse la batería. Si la batería está muy descargada el sistema no funcionara correctamente y la placa de control el módulo Wi-Fi tendrán comportamientos extraños ya que no cuenta con la corriente necesaria para funcionar.

3.10. **DISEÑO DEL SOFTWARE**

La programación de la placa de desarrollo se lo hace mediante el propio IDE de Arduino que utiliza el lenguaje C como lenguaje de programación. El software IDE (Integrated Development Environment) puede ser instalado en diferentes sistemas operativos y permite introducir una serie de códigos a las placas de desarrollo los cuales las ejecutan posteriormente de manera autónoma.

3.10.1. **Diagramas de flujo del sistema**

En este apartado se muestra mediante representaciones gráficas, (ver Figura 44,45 y 46) los diferentes pasos y el proceso que sigue el sistema para realizar distintas actividades, brindando una mejor comprensión acerca del funcionamiento del sistema.

3.10.1.1. Diagrama de flujo de la placa de control

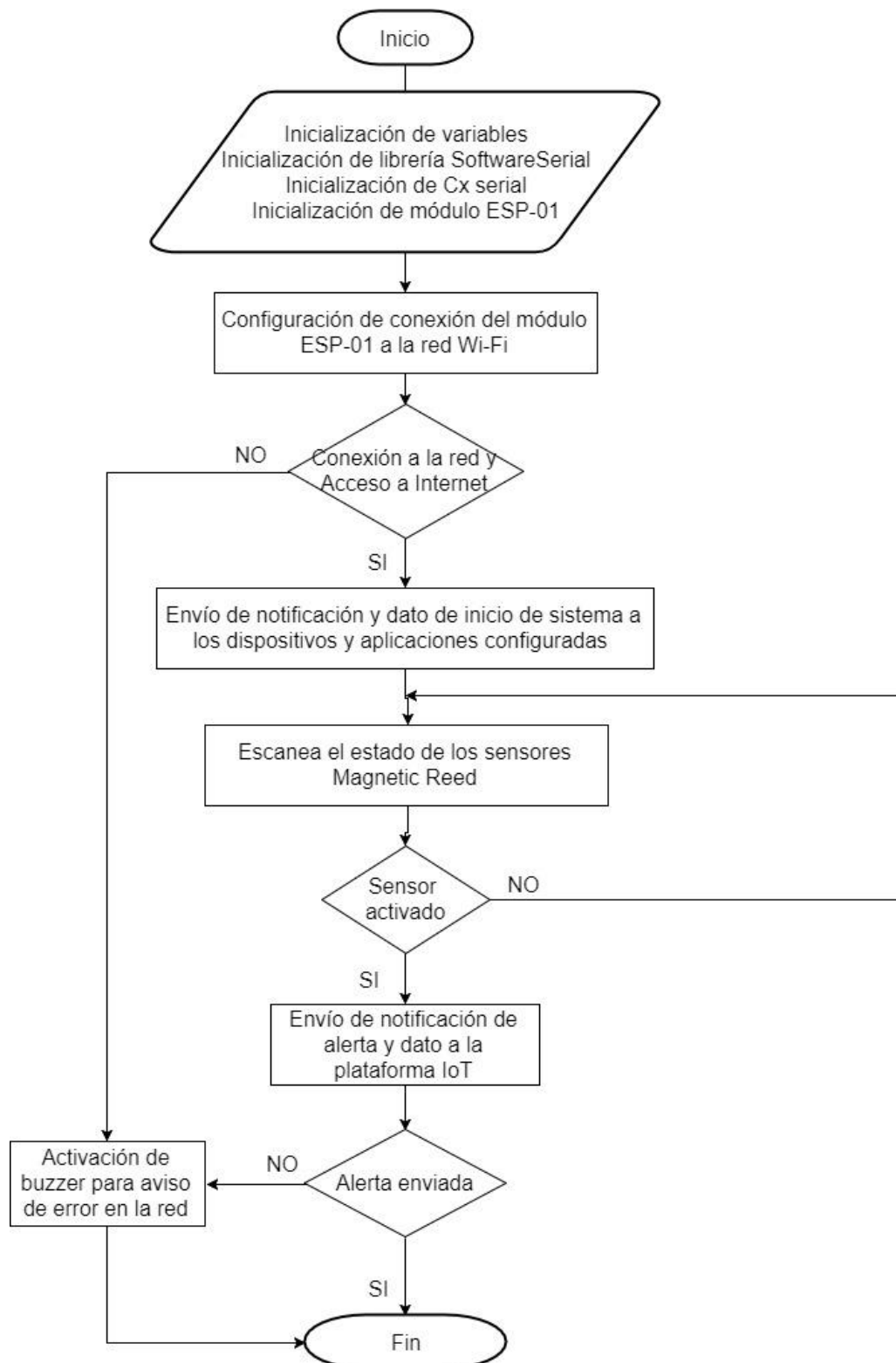


Figura 44. Diagrama de flujo de la placa de control

Fuente: Elaborado por el Autor

3.10.1.2. Diagrama de flujo del módulo de comunicación

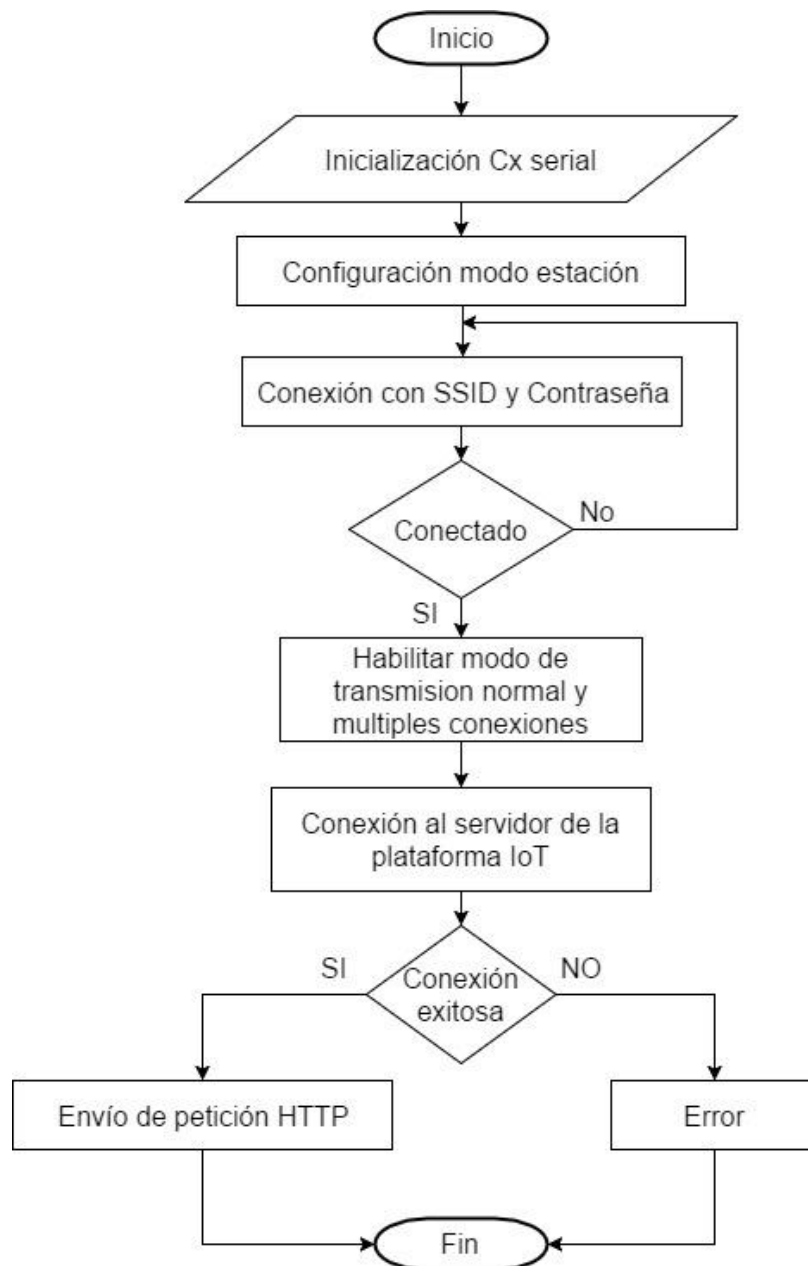


Figura 45. Diagrama de flujo del módulo de comunicación

Fuente: Elaborado por el Autor

3.10.1.3. Diagrama de flujo de la plataforma IoT y recepción de notificaciones

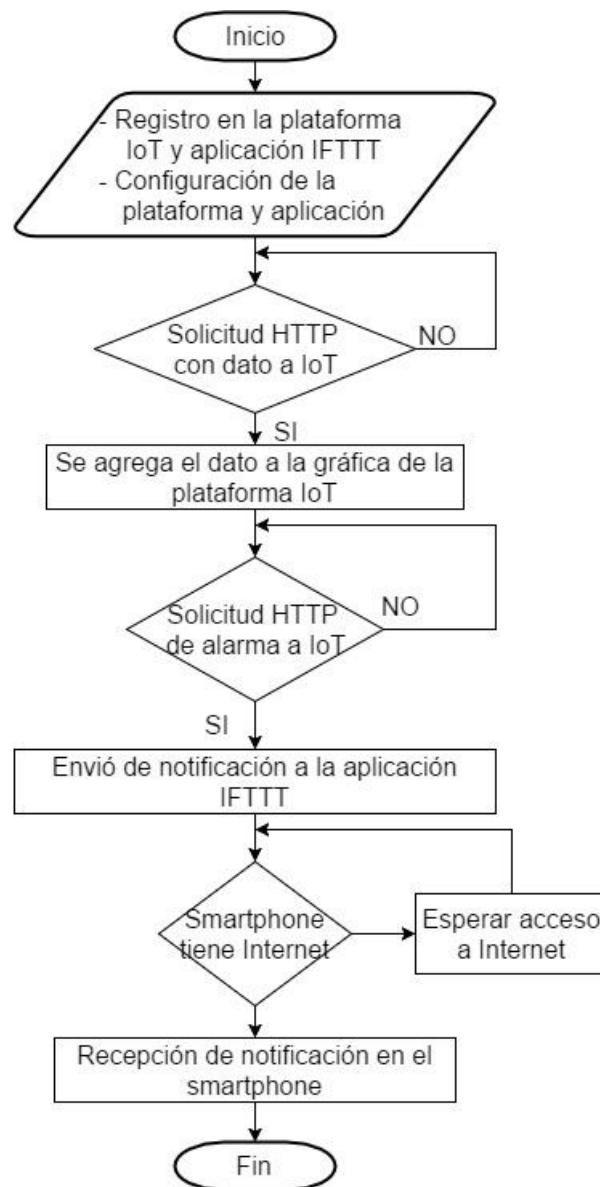


Figura 46. Diagrama de flujo de la plataforma de IoT y recepción de notificaciones

Fuente: Elaborado por el Autor

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo se detalla la implementación del sistema de seguridad para alertar posibles accidentes de bebés que ocurren cuando empiezan movilizarse independientemente, todo el hardware del sistema se integra en una prenda de vestir tipo arnés con extensiones a unas rodilleras de gateo las cuales tienen instaladas los sensores.

Se realiza las respectivas pruebas de funcionamiento para comprobar la efectividad del sistema en tanto a tiempo de respuesta, autonomía de la batería, subida de datos a la plataforma IoT y generación de notificaciones.

4.1. PROTOTIPO DEL SISTEMA

Antes de integrar el sistema en la prenda mencionada, se ha realizado un prototipo con todos los elementos que conforman el sistema para probar el funcionamiento en conjunto de todos los bloques detallados en el capítulo anterior, este prototipo se lo ha realizado en protoboard con el fin de corregir fácilmente los errores que se presenten.

4.1.1. Distribución de pines de la placa de desarrollo

La distribución de pines usada para el desarrollo del proyecto se lo muestra en la Tabla 16, la placa Arduino LilyPad presenta 14 pines digitales de los cuales dos se usarán para la comunicación serial con el módulo ESP-01, una para advertir de errores en el sistema mediante un buzzer y cuatro pines para evaluar la activación de los sensores.

Tabla 16. *Distribución de pines usados en la placa de desarrollo*

| Pin de la placa LilyPad | Terminal conectado |
|-------------------------|---|
| VCC | Botón conectado al positivo de la batería |

| | |
|------|------------------------|
| GNG | Negativo de la batería |
| PD2 | Rx del módulo ESP-01 |
| PD3 | Tx del módulo ESP-01 |
| PD4 | Buzzer |
| PD8 | Sensor 1 |
| PD9 | Sensor 2 |
| PD10 | Sensor 3 |
| PD11 | Sensor 4 |

Fuente: Elaborado por el Autor

4.1.2. Circuito de conexión del sistema completo

La *Figura 47* nos muestra el esquema eléctrico que se debe seguir para interconectar todos los elementos de los bloques de sensado, control, comunicación y alimentación.

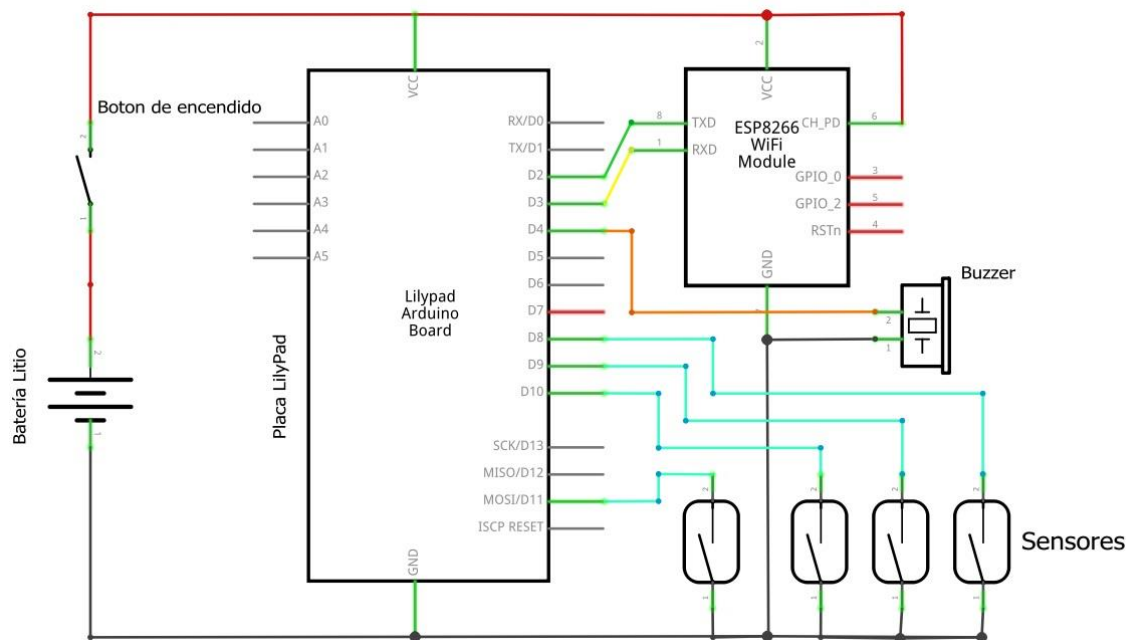


Figura 47. Esquema eléctrico del sistema completo

Fuente: Elaborado por el Autor

Para una mayor comprensión se muestra también en la *Figura 48* el esquema de montaje que tienen los elementos del sistema, ésta muestra ilustrativamente las conexiones de los pines de un elemento con otro respectivamente.

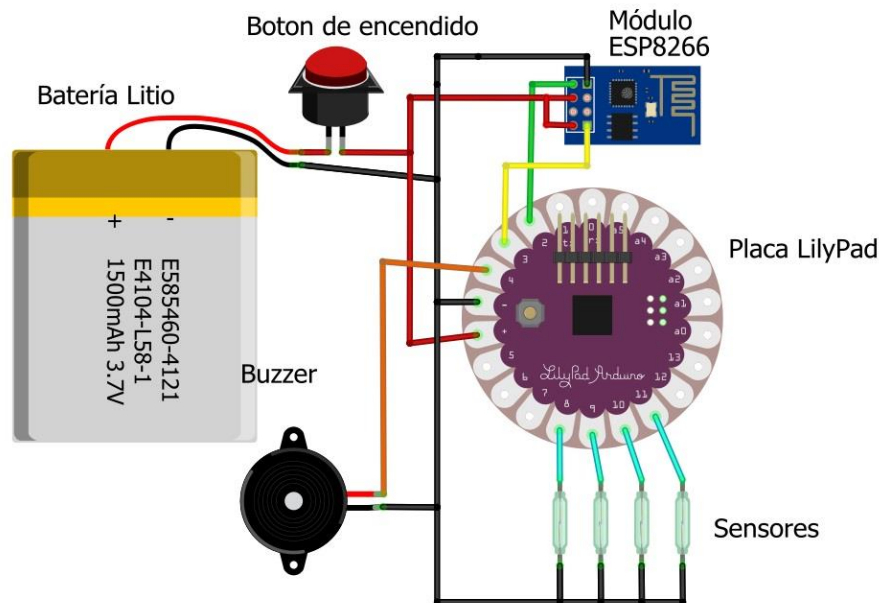


Figura 48. Esquema de montaje del prototipo del sistema completo

Fuente: Elaborado por el Autor

4.1.3. Pruebas de funcionamiento del prototipo

Se han realizado pruebas con el sistema armado en protoboard para comprobar el interfuncionamiento de todos los bloques. Al presionar el botón de encendido se alimenta todo el sistema y se puede verificar el funcionamiento de las siguientes acciones.

- Conexión a la red Wi-Fi
- Notificación de conexión y acceso a Internet
- Notificación de alerta
- Subida de datos a la plataforma IoT
- Aviso de errores mediante un Buzzer

La *Figura 49* muestra el prototipo del sistema armado en protoboard con el cual se realizaron las pruebas iniciales de funcionamiento.

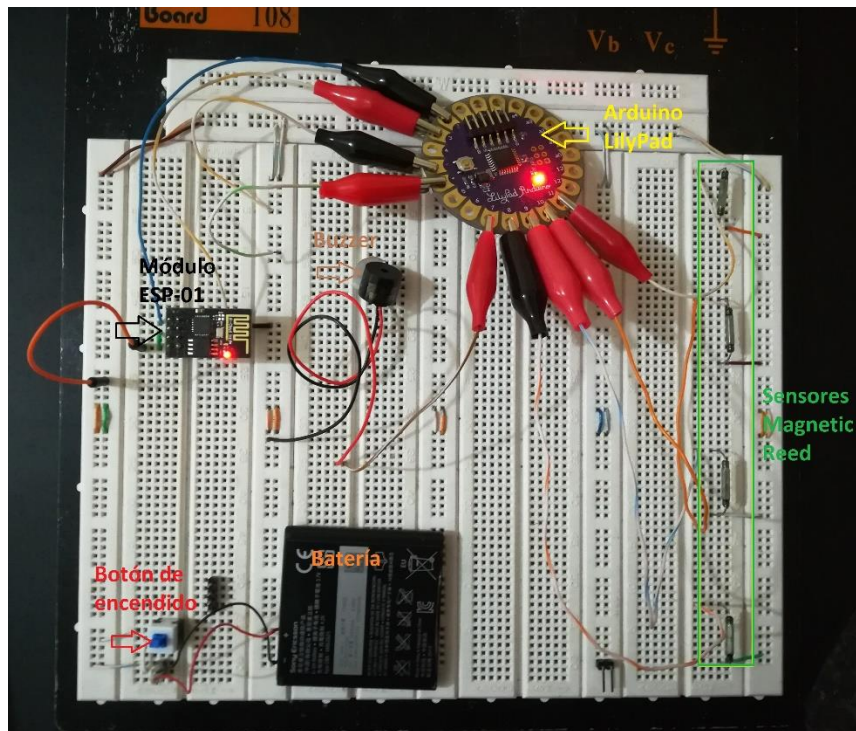


Figura 49. Pruebas de funcionamiento con el prototipo del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PARA BEBÉS

4.2.1. Diseño de la placa para el módulo Wi-Fi y control de alimentación

Como se había mencionado en capítulos anteriores la placa Arduino LilyPad puede coserse en prendas de vestir, para esto necesitamos de hilo conductor el cual actúa como un cable normal para realizar las conexiones de los componentes del sistema. Se ha elaborado una placa en el software Eagle (ver *Figura 50*) el cual contendrá algunos elementos electrónicos como son:

- Módulo Wi-Fi
- Buzzer

- Conector Micro-USB para carga
- 2 jumpers para la conexión de la batería
- Botón de enciendo
- Resistencia y LED indicadores de carga
- Diodo rectificador del circuito de carga

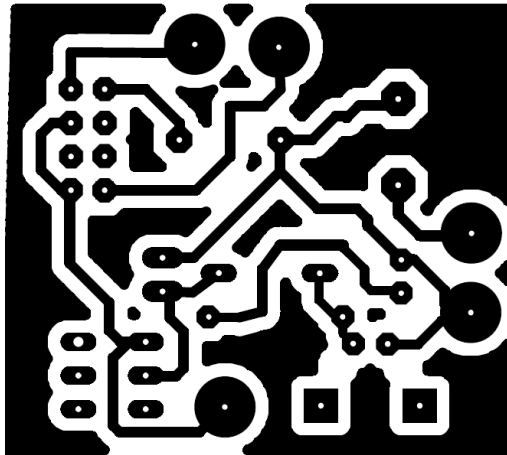


Figura 50. Circuito impreso elaborado para el proyecto

Fuente: Elaborado por el Autor en Eagle

Para un mejor acople al proyecto la placa realizada tendrá pines semejantes a los de la placa LilyPad con la finalidad de que estas también sean cocidas mediante el hilo conductor. Como se puede ver en la *Figura 51*, los pines destinados a ser cosidos son: Rx y Tx del módulo Wi-Fi, la fuente de alimentación (positivo y negativo) y un pin del buzzer.

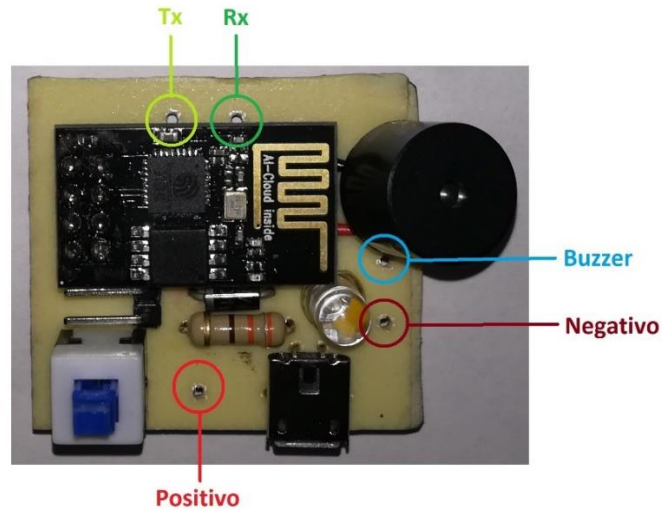


Figura 51. Ubicación de los pines destinados a coserse en la placa realizada

Fuente: Elaborado por el Autor

4.2.2. Integración de las placas en tela

Siguiendo el esquema del prototipo, las conexiones se las harán mediante hilo conductor como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Conexiones de la placa creada con la placa LilyPad

| Pin (Placa creada) | Pin (Placa LilyPad) |
|-----------------------|---------------------|
| Tx (ESP-01) | 2 (Rx) |
| Rx (ESP-01) | 3 (Tx) |
| Buzzer | 4 |
| GND (Negativo) | GND (Negativo) |
| VCC (salida de botón) | VCC (Positivo) |

Fuente: Elaborado por el autor

El uso del hilo conductor brindará flexibilidad al sistema para que el bebé pueda realizar sus actividades sin ninguna molestia, es necesario mencionar que este hilo funciona como un cable pelado por lo cual un cruce entre estos podría ocasionar un corto circuito.

La instalación de las 2 placas se lo hace en tela de nylon similar a los que se usan para la confección de mochilas. La *Figura 52* muestra el diseño de las conexiones que se han realizado para comunicar y alimentar las 2 placas.

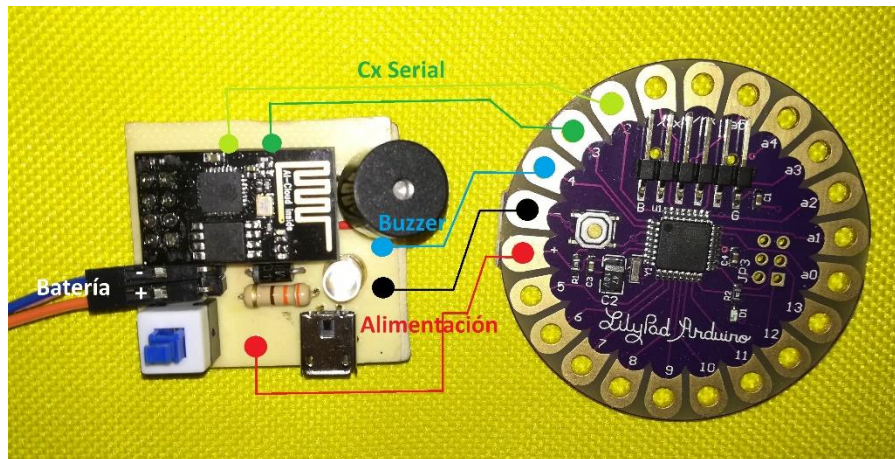


Figura 52. Diseño de conexiones de las dos placas del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

Se colocarán los elementos en un segmento de tela desmontable con el fin que este se pueda retirar y colocar fácilmente del arnés cuando se lo requiera, además, el segmento integra un bolsillo donde ira la batería con la finalidad de que este no se mueva ya que no tiene la posibilidad de ser cocida y por otro lado brindar más facilidad si se requiere retirar con fines de mantenimiento o actualización.

La *Figura 53* muestra el bolsillo creado para la integración de la batería, esta se encuentra ubicada detrás de la placa creada después del segmento de tela desmontable, además se aprecia también la ubicación de la placa LilyPad.

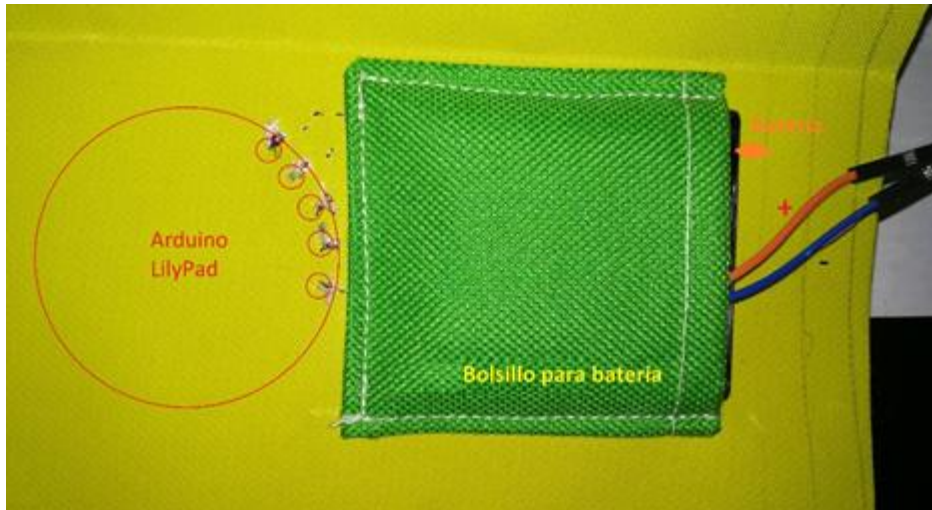


Figura 53. Ubicación del bolsillo de la batería en la parte trasera del segmento desmontable

Fuente: Elaborado por el Autor

Ubicación de los broches para la conexión de los sensores

Con la ayuda de elementos de uso textil se realizarán las conexiones para los sensores del arnés, el segmento desmontable se unirá al arnés por medio de broches los cuales están hechos de un material conductor. La *Figura 54* muestra los broches colocados en la tela y las conexiones realizadas con la placa Arduino LilyPad.

Como se dio a conocer en el prototipo, los pines de la placa que evalúan los sensores son: 8, 9, 10 y 11, la conexión a tierra la comparten todos los sensores por lo cual se extiende una conexión de GND. Como se muestra en la *Figura 54*, se usa cinta velcro en ambos lados del segmento con el fin de cubrir los componentes por un lado y unir el segmento al arnés por el otro.



Figura 54. Broches para la conexión de sensores y GND en el segmento desmontable

Fuente: Elaborado por el Autor

4.2.3. Diseño del arnés para el sistema de seguridad

La elaboración del arnés se lo realiza de manera que el infante no pueda quitárselo y de forma que no lo incomode mientras realiza sus actividades. Para su confección se hará uso de materiales textiles como son: cinta polipropileno, hilo normal de coser, cierres de cinta, reguladores de cinta y otros elementos.

El arnés será diseñado de manera que el segmento que llevan los componentes pueda instalarse en la espalda del infante (ver *Figura 55*), además, llevará unas extensiones hasta la parte trasera de las rodillas donde se conectará a las rodilleras de gateo los cuales llevan instalados los sensores.

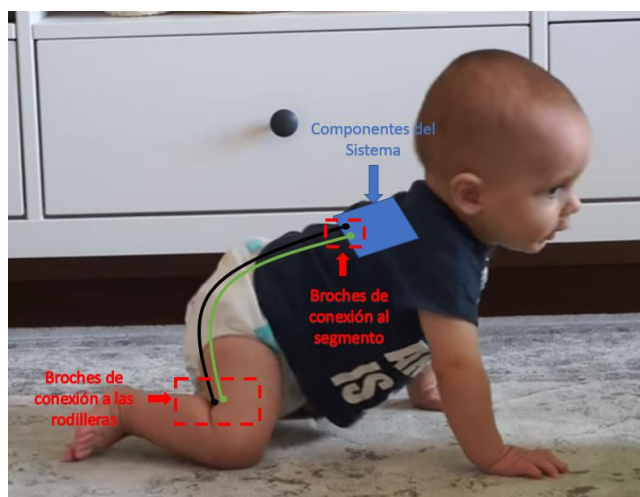


Figura 55. Ubicación de los componentes y broches de conexión para el diseño del arnés

Fuente: Editado por el Autor (Obtenido de YouTube)

Se utilizarán cierres y reguladores de cinta polipropileno (ver *Figura 57*) para que el arnés sea ajustable a cualquier bebé que tenga diferente estatura. Según datos obtenidos de la OMS los niños y niñas que tienen una edad entre 6 y 18 meses tienen una estatura promedio entre 66cm a 81,5 cm. Se realizará el diseño del arnés para que se adapte a estas dimensiones.

La *Figura 56* muestra los datos de peso y estatura de un niño o niña promedio de acuerdo a su edad.

| Niños | | | Niñas | | |
|---------------|------------|-----------|---------------|------------|-----------|
| Edad | Peso Medio | Talla | Edad | Peso Medio | Talla |
| Recién nacido | 3,4 kg | 50,3 cm | Recién nacido | 3,4 kg | 50,3 cm |
| 3 meses | 6,2 kg | 60 cm | 3 meses | 5,6 kg | 59 cm |
| 6 meses | 8 kg | 67 cm | 6 meses | 7,3 kg | 65 cm |
| 9 meses | 9,2 kg | 72 cm | 9 meses | 8,6 kg | 70 cm |
| 12 meses | 10,2 kg | 76 cm | 12 meses | 9,5 kg | 74 cm |
| 15 meses | 11,1 kg | 79 cm | 15 meses | 11 kg | 77 cm |
| 18 meses | 11,8 kg | 82,5 cm | 18 meses | 11,5 kg | 80,5 cm |
| 2 años | 12,9 kg | 88 cm | 2 años | 12,4 kg | 86 cm |
| 3 años | 15,1 kg | 96,5 cm | 3 años | 14,4 kg | 95 cm |
| 4 años | 16,07 kg | 100,13 cm | 4 años | 15,5 kg | 99,14 cm |
| 5 años | 18,03 kg | 106,40 cm | 5 años | 17,4 kg | 105,95 cm |
| 6 años | 19,91 kg | 112,77 cm | 6 años | 19,6 kg | 112,22 cm |
| 7 años | 22 kg | 118,50 cm | 7 años | 21,2 kg | 117,27 cm |
| 8 años | 23,56 kg | 122,86 cm | 8 años | 23,5 kg | 122,62 cm |

Figura 56. Estatura y peso promedio de los infantes de acuerdo a su edad

Fuente: (OMS, 2012)

Para conectar el segmento removible mencionado anteriormente, el arnés tendrá instalados broches tipo hembra los cuales se acoplarán a los broches tipo macho del segmento. La *Figura 57* muestra el arnés elaborado y la ubicación de los broches para la conexión del segmento desmontable.



Figura 57. Diseño del arnés y ubicación de los broches de conexión

Fuente: Elaborado por el autor

Para realizar la conexión con los sensores hasta las rodilleras, se extienden los puntos de los broches ubicados en el arnés por medio de cinta polipropileno e hilo conductor hasta la parte posterior de las rodilleras, además se realiza una especie de cinturón ajustable mediante cinta velcro para evitar el movimiento inadecuado de las extensiones.

La *Figura 58* muestra los circuitos realizados con hilo conductor sobre las extensiones de cinta, como se observa estos van desde los broches del arnés y pasan por medio de las

extensiones hasta otros broches (ver *Figura 59*) los cuales se conectarán con las rodilleras de gateo.



Figura 58. Extensión de las conexiones sobre cinta mediante hilo conductor

Fuente: Elaborado por el Autor

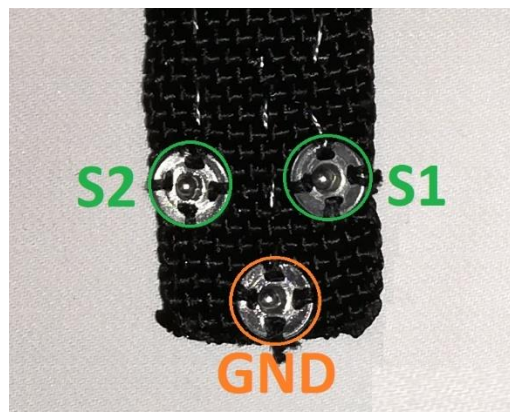


Figura 59. Broches ubicados al final de las extensiones del arnés

Fuente: Elaborado por el Autor

4.2.4. Instalación de los sensores

Los sensores se colocarán en las zonas laterales de las piernas debajo de las rodillas (ver *Figura 60*), se ubicarán en este lugar debido a que estas áreas se encuentran a una distancia cercana a la superficie del suelo mientras gatea, además, esta área permanece recta mientras el bebé se desplaza evitando daños a los sensores.



Figura 60. Ubicación de los sensores del sistema de seguridad

Fuente: Editado por el Autor (Obtenido de YouTube)

La correcta ubicación de los sensores hará que la detección de las cintas magnéticas se ejecute de la mejor manera, los sensores irán dentro de unas rodilleras de gateo los cuales impedirán que se desprendan o sufran algún daño. El material del cual están realizadas las rodilleras tiene características elásticas, esto permite que se adapten a la forma de las piernas y no se genere mucha presión sobre ellas.

La conexión de los sensores se los realiza mediante hilo conductor y broches, la *Figura 61* muestra los broches instalados en la rodillera, se muestra el resultado del interior y el exterior después de su colocación.



Figura 61. Ubicación de los broches para los sensores en la rodillera

Fuente: Elaborado por Autor

Para realizar la conexión de las rodilleras al arnés, se han instalado broches adicionales los cuales se conectarán a las extensiones del arnés. La *Figura 62* muestra los broches instalados para conectar los dos sensores (S1 y S2) y la puesta a tierra (GND) en cada rodillera, se puede apreciar también las líneas del hilo conductor que se han seguido para realizar las conexiones.



Figura 62. Broches de conexión para el arnés

Fuente: Elaborado por el Autor

Como paso final se realiza la conexión del sensor y se verifica que las conexiones se han realizado correctamente como se muestra en la *Figura 63*.



Figura 63. Sensores instalados en la rodillera de gateo

Fuente: Elaborado por el Autor

Para la protección de los sensores y evitar molestias en el bebé los sensores serán tapados mediante tela acolchonada. Cada rodillera tiene instalada dos sensores en su interior y su distribución de broches para acoplarse al arnés es el mismo por lo cual se puede conectar independientemente de la pierna que se vaya a usar.

4.2.5. Conexión completa del prototipo del sistema de seguridad

Una vez cosidos los broches a cada parte finalmente se unen y se verifican que las conexiones realizadas no tengan ningún problema. En el segmento de tela desmontable se han cosido broches tipo macho y en el arnés broches tipo hembra para que estos se acoplen perfectamente. La *Figura 64* muestra cómo se encuentran distribuidos los broches en el segmento de tela y el arnés.

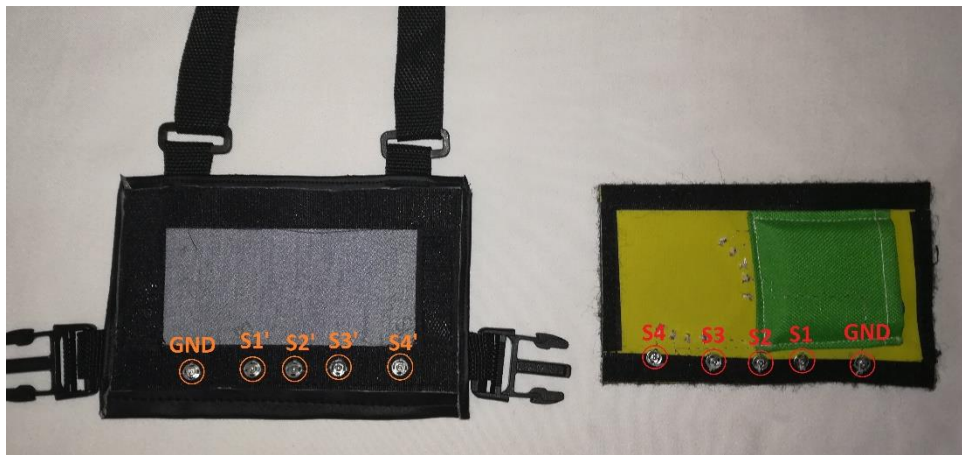


Figura 64. Ubicación de los broches en el segmento y el arnés

Fuente: Elaborado por el Autor

La conexión de los broches se la realiza como se muestra en la Tabla 18. Hay que asegurarse que los broches se unan correctamente para que el sistema funcione adecuadamente.

Tabla 18. Conexión de broches del arnés y del segmento

| Pin (LilyPad) | Broche (arnés) | Broche (segmento) |
|---------------|----------------|-------------------|
| GND | GND | GND |
| 8 | S1 | S1' |
| 9 | S2 | S2' |
| 10 | S3 | S3' |
| 11 | S4 | S4' |

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez conectados el segmento y el arnés, se realiza la conexión de las extensiones del arnés a las rodilleras de gateo, al igual que los anteriores estos tienen broches los cuales deben acoplarse perfectamente. La Figura 65 muestra la distribución de broches en las extensiones y las rodilleras.

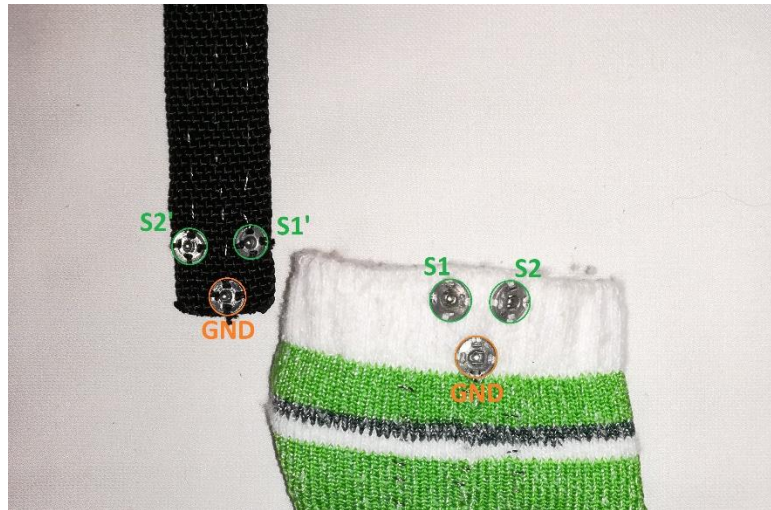


Figura 65. Distribución de broches en las extensiones y rodilleras

Fuente: Elaborado por el Autor

La conexión se lo realiza como muestra la Tabla 19.

Tabla 19. Conexión de broches del arnés a las rodilleras

| Rodillera 1 | | |
|----------------------|----------------|--------------------|
| Pin (LilyPad) | Broche (arnés) | Broche (rodillera) |
| GND | GND | GND |
| 8 | S1' | S1 |
| 9 | S2' | S2 |
| Rodillera 2 | | |
| GND | GND | GND |
| 10 | S1' | S1 |
| 11 | S2' | S2 |

Fuente: Elaborado por el Autor

Como se ha realizado la misma distribución de broches en las dos rodilleras y extensiones se realiza la misma conexión para ambas rodilleras, esto quiere decir que la conexión de las rodilleras al arnés se lo realiza independientemente de la pierna en la que se vaya a usar.

Una vez realizadas todas las conexiones, se obtiene el primer prototipo implementado donde se observa todos los componentes integrados en el arnés, los sensores se encuentran dentro de las rodilleras y estas a su vez están conectadas a las extensiones del arnés mediante hilo conductor. La *Figura 66* muestra todo el sistema conectado a sus diferentes partes, también se muestra un cinturón realizado con cinta velcro para evitar el que las extensiones se muevan inadecuadamente.

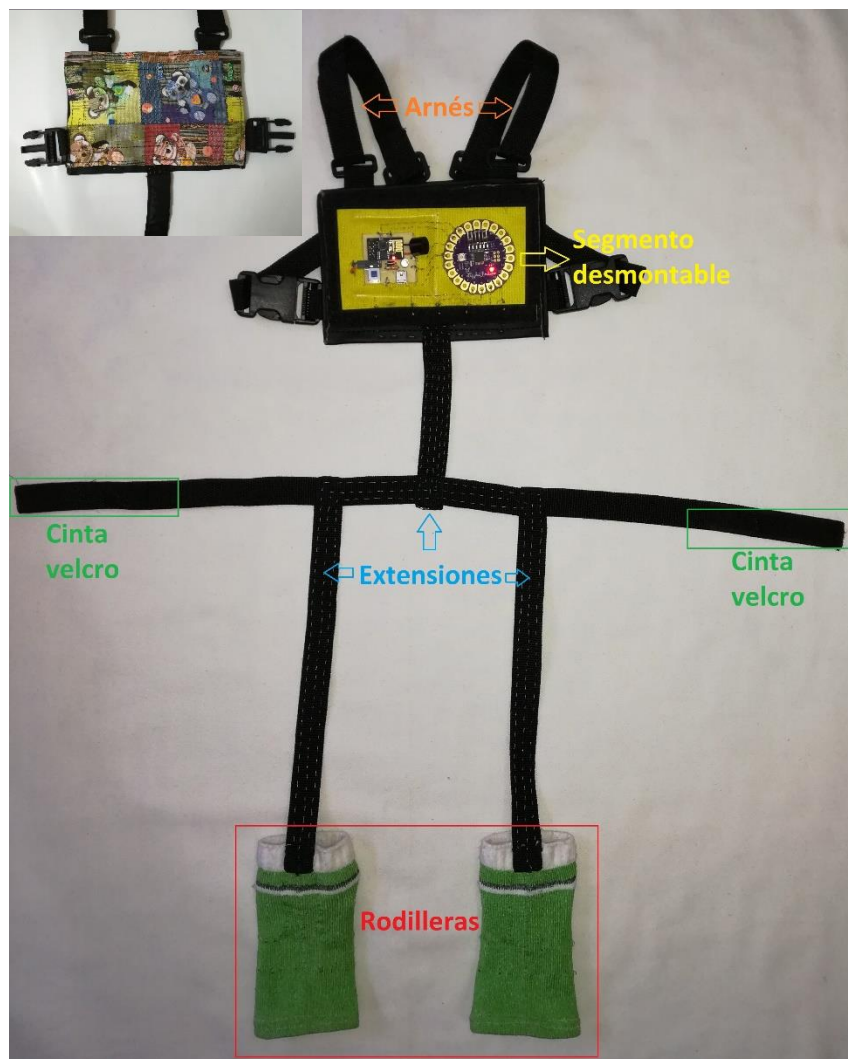


Figura 66. Sistema de seguridad completamente armado

Fuente: Elaborado por el Autor

4.2.6. Instalación de la cinta magnética

Las cintas magnéticas serán el activador de las notificaciones de alarma, cuando el bebé pase sobre ellas los sensores del sistema las detectarán y se enviara la señal de alerta. Las cintas serán colocadas en los sitios peligrosos a una cierta distancia con el fin de dar tiempo para que los padres o cuidadores puedan reaccionar y acudir al sitio.

La distancia a la que se colocaran las cintas de los sitios se determina por la velocidad de gateo de un bebe promedio y el tiempo en que se demora el sistema en generar la notificación.

4.2.6.1. Velocidad de gateo de un bebé

Según estudios realizados en México por la revista Mediagraphic, con una muestra de 8 bebés que tienen una edad entre 8 y 13 meses, se han obtenido los datos que se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Promedio de la velocidad de gateo de los bebés

| Niños | Promedio |
|-------|----------|
| 1 | 0.09 m/s |
| 2 | 0.26 m/s |
| 3 | 0.27 m/s |
| 4 | 0.28 m/s |
| 5 | 0.22 m/s |
| 6 | 0.09 m/s |
| 7 | 0.31 m/s |
| 8 | 0.15 m/s |

Fuente: (Hernández García, Sánchez Zúñiga, Villanueva Ayala, & Pérez Moreno, 2016)

Los niños elegidos fueron 4 del género masculino y 4 del género femeninos todos con la capacidad de gatear, los datos mostrados son los promedios porcentuales de cada bebé, con estos datos podremos calcular la velocidad de gateo de un bebé promedio mediante la *Ecuación*

4. Donde: \bar{X} es la velocidad promedio en m/s, n el número bebés y x_n la velocidad de cada bebé.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Ecuación 4. Fórmula del promedio aritmético

Remplazando los datos de la tabla en la ecuación se tiene:

$$\bar{X} = \frac{0,09 + 0,26 + 0,27 + 0,28 + 0,22 + 0,09 + 0,31 + 0,15}{8} \text{ m/s}$$

$$\bar{X} = 0,21 \text{ m/s}$$

La velocidad promedio de gateo de un bebé es de 0,21 metros sobre segundo, con este dato sabemos que un bebe puede recorrer 1 metro en 5 segundos aproximadamente.

4.2.6.2. Tiempo de reacción del sistema

Mediante pruebas realizadas con el sistema, se han obtenido datos de tiempos al accionar intencionalmente los sensores, el sistema se demora 3 segundos para realizar la conexión con la plataforma IoT y realizar el envío de la petición de una alerta, este tiempo está incluido en los valores totales obtenidos que se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. *Tiempos obtenidos al activar el sensor hasta recibir la notificación*

| Numero de prueba | Tiempo (Segundos) |
|------------------|-------------------|
| 1 | 08,32 |
| 2 | 07,00 |
| 3 | 06,87 |
| 4 | 07,43 |
| 5 | 08,29 |
| 6 | 07,70 |

| | |
|---|-------|
| 7 | 06,80 |
| 8 | 06,54 |

Fuente: Elaborado por el Autor

Aplicando la Ecuación 4 para obtener el promedio aritmético obtenemos el tiempo que se demora el sistema en enviar la señal de alerta hasta que llega la notificación a los dispositivos.

$$\bar{T} = \frac{8,32 + 7,0 + 6,87 + 7,43 + 8,29 + 7,70 + 6,80 + 6,54}{8} \text{ s}$$

$$\bar{T} \approx 7,36 \text{ s}$$

El dato obtenido muestra que el sistema se demora 7,36 segundos aproximadamente, las pruebas se han realizado con el sistema ubicado a diferentes distancias con referencia al router al que se encuentra conectado.

4.2.6.3. Distancia de instalación

La instalación de la cinta se lo realiza de acuerdo a los datos obtenidos, como la velocidad de gateo de un bebé promedio es 0,21 m/s y el tiempo promedio que se demoran en llegar las notificaciones es 7,36 s, bastaría usar la ecuación de velocidad para saber a qué distancia colocar la cinta.

$$v = \frac{d}{t}$$

Ecuación 5. Fórmula de la velocidad

Despejando la distancia y reemplazando los campos con los valores antes mencionados se tiene.

$$d = v * t$$

$$d = 0,21 \frac{m}{s} * 7,36 s$$

$$d = 1,54 m$$

La distancia a la que se deben colocar las cintas de los sitios peligrosos es 1,54 metros aproximadamente, este valor se ha calculado con el fin de que las notificaciones lleguen a los dispositivos antes de que el bebé pueda sufrir algún tipo de accidente.

La *Figura 67* muestra la instalación de la cinta magnética realizada a la distancia calculada, como se puede observar se ha tomado como referencia las escaleras para realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.



Figura 67. Cinta magnética instalada a 1,54m de las escaleras

Fuente: Elaborado por el Autor

4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez realizado el proceso de implementación se proceden a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de seguridad para bebés. El prototipo desarrollado debe colocarse adecuadamente a un bebe siguiendo los pasos del manual que se encuentra en el Anexo 5.

La *Figura 68* muestra el prototipo del sistema colocado a una niña de 1 año y 3 meses de edad, como se observa el implemento adicional no causa ninguna reacción negativa en las actividades motrices que realiza el bebé.



Figura 68. Prototipo del sistema de seguridad colocado a un bebé

Fuente: Elaborado por el Autor

4.3.1. Pruebas de inicio del sistema

Al encender el prototipo del sistema se ejecuta el proceso de conexión a la red y el envío de una notificación como verificación del acceso a Internet. Si ocurre algún tipo de error con la conexión o no se tiene acceso a internet el sistema emite un pitido constante mediante el buzzer como muestra del error, si la velocidad de la red es demasiada lenta el sistema tampoco se iniciará.

Se han realizado las pruebas de inicio del sistema con una red de 2Mbps de velocidad en su servicio y se han obtenido mediante un cronómetro los tiempos mostrados en la Tabla 22.

Tabla 22. *Tiempos obtenidos con las pruebas de inicio del sistema*

| Número de prueba | Tiempo (segundos) |
|------------------|-------------------|
| 1 | 18,70 |
| 2 | 18,44 |
| 3 | 18,62 |

| | |
|-----------------|-------------|
| 4 | 19,06 |
| 5 | 18,67 |
| Promedio | 18,7 |

Fuente: Elaborado por el Autor

De acuerdo a las pruebas realizadas el sistema tarda aproximadamente 19 segundos desde presionar el botón de encendido hasta la llegada de la notificación de inicio al smartphone del usuario.

La *Figura 69* muestra las notificaciones de inicio recibidas en una Tablet y en un smartphone vinculados durante las pruebas realizadas con el botón de encendido, se ha verificado el correcto envío de las notificaciones con el texto “Sistema de seguridad iniciado y conectado a Internet”.

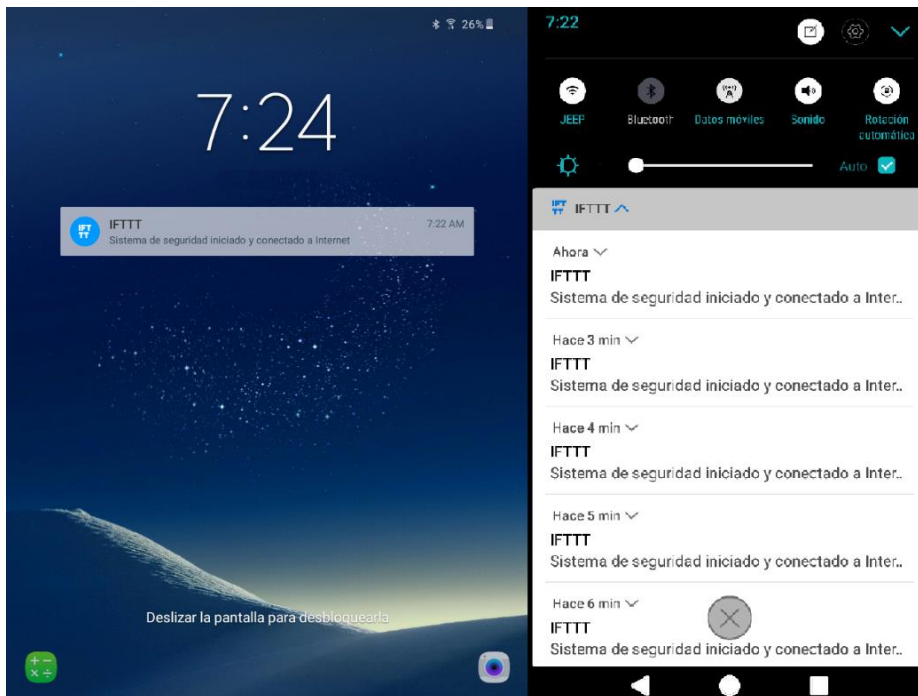


Figura 69. Notificaciones recibidas durante las pruebas de inicio del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

4.3.2. Pruebas del envío de notificaciones de alarma

Se han realizado las respectivas pruebas de la activación de los sensores mediante las cintas magnéticas, mientras el bebé gatea con el prototipo del sistema colocado y pasa sobre las cintas magnéticas estas generan una señal a la placa para que se envíe la notificación.

La *Figura 70* muestra un bebé que tiene colocado el prototipo cruzando por la cinta magnética y el encendido del LED de la placa LilyPad como muestra del proceso de envío de la notificación.



Figura 70. Prueba de envío de alarmas generadas por la cinta magnética

Fuente: Elaborado por el Autor

Mediante un cronómetro se han tomado los tiempos en que se demora en llegar una notificación desde que el bebé cruza sobre la cinta magnética. Esos datos se los pueden observar en la Tabla 23.

Tabla 23. *Tiempos obtenidos con las pruebas de envío de notificaciones de alerta*

| Numeró de prueba | Tiempo (segundos) |
|------------------|-------------------|
| 1 | 8,27 |
| 2 | 7,81 |

| | |
|-----------------|-------------|
| 3 | 7,02 |
| 4 | 8,20 |
| 5 | 6,98 |
| 6 | 7,80 |
| 7 | 6,89 |
| 8 | 7,01 |
| Promedio | 7,49 |

Fuente: Elaborado por el Autor

Los tiempos mostrados se han tomado con las cintas instaladas a diferentes distancias, en este caso se colocaron 3 cintas: uno a 4 metros del router (escalera), otro a 2 metros (baño) y el último a 3 metros (cocina).

Además, se han realizado pruebas a distancias mayores para comprobar el rango distancia en el que pueden enviarse las notificaciones, se han probado exitosamente envíos de notificaciones a 13 metros y se han obtenido de igual manera tiempos entre 6,8 a 7,8 segundos.

La *Figura 71* muestra la notificación que se recibe cuando se ha activado un sensor, este tiene como texto “Alerta! Tu bebé está en peligro”.

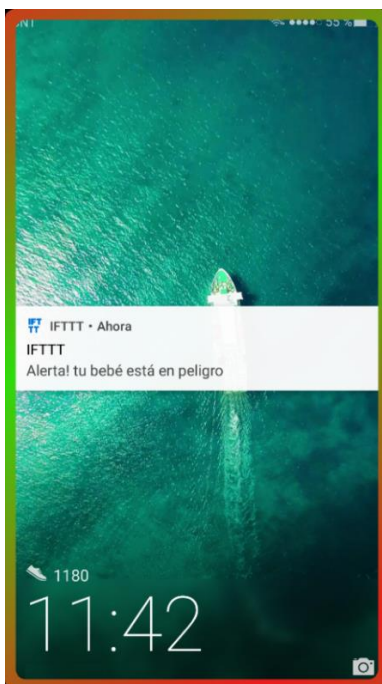


Figura 71. Notificación de alerta recibida en un dispositivo Android

Fuente: Elaborado por el Autor

4.3.3. Duración de la batería del sistema

Se han realizado pruebas encendiendo el sistema en diferentes horas y por un lapso de tiempo diferente, mientras estaba encendido se activaron alarmas en varias ocasiones para simular estados de transmisión de alertas por Internet. La Tabla 24 muestra los horarios en que se realizaron las pruebas y el número de horas que permaneció activo en cada periodo.

Tabla 24. Pruebas realizadas para verificar la duración de la batería

| Periodo | Voltaje (V) | Hora encendido | Hora apagado | Número de horas en funcionamiento |
|---------|-------------|----------------|--------------|-----------------------------------|
| 1 | 4,14 | 12:45 | 14:20 | 1h35mint |
| 2 | 3,93 | 21:35 | 23:00 | 1h25mint |
| 3 | 3,88 | 08:05 | 11:05 | 3h00mint |
| 4 | 3,76 | 12:10 | 14:40 | 2h40mint |
| 5 | 3,67 | 15:50 | 16:20 | 30mint |
| 6 | 3,67 | 21:05 | 22:05 | 1h00mint |

| | | | | |
|-------|------|-------|-------|-----------|
| 7 | 3,67 | 14:00 | 16:00 | 2h00mint |
| Total | | | | 12h10mint |

Fuente: Elaborado por el Autor

De acuerdo a las pruebas realizadas se verifica que la duración de la batería del sistema es de 12 horas con 10 minutos, este tiempo se asemeja al tiempo teórico obtenido mediante cálculos que es de 12 horas y 30 minutos aproximadamente.

Cuando la batería no tiene la suficiente corriente para suministrar al sistema, los componentes de este tienen comportamientos extraños diferentes a los programados, esto puede visualizarse mediante los LEDs que tienen la placa LilyPad y el módulo Wi-Fi los cuales se encienden aleatoriamente. Se recomienda cargar la batería al menos una hora antes de usarlo si el usuario no puede distinguir las distintas intensidades de sonidos que emite el buzzer.

4.3.4. Almacenamiento de datos en la plataforma IoT

El sistema envía datos cada vez que se enciende y se activa una alarma, los datos recopilados por la plataforma pueden ser usados para estudios posteriores, este proyecto se enfoca en el envío de notificaciones como una alternativa para evitar accidentes infantiles, por lo tanto, en este apartado se verifica la recepción de los datos enviados en la plataforma ThingSpeak.

El sistema envía un cero (0) cuando se inicia el sistema y un cien (100) como indicador de que se ha activado una alarma.

Las *Figura 72* muestra los datos almacenados mediante las pruebas realizadas de inicio del sistema, la actividad realizada fue el encendido y apagado mediante el botón que integra el prototipo, cada dato de cero muestra las veces que se encendió correctamente el sistema de seguridad.

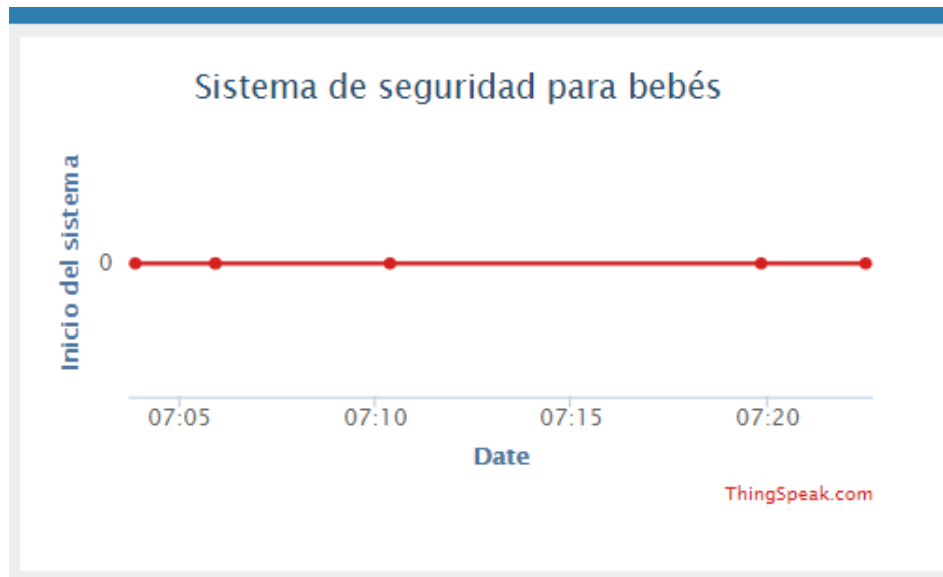


Figura 72. Datos almacenados durante las pruebas de inicio del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

La Figura 73 muestra los datos almacenados por cada vez que se ha generado una alarma, se puede observar el dato de cero (0) que indica el inicio correcto del sistema, también se observan valores de cien (100) que representan las veces que se han generado las alarmas y enviado notificaciones a los dispositivos de los usuarios.

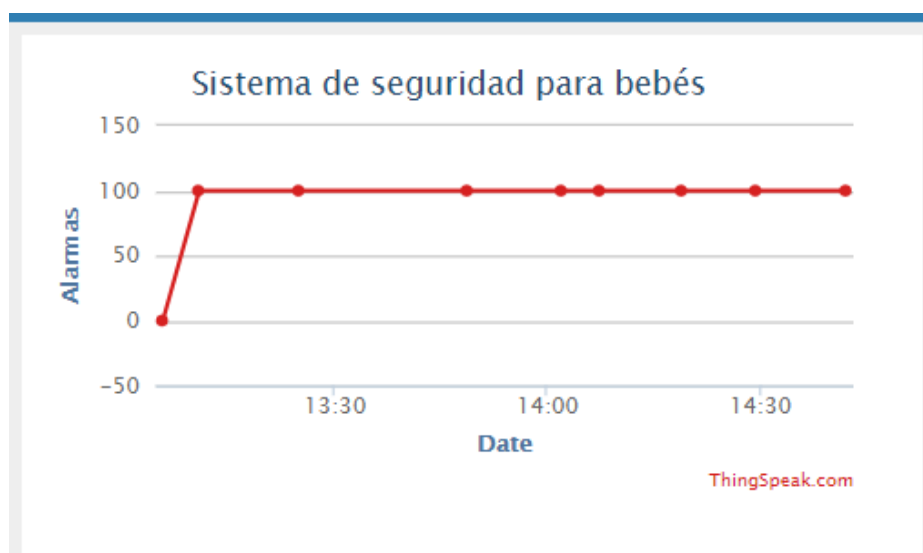


Figura 73. Datos almacenados durante las pruebas del envío de notificaciones de alarma

Fuente: Elaborado por el Autor

El almacenamiento de los datos de alerta se lo realiza con el propósito de poder visualizar las veces que se activan las alarmas, las alertas almacenadas de la figura anterior se las obtuvieron mediante pruebas realizadas durante aproximadamente 2 horas de uso del sistema sobre un bebé.

4.4. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

La evolución de los medios de comunicación ha generado que varios dispositivos opten por los medios inalámbricos como medio de transmisión. Se han realizado numeras investigaciones para determinar si los campos electromagnéticos pueden perjudicar la salud de una persona que se encuentra en su exposición, sin embargo, hasta la fecha no existen pruebas que avalúen estas ideas.

Existe carencia de información sobre los efectos que tiene los campos electromagnéticos de radiofrecuencia en niños que se encuentran en la etapa prenatal y en la primera infancia, los estudios realizados hacen referencia al uso generalizado de los teléfonos en los hogares y sus posibles consecuencias, pero ninguna de estas tiene pruebas sobre posibles daños a la salud que se puede sufrir durante su exposición.

Los campos electromagnéticos se pueden dividir en dos categorías: ionizantes y no ionizantes. En términos sencillos, ionizante es un tipo de campo tienen frecuencias muy altas y pueden "romper" las moléculas de un cuerpo, también cambian la composición de las moléculas modificando el ADN de sus células y generando la posibilidad de causar cáncer. La radiación no ionizante, por el contrario, tiene frecuencias bajas y sólo pasa a través de objetos teniendo como mínimo un efecto térmico que varía en cantidades muy pequeñas que ni siquiera son medibles (The Telegraph, 2015).

4.4.1. Potencia emitida por el módulo Wi-Fi

Se menciona que el módulo Wi-Fi seleccionado tiene una salida máxima de 19,5dbm que equivaldrían a 89 miliwatts, pero esta potencia la emite cuando se la configura en modo Access Point (AP) lo cual lo hace comparable a un router inalámbrico, para el caso del presente proyecto el módulo solamente se usa en modo estación lo cual se asemeja a un dispositivo más conectado a la red sin la capacidad de generar grandes campos magnéticos.

Como muestran las tablas de datos técnicos, el módulo Wi-Fi tiene una potencia de transmisión que por lo general está por debajo de 0,1 vatios. Como la energía se difunde por igual en todas las direcciones y tomando en cuenta un cuerpo a 10 metros de distancia a la redonda se tendría que, la potencia en llegar sería de $1/100 * 89 \text{ mW} = 0,89 \text{ mW}$.

Para hacer una comparación se toma como referencia un artefacto de uso común en un hogar, los hornos de microondas operan en una frecuencia similar al del Wi-Fi (2,45 MHz) y transmiten 1000 watts, a diferencia del Wi-Fi están no se dispersan si no que están enfocadas y aisladas dentro de una caja. Durante su proceso de funcionamiento es liberado 1 watt a través del blindaje, siendo este dato considerado completamente seguro por sus fabricantes (The Telegraph, 2015).

4.4.2. Wi-Fi y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)

La IARC coloca a las redes Wi-Fi en el grupo cancerígeno 2B de su clasificación, este menciona que es un grupo donde se tienen pruebas limitadas más no verídicas de las posibles consecuencias que pueden tener las redes Wi-Fi, además, se menciona que existen pruebas insuficientes en animales para evidenciar su posible relación con el cáncer (IARC, 2017).

La *Figura 74* muestra la clasificación de la IARC de los grupos cancerígenos.

| Grupo 1 Cancerígeno para los seres humanos | Grupo 2A Probablemente Cancerígeno para los seres humanos | Grupo 2B Posiblemente Cancerígeno para los seres humanos | Grupo 3 No se clasifica | Grupo 4 Probablemente no Cancerígeno para los seres humanos |
|--|--|--|--|--|
| La evidencia ha probado que es un agente que se asocia con el cáncer en seres humanos | Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas suficientes de asociación con el cáncer en animales de experimentación | Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas insuficientes asociadas con el cáncer en animales de experimentación. | La evidencia indica que no es posible clasificarlo como un agente cancerígeno, basado en la información científica disponible | Existen pruebas para demostrar que el agente "no está asociado" con el cáncer en seres humanos |
| EJEMPLOS | EJEMPLOS | EJEMPLOS | EJEMPLOS | EJEMPLOS |
| 107 agentes, incluyendo: > Bebidas Alcohólicas > Amianto (todas las formas) > Arsénico > El benceno > El formaldehído > la radiación ionizante (todos los tipos) > Consumo de tabaco, en fumadores y no fumadores. > Pintor (exposición ocupacional) > La luz del sol – Rayos UV (radiación solar) | 58 agentes, incluyendo: > Peluquería o peluquero (exposición ocupacional) > Petróleo refinado (exposición ocupacional) > trabajo por turnos que implica trastornos circadianos (interrupción a la normalidad los patrones de sueño) > Gases de combustión de automotores. > Lámparas bronceadoras. | 249 agentes, incluyendo: > Café (vejiga y tracto urinaria) > Combustible diesel, marinos > Limpieza en seco (exposición ocupacional) > Bomberos (exposición ocupacional) > Estireno > Trabajo en Fabricación Textil > Campos Magnéticos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF) > Polvos de talcos higiénicos. | 512 agentes, incluyendo: > Ácido acrílico > Clorados en agua potable > Productos para dar color al pelo (uso personal) > La iluminación fluorescente > Campos Eléctricos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF). > Mercurio. > Sacarinas | Un agente: > caprolactama NOTA: Tener en cuenta que la Caprolactama es altamente tóxico y no debe ser considerado como "seguros", salvo para esta clasificación |

Figura 74. Clasificación de la IARC

Fuente: (IARC, 2017)

4.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PARA BEBÉS

La Tabla 25 muestra en resumen las especificaciones que tiene el sistema de seguridad para bebés, luego de realizadas su implementación y pruebas.

Tabla 25. Especificaciones del sistema desarrollado

| Característica | Detalle |
|---|----------------|
| Voltaje de entrada | 3,7V - 4,2V |
| Consumo de corriente | 118,9 mA |
| Tiempo de carga | 1,5 – 2 h |
| Voltaje de carga | 5 V |
| Tiempo de inicio | 18,7 s |
| Tiempo de llegada de notificación de alerta | 7,47 s |
| Potencia de transmisión | <0,089 w |

| | |
|---------------------|--------------|
| Peso | 110g |
| Duración de batería | 12 h 10 mint |

Fuente: Elaborado por el Autor

CAPITULO V

ANALISIS ECONÓMICO

En este capítulo se realiza un análisis de los costos de todos los elementos electrónicos usados para la realización del presente proyecto, como también los costos de software y otros materiales usados, el análisis tiene la finalidad de dar conocer la viabilidad del sistema de seguridad frente a los gastos efectuados.

5.1. PRESUPUESTO DE HARDWARE

Para el sistema de seguridad desarrollado se han utilizado distintos tipos de elementos que componen cada bloque presentado en los capítulos anteriores, como se ha visto anteriormente cada elemento ha sido seleccionado mediante comparaciones con otros elementos similares, la Tabla 26 nos muestra el costo de cada elemento y el presupuesto gastado en tanto al hardware del sistema.

Tabla 26. *Presupuesto del hardware usado para el desarrollo del sistema*

| Elemento | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
|-------------------------------|----------|-------------------------|-------------------|
| Arduino LilyPad | 1 | 10,00 | 10,00 |
| Módulo Wi-Fi ESP9266-01 | 1 | 5,00 | 5,00 |
| Batería de Litio Sony 1500mA | 1 | 15,00 | 15,00 |
| Buzzer | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Botón - Pulsador | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Mini carrete de hilo metálico | 1 | 15,00 | 15,00 |
| Espadines hembra | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Espadines macho 90° | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Rollo de cinta magnética | 1 | 10,00 | 10,00 |

| | | | |
|-------------------------------------|---|------|-------|
| Sensor Magnetic Reed | 4 | 1,00 | 4,00 |
| Materiales para realizar baquelitas | 1 | 8,00 | 8,00 |
| TOTAL | | | 71,00 |

Fuente: Elaborado por el Autor

5.2. PRESUPUESTO DE SOFTWARE Y DE MATERIALES TEXTILES

El sistema maneja el concepto de open source por lo tanto los costos de software son cero, pero por otro lado se han usado materiales textiles para su implementación. La Tabla 27 muestra los costos del software y materiales textiles usados en el proyecto.

Tabla 27. *Presupuesto de software y de materiales textiles usados en el proyecto*

| Presupuesto de Software | | | |
|---|----------|----------------------|-------------------|
| Elementos | Cantidad | Costo Unitario (USD) | Costo Total (USD) |
| IDE de Arduino | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Plataforma Thingspeak | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Aplicación IFTTT | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Eagle 8.1.0 | 1 | 0,00 | 0,00 |
| Presupuesto de materiales textiles | | | |
| Cinta velcro | 1 | 4,50 | 4,50 |
| Agujas e hilos | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Cinta polipropileno | 1 | 2,90 | 2,90 |
| Broches | 11 | 0,05 | 0,55 |
| Reguladores y accesorios | 1 | 2,00 | 2,00 |
| Rodilleras de gateo | 1 | 3,00 | 3,00 |
| TOTAL | | | 13,95 |

Fuente: Elaborado por el Autor

5.3. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO

Los costos de mantenimiento del sistema son precios que deben pagarse una vez al mes, estos son necesarios para mantener el sistema en buenas condiciones o buen esta de funcionamiento. La estimación de los costos de mantenimiento se lo hace referente al costo de la inversión del hardware implementado en el sistema, como se habla de un dispositivo electrónico se calcula tomando un porcentaje del 15%. (FAO, 2017)

Al multiplicar costo del hardware por el porcentaje, el costo de mantenimiento será el siguiente.

$$Cm = Cth * 15 \%$$

$$Cm = \$ 71 * 15 \%$$

$$Cm = \$ 10,65$$

Como los sensores y el sistema se colocan al bebé, estos están en constante movimiento por lo tanto se realizará una revisión cada semana para verificar el estado de todo el sistema. En caso de fallo de algún elemento del sistema este debe remplazarse lo cual puede generar costos adicionales.

5.3.1. Tiempo de vida útil del sistema

El tiempo de vida útil del sistema está dado de acuerdo a los periodos de vida de los elementos, en este caso los elementos más importantes que tienden a tener fallas son la batería y los sensores, ambos son remplazables y mediante estos se calculará el tiempo de vida.

Los sensores pueden realizar un sin número de operaciones (activación) sin degradar su funcionamiento, pueden ser cambiados y son económicos, por lo tanto, si se dañan o rompen por los movimientos del bebe estos pueden remplazarse fácilmente.

Por otro lado, las baterías con cada carga van degradándose, estos tienen un número de ciclos de carga que dependiendo de su calidad varían entre 300 y 1000. Tomando en cuenta que la batería se carga todos los días y con un número intermedio de ciclos de carga de 800 podremos estimar un tiempo de vida útil.

Como un ciclo de carga se lo realiza en un día el tiempo de vida sería de 800 días, bastaría convertir los días en años para obtener un dato más comprensible.

Tv: Tiempo de vida útil

$$Tv = 800 \text{ días} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}}$$

$$Tv = 2,19 \text{ años}$$

Mediante el dato obtenido se puede estimar que el tiempo de vida útil es 2 de años.

5.4. PRESUPUESTO TOTAL

La Tabla 28 muestra en resumen los costos totales que tiene la implementación del sistema de seguridad.

Tabla 28. *Presupuesto total del sistema de seguridad*

| Presupuesto | Valor (USD) |
|--------------------------------|-------------|
| Hardware | 71,00 |
| Software y materiales textiles | 13,95 |
| Mantenimiento | 10,65 |

| | |
|--------------|-------|
| TOTAL | 95,60 |
|--------------|-------|

Fuente: Elaborado por el Autor

De acuerdo al dato obtenido se sabe que el costo total para la implementación del presente proyecto es de 95,6 dólares, el valor resulta accesible frente a los beneficios de seguridad que puede brindar el sistema.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la culminación del presente proyecto se procede a redactar en este capítulo las conclusiones y recomendaciones respectivas.

6.1. CONCLUSIONES

- Mediante la investigación bibliográfica realizada, se ha encontrado que un gran porcentaje de bebés que se movilizan mediante el gateo sufren algún tipo de accidentes doméstico infantil, el gateo es el primer método de desplazamiento que un bebé puede realizar por sí solo, es una etapa muy importante en el desarrollo evolutivo de su vida y este no puede ser evitado debido a que fortalece las áreas de visibilidad, tacto, habla, equilibrio y otros. Mediante el gateo el bebé inicia su autonomía lo cual lo lleva a explorar todo a su alrededor con el fin de aprender cosas nuevas del espacio que lo rodea, pero por otro lado se abren grandes posibilidades de sufrir accidentes.
- Los sistemas de seguridad se desarrollan con el fin de brindar seguridad a algo o alguien, se ha optado seleccionar la placa Arduino LilyPad ya que se acopla al tipo de proyecto textil que se tiene, las principales funciones de la placa controladora se centran en el control del módulo Wi-Fi mediante comandos AT y el sensado de todos los sensores seleccionados.
- Las plataformas de desarrollo Open Source ofrecen ventajas significativas en comparación con plataformas comerciales típicas ya que algunos traen consigo valores añadidos y distintas funcionalidades. Además, su uso hace que se fortalezcan e incentiven proyectos de innovación tecnológica dejando atrás la dependencia de plataformas pagadas.

- La plataforma web ThingSpeak tiene gran importancia en el desarrollo de este proyecto, permite almacenar datos de las veces que se ha encendido el sistema como también de las veces se han generado señales de alarma, por otro lado, es el intermediario entre la aplicación IFTTT y el sistema permitiendo generar notificaciones en la aplicación para mostrarlas a los padres o cuidadores.
- La implementación del sistema en una prenda tipo arnés, hace que los proyectos electrónicos textiles o tejidos inteligentes sean más conocidos dentro de grupo de los wearables, en este caso se ha creado una prenda inteligente con la capacidad de realizar distintas funciones mientras interactúa con el entorno, gracias a la incorporación de materiales electrónicos y módulos se puede también interactuar mediante Internet con distintos dispositivos.
- El sistema de seguridad desarrollado cuenta de con un tiempo de reacción de 7,47 segundos, el tiempo de envío de notificaciones se calcula desde que infante cruza las cintas hasta que llega a los teléfonos de sus cuidadores a través de Internet, el tiempo es usado para calcular la distancia a la que se deben colocar las cintas magnéticas, también se ha tomado en cuenta la velocidad promedio de gateo y de esta manera se ha evitado que el bebé se acerque demasiado a los sitios peligrosos.
- La propuesta del sistema de seguridad está enfocado a infantes de 7 a 16 meses de edad, a los 7 meses la mayoría de bebés comienzan a realizar movimientos de gateo u otros incluso ya gatean, a los 16 meses la mayoría de bebés ya tienen desarrollado por completo la capacidad de caminar y hacen uso de este método como la principal manera de desplazarse dejando atrás el gateo y como consecuencia los sensores del sistema no son capaces de detectar las cintas magnéticas.
- Los datos almacenados en la plataforma IoT pueden ser usados para estudios posteriores relacionados con el área de cuidado de los niños, estos datos muestran las

veces que un bebé corre el riesgo de sufrir algún tipo de accidente dentro del hogar, generándose así interrogantes sobre diferentes alternativas que conlleven a una solución, entre una de ellas el presente sistema de seguridad.

6.2. RECOMENDACIONES

- Los bebés desarrollan habilidades de manera diferente, es decir, algunos aprenden más rápido que otros. Si un bebé no muestra interés en gatear o moverse, entonces deben ser animados y atraídos colocando objetos fuera de su alcance o llamar su atención mediante gestos o palabras para así incitarlos y motivarlos a que se desplacen.
- A pesar de que el sistema desarrollado advierte de posibles accidentes, no se recomienda dejar solos a los bebés por ningún motivo, el presente proyecto muestra una posible solución a reducir accidentes domésticos en infantes que empiezan a movilizarse, mas no una solución definitiva del cual fiarse.
- Las pruebas realizadas con respecto al tiempo en el que el sistema envía las notificaciones se las realizaron con redes Wi-Fi que tienen 2 megas de velocidad en su servicio, se recomienda medir el tiempo en que llegan las notificaciones para asegurarse de colocar las cintas magnéticas a una distancia apropiada, este puede ser este diferente al calculado en el desarrollo del proyecto.
- Al momento de la instalación de las cintas magnéticas, es necesario medir el nivel de señal de la red Wi-Fi en el lugar, para de esta manera asegurarse de que el sistema es capaz de enviar las notificaciones a través de internet. En caso de que no exista señal en el lugar se recomienda mover el AP a un sitio donde pueda cubrir los lugares donde irán instaladas las cintas magnéticas.
- Para cargar la batería del sistema es necesario asegurarse que el sistema se encuentre apagado para no sobrecargar sus componentes en especial el módulo Wi-Fi, mientras está apagado el voltaje y corriente del cargador solamente llegará a la batería mas no a

los demás componentes, para saber cuándo cargar la batería se debe poner atención a la intensidad del pitido que emite el buzzer, cuando el pitido sea muy bajo al iniciar el sistema o al activarse un sensor es necesario cargar la batería.

- Debido a que los sensores y demás componentes van integrados en el arnés colocado al bebé, estos están en constante movimiento por lo cual es recomendable realizar revisiones para detectar posibles fallas y corregirlos lo más pronto posible.

BIBLIOGRAFÍA

CÓDIGO DE LA NIÑEZ Y ADOLESCENCIA. (2003). *LOS NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES COMO SUJETOS DE DERECHOS*. Quito: Derechos de supervivencia.

Academia Americana de Pediatría. (2017). *SafetyLit*. Obtenido de Comité de prevención de lesiones y veneno: <http://pediatrics.aappublications.org/content/89/6/999.short>

Andreotti, C. (s.f.). *Más del 80% de los accidentes infantiles se produce el fin de semana*. Obtenido de El Mundo. España: <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/05/25/espana/1274791880.html>

Arduino. (2017). *Arduino Products*. Obtenido de Arduino & Genuino Products: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>

Arduino. (2017). *MCI electronics*. Obtenido de arduino.cl: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

Arduino. (s.f.). *Ingeniería MCI Ltda*. Obtenido de MCI electronics: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

Asociación Española de Pediatría. (2013). *GUÍA PRÁCTICA PARA PADRES*. Oviedo: Dodot.

Asociación Española de Pediatría. (2015). *Principales accidentes por edades*. Madrid.

Betters, E. (19 de 02 de 2015). *What is IFTTT and how does it work*. Obtenido de Pocket-lint: <http://www.pocket-lint.com/news/130082-what-is-ifttt-and-how-does-it-work>

Carrión, E. O. (2016). *Sistema de monitoreo de monóxido de carbono a través de una red de sensores inalámbrica y una plataforma como servicio en la nube para una residencia*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

- Castillo, A. (2013). *Know Your Arduino: A Practical Guide to The Most Common Boards*.
Obtenido de Adam Savage's Tested: <http://www.tested.com/tech/robots/456466-know-your-arduino-guide-most-common-boards/>
- Cuello, J., & Vittone, J. (2013). *Diseñando apps para móviles*. Barcelona: Catalina Duque Giraldo.
- Domínguez, M. (01 de Enero de 2016). *Quién fabrica los Arduinos*. Obtenido de Solo Arduino M&M: <https://soloarduino.blogspot.com/2014/12/quien-hace-los-arduinios.html>
- EasyCalculation.com. (2017). *Cálculo del tiempo de carga de baterías*. Obtenido de Calculadoras y convertidores.: <https://www.easycalculation.com/es/physics/classical-physics/battery-charge.php>
- Eckersley, S. (2011). Crawling. *Occupational Therapy for Children*.
- Electrónica Estudio. (2017). *La línea más completa de sensores*. Obtenido de Ingeniería Electrónica y Proyectos PICmicro: <http://www.electronicaestudio.com/sensores.htm>
- Enríquez, R. H. (2009). *Guía de usuario de Arduino*. Córdoba: Creative Commons.
- FAO. (2017). *CÓMO COMPLETAR E INTERPRETAR EL PERFIL DE PROYECTO*. Obtenido de DEPOSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO: Departamento de cooperación técnica: <http://www.fao.org/docrep/008/a0322s/a0322s05.htm>
- Hernández García, M., Sánchez Zúñiga, M. E., Villanueva Ayala, D., & Pérez Moreno, J. C. (2016). Modelo dinámico para valoración del gateo. *Medigraphic*, 30.
- Hernández, L. d. (s.f.). *Arduino UNO, Entradas y Salidas*. Obtenido de Programar Fácil: <https://programarfacil.com/podcast/26-arduino-entradas-y-salidas/>

- Herrero, L. (04 de Noviembre de 2014). *Características de los sensores (Dinámicas y Estáticas)*. Obtenido de mundosensor.blogspot: <http://mundosensor.blogspot.com/2014/11/caracteristicas-de-los-sensores.html>
- IARC. (28 de Junio de 2017). *Clasificaciones de la IARC*. Obtenido de International Agency for Research on Cancer: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
- IFTTT. (2017). *Do more with the services you love*. Obtenido de IFTTT: <https://ifttt.com/>
- Kidspot. (2017). *Six reasons why crawling is important*. Obtenido de Kidspot Baby: <http://www.kidspot.com.au/baby/baby-development/milestones/six-reasons-why-crawling-is-important>
- Lifewire. (s.f.). *What is Arduino*. Obtenido de Lifeware, Inc.: <https://www.lifewire.com/what-is-arduino-2495652>
- Llamas, L. (2016). *LUIS LLAMAS-Ingeniería, Informática y Diseño*. Obtenido de [luisllamas.es](https://www.luisllamas.es): <https://www.luisllamas.es>
- Maxim Integrated. (23 de Marzo de 2015). *Maxim Integrated Products, Inc.* Obtenido de www.maximintegrated.com: <https://www.maximintegrated.com/en/aboutus/contact-us.html>
- Minda, A. A. (2011). *FACTORES INFLUYENTES ASOCIADOS EN LA APARICIÓN DE ACCIDENTES DOMÉSTICOS EN NIÑAS Y NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS, ATENDIDOS EN EL SERVICIO DE EMERGENCIA DEL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL, DE LA CIUDAD DE IBARRA EN EL PERÍODO NOVIEMBRE 2010 A JULIO DEL 2011*. Ibarra.
- Molina, J. (2017). *Tecnología REED (Reed Switch)*. Obtenido de Monolithic, Componentes Electrónicos: www.monolithic.com

- Morgan, J. (13 de Mayo de 2014). *A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'*. Obtenido de Forbes Contributors:
<https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#1d0919f01d09>
- Mother & Baby. (2014). *Common Childhood Accidents And How To Prevent Them*. Obtenido de www.motherandbaby.co.uk: <http://www.motherandbaby.co.uk/baby-and-toddler/baby/looking-after-your-baby/7-common-childhood-accidents-and-how-to-prevent-them>
- Naylamp Mecatronics. (2017). *Sensores*. Obtenido de Naylamp Mecatronics Inc.:
<http://www.naylampmechatronics.com/16-sensores>
- Ocaña, M. V. (2017). *Prevención de accidentes en bebés y niños*. Obtenido de guiainfantil.com:
<https://www.guiainfantil.com/1505/prevencion-de-accidentes-entrevista-a-jose-c-garcia-yonte.html>
- OMS. (2012). *Informe mundial sobre prevención de las lesiones en los niños*. México: Organización Panamericana de la Salud.
- Open Source Initiative. (2017). *Open Source*. Obtenido de [Opensource.org](http://opensource.org):
<https://opensource.org/blog>
- OSHOWA. (2012). *Open Source Hardware Association*. Obtenido de What is open source hardware: <http://www.oshwa.org/faq/>
- PE, I. (2014). *Análisis comparativo de las placas Arduino (oficiales y compatibles)*. Obtenido de comohacer.eu: <http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

- Pelaz, L. (2012). *ADQUISICIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL*. ETSI - European Telecommunications Standards Institute.
- Pro Blog Booster. (Marzo de 2017). *Mobile OS Options*. Obtenido de problogbooster.com: <http://www.problogbooster.com/2016/02/Top-Mobile-Operating-Systems-Mobile-OS-Overview-Guide.html>
- Puche, R. N., Orozco, M. H., Orozco, B. H., & Correa, M. R. (2009). *Desarrollo infantil y competencias en la PRIMERA INFANCIA*. Bogotá: Taller Creativo de Aleida Sánchez B. Ltda.
- Rivers, D., & Buenaventura, H. (2017). *CONECTIVIDAD INALAMBRICA CON ARDUINO*. Obtenido de Core Trónica: <https://www.coretronica.com/conectividad-inalambrica-con-arduino>
- RobotShop. (2017). *Arduino Microcontroller Feature Comparison*. Obtenido de RobotShop Inc: <http://www.robotshop.com/blog/en/arduino-microcontroller-feature-comparison-2-3631>
- Rosoff, M. (07 de Diciembre de 2015). *The research firm that once thought Microsoft would beat the iPhone has given up on Windows Phone*. Obtenido de Business Insider, UK: <http://uk.businessinsider.com/idc-smartphone-os-market-share-2015-12>
- Rouse, M. (2010). *Open Source Software (OSS)*. Obtenido de Tech Target: <http://searchenterprise-linux.techtarget.com/definition/open-source-software>
- Safewise. (2017). *Safewise All Rights Reserved*. Obtenido de What is a security system and how does it work: <http://www.safewise.com/home-security-faq/how-do-security-systems-work>

Santamaría, B., & Sanz, J. (s.f.). *Cómo prevenir accidentes infantiles en la cocina*. Obtenido de CrecerFeliz.es: <http://www.crecerfeliz.es/Ninos/Salud/Una-casa-segura-para-el-bebe/Como-prevenir-accidentes-infantiles-en-la-cocina>

Schwartz, M. (2014). *How to pick a wireless solution for your open-source home automation project*. Obtenido de Open Home Automation: <https://openhomeautomation.net/wireless-home-automation/>

Seminario, A. M., Segovia, M. S., & Durán, A. T. (2015). *CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS SOBRE EL DESARROLLO PSICOMOTOR DIRIGIDO A MADRES DE NIÑOS Y NIÑAS MENORES DE UN AÑO DE EDAD QUE ASISTEN A LA FUNDACIÓN PABLO JARAMILLO CRESPO*. . Cuenca: Universidad de Cuenca.

Senplades. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Obtenido de Secretaría Nacional de Planificación Y Desarrollo: www.buenvivir.gob.ec

Serna, A. R., Ros, F. G., & Rico, J. N. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. España: Creaciones Copyright, S.L.

sipse. (4 de Mayo de 2014). *Venenos al alcance de los niños*. Obtenido de sipse.com: <http://sipse.com/novedades/productos-de-limpieza-peligrosos-para-ninos-88830.html>

SparkFun Electronics. (s.f.). *Arduino Comparison Guide*. Obtenido de SparkFun Start Something: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-comparison-guide>

Systems, J. (s.f.). *Getting Started With the ESP8266 ESP-01*. Obtenido de Instructables: <http://www.instructables.com/id/Getting-Started-With-the-ESP8266-ESP-01/>

The Telegraph. (13 de Mayo de 2015). *Wi-Fi is not harming our children*. Obtenido de Telegraph Media Group Limited: <http://www.telegraph.co.uk/women/mother-tongue/11599311/Wi-Fi-is-not-harming-our-chidren-heres-the-evidence.html>

ThingSpeak. (2017). *The open IoT platform with MATLAB analytics*. Obtenido de The MathWorks, Inc.: <https://thingspeak.com/>

TodoPapás. (2017). *Cuidado con los accidentes infantiles*. Obtenido de Todo Papás: <https://www.todopapas.com/ninos/seguridad-infantil/atencion-cuidado-con-los-accidentes-infantiles-1466>

Torres, M. M. (2009). *Accidentes en la infancia: una problemática actual en pediatría*. Santiago de Cuba: Hospital Pediátrico Docente "Juan Bautista Viñas González".

Wikipedia. (03 de 2017). *Amperio-hora*. Obtenido de La enciclopedia libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Amperio-hora>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Wi-Fi: Este término proviene de las palabras en inglés Wireless Fidelity y es una tecnología inalámbrica de transmisión de datos que permite el acceso a internet a diferentes dispositivos.

Primera infancia: Trayecto del ciclo de vida que se comprende desde el nacimiento de un bebé hasta sus cinco años de edad.

OMS: Organización Mundial de la Salud

Plataforma: Es un sistema, software o hardware que permite ejecutar diferentes aplicaciones mediante las herramientas de gestión que estos poseen.

C y C++: Son lenguajes de programación, la sintaxis de C ++ es casi idéntica a C, pero a diferencia de esta tiene características orientadas a objetos.

IDE: Es el entorno de desarrollo integrado que tiene la plataforma Arduino donde se realiza la programación de sus placas, sus siglas provienen de las palabras en inglés Integrated Development Environment.

IoT: Son las siglas que hacen referencia al internet de las cosas, proviene de las palabras en inglés Internet of Things.

ESP-01: Es la abreviación que hace referencia al módulo Wi-Fi ESP8266 en su versión número 1.

Comandos AT: Son instrucciones utilizadas en dispositivos que soporten dicho lenguaje, su característica principal es que cada línea de código comienza con AT.

API: Son claves generadas que permiten acceder a los datos de un canal privado para a modificarlos o leerlos.

IFTTT: Es una herramienta que permite automatizar acciones a partir de un evento, sus siglas provienen de las palabras en inglés “If This Then That”.

ANEXOS

Anexo 1. Código de programación de la placa Arduino LilyPad.

Se muestra las bases del código usado para la programación de la placa de control y se describe las funciones que realizan las diferentes líneas de código.

```
//Librerías usadas
#include <SoftwareSerial.h> //Librería para emular puertos seriales

// Variables de los sensores
// Se asigna un nombre a los pines que serán usados para la lectura de los
sensores y para el activar el buzzer
int sensor1 = 8; //Pin 8 denominado como sensor1

//Variables de red
// Parámetros de la red a la cual se conectará el prototipo
#define SSID "XXXX" // Nombre de la red inalámbrica
#define PASS "YYYYYYY" // Contraseña de la red inalámbrica

//Apis de Plataforma IoT

#define API_ENCENDIDO "/update?api_key=9BR6BP6F8JVTGIX2&field1=0" // Clave
de actualización de campo en 0 de ThingSpeak para almacenar el dato de
encendido

#define API_ALERTA "/apps/thinghttp/send_request?api_key=0E5XJ7KL49LC41BE"
// Clave de envío de alerta de ThingSpeak

#define API_DATO_ALERTA "/update?api_key=9BR6BP6F8JVTGIX2&field1=100" //
Clave de actualización de campo en 100 de ThingSpeak para almacenar el dato
de alarma

// Parámetro para verificar la conexión a la red y autorizar la lectura de
sensores
bool conectado = false;

// Se definen los pines que se usan para la comunicación serial con el
módulo ESP-01
SoftwareSerial esp(x, y); //RX,TX
```

```

// Iniciación de parámetros

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Se define la velocidad en baudios para la
  comunicación con el computador

  esp.begin(9600); // Se define la velocidad en baudios para la comunicación
  con el módulo ESP-01

  //configurar pin como entrada con resistencia pull-up interna
  pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP); // Se define el pin como entrada con
  configuracion Pull-Up

  delay(1000); // Tiempo de espera

  esp.println("AT"); // Se comprueba el funcionamiento del módulo ESP-01

  if (esp.find("OK")) // Si el módulo responde se procede a conectarse a la
  red
  {
    Serial.println("Modulo encendido"); // Se envía un mensaje al computador
    para verificar el encendido del módulo

    conectarWiFi(); // Se realiza la conexión a la red con parámetros
    establecidos

    enviar_solicitud(API_ENCENDIDO, 47); // Se realiza el envío de una petición
    HTTP para verificar el acceso a internet al encender el sistema
  }
  else{
    digitalWrite(pinBuzzer,1); // Se activa el buzzer con sonido constante si
    existe un error con el módulo ESP-01
  }
}

// Inicio de la lectura de sensores

void loop() {
  if (conectado == true) // Si la conexión a la red se ha realizado
  correctamente se permite la lectura de sensores
  {
    int activo1 = digitalRead(sensor1); // Se lee el estado del sensor

    if (activo1 == LOW)// Se evalúan los valores de los sensores, si alguno de
    ellos se ha activado
    {
      enviar_solicitud (API_ALERTA, longitud); // Se envía la petición HTTP con
      la clave de envío de alerta y su número de caracteres

      enviar_solicitud (API_DATO_ALERTA, tamaño); //Se envía la petición HTTP con
      la clave de actualización de campo y su número de caracteres para almacenar
      el dato de alerta
    }
  }
}

```



```

}
}
}

// Función que conecta el módulo a la red cuando se lo ejecuta
boolean conectarWiFi()
{
digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // Se enciende el led de la placa LilyPad
para visualizar el inicio del estado de conexión

esp.println("AT+CWMODE=1"); // Se configura el módulo ESP-01 en modo
estación =1 mediante envío de comandos AT

delay(2000); // Tiempo de espera

//Conectar al Router "SSID" y "Password" configurado

String cmd = "AT+CWJAP=\""; // Creación de un String con el comando AT para
enviar el nombre y la contraseña de la red

cmd += SSID; // Se escribe el nombre de la red en el String

cmd += "\",\"";

cmd += PASS; // Se escribe de la contraseña de la red en el String

cmd += "\"";

esp.println(cmd); // Se envía el String creado al módulo

delay(5000); // Tiempo de espera

if (esp.find("OK")) // Se verifica si se ha realizado la conexión con la
recepción de un OK

{

Serial.print("Conectado a la red:"); //Se envía un mensaje de verificación
al computador

Serial.println(SSID); //Se envía un mensaje de verificación al computador

esp.println("AT+CIPMODE=0"); //Modo de transmisión normal

if ( esp.find( "OK" ) // Se verifica si se activó el modo de transmisión
normal

{

Serial.println( "Modo de transmisión normal habilitada" ); //Se envía un
mensaje de verificación al computador

conectado = true; // Se cambia el valor del parámetro booleano para
permitir la lectura de los sensores

digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // Se apaga el led de la placa LilyPad como
muestra de que la conexión se ha realizado

return true; // Retorna verdadero para salir de la función

}

else

```

```

{
Serial.println( "Error al habilitar modo de transmisión normal" ); // Se
envía un mensaje de error al computador

return false; // Retorna el valor de la función a falso

}

}

else

{

Serial.println("Error al conectar a la red"); // Se envía un mensaje de
error al computador

return false; // Retorna el valor de la función a falso

}

}

// Función para realizar las peticiones HTTP a la plataforma ThingSpeak

void enviar_solicitud(String API, int Longitud) // Parámetros necesarios
para ejecutar a función

{

esp.println("AT+CIPMUX=1"); //Habilitar conexiones múltiples

if ( esp.find( "OK" ) ) //Verifica si están habilitadas las conexiones
múltiples

{

Serial.println( "Conexión múltiple habilitada" ); //Se envía un mensaje de
verificación al computador

digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // Se enciende el led de la placa LilyPad
para visualizar el envío

}

else

{

Serial.println( "Error al habilitar conexión Multiple" ); // Se envía un
mensaje de error al computador

}

esp.println("AT+CIPSTART=0,\"TCP\", \"servidos \",puerto"); // Realiza la
conexión con el servidor de ThingSpeak

delay(3000); // Tiempo de espera

Serial.println("Conectado a thingspeak"); //Se envía un mensaje de
verificación al computador

```

```
esp.print("AT+CIPSEND=0,"); // Establece el envío en modo normal para
enviar la longitud de la clave

esp.println(Longitud); // Se añade la longitud de la clave a enviar

delay(200); // Tiempo de espera

Serial.println("Enviado tamaño de texto"); //Se envía un mensaje de
verificación al computador

esp.print("GET ");

esp.println(API); // Se envía la solicitud HTTP

if (esp.find("SEND OK")) // Se verifica que se ha realizado el envío
exitosamente

{

Serial.println("Notificación 1 enviada"); //Se envía un mensaje de
verificación al computador

digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // Se apaga el led de la placa LilyPad como
muestra de que el proceso de envío a terminado

}

else{

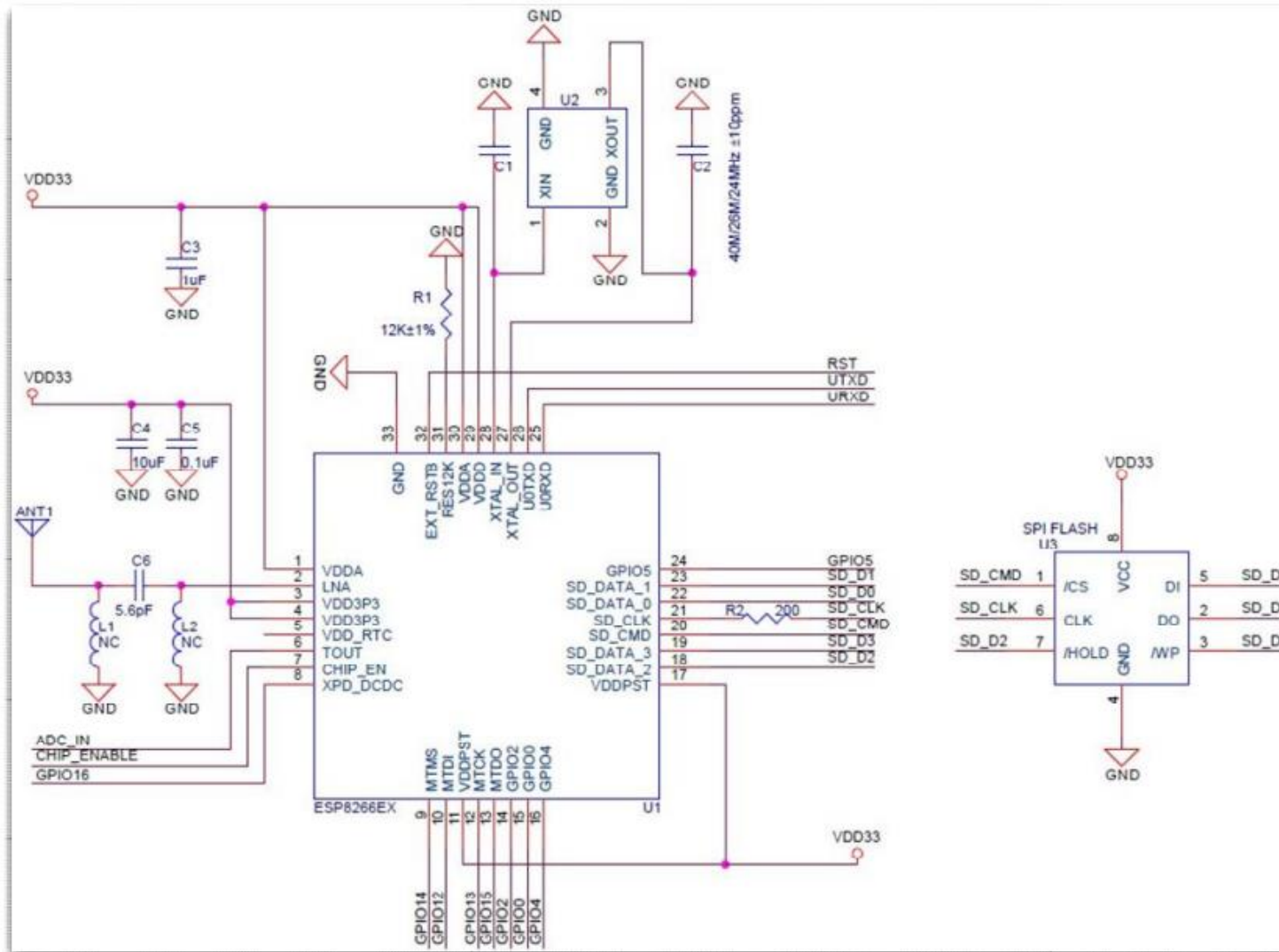
Serial.println("Error al enviar notificación"); // Se envía un mensaje de
error al computador

digitalWrite(pinBuzzer,1); // El buzzer se activa como muestra de un error
en la red

}

}
```


Anexo 3. Diagrama esquemático del módulo ESP8266-01



Anexo 4. Datasheet del sensor Magnetic Reed

REED SWITCH

ORD211

Ultra-miniature

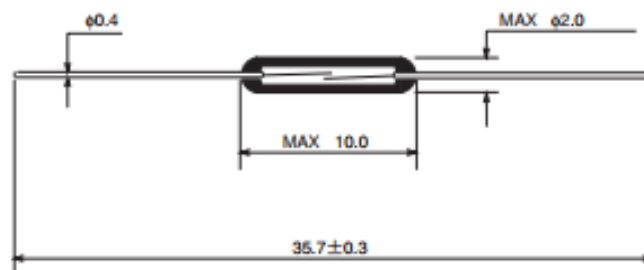
■ GENERAL DESCRIPTION

The ORD211 is a small single-contact reed switch designed for general control of low-level loads less than 24 V. The contacts are sealed within the glass tube with inert gas to maintain contact reliability.

■ FEATURES

- (1) Reed contacts are hermetically sealed within a glass tube with inert gas and do not receive any influence from the external atmospheric environment.
- (2) Quick response
- (3) The structure comprises the operating parts and electrical circuits arranged coaxially. Reed switches are suited to applications in radio frequency operation.
- (4) Reed switches are compact and light weight.
- (5) Superior corrosion resistance and wear resistance of the contacts assures stable switching operation and long life.
- (6) With a permanent magnet installed, reed switches economically and easily become proximity switches.

■ EXTERNAL DIMENSIONS (Unit: mm)



■ APPLICATIONS

- Automotive electronic devices
- Control equipment
- Communication equipment
- Measurement equipment
- Household appliances

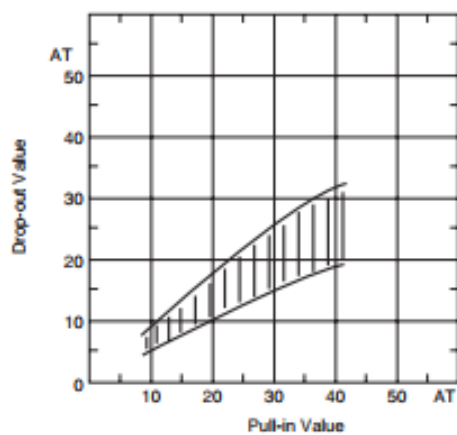
● ORD211

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

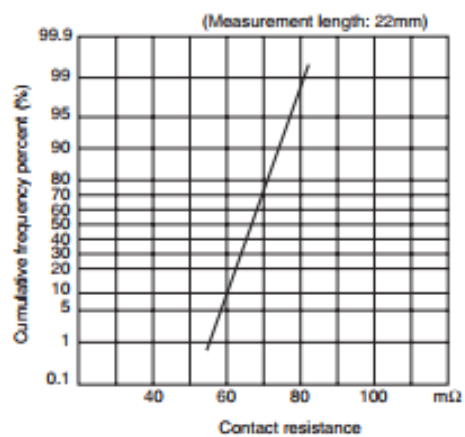
| Parameter | Rated value | Unit |
|---------------------------|------------------------|------|
| Pull-in Value (PI) | 10~40 | AT |
| Drop-out Value (DO) | 5min | AT |
| Contact resistance (CR) | 100max | mΩ |
| Breakdown voltage | 150min | VDC |
| Insulation resistance | 10 ⁹ min | Ω |
| Electrostatic capacitance | 0.2max | pF |
| Contact rating | 1.0 | VA |
| Maximum switching voltage | 24 ($\frac{DC}{AC}$) | V |
| Maximum switching current | 0.1 | A |
| Maximum carry current | 0.3 | A |

3

(1) Drop-out Value vs. Pull-in Value



(2) Contact resistance

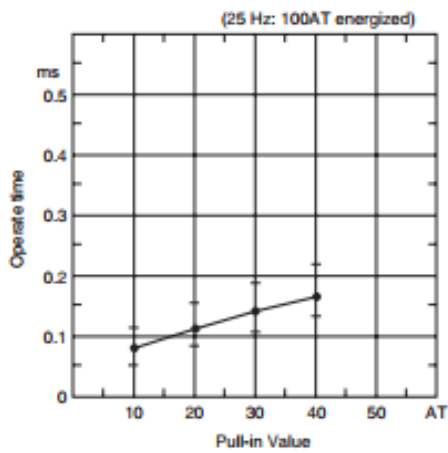


■ OPERATING CHARACTERISTICS

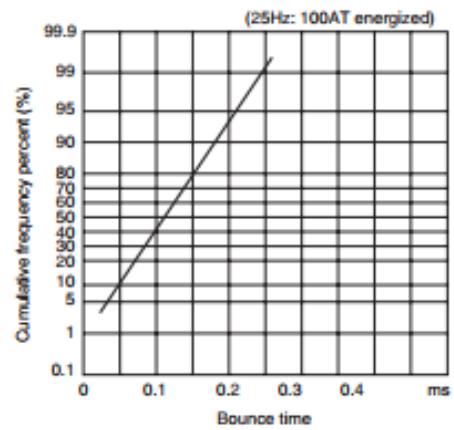
| Parameter | Rated value | Unit |
|-----------------------------|-------------|------|
| Operate time | 0.3max | ms |
| Bounce time | 0.3max | ms |
| Release time | 0.05max | ms |
| Resonant frequency | 7500±500 | Hz |
| Maximum operating frequency | 500 | Hz |

3

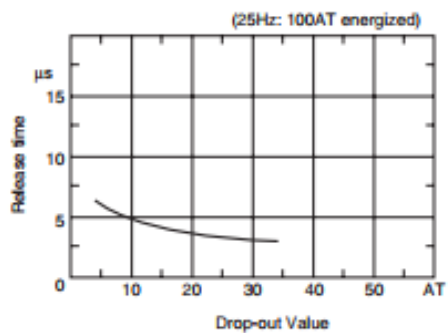
(1) Operate time



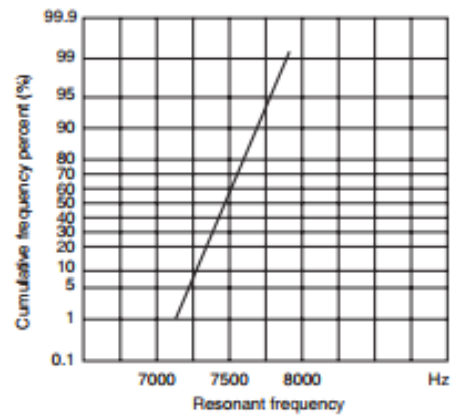
(2) Bounce time



(3) Release time



(4) Resonant frequency



Anexo 5. Manual de usuario del sistema de seguridad para bebés

El presente manual tiene como objetivo mostrar los pasos adecuados para usar de manera correcta el prototipo del sistema de seguridad para bebés. Los usuarios del sistema son los padres del infante o sus cuidadores y el lugar donde se orienta su uso es en los hogares donde se desarrollan las actividades diarias del bebé.

Las configuraciones del hardware y software han sido mostradas en este documento, estos deben estar realizados adecuadamente antes de seguir el presente manual. Es necesario recalcar que el sistema funciona dentro del rango de cobertura de la red Wi-Fi, por lo cual es necesario asegurarse que se tenga un nivel adecuado de señal donde se realicen las instalaciones de las cintas.

El prototipo consta de un arnés, unas extensiones conectadas al arnés y las rodilleras las cuales integran los sensores y deben conectarse a las extensiones.

1. Instalación de la cinta magnética

La cinta debe de instalarse en una superficie limpia a una distancia mínima de 1,54 m del lugar considerado peligroso, se ayuda de una cinta adhesiva para realizar la instalación debido a que la cinta magnética no cuenta con adhesivo propio.



Figura 75. Proceso de instalación de la cinta magnética

Fuente: Elaborado por el Autor

2. Colocación del prototipo del sistema en el bebé

Para colocar los elementos partimos del arnés, este debe colocarse de manera que los componentes y extensiones queden por detrás del bebé.



Figura 76. Colocación del arnés a un bebé

Fuente: Elaborado por el Autor

El arnés puede regularse mediante la integración de reguladores plásticos para adaptarla al cuerpo del bebé de acuerdo a su estatura.



Figura 77. Ubicación y ajuste de los reguladores del arnés

Fuente: Elaborado por el Autor

Se asegura el arnés mediante los cierres de cinta que se encuentran a los costados del bebé debajo de sus axilas, de igual manera se asegura la correa de cinta velcro que está unida a las extensiones.



Figura 78. Ubicación y colocación de los cierres de cinta

Fuente: Elaborado por el Autor



Figura 79. Colocación de la correa de cinta velcro

Fuente: Elaborado por el Autor

Se colocan las rodilleras de ganeo, esta debe colocarse sobre una prenda de vestir y de manera que los sensores queden al frente del bebé y a los costados debajo de las rodillas. Cabe recalcar que las rodilleras se las colocan sin los sensores.



Figura 80. Colocación de las rodilleras de ganeo y ubicación de los sensores

Fuente: Elaborado por el Autor

Los sensores se conectan después de que las rodilleras han sido colocadas en las piernas del bebé, las rodilleras tienen broches donde deben colocarse los sensores, solo con levantar un costado de las rodilleras estos puntos son accesibles. Se realiza el mismo proceso para ambas rodilleras.



Figura 81. Instalación de los sensores en las rodilleras de gateo

Fuente: Elaborado por el Autor

Por último, se conectan las extensiones del arnés a las rodilleras de gateo, cada parte tiene broches instalados los cuales se encuentran distribuidos de una manera adecuada para un perfecto acople.



Figura 82. Conexión de las extensiones a las rodilleras de gateo

Fuente: Elaborado por el Autor

3. Encendido e inicio del prototipo del sistema de seguridad

Para encender el prototipo se ha integrado un botón, con simplemente presionar dicho botón el sistema se enciende y automáticamente se conecta a la red Wi-Fi del hogar configurado. Cabe recalcar que para asegurar el correcto funcionamiento es necesario asegurar que el sistema se encuentre dentro del rango de cobertura de la red.



Figura 83. Inicio del sistema mediante el botón de encendido

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez presionado el botón de encendido, el sistema emite dos pitidos mediante el buzzer si la conexión a la red se ha realizado correctamente y se cuenta con acceso a internet. Además, se recibe una notificación de la aplicación IFTTT que dice “Sistema de seguridad iniciado y conectado a Internet”. Para que se finalice correctamente el proceso de inicio del sistema puede tomar unos 19 segundos o más.

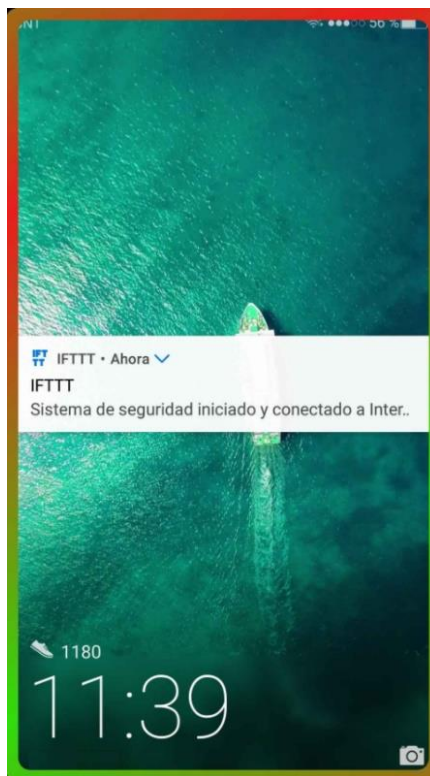


Figura 84. Notificación recibida al iniciar el sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

Si existen problemas en la red como: no acceso a Internet, error en la contraseña o el router está apagado, el sistema emite un pitido constante para advertir del error, este no parará si el botón de encendido no se presiona de nuevo. Es necesario volver a intentar el inicio mediante un nuevo encendido asegurando que se han corregido los posibles errores ya mencionados.

4. Envió de notificaciones a los dispositivos de los usuarios

Una vez recibida la notificación de inicio del sistema, el bebé puede realizar sus actividades con normalidad. Si el bebé cruza las cintas de seguridad el buzzer emitirá cuatro pitidos como señal de que se ha activado y enviado la notificación de alarma.



Figura 85. Bebé pasando sobre la cinta con el prototipo del sistema colocado

Fuente: Elaborado por el Autor

La notificación recibida advierte del peligro al que el bebé se expone cuando se han cruzado las cintas mas no el lugar donde se encuentra, el texto que la notificación muestra es el siguiente “Advertencia! tu bebé está en peligro”.

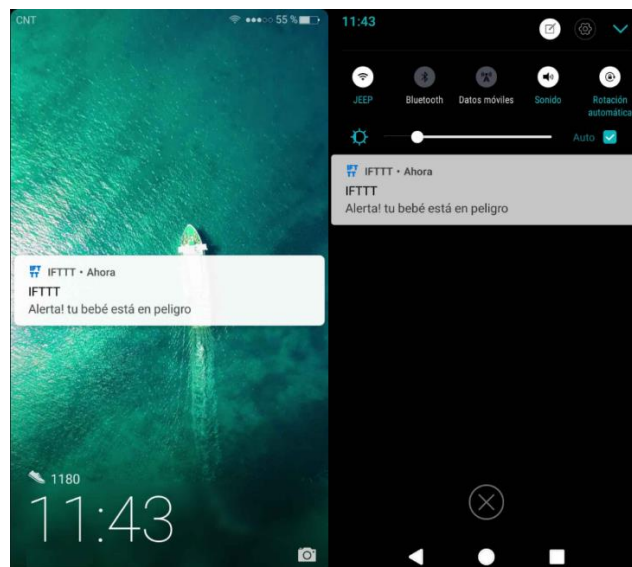


Figura 86. Notificación de alerta recibida por la activación de los sensores al pasar por la cinta

Fuente: Elaborado por el Autor

Si existen problemas de red cuando se ha activado un sensor, la notificación no se podrá enviar por lo cual el sistema emite un pitido constante para advertir del peligro y el error en la red, este debe ser escuchado por los usuarios y se apagará cuando se reinicie el sistema manualmente.

5. LEDs indicadores

El sistema cuenta con dos LED'S indicadores:

Uno se encuentra en la placa LilyPad y tiene la función de mostrar el proceso de envío de notificaciones e inicio del sistema. Si se tiene algún error el LED quedará encendido.

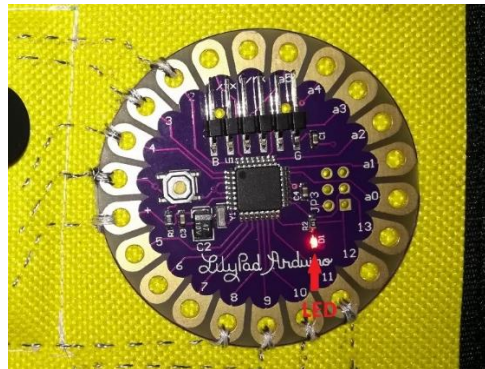


Figura 87. LED indicador de procesos de envío de notificaciones y datos

Fuente: Elaborado por el Autor

El otro se encuentra en la placa creada y se enciende cuando el sistema está cargando.

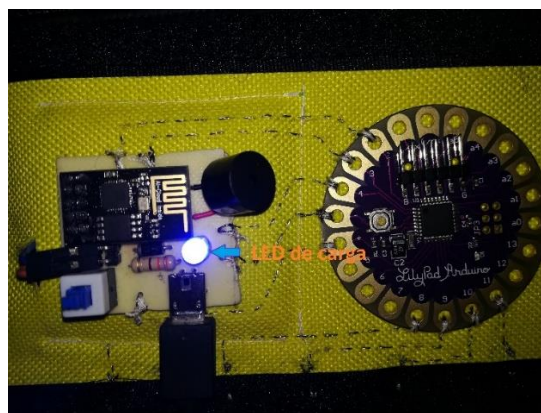


Figura 88. LED indicador del proceso de carga

Fuente: Elaborado por el Autor

6. Carga de la batería

El sistema integra un buzzer para dar avisos de errores, el mismo debe ser escuchado con cuidado al iniciar el sistema, si el sonido que emite es mínimo es muestra de que la batería necesita recargarse.

Otra muestra de que la batería esta descargada son los LEDs que tienen la Placa LilyPad y el módulo Wi-Fi, si la corriente de la batería es insuficiente estos no pueden alimentarse por lo tanto sus LEDs parpadean de manera aleatoria.

Para recargar la batería el sistema debe estar apagado, lo único necesario es un cable USB-Micro USB y un cubo de carga de 5V, el sistema integra un puerto Micro USB el cual es compatible con los cables que traen comúnmente la mayoría de dispositivos móviles.

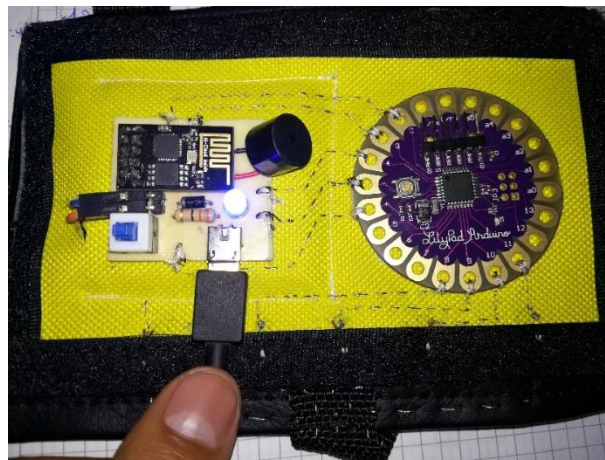


Figura 89. Conexión del cable de carga al prototipo del sistema

Fuente: Elaborado por el Autor

Como se ha mostrado en el diseño del sistema la batería debe recargarse por 1,5 horas este tiempo ha sido calculado y testeado debidamente, pero puede variar dependiendo del amperaje del cargador. Se recomienda cargar la batería al menos una hora antes de usarlo si el usuario no puede distinguir las distintas intensidades de sonidos que emite el buzzer.