



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

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

AUTOR: INTI JAVIER CHICO MORALES

DIRECTOR: MSC. SANDRA KARINA NARVÁEZ PUPIALES

Ibarra-Ecuador

2017

Sistema Electrónico De Seguridad Que Alerta Y Previene Accidentes De Bebés Que Ocurren Cuando Empiezan A Movilizarse Independientemente Basado En La Plataforma Arduino

Autor – Inti Javier CHICO MORALES

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

ijchico@utn.edu.ec

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 peligros, 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.

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.

Palabras Claves

Sistema de seguridad, Sensor Magnético, Arduino LilyPad, Notificaciones, Accidentes domésticos infantiles, Wi-Fi, IoT, IFTTT, Bebés, Gateo, Aplicación, ESP-01.

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.

Keywords

Security System, Magnetic Sensor, Arduino LilyPad, Notifications, Home Accidents for Children, Wi-Fi, IoT, IFTTT, Babies, Crawling, Application, ESP-01.

I. INTRODUCCIÓN

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 [1]. Con el pasar del tiempo un bebé adquiere la capacidad de desplazarse (gateo) sin necesidad de ayuda, esto genera grandes preocupaciones en los padres debido a que sus hijos pueden llegar a sitios peligrosos sufriendo graves accidentes [2], 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 [3].

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 [4]. 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 [1].

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 [5].

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 los 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.

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.

II. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

A. *Desarrollo evolutivo en la primera infancia de 0 a 18 meses*

Describe el desarrollo evolutivo de un bebé de manera general en los periodos claves de la línea de tiempo de 0 a 18 meses. Durante cada etapa ocurren cambios en los dominios primarios del desarrollo, estos son: físicos, intelectuales, lingüísticos y social - emocionales.

- *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.

- *Desarrollo emocional y social*

El desarrollo de esta área brinda a los bebés la capacidad de hacer y mantener relaciones sociales tanto con adultos como con 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.

- *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 a los 7 u 8 meses 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.

B. *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 [6].

De acuerdo a [7], 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.
- **Compresión 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 si 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.

C. 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.

- *Componentes de un sistema de seguridad*

Un sistema de seguridad típico incluye [8]:

- **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.

D. 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 " [9].

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.

E. 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 [10]. 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.

- *Aplicaciones de los sensores*

La Tabla I detalla algunas áreas de aplicaciones y los tipos de sensores que comúnmente se usan en ellas.

TABLA I
ÁREAS DE APLICACIÓN Y SENSORES USADOS

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: Obtenido de [11]

F. 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.

- Bluetooth
- Wi-Fi
- Zigbee

G. 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.

- 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 1 estos son: Android, iOS y Windows Phone.

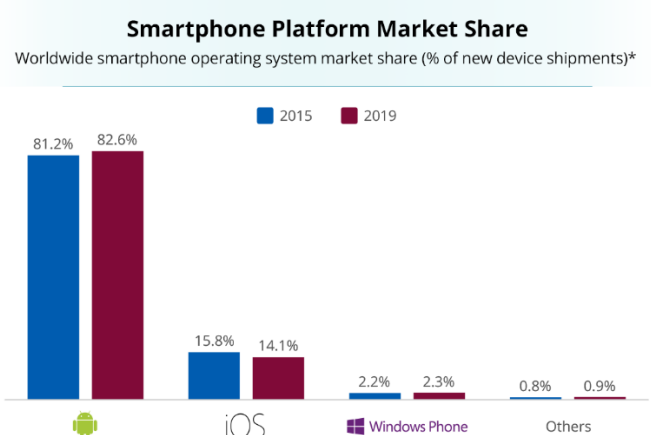


Fig. 1. Análisis de las plataformas más populares y pronósticos hasta el 2019
Fuente: Obtenido de [12]

III. DESARROLLO

Mediante un análisis técnico se detalla el hardware a usar, su respectiva programación y los elementos que se requieren para el armado del sistema. El prototipo es capaz de detectar mediante sensores magnéticos 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.

A. Arquitectura

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 funcionan como secuencia de otro. La Figura 2 muestra dichos bloques de funciones.

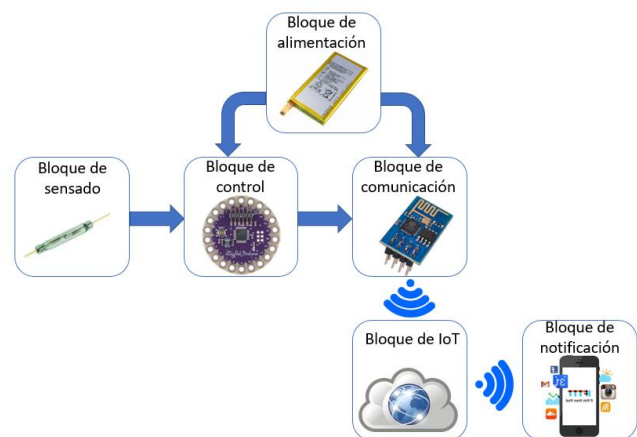


Fig. 2. Diagrama de bloques de la arquitectura general del sistema de seguridad para bebés

Fuente: Elaborado por el Autor

B. Bloque de control

Se encuentra 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.

- Elección de la placa de control

La selección de la placa de desarrollo que conforma el bloque principal de control se lo ha realizado mediante un análisis exhaustivo de los requerimientos del proyecto, la placa elegida debe tener las características adecuadas para acoplarse de la mejor manera a este tipo de proyecto.

Arduino LilyPad Main Board

La placa LilyPad de Arduino fue diseñada para aplicaciones portátiles y textiles electrónicos, está destinada a ser cosida a tela y conectada a otros componentes o sensores usando hilo conductor. Tiene la capacidad de funcionar con voltajes de entrada menor a 5V, 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 [13].

Como muestra la Figura 3, su forma circular y su distribución de pines de E/S hace más fácil la realización de proyectos basados en electrónica textil. El hardware de la placa LilyPad es básicamente el mismo que el Arduino UNO con pines digitales y análogos que cumplen las mismas funciones.

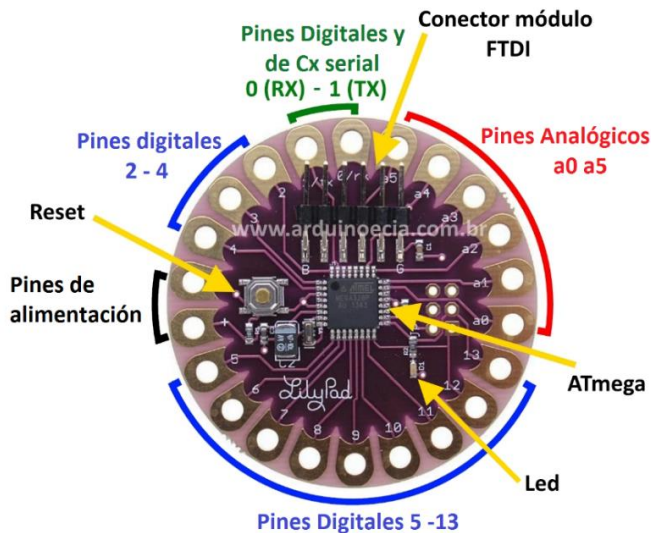


Fig. 3. Arduino LilyPad Main Board
Fuente: Editado por el Autor

C. Bloque de sensado

Se encarga de detectar los valores del medio y por las variaciones de éste accionar un proceso de conmutación que activará una señal. Consta de sensores conectados a la placa controladora y las cintas magnéticas colocadas en distintos sitios.

- Elección de los sensores

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 otros sensores.

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, los materiales que lo conforman tienen una alta permeabilidad magnética, lo cual hace que magnetizarlo sea más fácil, los contactos se encuentran uno delante de otro y separados a una cierta distancia (normalmente abierto) [14].

La Figura 4 presenta la composición y forma de este sensor, también muestra la manera en que se activa frente a un campo magnético como un imán.

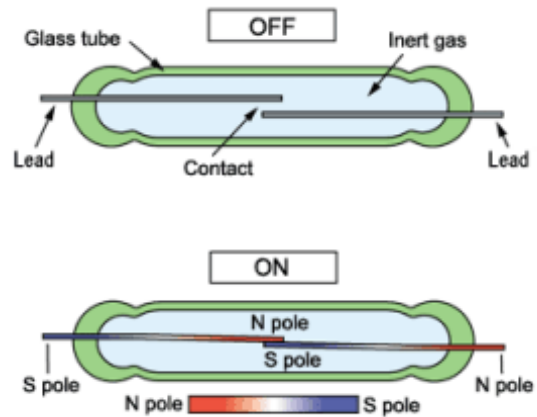


Fig. 4. Funcionamiento del sensor Reed Switch normalmente abierto
Fuente: Obtenido de [14]

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.

D. Bloque de comunicación

Se encuentra 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.

- *Elección del módulo de comunicación*

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, 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 5, se pueden observar los componentes del módulo y la distribución de pines que tiene.

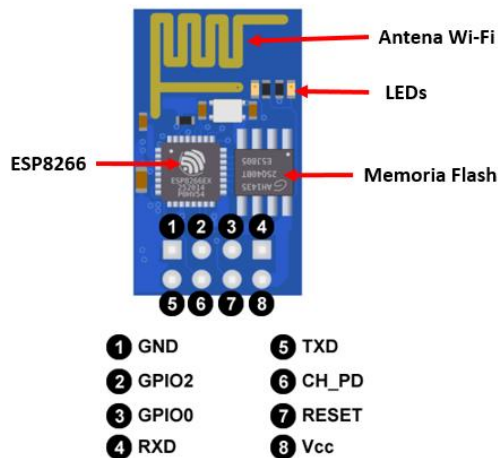


Fig. 5. Componentes y distribución de pines del módulo ESP-01
Fuente: Elaborado por el Autor

La programación del módulo se lo realiza mediante comandos AT, siendo esta posible mediante el uso de un cable Serial-USB o directamente desde la placa controladora para enviar las variadas instrucciones mediante los pines de comunicación serial.

E. Bloque de IoT

Recibe la información del bloque de comunicación, esto se realiza mediante peticiones web generadas por el bloque de comunicación.

Permite recibir y almacenar datos por internet para después realizar diferentes acciones como por ejemplo enviar notificaciones hacia los teléfonos inteligentes.

- *Elección de la plataforma IoT*

Existen numerosas plataformas web que prestan servicios en la nube, para la selección se ha optado por tomar la que mejor se ha acoplado al sistema en términos de facilidad de uso, documentación y costos.

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 [15].

Configuración de la plataforma

Para poder acceder a los servicios de la plataforma es necesario registrarse en la página oficial de ThingSpeak, una vez creada la cuenta se puede iniciar la configuración para la recepción de datos y envío de notificaciones mediante peticiones HTTP. El envío de datos se los hace mediante las API Request generadas por la plataforma como se mira en le Figura 6.

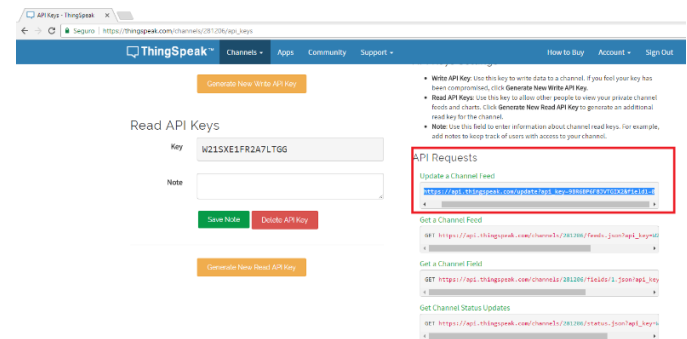


Fig. 6. API Request de actualización del campo
Fuente: Obtenido de [15]

Para generar las notificaciones, se usa el servicio ThingHTTP el cual permite enlazar la plataforma a una aplicación, al configurarla también se generan los API Request como en el anterior caso de actualización de datos.

F. Bloque de notificación

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.

• *Elección de la aplicación*

Existen distintos tipos de aplicaciones especializadas para trabajar mediante solicitudes web y llaves API, cada una tiene diferentes maneras de funcionar.

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.

IFFF (If This Then That)

Es una herramienta web y una aplicación a la vez que funciona con la idea de automatizar aplicaciones habilitadas en dispositivos inteligentes. 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 [16].

Configuración de la aplicación

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 [16].

Para acceder a los servicios de IFTTT es necesario registrarse, para esto nos dirigimos a la página principal, 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 (ver Figura 7).

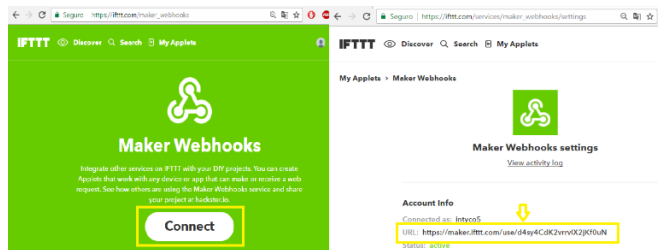


Fig. 7. Conexión e información del canal Maker Webhooks
Fuente: Obtenido de [17]

Una vez realizados los pasos de conexión al canal Maker Webhooks se realiza la configuración de la aplicación en un Smartphone como se observa en la Figura 8.

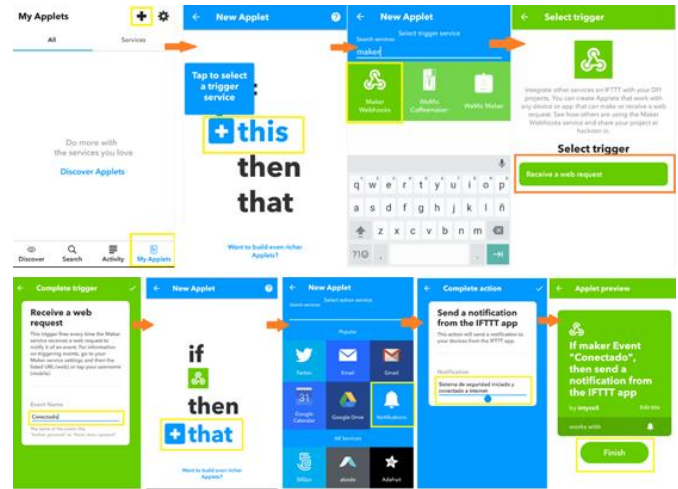


Fig. 8. Configuración de la aplicación IFTTT
Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez creado el Applet en la aplicación de IFTTT, se hará uso del formato de la solicitud web de Maker Webhooks, este debe copiarse y pegarse en la aplicación ThingHTTP de la plataforma IoT.

G. Bloque de alimentación

Se encarga de suministrar energía a los componentes de todo el sistema siendo los que más corriente consumen el bloque de control y el de comunicación.

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.

• *Consumo de corriente*

La Tabla II 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 II
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

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

Ecuación 1. Fórmula del consumo medio de corriente
Fuente: Obtenido de [18]

Los datos a tomar en cuenta son los siguientes:

$T_{cd}= 16,66$ h, $T_{cn}= 8,57$ h, $I_{cd} = 90$ mA, $I_{cn}=175$ mA.

Aplicando los valores en la Ecuación 1, se obtiene:

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

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

Con el consumo de corriente promedio obtenido, se puede calcular la duración que tendrá la batería, para esto se divide la capacidad de la batería seleccionada para el consumo promedio calculado:

$$\text{Tiempo de duración}= (1500 \text{ mAh})/(118,9 \text{ mA})$$

$$\text{Tiempo de duración}= 12,61 \text{ h}$$

H. 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 [9].

La Figura 9 muestra los diferentes pasos y el proceso que sigue el bloque de control para realizar distintas actividades, brindando una mejor comprensión acerca del funcionamiento del sistema.

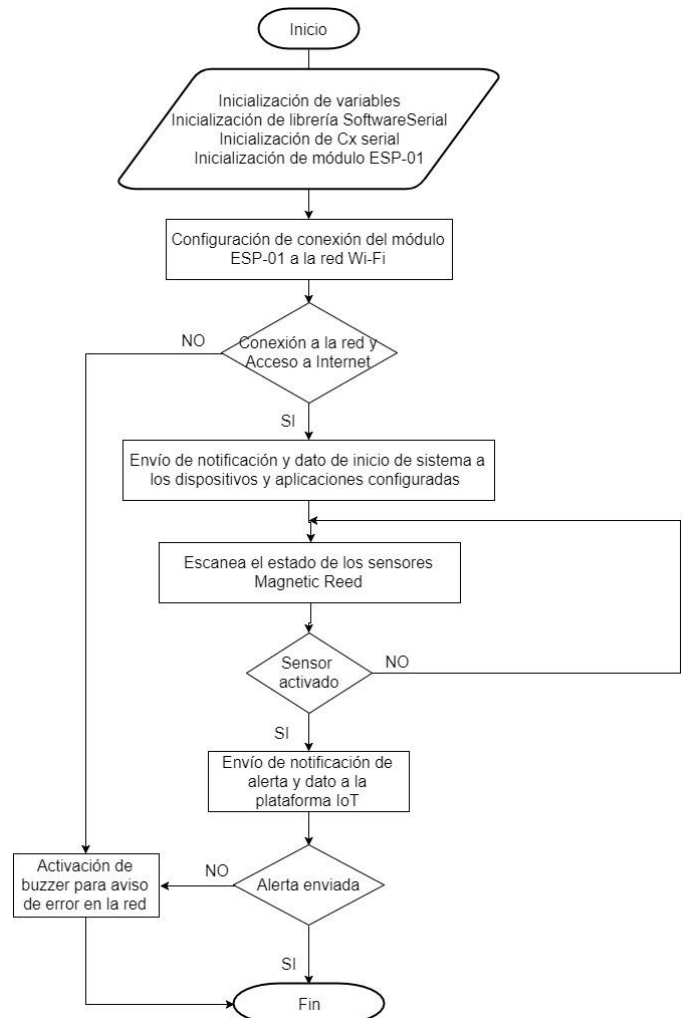


Fig. 9. Diagrama de flujo de la placa de control
Fuente: Elaborado por el Autor

IV. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

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.

A. Implementación del sistema de seguridad para bebés

Antes de integrar el sistema en el arnés, se ha realizado un prototipo con todos los elementos que conforman el sistema para probar el funcionamiento en conjunto de todos los bloques mencionados.

- *Circuito de conexión del sistema completo*

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.

La Figura 10 muestra el esquema eléctrico de todos los elementos de los bloques de sensado, control, comunicación y alimentación.

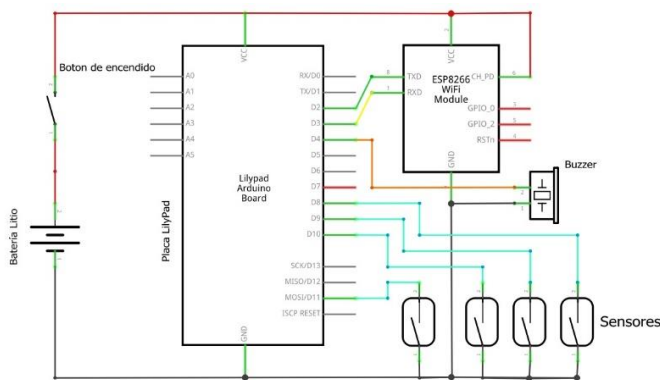


Fig. 10. Esquema eléctrico del sistema completo
Fuente: Elaborado por el Autor

Para una mayor comprensión, se muestra también en la Figura 11 el esquema de montaje que tienen los elementos del sistema, ésta muestra ilustrativamente las conexiones de los pines de un elemento con otro respectivamente.

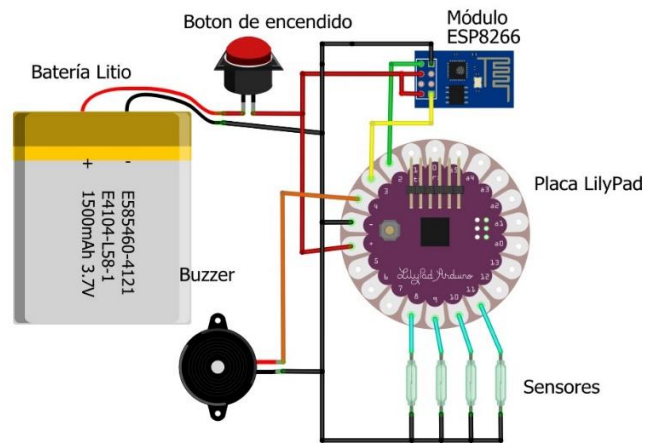


Fig. 11. Esquema de montaje del prototipo del sistema completo
Fuente: Elaborado por el Autor

El arnés será diseñado de manera que el segmento que llevan los componentes pueda instalarse en la espalda del infante (ver Figura 12), además, llevará unas extensiones hasta la parte trasera de las rodilleras donde se conecta a las rodilleras de gateo los cuales llevan instalados los sensores.

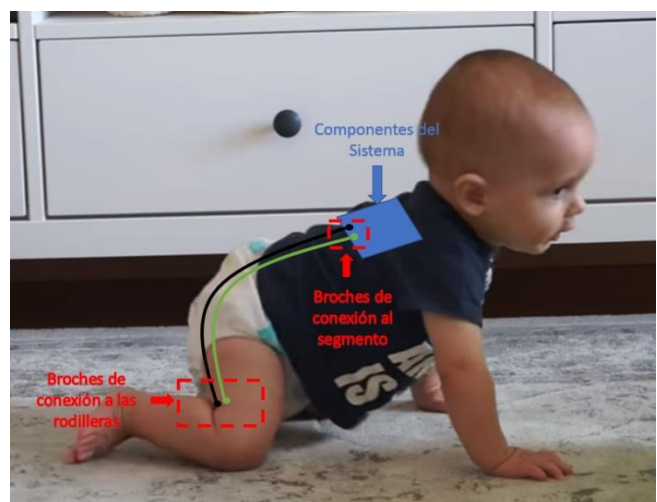


Fig. 12. Ubicación de los componentes y broches de conexión para el diseño del arnés
Fuente: Editado por el Autor

- *Creación de la placa para el módulo Wi-Fi y control de alimentación*

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 13, los pines destinados a ser cocidos son: Rx y Tx del módulo Wi-Fi, la fuente de alimentación (positivo y negativo) y un pin del buzzer.

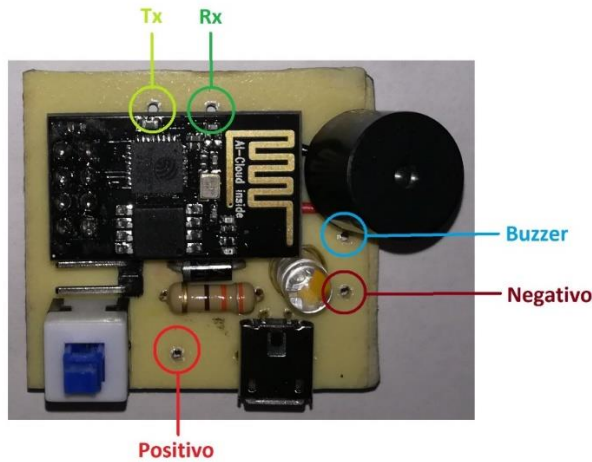


Fig. 13. Ubicación de los pines destinados a coserse en la placa realizada
Fuente: Elaborado por el Autor

- *Integración de las placas en tela*

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 14 muestra el diseño de las conexiones que se han realizado para comunicar y alimentar las 2 placas.

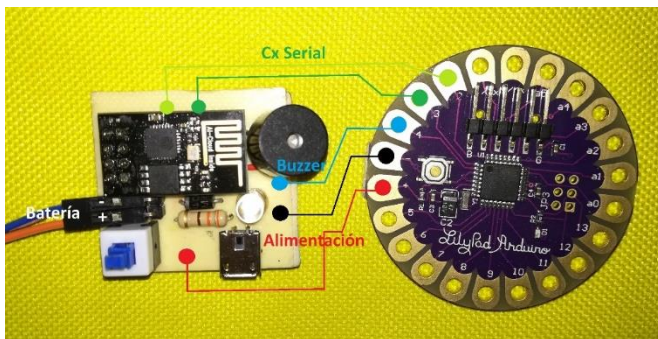


Fig. 14. Diseño de conexiones de las dos placas del sistema
Fuente: Elaborado por el Autor

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, como se ve en la Figura 15 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 cosida.



Fig. 15. Ubicación del bolsillo de la batería en la parte trasera del segmento desmontable
Fuente: Elaborado por el Autor

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 16 muestra los broches colocados en la tela y las conexiones realizadas con la placa Arduino LilyPad.

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.



Fig. 16. Broches para la conexión de sensores y GND en el segmento desmontable
Fuente: Elaborado por el Autor

- *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.

Según datos obtenidos de [19] los niños y niñas que tienen una edad entre 6 y 18 meses tienen una estatura promedio entre 66cm a 81,5 cm (ver Figura 17). Se realizará el diseño del arnés para que se adapte a estas dimensiones.

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

Fig. 17. Estatura y peso promedio de los infantes de acuerdo a su edad
Fuente: Obtenido de [19]

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 18 muestra el arnés elaborado y la ubicación de los broches para la conexión del segmento desmontable.



Fig. 18. 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 como se ve en la Figura 19, se realiza una especie de cinturón ajustable mediante cinta velcro para evitar el movimiento inadecuado de las extensiones.

Al final de las extensiones se encuentran otros broches los cuales se conectarán con las rodilleras de gateo (ver Figura 20).

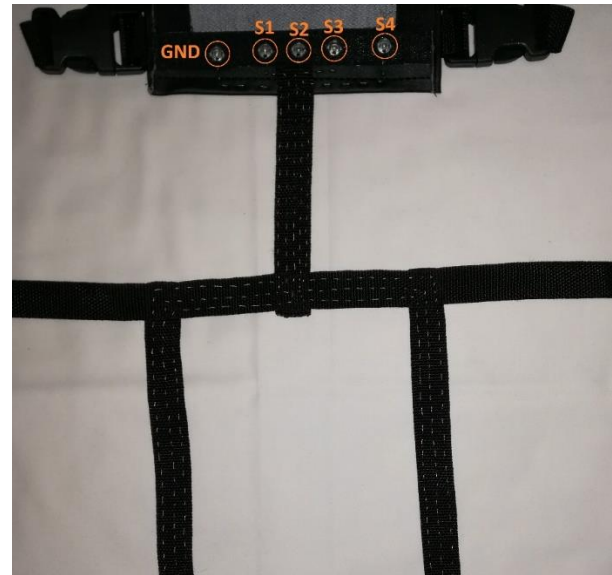


Fig. 19. Extensión de las conexiones sobre cinta mediante hilo conductor
Fuente: Elaborado por el Autor

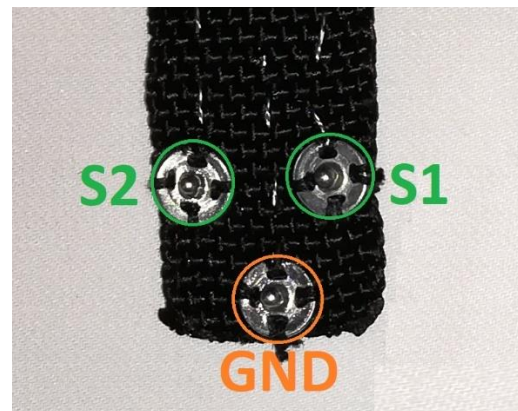


Fig. 20. Broches ubicados al final de las extensiones del arnés
Fuente: Elaborado por el Autor

- *Instalación de los sensores*

Los sensores se colocarán en las zonas laterales de las piernas debajo de las rodillas (ver Figura 21), 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.

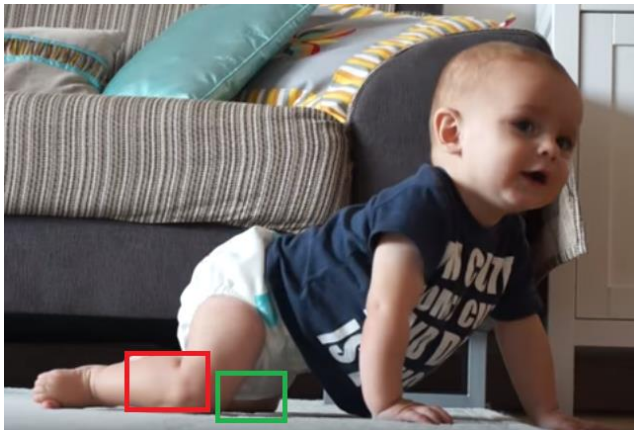


Fig. 21. Ubicación de los sensores del sistema de seguridad
Fuente: Editado por el Autor (Obtenido de YouTube)

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 y al arnés se los realiza mediante hilo conductor y broches, la Figura 22 muestra los broches instalados en la rodillera, tanto para la conexión de los sensores como para la conexión de las rodilleras, se muestra el resultado del interior como el exterior después de su colocación.



Fig. 22. Broches de conexión para el arnés y sensores
Fuente: Elaborado por el Autor

- *Conexión del prototipo del sistema de seguridad*

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 23 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.

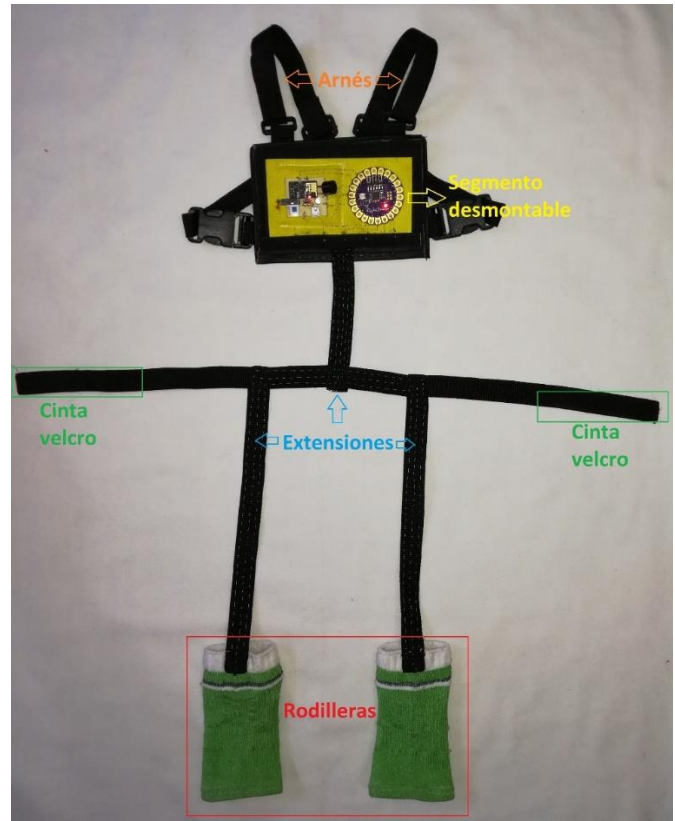


Fig. 23. Sistema de seguridad completamente armado
Fuente: Elaborado por el Autor

- *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.

Velocidad de gateo

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 III.

TABLA III
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: Obtenido de [20]

De acuerdo a los resultados se obtiene que la velocidad promedio de gateo de un bebé es de 0,21 metros sobre segundo.

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 IV.

TABLA IV
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

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.

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 que distancia colocar la cinta.

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

Ecuación 2. 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 24 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.



Fig. 24. Cinta magnética instalada a 1,54m de las escaleras

Fuente: Elaborado por el Autor

B. 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 se coloca adecuadamente a un bebe como se muestra en la Figura 25.



Fig. 25. Prototipo del sistema de seguridad colocado a un bebé
Fuente: Elaborado por el Autor

- *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 demasiado 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 V, el resultado de las pruebas muestra que el sistema tarda aproximadamente 19 segundos en encenderse.

TABLA V

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

La Figura 26 muestra las notificaciones de inicio recibidas en una Tablet y en un smartphone vinculados durante las pruebas realizadas con el botón de encendido.

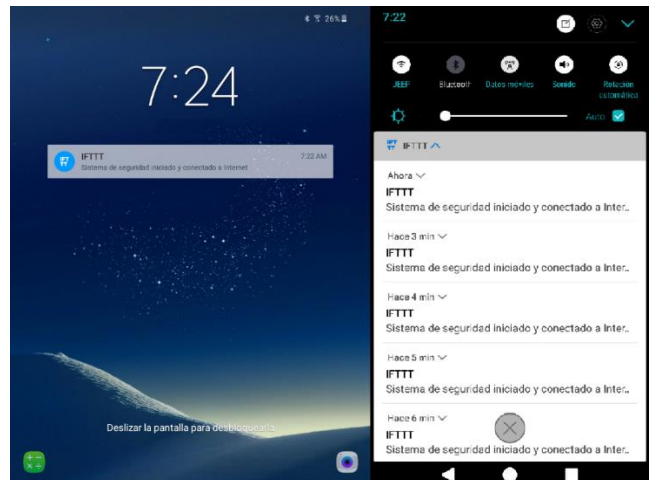


Fig. 26. Notificaciones recibidas durante las pruebas de inicio del sistema
Fuente: Elaborado por el Autor

- *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 27 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.



Fig. 27. 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 VI.

TABLA VI

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 hasta 13 metros del router y se han obtenido de igual manera tiempos entre 6,8 a 7,8 segundos.

La Figura 28 muestra la notificación que se recibe cuando se ha activado un sensor, este tiene como texto “Alerta! Tu bebé está en peligro”.

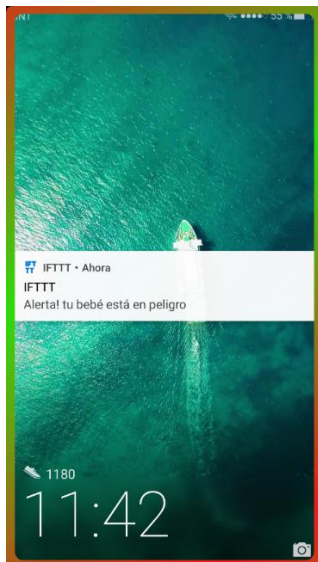


Fig. 28. Notificación de alerta recibida en un dispositivo Android
Fuente: Elaborado por el Autor

• *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 29 muestra los datos almacenados mediante las pruebas realizadas con el inicio del sistema y envío de alarmas.

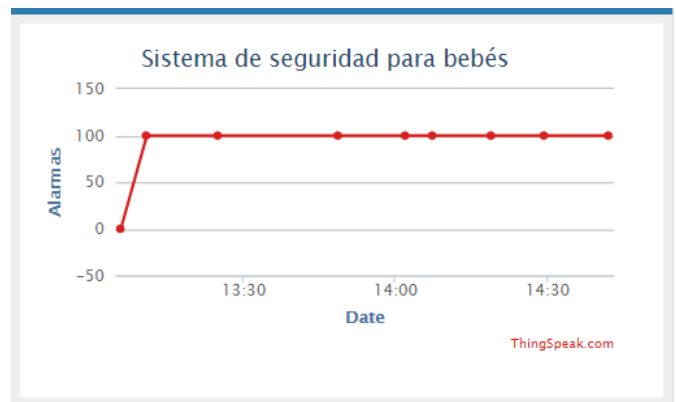


Fig. 29. Datos almacenados durante las pruebas del envío de notificaciones de alarma

Fuente: Elaborado por el Autor

C. *Campos electromagnéticos y efectos sobre la salud*

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 [21].

- *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.

- *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 [22].

La Figura 30 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 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 > Asbesto (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)	68 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 urinario) > Combustible diesel, marinos > Limpieza en seco (exposición ocupacional) > Bomberos (exposición ocupacional) > Estreño > Trabajo en Fabricación Textil > Campos Magnéticos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF) > Polvos de talcos higiénicos.	512 agentes, incluyendo: > Acido 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 "seguro", salvo para esta clasificación

Fig. 30. Clasificación de la IARC

Fuente: Obtenido de [22]

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

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

TABLA VII

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

V. ANÁLISIS ECONÓMICO

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

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

TABLA VIII

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 análisis 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.

VI. 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.

REFERENCIAS

- [1] A. C. A. Minda, 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, 2011.
- [2] M. V. Ocaña, «Prevención de accidentes en bebés y niños,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.guiainfantil.com/1505/prevencion-de-accidentes-entrevista-a-jose-c-garcia-yonte.html>.
- [3] Asociación Española de Pediatría, Principales accidentes por edades, Madrid, 2015.
- [4] A. M. M. Seminario, M. J. S. Segovia y A. E. T. Durán, 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, 2015.
- [5] Academia Americana de Pediatría, «SafetyLit,» 2017. [En línea]. Available:

- <http://pediatrics.aappublications.org/content/89/6/999.short>.
- [6] S. Eckersley, «Crawling,» *Occupational Therapy for Children*, 2011.
- [7] Kidspot, «Six reasons why crawling is important,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.kidspot.com.au/baby/baby-development/milestones/six-reasons-why-crawling-is-important>.
- [8] Safewise, «Safewise All Rights Reserved,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.safewise.com/home-security-faq/how-do-security-systems-work>.
- [9] Arduino, «Arduino-Home,» [En línea]. Available: www.arduino.cc.
- [10] L. Herrero, «Características de los sensores (Dinámicas y Estáticas),» 04 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://mundosensor.blogspot.com/2014/11/caracteristicas-de-los-sensores.html>.
- [11] A. R. Serna, F. A. G. Ros y J. C. N. Rico, Guía Práctica de Sensores, España: Creaciones Copyright, S.L., 2010.
- [12] M. Rosoff, «The research firm that once thought Microsoft would beat the iPhone has given up on Windows Phone,» 07 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://uk.businessinsider.com/idc-smartphones-market-share-2015-12>.
- [13] Arduino, «MCI electronics,» 2017. [En línea]. Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [14] J. Molina, «Tecnología REED (Reed Switch),» 2017. [En línea]. Available: www.monolithic.com.
- [15] ThingSpeak, «The open IoT platform with MATLAB analytics,» 2017. [En línea]. Available: <https://thingspeak.com/>.
- [16] E. Betters, «What is IFTTT and how does it work,» 19 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.pocket-lint.com/news/130082-what-is-ifttt-and-how-does-it-work>.
- [17] IFTTT, «Do more with the services you love,» 2017. [En línea]. Available: <https://ifttt.com/>.
- [18] E. O. Carrión, 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, 2016.
- [19] OMS, «Informe mundial sobre prevención de las lesiones en los niños,» Organización Panamericana de la Salud, México, 2012.
- [20] M. Hernández García, M. E. Sánchez Zúñiga, D. Villanueva Ayala y J. C. Pérez Moreno, «Modelo dinámico para valoración del gateo,» *Medigraphic*, p. 30, 2016.
- [21] The Telegraph, «Wi-Fi is not harming our children,» 13 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.telegraph.co.uk/women/mother-tongue/11599311/Wi-Fi-is-not-harming-our-children-heres-the-evidence.html>.
- [22] IARC, «Clasificaciones de la IARC,» 28 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.

Sobre el Autor



Inti J. CHICO MORALES. Nació en Otavalo el 01 de junio de 1993. Realizó sus estudios primarios en la escuela “José Martí”. Culminó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico “Otavalo” obteniendo el título de bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático en el año 2011. Actualmente, se encuentra realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte - Ecuador.

Electronic Safety System That Alert and Prevents Baby Accidents That Happen When They Start to Mobilize Independently Based on The Arduino Platform

Author - Inti CHICO Javier MORALES

Faculty of Engineering of Applied Science, Technical University of North 17th Avenue from July 5 to 21, and José María Córdova, Ibarra, Imbabura

ijchico@utn.edu.ec

Summary. *In the present Project, an electronic safety system has been developed for infants who starts to mobilize independently by crawling. The system connects via an antenna to the home Wi-Fi network and it's able to send alert notifications over the Internet. Notifications are generated when a baby comes closer to sites 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 some 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 it. 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 its components were verified. Tests were performed placing the implement on a 1-year and 4-month-old baby, as an essential feature it used its crawling ability as a way to move. Activation of sensors by detecting the magnetic tapes and the arrival of alert notifications on the linked devices through the multiplatform application IFTTT were verified.

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

Keywords

Security System, Magnetic Sensor, Arduino LilyPad, Notifications, child domestic accidents, Wi-Fi, IoT, IFTTT, Babies, Crawling, application, ESP-01.

Abstract. *An electronic safety system has-been developed for infants who starts to Mobilize Independently by crawling. It*

connects via an antenna to the home Wi-Fi to send alert notifications over the Internet.

This system is integrated in a garment kind of a harness which is connected to some knee pads to crawl. Magnetic Reed sensors have been integrated into the knee pads to detect the magnetic tapes when the baby passes on it. In addition, a buzzer is integrated as an error indicator and a micro USB port for charge the battery. All components are controlled by the Arduino LilyPad.

Tests were performed placing the implement on a 1-year and 4-month-old baby, as an essential feature it used its crawling ability as a way to move. Activation of sensors by detecting the magnetic tapes and the arrival of alert notifications on the linked devices through the multiplatform application IFTTT were verified. Finally, as an additional complement, data storage was verified on an IoT platform, to show how many times the system is turned on and an alarm is triggered.

Keywords

Security System, Magnetic Sensor, Arduino LilyPad, Notifications, Home Accidents for Children, Wi-Fi, IoT, IFTTT, Babies, Crawling, Application, ESP-01.

I. INTRODUCTION

Childhood accidents are among the first places within the causes of mortality, in Ecuador 30% of accidents occur at home, especially with babies and children of which 10% bring with them fatal consequences [1]. With the passage of time a baby acquires the ability to move (crawl) without assistance, this raises great concerns in parents because their children can reach dangerous places suffering serious accidents [2], while the baby grow acquires greater capacity for mobility, this will also

increase the risk for different types of injuries such as falls, burns, bruises, cuts and poisoning [3].

According to studies carried out by students at the University of Cuenca, babies from 7 months and older have a higher chance to suffer accidents because at develop new capabilities they feel the need to explore the places that surround it in its entirety [4]. According to statistics of emergency services of the hospital San Vicente de Paul in Ibarra city, 47% of children under 5 are babies who do not pass the two years which have been admitted for domestic accidents[1].

Children who begin to crawl have the risk of blows to the head, greater possibility of fracture in the arms and legs, burns, poisoning and cuts by sharp objects [5].

According to the above its required develop an electronic security system for babies which alert and prevent accidents that can occur when babies begins to move independently by crawling. The development of this system will perform on the free platform Arduino and will allow provide security to a baby while it is playing and scrolling through the different parts of a house, when arriving at a dangerous place the sensors of the system detect the special tapes installed in that place and activate an alarm that arrives at a mobile device to alert the parents of the exposure to the danger. The use of the Arduino platform will facilitate the integration of sensors to connect with the environment and in this way, develop the system.

The system will benefit the baby's well-being and provide parents peace of mind. In addition, in this way it is expected to reduce the rates of childhood accidents that are registered in the emergency services.

II. DEFINITIONS AND CONCEPTS

A. *Evolutionary development in early childhood from 0 to 18 months*

It describes the evolutionary development of a baby generally at key periods of the timeline from 0 to 18 months. During each stage changes occur in the primary domains of development, these are: physical, intellectual, linguistic and social - emotional.

- *Cognitive development*

From the seventh month in the cognitive area, the baby learns to control his body more, expanding his perspective of exploring the environment and acting to achieve something between the things that surround him. It begins its autonomy while being curious about new things without considering the risk of its actions.

- *Emotional and social development*

The development of this area gives babies the ability to make and maintain social relationships with both adults and other children. Babies move around searching for someone or something and are carried away by their emotions and the satisfaction they will achieve by expressing their feelings through actions, they gain more and more experience in understanding and responding to the emotions of others.

- *Psychomotor development*

Psychomotor development encompasses changes in the size, shape, and physical maturity of the body, including physical abilities and body coordination.

The ability to move independently acquire it at 7 or 8 months of life, this is the age in which your body learns to take the crawling posture to make small and large displacements and at the same time the ability to explore the world alone, before this age can carry out minimum displacement crawling which does not present such danger as when it begins to crawl.

B. *Importance of crawl*

The learning of crawling is a very important phase in the development of an infant's life, through which babies learn to move and investigate their environment as part of their natural development process. Natural curiosity and need to explore their world result in different effective ways of movement, about 7 to 8 months, baby will learn to balance on his hands and knees and slowly learn to move forward and backward pushing and carrying synchronized movements [6].

According to [7], there are several reasons that show that crawling plays an important role in the development of the infant, the main ones are mentioned below:

- **Physical development:** gross and fine motor skills, balance and hand-eye coordination.

- **Spatial understanding:** It provides the child with a physical understanding and orientation of the physical world around him together its relationship with the position within it.

- **Visual compression:** It includes the ability to calculate distances and make sense of what you see.

- **Coordination:** development of the brain to coordinate the movements of its different extremities and to encourage the crawling and later the walk.

- **Self-confidence:** It makes decisions discovering in this way its potential and limitations, also helps to develop in a certain way its autonomy

- **Physical strength:** begins to develop muscles in the back, legs and arms which is important to walk on their own feet.

C. *Electronic security systems*

The most basic definition of any security system is in its name; is literally a means or method by which something is secured by a system of interworking of components and devices. It could also refer to any electronic equipment that could carry out security operations such as monitoring, access control or activating alarms in a facility or area.

- *Components of a security system*

A typical security system includes[8]:

- **Control panel:** The control panel is the equipment that communicates with each installed component, can generate alarms when a safety zone is violated and monitor the sensors. Usually it is where programming is done, in our case where system code will be introduced will be an Arduino board.

- **Sensors:** They are elements capable of measuring physical and chemical quantities of medium and converting them into processable electrical signals. These signals containing information according to magnitudes depending on a variable (temperature, color, humidity, light, etc.). A sensor installed in a system is in constant communication with the control panel sending data obtained from the medium.

- **Alarms:** They are elements capable of warning some type of danger by means of sound, visual or other type of notifications. This element is controlled by the main panel that evaluates and interprets the sensors of the system and according to the situation active states it if is necessary.

D. *Arduino*

Arduino is described by its creators as "an electronic prototyping platform based on open source flexibility, hardware and software easy to use" [9].

The goal of Arduino is to create an accessible way to enter the world of microcontroller programming for software developers, Arduino is a built-in microcontroller interface based on an Atmel ATmega processor, coupled with an easy programming and language environment for the creation of projects.

It is open source, in both its software and hardware specification, has the ability to install more sophisticated pre-assembled modules that give the board additional functionality. The hardware can be found with different variations according to the model of the board, either from a small portable device to large boards for different purposes.

E. *Sensors*

They are devices capable of detecting and responding to input some physical means, can detect specific signals such as light, heat, motion, moisture, pressure, or any other phenomenon that is in the environment. A sensor converts a physical parameter into a signal that can be measured electrically and interpreted by additional processes [10]. In short, it can be said that a sensor converts real-world information into an electrical signal in order to detect some characteristic of its surroundings.

- *Sensor applications*

Table I lists some areas of applications and sensor types commonly used in them.

TABLE IX
AREAS OF APPLICATION AND SENSORS USED

Application	Sensors
Humidity	Capacitive, Resistive
Distance	Infrared, Ultrasonic
Cold/Hot	Thermoelectric cells (Peltier)
Temperature	Thermistors (PCT, NTC, Semiconductors)
Presence	Magnetic, Infrared, Ultrasonic
Flow	Piezoelectric, Magnetoresistive
Illumination	Fotorresistivos (LDR) Photoelectric
Position / Tilt	Mechanical, Resistive, accelerometers, Magnetics
Pressure	Piezoelectric, Resistive
Chemicals	Gas and smoke detectors

Source: Retrieved from [11]

F. *Wireless connectivity technologies for Arduino*

There are different options when communicating with your Arduino, these can be wired or wireless depending on the purpose of each project. This case will mention some of the wireless connectivity technologies, each has its advantages and disadvantages as different characteristics that are taken into account to make their selection, these may be: network topology, transmission speed, power consumption, reach and stability.

- Bluetooth

- Wi-Fi
- Zigbee

G. Mobile apps

A mobile application or commonly known as app, is a software application specifically developed to be executed on smart wireless devices such as smartphones, tablets, smartwatch's and others instead of computers or laptops.

- *Platforms for mobile application development*

There are several platforms for the development of applications, each of them requires different programming skills. Next, mention is made of 3 of the most popular platforms to date, as you can see in Figure 1 these are: Android, iOS and Windows Phone.

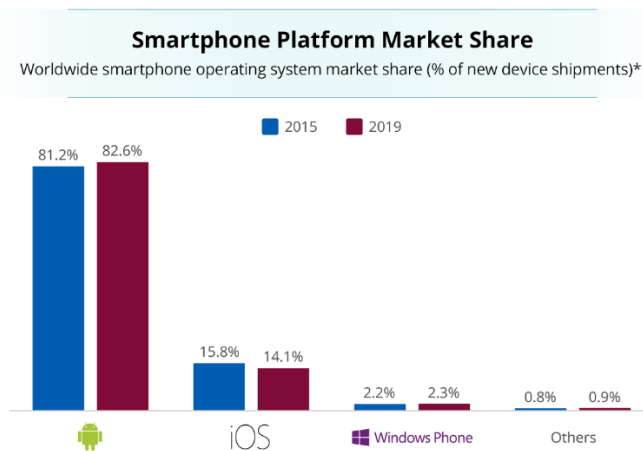


Fig. 31. Analysis of the most popular platforms and forecasts to 2019
Source: Retrieved from [12]

III. DEVELOPMENT

A technical analysis details the hardware to be used, its respective programming and the elements that are required for the assembly of the system. The prototype can detect by magnetic sensors the places marked as potentially dangerous thanks to magnetic tapes placed in these places. Finally, the section of notifications is developed through an IoT platform to send push notifications through the internet to the smartphones of parents.

A. Architecture

The design of the project has been divided by blocks, which are essential to reach the expectations raised, each block fulfills specific functions and functions as a sequence of another. Figure 2 shows such function blocks.

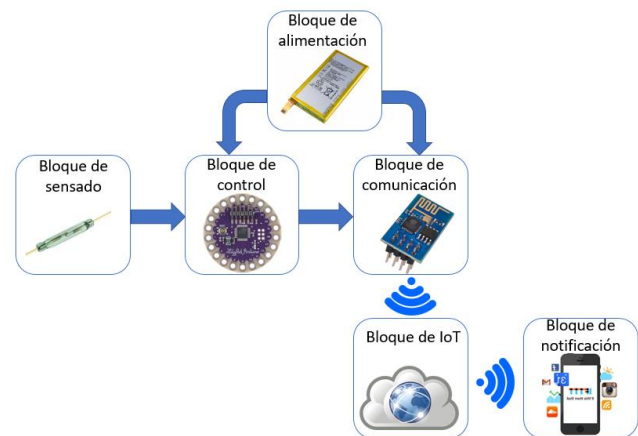


Fig. 32. Block diagram of the general architecture of the baby safety system
Source: Prepared by the author

B. Control Block

It is in constant communication with the sensors and processes the signals that come from them, after activating an alarm signal comes into action with the communication port to give the alert command, this block is also in charge of controlling the basic functions of whole system in general.

- *Choice of the control board*

The selection of the development board that conforms the main control block has been made through an exhaustive analysis of the requirements of the project, the chosen board must have the appropriate characteristics to fit the best way to this type of project.

LilyPad Arduino Main Board

The Arduino LilyPad board was designed for portable applications and electronic textiles, is intended to be sewn to fabric and connected to other components or sensors using wire. It has the ability to operate with input voltages less than 5V, these characteristics are essential for the type of project you have because a battery will be used as a power source and will be integrated into a garment [13].

As shown in Figure 3, its circular shape and its I / O pin layout make it easier to carry out electronic textile based projects. The hardware of the LilyPad board is basically the same as the Arduino UNO with digital pins and the like that fulfill the same functions.

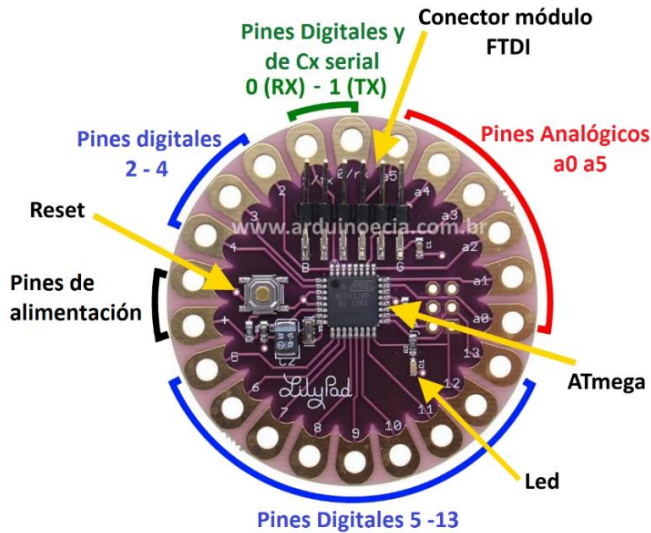


Fig. 33. LilyPad Arduino Main Board
Source: Edited by the author

C. Sensing block

It is responsible for detecting the values of the medium and for the variations of this one to activate a switching process that will activate a signal. It consists of sensors connected to the controller board and the magnetic tapes placed in different places.

- *Choice of sensors*

The types of sensors to be used in the project are the magnetic sensors due to their great sensitivity, stability and easy use for their activation. In addition, this sensor is fully coupled to this type of project when avoiding false activation signals compared to other sensors.

Magnetic Reed

Also known as Reed Switch, is an element made up of two contacts or sheets built on a ferromagnetic material (iron and nickel) and coated with a resistant metal (rhodium or ruthenium) to provide a longer life, the materials that comprise it a high magnetic permeability, which makes magnetizing easier, the contacts are in front of each other and separated at a certain distance (normally open) [14].

Figure 4 shows the composition and form of the sensor, also shows how is active against a magnetic field like a magnet.

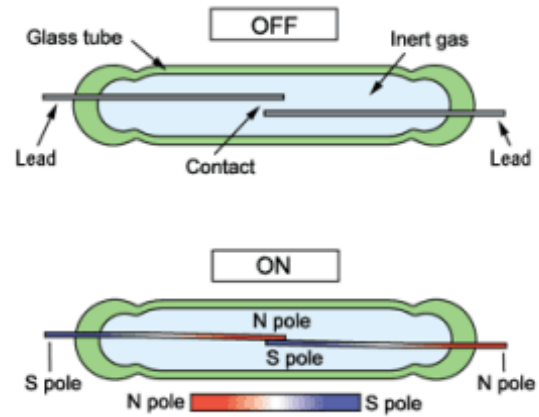


Fig. 34. Reed Switch sensor function normally open
Source: Retrieved from [14]

The trigger that attaches to the selected sensor is a magnetic tape, which has similar characteristics to a magnet and is thus ideal for changing the state of the Magnetic Reed sensor. The magnetic tape has dimensions suitable to be placed on the surface of the floor and must be placed in a suitable way so that the sensors are able to detect them.

D. Communication block

It is connected to the Internet through wireless home network and could send alerts requests IoT platform.

- *Choice of communication module*

The Wi-Fi module has been selected because of its scope, its reduced size and its lower cost compared to the other modules. It should be noted that there are different variants of this type of module with more sophisticated features, but these are also more expensive.

Wi-Fi module ESP8266 (ESP-01)

The ESP-01 is a module that incorporates the microcontroller ESP8266 and an antenna which together allow access to the Internet through a Wi-Fi network, the features that it has make the ESP-01 very versatile in saving some money and space in projects of any kind.

In Figure 5, you can see the module components and the pin assignment you have.

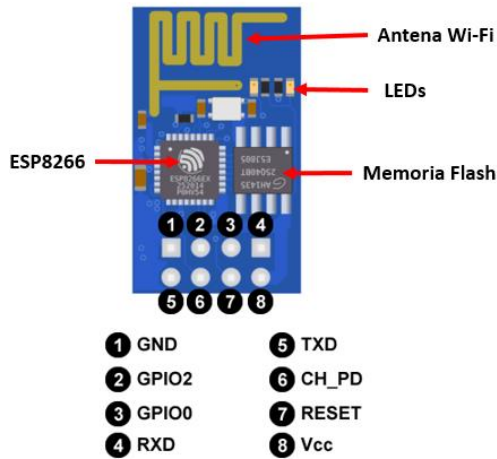


Fig. 35. Components and pinout of ESP-01 module
Source: Prepared by the author

Module programming is performed by AT commands, this being possible by using a Serial-USB cable or directly from the controller board to send the various instructions via serial communication pins.

E. IoT block

Receives information from the communication block, this is done through web requests generated by the communication block.

It allows receiving and storing data over the internet and then perform different actions such as sending notifications to smartphones.

- *Choosing the IoT platform*

There are numerous web platforms that provide cloud services, for the selection has been chosen to take the one that has been better coupled to the system in terms of ease of use, documentation and costs.

ThingSpeak

It is an open source platform applied to the Internet of Things (IoT), allows data collection and storage in the cloud, provides applications that allow analyzing and visualizing data to perform some type of action. The data can come from sensors connected to Arduino, Raspberry, Beagle Black or some other hardware or application [15].

Platform Configuration

To access the services of the platform is necessary to register in the official website of ThingSpeak, once created the account can start the configuration for receiving data and sending

notifications through HTTP requests. Sending data is done using the Request APIs generated by the platform as shown in Figure 6.

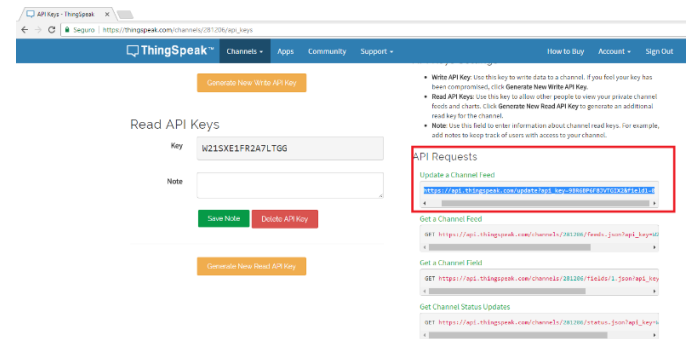


Fig. 36. API Request update field
Source: Retrieved from [15]

To generate the notifications, the ThingHTTP service is used, which allows to link the platform to an application, when configured, the APIs are generated as in the previous data update case.

F. Block notification

An application is used on a smartphone, it is able to communicate with the IoT platform and according to requests received via the internet generate alert notifications on the phone.

- *Choice of application*

There are different types of specialized applications to work with web applications and API keys, each has different ways of working.

The application chosen for the project is IFTTT, due to its free distribution for leading mobile platforms such as Android and iOS, in addition, can be used in different devices by configuring the same account, which can not be done with the other two alternatives mentioned. And finally adds different functionalities apart from generating notifications on the smartphone.

IFFF (If This Then That)

It is a web tool and an application while working with the idea of automating applications enabled on smart devices. Currently IFTTT supports over 400 services (also called "channels"), including Android devices and Apple iOS applications as reminders and photos, as well as websites such as Facebook, Instagram, Flickr, Tumblr, Google Calendar, Google Drive, Etsy, Feedly, Foursquare, LinkedIn, SoundCloud, WordPress, YouTube and more [16].

Application Settings

IFTTT works as follows: Users are automatically guided through a simple process to make scripts, also known as "Applets" or "Recipes" where some kind of event in a device or service triggers an action in another [16].

To access the services of IFTTT is necessary to register, for this we go to the main page, once created the account is required to connect to the Channel Maker Webhooks, this channel allows us to work with devices or applications that can create or receive web requests like is ThingSpeak (see Figure 7).

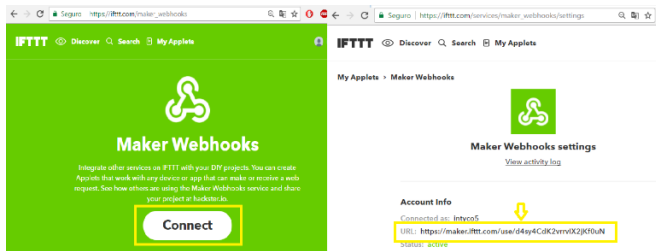


Fig. 37. Connection and information about Maker WebHooks channel
Source: Retrieved from [17]

Once the connection steps to the Maker Webhooks channel have been made, the application configuration is performed on a Smartphone as shown in Figure 8.

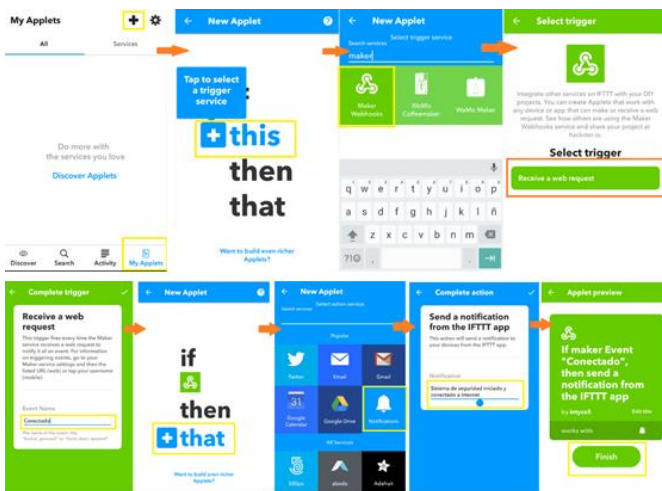


Fig. 38. IFTTT application settings
Source: Prepared by the author

Once the Applet is created in the IFTTT application, the Maker Webhooks web application format will be used, it must be copied and pasted into the ThingHTTP application of the IoT platform.

G. Power supply block

It is responsible for supplying power to the components of the whole system being the most consumed current control block and communication.

Since it is an autonomous system, the present project must carry a rechargeable battery as a power supply, it must have the appropriate dimensions and a capacity that guarantees the operation of the system for a certain time.

- *Current consumption*

Table II shows the consumption currents of each element installed in the system, the values represented are obtained through the use of a multimeter, the final value can vary around the practical tests, the sums of the currents will be used with the purpose of choosing the battery with adequate capacity for the system.

TABLE X
TOTAL CURRENT CONSUMPTION OF THE SYSTEM

Device	Quantity	Voltage	Current (standby)	Current (Maximum)
Arduino LilyPad	1	3,7V	10 mA	40 mA
Module ESP-01	1	3,7V	80 mA	120 mA
Magnetic Reed Sensor	4	0V	0 mA	0 mA
Buzzer	1	3,7V	0 mA	15 mA
Total			90 mA	175 mA

Source: Prepared by the author

Taking into account the consumption with all the elements working at the same time has a maximum consumption of 175mA so that to have an approximate 10 hours of autonomy will be used a lithium battery with a capacity of 1500mA.

As the system is not transmitting data at any time, the average value of energy consumption between the Stand-by and Normal state is calculated by Equation 1.

Where:

$$T_{cn} = \text{Time (Maximum Consumption)}$$

$$T_{cd} = \text{Time (Stand-by)}$$

$$I_{cn} = \text{Maximum Current Consumption}$$

$$I_{cd} = \text{Stand-by Current Consumption}$$

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

Equation 3. Formula average consumption current
Source: Retrieved from [18]

Data to consider are:

$T_{cd} = 16.66 \text{ h}$, $T_{cn} = 8.57 \text{ h}$, $I_{cd} = 90 \text{ mA}$, $I_{cn} = 175 \text{ mA}$.

Applying the values in Equation 1, you are obtained:

$\text{Consumption} = (8.57 \text{ h} * 175 \text{ mA} + 16.66 \text{ h} * 90 \text{ mA}) / (8.57 \text{ h} + 16.66 \text{ h})$

$\text{Consumption} = 118.9 \text{ mA}$

With the average current obtained can calculate the intended duration of the battery, so that the capacity of the selected battery to the average consumption calculated is divided:

$\text{Duration} = (1500 \text{ mAh}) / (118.9 \text{ mA})$

$\text{Running time} = 12.61 \text{ h}$

H. Software design

The programming of the development board is done using the Arduino IDE itself that uses the C language as a programming language. The IDE (Integrated Development Environment) software can be installed in different operating systems and allows to introduce a series of codes to the development boards which execute them later autonomously [9].

Figure 9 shows the different steps and the process that the control block follows to perform different activities, providing a better understanding about the operation of the system.

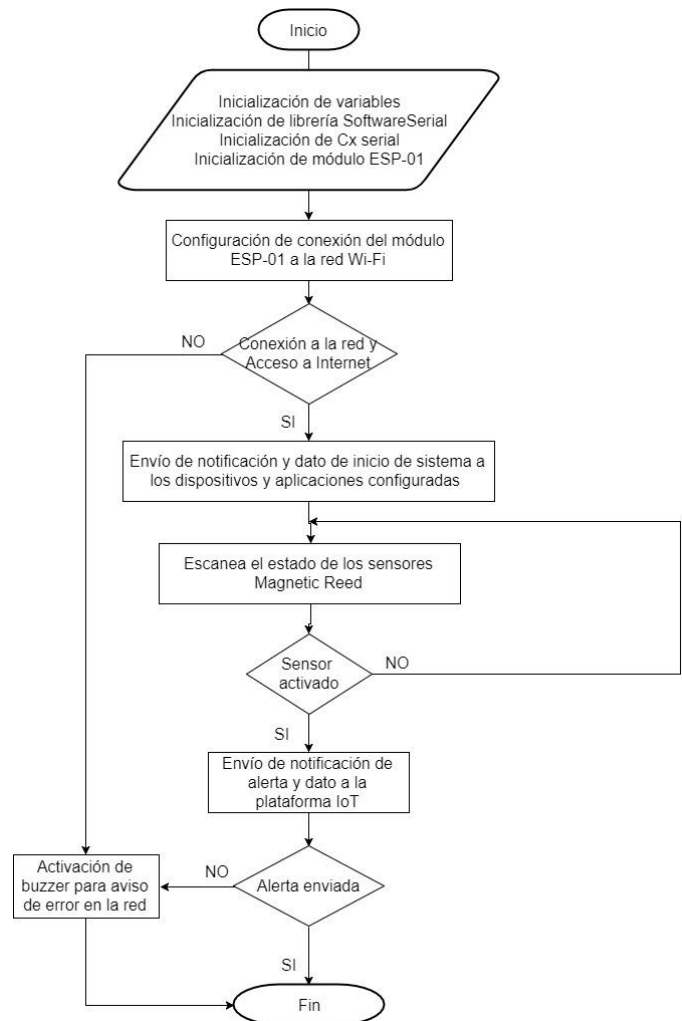


Fig. 39. Flowchart of the control board
Source: Prepared by the author

IV. IMPLEMENTATION AND PERFORMANCE TESTING

It details the implementation of the security system to alert possible accidents of babies that occur when they begin to mobilize independently, all the hardware of the system is integrated into a garment type harness with extensions to crawling knees which have sensors installed.

The respective functional tests are performed to check the effectiveness of the system in terms of response time, battery autonomy, data upload to the IoT platform and generation of notifications.

A. Implementation of the baby safety system

Before integrating the system into the harness, a prototype has been made with all the elements that make up the system to test the operation together of all the mentioned blocks.

- Complete system connection circuit

The Arduino LilyPad board features 14 digital pins, two of which will be used for serial communication with the ESP-01 module, one to warn of errors in the system using a buzzer and four pins to evaluate the activation of the sensors.

Figure 10 shows the electrical diagram of all elements of the sensing, control, communication and power blocks.

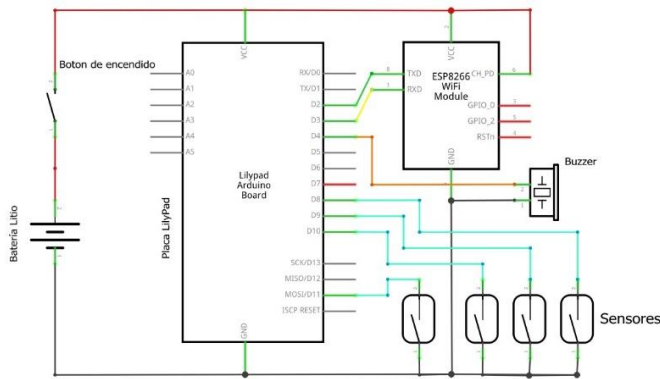


Fig. 40. Electrical diagram of the complete system
Source: Prepared by the author

For a better understanding, the assembly diagram of the system elements is also shown in Figure 11, this illustratively shows the pin connections of one element to another, respectively.

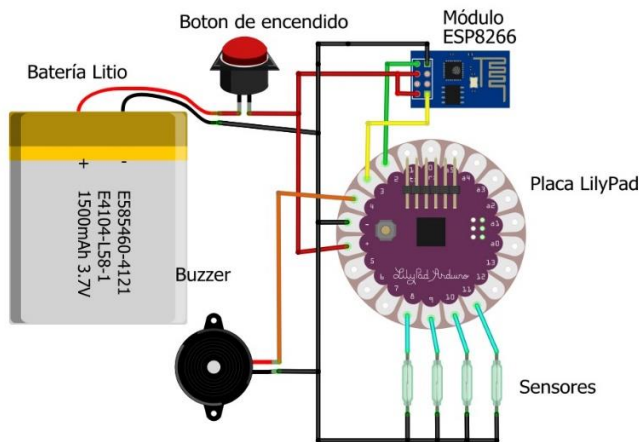


Fig. 41. Scheme of assembly for the prototype of the complete system
Source: Prepared by the author

The harness will be designed so that the segment that the components carry can be installed on the back of the infant (see Figure 12). In addition, it will carry extensions to the back of

the knees where it is connected to the crawling knees which are fitted the sensors.

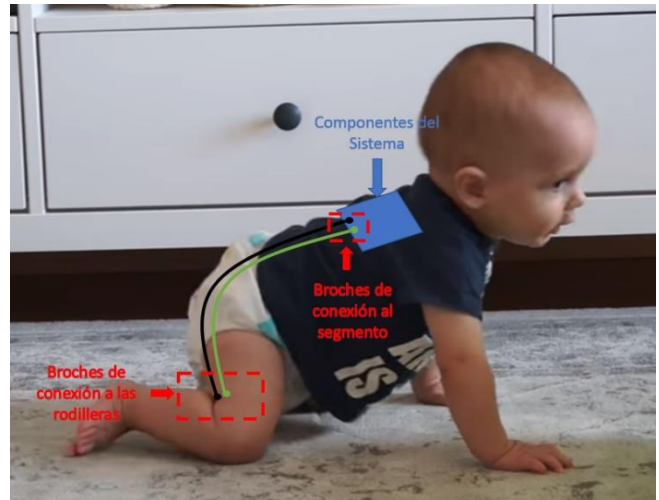


Fig. 42. Location of components and connection brooches for harness design
Source: Edited by the author

- Creation of the board for the Wi-Fi module and power control

For a better connection to the project the board made will have pins similar to those of the LilyPad board in order that these are also cooked through the wire. As can be seen in Figure 13, the pins to be cooked are: Rx and Tx of the Wi-Fi module, the power supply (positive and negative) and a buzzer pin.

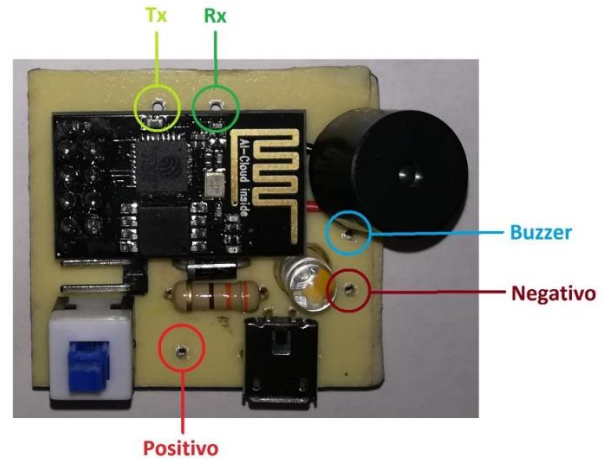


Fig. 43. Location of the pins to be sewn in the realized board
Source: Prepared by the author

- Integration of the boards in cloth

The installation of the 2 boards is done in nylon cloth similar to the ones used for the making of backpacks. Figure 14 shows the design of the connections that have been made to communicate and feed the 2 boards.

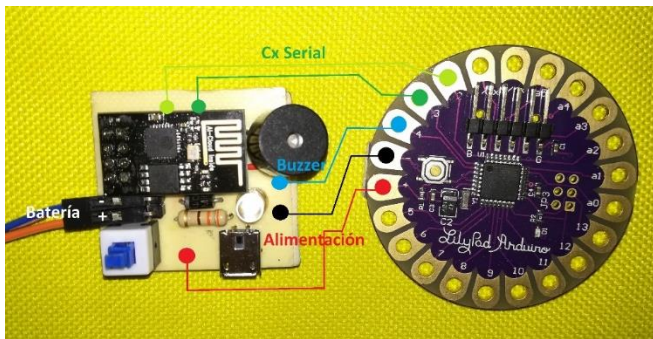


Fig. 44. Design of connections of the two system boards
Source: Prepared by the author

The elements will be placed in a detachable fabric segment so that it can be removed and placed easily from the harness when required, in addition, as shown in Figure 15 the segment integrates a pocket where the battery will go in order to that this one does not move since it does not have the possibility to be sewn.



Fig. 45. Location of the battery pocket at the back of the segment
Source: Prepared by the author

The connections for the harness sensors will be made with the aid of textile elements, the detachable segment will be attached to the harness by means of brooches which are made of conductive material. Figure 16 shows the brooches placed on the fabric and the connections made with the Arduino LilyPad board.

Velcro tape is used on both sides of the segment in order to cover the components on one side and attach the segment to the harness on the other face.



Fig. 46. Brooches for connection of sensors and GND in the detachable segment
Source: Prepared by the author

- *Harness design for the safety system*

The preparation of the harness is done in a way that the infant can not remove it and so that it does not bother him while doing his activities. For its preparation will be made use of textile materials such as: polypropylene tape, normal sewing thread, tape fasteners, tape regulators and other elements.

According to data obtained from [19], boys and girls who have an age between 6 and 18 months have an average height between 66cm and 81.5cm (see Figure 17). The design of the harness will be made to adapt to these dimensions.

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

Fig. 47. Height and average weight of infants according to their age
Source: Retrieved from [19]

To connect the removable segment mentioned above, the harness will have female type fasteners which will be attached to the male type fasteners of the segment.

Figure 18 shows the harness developed and the location of the brooches for connect the detachable segment.



Fig. 48. Harness design and location of connecting brooches
Source: Prepared by the author

To make the connection with the sensors to the knee pads, the points of the clips located in the harness are extended by means of polypropylene tape and conductive wire to the back of the knee pads. In addition, as shown in Figure 19, a belt type adjustable by Velcro tape to prevent improper movement of extensions.

At the end of the extensions find other brooches which will connect with the crawling knee pads (see Figure 20).

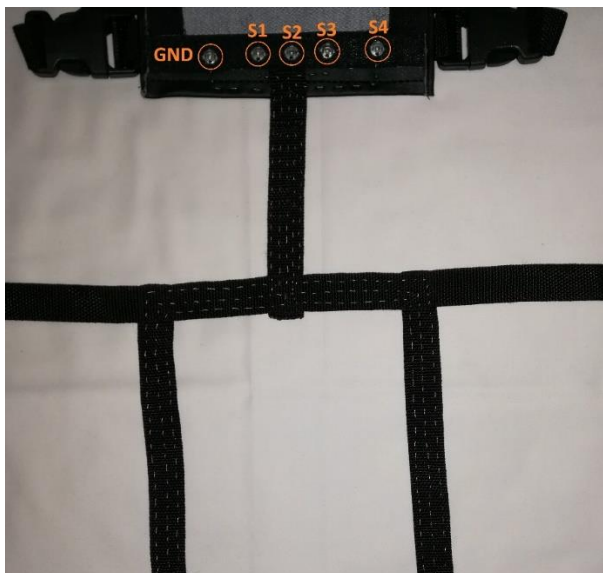


Fig. 49. Extension of the connections on tape by conductive wire
Source: Prepared by the author

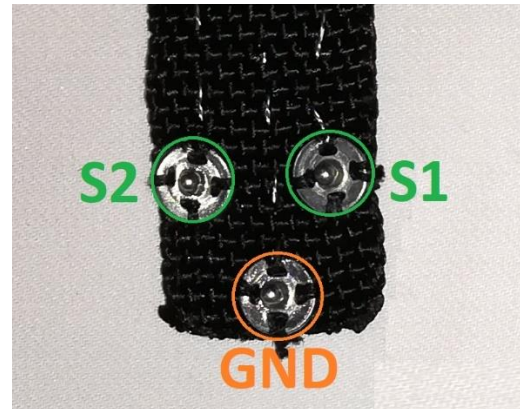


Fig. 50. Brooches located at the end of the harness extensions
Source: Prepared by the autor

- *Sensor installation*

The sensors will be placed in the lateral areas of the legs below the knees (see Figure 21), they will be located in this place because these areas are at a close distance to the surface of the ground while crawling, in addition, this area remains straight while the baby is moving, avoiding damage to the sensors.

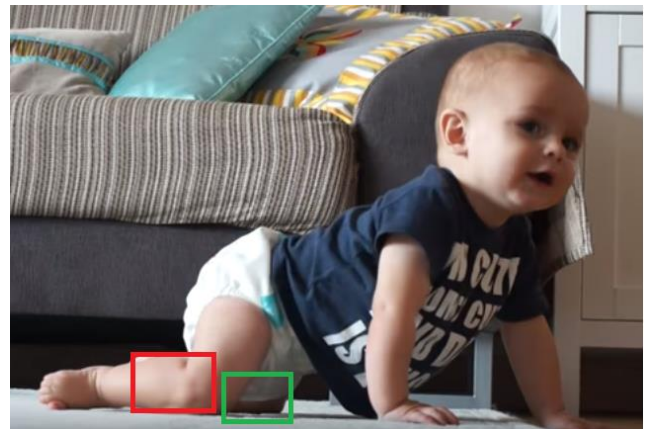


Fig. 51. Location of security system sensors
Source: Edited by the author (Retrieved from YouTube)

The material of which the knee pads are made has elastic characteristics, this allows them to adapt to the shape of the legs and does not generate much pressure on them.

The connection of the sensors and the harness is done through wire and clips, Figure 22 shows the clips installed in the knee, both for connection of the sensors and for connection of the knees, the result of the interior is shown as the exterior after placement.



Fig. 52. Brooches connection to the harness and sensors
Source: Prepared by the author

- *Connection of the prototype of the security system*

Once all the connections are made, the first prototype is implemented, where all the components integrated in the harness are observed, the sensors are inside the knee pads and these in turn are connected to the harness extensions by conductive wire. Figure 23 shows the whole system connected to its different parts, also shows a belt made with Velcro tape to prevent the extensions from moving improperly.

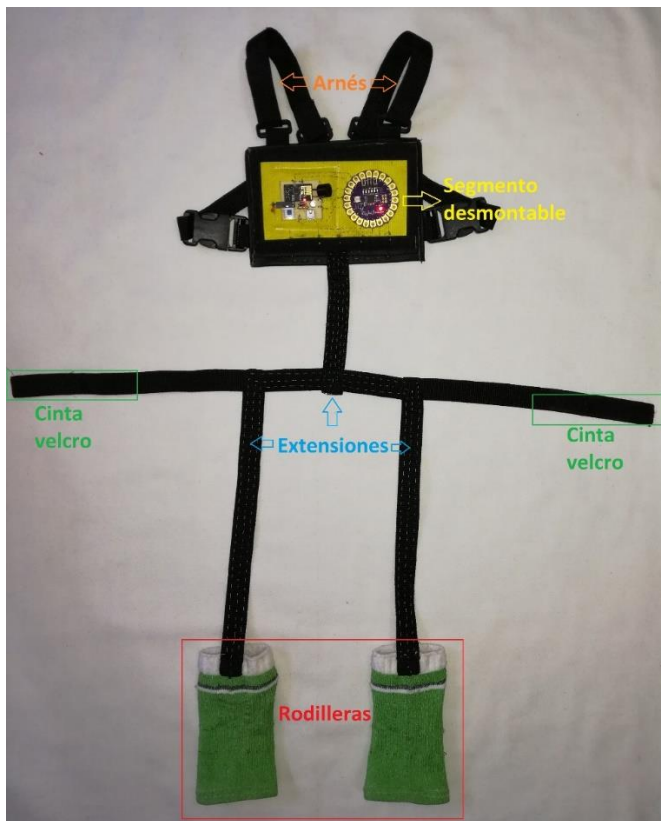


Fig. 53. Fully armed security system
Source: Prepared by the author

- *Installation of magnetic tape*

The magnetic tapes will be the trigger of the alarm notifications, when the baby passes over them the sensors of the system will detect them and the alert signal will be sent. The

tapes will be placed in the dangerous places at a certain distance in order to allow time for the parents or caretakers to react and go to the site.

The distance to which the tapes of the sites will be placed is determined by the crawling speed of an average baby and the time in which the system is delayed in generating the notification.

Crawling speed

According to studies carried out in Mexico by Mediagraphic magazine, with a sample of 8 babies that have an age between 8 and 13 months, the data shown in Table III have been obtained.

TABLE XI
AVERAGE CRAWLING SPEED OF BABIES

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

Source: Retrieved from [20]

According to the results it is obtained that the average speed of a baby crawling is 0.21 meters above the second.

System response time

By means of tests carried out with the system, time data have been obtained by intentionally actuating the sensors, the system is delayed by 3 seconds to make the connection with the IoT platform and to perform the sending of the alert request, this time is included in the values obtained are shown in Table IV.

TABLE XII
TIMES OBTAINED BY ACTIVATING THE SENSOR TO RECEIVE NOTIFICATION

Test Number	Time (seconds)
1	08.32
2	07.00
3	06.87
4	07.43

5	08.29
6	07.70
7	06.80
8	06.54

Source: Prepared by the author

The data obtained shows that the system takes approximately 7.36 seconds, the tests were performed with the system located at different distances with reference to the router to which it is connected.

Installation distance

The installation of the tape is performed according to data obtained, as the speed of a crawling baby average is 0.21 m / s and the average time delay to get notifications is 7.36 s, sufficient use rate equation to know how far to place the tape.

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

Equation 4. Speed formula

Clearing away and replacing the fields with values above we have.

$$d = v * t$$

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

$$d = 1,54 m$$

The distance to which the tapes of dangerous sites are to be placed is approximately 1.54 meters, this value has been calculated so that the notifications arrive at the devices before the baby can suffer some type of accident.

Figure 24 shows the installation of the magnetic tape made at the calculated distance, as it can be seen that the ladders have been taken for performing the respective tests of operation.



Fig. 54. Magnetic tape installed at 1.54m from the stairs
Source: Prepared by the author

B. Functionality test

Once the implementation process has been completed, the respective tests for the operation of the baby safety system are carried out. The developed prototype is suitably placed on a baby as shown in Figure 25.



Fig. 55. Prototype of the security system placed on a baby
Source: Prepared by the author

- System boot tests

Turning on the prototype of the system runs the process of connecting to the network and sending a notification as verification of Internet access. If any type of error occurs with the connection or if there is no access to the internet the system emits a constant beep through the buzzer as a sample of the error, if the speed of the network is too slow the system will not start.

System startup tests with a 2Mbps network at your service have been performed and the times shown in Table V have been obtained by a timer, the test result shows that the system takes approximately 19 seconds to power up.

TABLE XIII

TIMES OBTAINED WITH SYSTEM STARTUP TESTS

Test Number	Time (seconds)
1	18,70
2	18.44
3	18.62
4	19.06
5	18.67
Average	18.7

Source: Prepared by the author

Figure 26 shows start notifications received on a linked Tablet and smartphone during power-on tests.

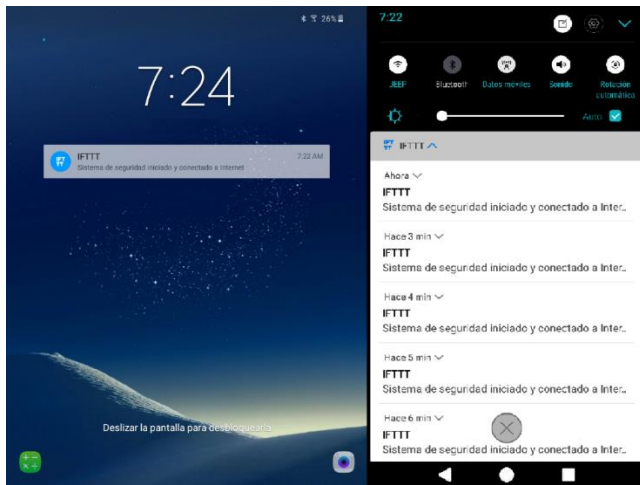


Fig. 56. Notifications received during system startup tests
Source: Prepared by the author

- *Testing sending alarm notifications*

The respective tests of the activation of the sensors have been made by the magnetic tapes, while the baby crawls with the prototype of the system placed and passes on the magnetic tapes they generate a signal to the board so that the notification is sent.

Figure 27 shows a baby having the prototype placed crossing the magnetic tape and lighting the LED of the LilyPad board as a sample of the notification process.



Fig. 57. Sending test alarms generated by the magnetic tape
Source: Prepared by the author

A timer has taken the times in which a notification is delayed since the baby crosses the magnetic tape. These data can be seen in Table VI.

TABLE XIV

TIMES OBTAINED FROM ALERT NOTIFICATION TESTS

Test number	Time (seconds)
1	8.27
2	7.81
3	7.02
4	8,20
5	6.98
6	7.80
7	6.89
8	7.01
Average	7,49

Source: Prepared by the author

The times shown have been taken with the tapes installed at different distances, in this case 3 tapes were placed: one at 4 meters from the router (staircase), another at 2 meters (bathroom) and the last at 3 meters (kitchen).

In addition, tests have been carried out at greater distances to check the distance range in which notifications can be sent, notifications sent up to 13 meters from the router have been successfully tested, and times between 6.8 and 7.8 have been obtained seconds.

Figure 28 shows the notification received when a sensor is activated, this has the text "Warning! Your baby is in danger. "

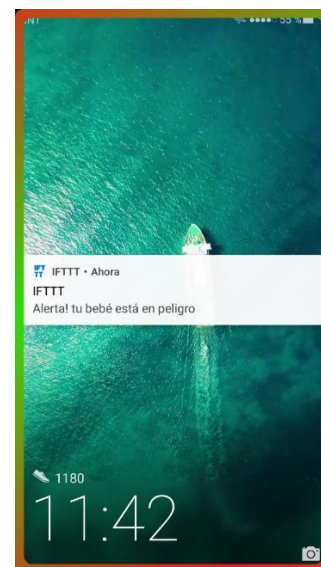


Fig. 58. Alert notification received on an Android device
Source: Prepared by the author

- *Data storage on the IoT platform*

The system sends data every time it is turned on and an alarm is activated, the data collected by the platform can be used for further studies, this project focuses on sending notifications as an alternative to avoid accidents in children, therefore, in this section verifies the reception of the data sent on the ThingSpeak platform.

The system sends a zero (0) when the system is started and a hundred (100) as an indicator that an alarm has been triggered.

Figure 29 shows the data stored by the tests performed with the start of the system and sent of alarms.

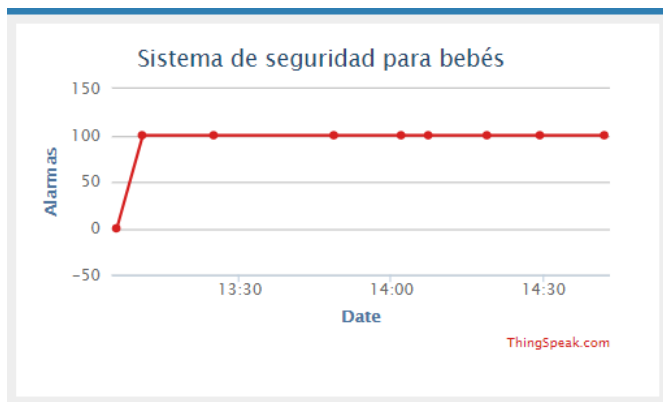


Fig. 59. Data stored during tests for sending alarm notifications
Source: Prepared by the author

C. *Electromagnetic fields and effects on health*

There is a lack of information on the effects of radiofrequency electromagnetic fields in children in the prenatal and early childhood stages, the studies made refer to the widespread use of telephones in homes and their possible consequences, but none of these have evidence of possible health damage that may be suffered during their exposure.

Electromagnetic fields can be divided into two categories: ionizing and non-ionizing. In simple terms, ionizing is a type of field have very high frequencies and can "break" the molecules of a body, also change the composition of molecules by modifying the DNA of their cells and generating the possibility of causing cancer. Non-ionizing radiation, on the other hand, has low frequencies and only passes through objects having at least a thermal effect that varies in very small quantities that are not even measurable [21].

- *Power emitted by the Wi-Fi module*

It is mentioned that the selected Wi-Fi module has a maximum output of 19.5dbm equivalent to 89 milliwatts, but this power is emitted when it is configured in Access Point (AP) mode which makes it comparable to a wireless router, in the

case of the present project the module is only used in station mode which resembles a device more connected to the network without the capacity to generate large magnetic fields.

As the technical data tables show, the Wi-Fi module has a transmission power that is generally below 0.1 watts. As the energy diffuses equally in all directions and taking into account a body 10 meters away the round would have to, the power to reach would be $1/100 * 89 \text{ mW} = 0.89 \text{ mW}$.

To make a comparison is taken as a reference commonly used appliance in a home, microwave ovens operate at a frequency similar to Wi-Fi (2.45 MHz) and transmit 1000 watts, unlike Wi-Fi are not are dispersed but not focused and isolated inside a box. During its process of operation is released 1 watt through the shield, being this data considered completely safe by its manufacturers [21].

- *Wi-Fi and the International Agency for Research on Cancer (IARC)*

IARC it places the Wi-Fi networks in 2B carcinogen group classification, this mentions that is a group where are more untrue limited evidence of the possible consequences that may have Wi-Fi networks also mentioned that there is insufficient evidence in animals to demonstrate their possible relationship to cancer [22].

Figure 30 shows the IARC classification of cancerous groups.

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 > Asbesto (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 urinario) > Combustible diesel, marinos > Limpieza en seco (exposición ocupacional) > Bomberos (exposición ocupacional) > Estreño > Trabajo en Fabricación Textil > Campos Magnéticos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF) > Polvos de talcos higiénicos.	512 agentes, incluyendo: > Ácido acrílico > Cítricos en agua potable > Productos para dar calor 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 "seguro", salvo para esta clasificación

Fig. 60. IARC classification
Source: Retrieved from [22]

D. *TECHNICAL SPECIFICATIONS OF THE PROTOTYPE OF THE BABY SAFETY SYSTEM*

Table VII summarizes the specifications of the baby safety system, after its implementation and testing.

TABLE XV
SPECIFICATIONS OF THE SYSTEM DEVELOPED

Characteristic	Detail
Input voltage	3.7V - 4.2V
Current consumption	118.9 mA
Charging time	1,5 - 2 h
Charging voltage	5 V
Start time	18,7 s
Alert notification arrival time	7.47 s
Potency of transmission	<0.089 w
Weight	110g
Battery life	12 h 10 mint

Source: Prepared by the author

V. ECONOMIC ANALYSIS

It analyzes the costs of all the electronic elements used for the realization of the present project, as well as the costs of software and other materials, the purpose of the analysis is to inform the feasibility of the security system against the expenses incurred.

Table VIII shows in summary the total costs of implementing the security system.

TABLE XVI
TOTAL BUDGET OF THE SECURITY SYSTEM

Budget	Value (USD)
Hardware	71.00
Software and textiles	13,95
Maintenance	10.65
TOTAL	95.60

Source: Prepared by the author

According to the analysis obtained it is known that the total cost for the implementation of the present project is of 95.6 dollars, the value is accessible in front of the security benefits that can provide the system.

VI. CONCLUSIONS

- Through the bibliographical research carried out, it has been found that a large percentage of babies who are mobilized by crawling suffer some kind of childhood domestic accidents, crawling is the first method of displacement that a baby can perform by itself, is a very important in the evolutionary development of his life and this can not be avoided because it strengthens the areas of visibility, touch, speech, balance and others. Through the crawling the baby begins its autonomy which leads him to explore everything around him in order to learn new things from the space around him, but on the other hand open up great chances of suffering accidents.

- Security systems are developed in order to provide security for something or someone, you have chosen to select the Arduino LilyPad board as it is coupled to the type of textile project you have, the main functions of the controller board are focused on the control of the Wi-Fi module using AT commands and the sensing of all the selected sensors.

- Open Source development platforms offer significant advantages compared to typical commercial platforms as some bring added value and different functionality. In addition, its use strengthens and encourages technological innovation projects leaving behind dependence on paid platforms.

- The ThingSpeak web platform has great importance in the development of this project, it allows storing data of the times the system has been turned on as well as the alarm signals generated on the other hand, it is the intermediary between the IFTTT application and the system allowing to generate notifications in the application to show them to the parents or caretakers.

- The implementation of the system in a garment type harness, makes electronic textile projects or intelligent fabrics are better known within a group of wearables, in this case has created an intelligent garment with the ability to perform different functions while interacting with the environment, thanks to the incorporation of electronic materials and modules can also be interacted through the Internet with different devices.

- The security system developed counts with a reaction time of 7.47 seconds, the time of sending notifications is calculated from infant crosses the tapes until it reaches the phones of their caregivers through the Internet, the time is used to calculate the distance to which the magnetic tapes should be placed, the average crawling speed has also been considered and this has prevented the baby from getting too close to dangerous places.

- The proposal of the security system is focused on infants from 7 to 16 months of age, at 7 months most babies begin crawling or even crawling, at 16 months most babies already have developed by complete the ability to walk and make use of this method as the main way to move behind the crawling and as a result the system sensors are not able to detect the magnetic tapes.

- The data stored on the IoT platform can be used for later studies related to the area of child care, these data show the times that a baby is at risk of suffering some kind of accident inside the home, thus generating questions about different alternatives which lead to a solution, one of them the present security system.

REFERENCES

- [1] A. C. A. Minda, 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, 2011.
- [2] M. V. Ocaña, "Prevención de accidentes en bebés y niños," 2017. [Online]. Available: <https://www.guiainfantil.com/1505/prevencion-de-accidentes-entrevista-a-jose-c-garcia-yonte.html>.
- [3] Asociación Española de Pediatría, Principales accidentes por edades, Madrid, 2015.
- [4] A. M. M. Seminario, M. J. S. Segovia and A. E. T. Durán, 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, 2015.
- [5] Academia Americana de Pediatría, "SafetyLit," 2017. [Online]. Available: <http://pediatrics.aappublications.org/content/89/6/999.short>.
- [6] S. Eckersley, "Crawling," *Occupational Therapy for Children*, 2011.
- [7] Kidspot, "Six reasons why crawling is important," 2017. [Online]. Available: <http://www.kidspot.com.au/baby/baby-development/milestones/six-reasons-why-crawling-is-important>.
- [8] Safewise, "Safewise All Rights Reserved," 2017. [Online]. Available: <http://www.safewise.com/home-security-faq/how-do-security-systems-work>.
- [9] Arduino, "Arduino-Home," [Online]. Available: www.arduino.cc.
- [10] L. Herrero, "Características de los sensores (Dinámicas y Estáticas)," 04 Noviembre 2014. [Online]. Available: <http://mundosensor.blogspot.com/2014/11/caracteristicas-de-los-sensores.html>.
- [11] A. R. Serna, F. A. G. Ros and J. C. N. Rico, Guía Práctica de Sensores, España: Creaciones Copyright, S.L., 2010.
- [12] M. Rosoff, "The research firm that once thought Microsoft would beat the iPhone has given up on Windows Phone," 07 Diciembre 2015. [Online]. Available: <http://uk.businessinsider.com/idc-smartphone-os-market-share-2015-12>.
- [13] Arduino, "MCI electronics," 2017. [Online]. Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>.
- [14] J. Molina, "Tecnología REED (Reed Switch)," 2017. [Online]. Available: www.monolithic.com.
- [15] ThingSpeak, "The open IoT platform with MATLAB analytics.," 2017. [Online]. Available: <https://thingspeak.com/>.
- [16] E. Betters, "What is IFTTT and how does it work," 19 02 2015. [Online]. Available: <http://www.pocket-lint.com/news/130082-what-is-ifttt-and-how-does-it-work>.
- [17] IFTTT, "Do more with the services you love," 2017. [Online]. Available: <https://ifttt.com/>.
- [18] E. O. Carrión, 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, 2016.
- [19] OMS, "Informe mundial sobre prevención de las lesiones en los niños," Organización Panamericana de la Salud, México, 2012.
- [20] M. Hernández García, M. E. Sánchez Zúñiga, D. Villanueva Ayala and J. C. Pérez Moreno, "Modelo

dinámico para valoración del gateo," *Medigraphic*, p. 30, 2016.

[21 The Telegraph, "Wi-Fi is not harming our children," 13
] Mayo 2015. [Online]. Available:
<http://www.telegraph.co.uk/women/mother-tongue/11599311/Wi-Fi-is-not-harming-our-children-heres-the-evidence.html>.

[22 IARC, "Clasificaciones de la IARC," 28 Junio 2017.
] [Online]. Available:
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.

About the Author



Inti J. CHICO MORALES. He was born in Otavalo on June 1, 1993. He completed his primary studies at the "José Martí" school. He completed his secondary studies at the Technological Institute "Otavalo" obtaining a bachelor's degree in Physics Mathematical Specialization in 2011. Currently, he is conducting its titulation process on engineering in

Electronics and Communication Networks, Universidad Técnica del Norte - Ecuador.