



*Diseño e implementación de un prototipo electrónico de seguridad automático para bicicletas*

*Design and implementation of an automatic electronic security prototype for bicycles*

*Projeto e implementação de um protótipo de segurança eletrônica automática para bicicletas*

José Luis Tinajero-León <sup>I</sup>  
[joseluis.tinajero@esPOCH.edu.ec](mailto:joseluis.tinajero@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-3389-4077>

Esteban Guevara-Cabezas <sup>II</sup>  
[esteban.guevara@esPOCH.edu.ec](mailto:esteban.guevara@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6652-047X>

Edgar Gualberto Salazar-Alvarez <sup>III</sup>  
[edgar.salazar@esPOCH.edu.ec](mailto:edgar.salazar@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0988-0641>

Eliana Jacqueline Pilco-Serrano <sup>IV</sup>  
[elinaja8@gmail.com](mailto:elinaja8@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-8074-1735>

**Correspondencia:** [joseluis.tinajero@esPOCH.edu.ec](mailto:joseluis.tinajero@esPOCH.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de marzo de 2022 \* **Aceptado:** 12 de abril de 2022 \* **Publicado:** 6 de junio de 2022

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- IV. Investigadora Independiente, Ecuador.

## Resumen

En el presente artículo se desarrolló e implementó un sistema de seguridad a través de una aplicación móvil en Android Studio que permite al usuario activar o desactivar el sistema de alarma, siendo la placa de control principal implementada en Arduino Mega. Además, posee un sensor de movimiento que detecta si la bicicleta se ha movido de su ubicación inicial. Cuando esto ocurre, el buzzer emite un tono de alerta, se realiza una llamada y se envía un mensaje de texto al dueño de la bicicleta. Este mensaje contiene un enlace que, al momento de ingresar al mismo, se visualiza un mapa en la aplicación móvil con la ubicación en donde se encuentra la bicicleta en ese momento. Para el envío de mensajes, llamadas telefónicas y la posición del GPS se utiliza un SHIELD SIM808. Como segunda opción se tiene una pantalla Nextion en la cual se digita una contraseña que permite activar o desactivar la alarma. Además, una cerradura se abre o cierra al activarse la alarma, inmovilizando la rueda posterior de la bicicleta. Al poseer un sistema de auto recarga, permite al usuario re-cargar la batería que alimenta al prototipo mediante el movimiento de la rueda, para lo cual se utiliza un dinamo que complementa al sistema de recarga con un panel solar, teniendo así una autonomía de batería de aproximadamente 4,59 horas. A través de las diferentes pruebas realizadas al prototipo como la exactitud del sistema GPS, detección de movimiento ante distintas situaciones, validación de la apertura y cierre de la cerradura, ya se utilizando la aplicación móvil o el ingreso de contraseña y el tiempo de recepción de mensaje de texto y llamadas, el prototipo tiene una eficiencia del 99,17%.

**Palabras clave:** Android Studio; Arduino Mega; sensor de movimiento; buzzer, GPS; SHIELD SIM808; Pantalla Nextion.

## Abstract

In this article, a security system was developed and implemented through a mobile application in Android Studio that allows the user to activate or deactivate the alarm system, being the main control board implemented in Arduino Mega. In addition, it has a motion sensor that detects if the bicycle has moved from its initial location. When this happens, the buzzer emits an alert tone, a call is made and a text message is sent to the owner of the bicycle. This message contains a link that, when entering it, a map is displayed in the mobile application with the location where the bicycle is at that moment. For sending messages, phone calls and GPS position, a SHIELD SIM808 is used. As a second option, there is a Nextion screen in which a password is entered that allows

the alarm to be activated or deactivated. In addition, a lock opens or closes when the alarm is activated, immobilizing the rear wheel of the bicycle. By having a self-recharging system, it allows the user to recharge the battery that feeds the prototype by moving the wheel, for which a dynamo is used that complements the recharging system with a solar panel, thus having an autonomy of battery life of approximately 4.59 hours. Through the different tests carried out on the prototype, such as the accuracy of the GPS system, motion detection in different situations, validation of the opening and closing of the lock, whether using the mobile application or the password entry and the reception time of text message and calls, the prototype has an efficiency of 99.17%.

**Keywords:** Android Studio; Arduino Mega; motion sensor; buzzer, GPS; SHIELD SIM808; Nextion screen.

## Resumo

Neste artigo, foi desenvolvido e implementado um sistema de segurança através de um aplicativo móvel no Android Studio que permite ao usuário ativar ou desativar o sistema de alarme, sendo a principal placa de controle implementada no Arduino Mega. Além disso, possui um sensor de movimento que detecta se a bicicleta se deslocou da sua localização inicial. Quando isso acontece, a campainha emite um tom de alerta, uma ligação é feita e uma mensagem de texto é enviada ao proprietário da bicicleta. Essa mensagem contém um link que, ao entrar nela, é exibido um mapa no aplicativo móvel com a localização onde a bicicleta se encontra naquele momento. Para enviar mensagens, chamadas telefônicas e posição GPS, é utilizado um SHIELD SIM808. Como segunda opção, há uma tela Nextion na qual é inserida uma senha que permite ativar ou desativar o alarme. Além disso, uma trava abre ou fecha quando o alarme é acionado, imobilizando a roda traseira da bicicleta. Por possuir um sistema de auto-recarga, permite ao usuário recarregar a bateria que alimenta o protótipo movendo a roda, para a qual é utilizado um dínamo que complementa o sistema de recarga com painel solar, tendo assim uma autonomia de vida útil da bateria de aproximadamente 4,59 horas. Através dos diferentes testes realizados no protótipo, como a precisão do sistema GPS, detecção de movimento em diferentes situações, validação da abertura e fechamento da fechadura, seja usando o aplicativo móvel ou a entrada de senha e o tempo de recepção de texto mensagens e ligações, o protótipo tem uma eficiência de 99,17%.

**Palavras-chave:** Android Studio; Arduino Mega; Sensor de Movimento; campainha, GPS; ESCUDO SIM808; Tela seguinte.

## **Introducción**

La bicicleta en la actualidad es el medio de transporte personal preferido para muchas personas, por ser considerada ecológica, sostenible y económica. La misma que evolucionó con el paso del tiempo, desde su desarrollo del siglo XV en donde aparecen los primeros bocetos llegando al año de 1885 donde se crea el modelo llamado “Bicicleta de seguridad” (Kleta, 2020). Siendo este la base fundamental para la bicicleta de hoy en día.

Debido a que las bicicletas se consideran fundamentales como medio de transporte, necesariamente deben contar con sistemas de seguridad. Entre estos sistemas están los mecánicos, así también existen sistemas que utilizan la tecnología y son controlados a través de dispositivos móviles.

Hasta el mes de mayo de 2022 aproximadamente 54.233.700 bicicletas han sido producidas según datos obtenidos en Bicycle Retailer and Industry News and the Bicycle Market Research Institute (Worldometer, 2022). Mediante datos obtenidos por la última encuesta poblacional del INEC (INEC, 2010), se conoce que en el Ecuador el 1,90% de los 16,39 millones de ciudadanos utilizan la bicicleta como una alternativa de movilización. En la ciudad de Riobamba, aproximadamente el 24% de los 225,741 habitantes, utilizan el caminar o la bicicleta como medio de transporte (DEAGA, 2016).

Debido al aumento del uso de las bicicletas, los delincuentes ven en este medio de transporte personal una forma de lucrarse, hurtando las bicicletas y causando un perjuicio económico para el dueño, en la ciudad de Quito hasta el mes de octubre del 2020 se han denunciado 150 robos de bicicletas y aproximadamente el triple de estos casos no han sido reportados, de los cuales solo 17 bicicletas han sido recuperadas según informe del diario Expreso (Toranzos & Campaña, 2020). Esta problemática se magnifica debido a que la mayoría de los sistemas de seguridad para las bicicletas son anticuados y fáciles de vulnerar.

## **Sistemas de seguridad**

Se consideran mecanismos o dispositivos que se colocan en la bicicleta para evitar su hurto, existen actualmente de diferentes materiales, principalmente de mayor calidad que otro y diferentes modelos que poseen flexibilidad permitiendo que se pueda anclar la bicicleta de mejor manera. Dentro de estos sistemas de seguridad existen sistemas mecánicos y eléctricos que hacen uso de nuevas tecnologías.

Los Sistemas electrónicos de seguridad actualmente en el mercado local se pueden evidenciar del tipo Sherlock que basa su funcionamiento en un dispositivo GPS antirrobo invisible que funciona a través de una aplicación móvil, en la cual se visualiza la posición geográfica en donde se encuentra la bicicleta, y se lo ubica en el manubrio.(Christopher, 2020). Bisecu es un candado inteligente que utiliza una aplicación móvil para su bloqueo, se lo instala en la rueda delantera del dispositivo y en caso de que exista algún tipo movimiento envía una notificación a la aplicación móvil.(Bisecu, 2019). Skylock se trata de un candado inteligente en forma de U que se lo utiliza a través de una aplicación móvil, en caso de no tener el celular posee un teclado para el ingreso de la clave, además posee un sensor que indica cuando el elemento ha sido movida de su lugar.(Santafixie ,2021). Finalmente Lock 8 consiste en un candado con sensores, en el cual al detectar movimiento envía un mensaje a su usuario informándole de la actividad, posee GPS para conocer la posición en la que se encuentra la bicicleta, la carga del sistema de seguridad se realiza por medio de inducción del pedaleo.(Fariza, 2016). Los dispositivos Skylock y Lock8 aún no se los puede encontrar en el mercado ya que se encuentra recaudando fondos para poder ser fabricado comercialmente.

El acelerómetro se emplea para establecer la inclinación o vibración de un objeto, se fundamenta en el principio de transducción piezoresistivo, piezoeléctrico o capacitivo. Los acelerómetros capacitivos son los más utilizados en la actualidad, dado que son fabricados con tecnología MEMS, el cual mide la inclinación del sistema mediante la relación de la gravedad de la tierra y el desplazamiento de la masa móvil.(Corona Ramírez et al , 2014, pp.98-99)

El giroscopio se implementó para determinar la rotación relativa con un voltaje. A demás de ser alterado por una fuerza inercial, consiguen los efectos de las fuerzas de Coriolis que se presentan en un movimiento rotacional. Siendo la fuerza de Coriolis una combinación del movimiento rotacional y movimiento lineal.(Corona Ramírez et al, 2014, pp.104-105)

## Marco Metodológico

La concepción de la arquitectura del prototipo se la puede visualizar en la **figura 1**, la misma que consta de una tarjeta de desarrollo encargada del control general del prototipo, contiene un sensor de movimiento o vibración el mismo se encargara de alertar al usuario cuando su bicicleta sea movida de lugar, al momento que esto ocurra le llegara al dueño de la bicicleta una llamada y un mensaje de texto con la dirección donde se encuentra su bicicleta.

La habilitación o des habilitación de la cerradura se realiza mediante una aplicación móvil que se conecta a la placa de desarrollo Arduino a través de bluetooth, la aplicación contiene la posición GPS del dispositivo a través de un mapa, al igual que un escáner de código Qr que entrega las características de la bicicleta, así como de su dueño, dicho código se encontrará ubicado estratégicamente. En caso de encontrarse cerca del dispositivo móvil para habilitar la cerradura se tiene una pantalla táctil que permite ingresar una contraseña para abrirla, en dicha pantalla al igual que en la aplicación móvil se visualiza el nivel de energía que contiene la batería.

La recarga de la batería que suministra energía al prototipo se utiliza un dinamo que conjuntamente a varios elementos permiten que la batería sea recargada.



**Fig. 1** Requerimiento del sistema

## Hardware

El Dispositivos de control se lo implementa mediante una tarjeta de desarrollo Arduino Mega2560 RE3, la cual se conecta a los distintos elementos para realizar el control del prototipo.

La pantalla TFT Nextion funciona como un elemento bidireccional, para visualización como un dispositivo de entrada por lo que no es necesario la utilización de un teclado adicional. En vista de que las pantallas cuentan con características similares, para el prototipo se tomó en cuenta principalmente las dimensiones, por lo que la pantalla NX3224T050 de 2.8” (pulgadas) es óptima para la implementación del prototipo como se muestra en la **Figura 2**. De igual manera se tiene en cuenta que la pantalla es compatible con distintas tarjetas de desarrollo.



**Fig. 2** Pantalla Nextion implementada en el prototipo.

El Sensor MPU6050 Acelerómetro y Giroscopio posee 6 grados de libertad pues combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes, mide la aceleración, inclinación o rotación, la comunicación del módulo es por I2C, esto le permite trabajar con la mayoría de microcontroladores, en **la figura 3** se puede evidenciar el sensor descrito.(HETPRO, 2014).



**Fig. 3.** Sensor MPU6050

El módulo bluetooth HC-05 permite la comunicación con cualquier tarjeta de desarrollo, consta de 6 pines, permite configurarse como maestro o como esclavo. Cumple con especificaciones estándar de bluetooth 2.0 lo que permite que se pueda comunicar con celulares con sistema Android. Su configuración se realiza por medio de comandos AT.(UNITElectronics, 2016)

EL Módulo SIM808 GSM/GPS soporta GSM/GPRS de banda cuádruple y la combina con tecnología GPS para la navegación por satélite. Lo que permite por medio del módulo y una tarjeta SIM, recibir, enviar llamadas y SMS, o conectarse a internet, también conocer la posición y longitud, el consumo de energía en modo de reposo es en modo ultra bajo.

El control del módulo se lo realiza mediante comandos AT a través de UART y es compatible con 3.3V y 5V nivel lógico. El dispositivo implementado se muestra en la **figura 4**. (Dualtronica, 2020)



**Fig. 4** Módulo SIM808 GSM/GPS

EL Buzzer genera un sonido agudo que funciona como una alarma o señal de aviso. En la **figura 5** se visualiza al buzzer utilizado en el prototipo.



**Fig. 5.** Dispositivo Sonoro empleado

### **Cerradura del dispositivo**

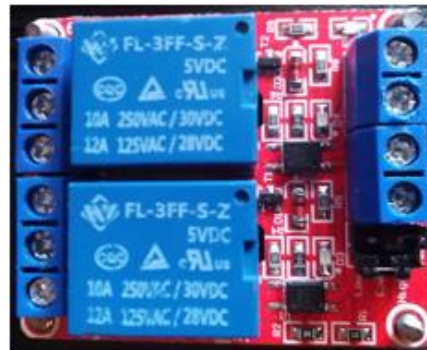
El actuador del prototipo implementado funciona a modo de cerradura, la misma que se activará o desactivará de acuerdo a las instrucciones emitidas por la tarjeta de desarrollo. Solenoide JF-0530B: se lo muestra en la **figura 6**, posee un desplazamiento lineal, donde una fuerza electromagnética mueve el embolo, esto quiere decir que cuando se energiza el embolo se contrae y cuando se quita la energía el embolo vuelve a su posición con la ayuda de un resorte.(Moviltronics, 2019)





**Fig. 6.** Solenoide JF-0530B

El Módulo de Relé permite el control de encendido o apagado de un dispositivo, puede manejar cargas de hasta 250V/10A, dado que posee un aislamiento eléctrico a través de un opto acoplador y un led él mismo que indica en qué estado se encuentra, trabaja con cualquier tipo de tarjeta de desarrollo, en donde sí se envía un “0” lógico (0 voltios) se activa la salida normalmente abierta, y se desactiva con un “1” lógico (5 voltios), la tarjeta se muestra en la **figura 7**. (Monarca Electrónica, 2021).



**Fig. 7.** Módulo rele

### Autonomía Energética del Prototipo

Para realizar el dimensionamiento de la batería que proporcionará energía al prototipo y su autonomía, se toma en cuenta el consumo de energía de cada elemento como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Alimentación de los dispositivos del prototipo

Dispositivo	Voltaje (V)	Corriente (A)
Arduino MEGA 2560	12	20 mA
Pantalla Nextion	5	500mA
Sensor MPU6050	5	3.8mA
Módulo Sim808	12	2A
Módulo Bluetooth	5	50mA
Solenoide	12	300mA
TOTAL		2873.8 mA

De acuerdo con las características de la tabla 1, La batería que mejor se acopla al prototipo es la batería LiPo como se la puede observar en la **figura 8**, posee una corriente de 3000mAh con un voltaje de 11.1v y una tasa de descarga de 15C dichos.



**Fig. 8.** Bateria LiPo de 3000mAh

### Tiempo de Autonomía

Para conocer el tiempo de autonomía se utiliza las corrientes de los elementos del prototipo como se observa en la ecuación (1), a continuación, se debe tener en cuenta que tanto la Sim808 no todo el tiempo consumen la corriente indicada, ya que cuando se encuentra en bajo consumo la Sim808 consume 80mA, el solenoide mientras no sea accionado no consume corriente, obtenido este resultado se procede a calcular la autoría del prototipo mediante la ecuación (2), conociendo esto se tiene:

$$I_{total} = I_{mega} + I_{nex} + I_{mpu} + I_{blu} + I_{sim} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$I_{total} = 20\text{mA} + 500\text{mA} + 3,8\text{mA} + 50\text{mA} + 80\text{mA}$$

$$I_{total} = 653.8\text{mA}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{I_{\text{bateria}}}{I_{\text{total}}} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{3000\text{mAh}}{653.8\text{mA}}$$

$$\text{Autonomía} = 4.59 \text{ h}$$

### Generación de energía

La carga de la batería se la realiza a través de un dínamo, de esta manera se utiliza la energía mecánica que es generada por la bicicleta. Adicional a esto se utiliza un panel solar, dichos elementos en conjunto cargarán la batería por medio de una placa de carga para LiPo.

Considerando que el dínamo es un elemento que genera energía eléctrica a partir de energía mecánica, obteniendo dicha energía a partir del rotor, que es impulsada por la rueda de la bicicleta al hacer contacto con la misma. El dinamo de bicicleta teóricamente entrega energía DC, pero en la realidad el dinamo de bicicleta es un alternador por lo que la energía generada es AC.

El Panel Solar se empleó para complementar el proceso de carga de la batería, por lo que permite la conversión de energía solar en electricidad en la **figura 9** se puede observar el panel solar a utilizar. (BUYCBN, 2021)

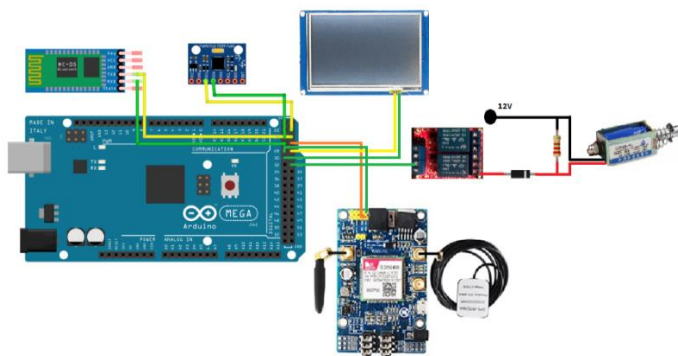


**Fig. 9.** Panel fotovoltaico.

### Implementación del sistema

La conexión de los dispositivos se realizó en el programa Fritzing, un entorno amigable y accesible en el cual se puede diseñar y realizar diagramas de circuitos impresos.

En la **figura 10** se puede observar el esquema de conexión de los distintos dispositivos que conforman el prototipo, la tarjeta Arduino Mega cumple la función de controlador principal el mismo que recibe los datos que son enviados por el resto de los elementos.

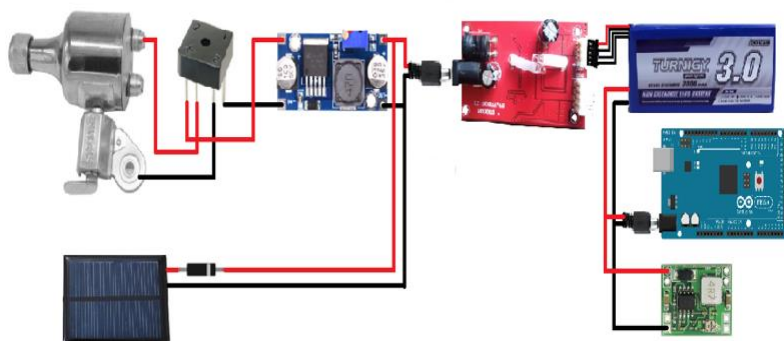


**Fig. 10** Esquema de Conexión

### Esquema de conexión de la alimentación y generación de energía

En la **figura 11** se muestra el esquema de conexión, considerando que para la carga de la batería se lo realiza a través de generación de energía por un dinamo, mismo que entrega voltaje AC, por lo que debe utilizar un rectificador de onda, mismo que entregara voltaje DC, este voltaje se lo suministra al regulador LM2596 el cual entrega 12v hacia el cargador de batería LiPo, el que está conectado a dicha batería.

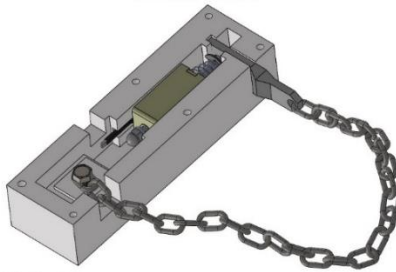
De manera paralela se encuentra conectado el panel solar que entrega energía a la placa para la carga de la LiPo. La Batería LiPo suministra energía hacia la tarjeta Arduino, la sim808, solenoide y el regulador MP1584, dicho regulador entrega energía a los elementos que son alimentados con 5v.



**Fig. 11** Esquema de conexión de la alimentación y generación de energía.

## Diseño de la cobertura de la cerradura

Para la realización de la cobertura de la cerradura se utiliza el software Solidworks. Para el diseño se tiene en cuenta que debe caber el solenoide de manera que funcione correctamente, es decir que cuando la cerradura sea activada el pistón del solenoide se contraiga para que la cadena pueda ingresar de manera que luego de cerrar la cerradura el pistón del solenoide regrese a su posición amical sin ninguna interrupción. Como se observa en la **figura 12** la cerradura posee una cadena, la misma está hecha de cable de acero de  $\frac{1}{4}$ . La cobertura es una impresión en 3D.



**Fig. 12.** Diseño de la cerradura en SolidWorks Software

## Pruebas y resultados

### Prueba de funcionamiento exactitud del sistema GPS

Esta prueba se realiza durante diferentes horas del día, en las cuales se determina la exactitud del sistema GPS. Para esta prueba, se toma como referencia medidas reales de distancias obtenidas por mediciones realizadas con una cinta métrica alrededor de la manzana. En la **figura 13** se observa el croquis con los puntos tomados como referencia para realizar la prueba. Las flechas de colores indican el sentido que se toma para realizar las medidas, tanto las reales como las del GPS.



**Fig. 13.** Área para pruebas del funcionamiento del GPS

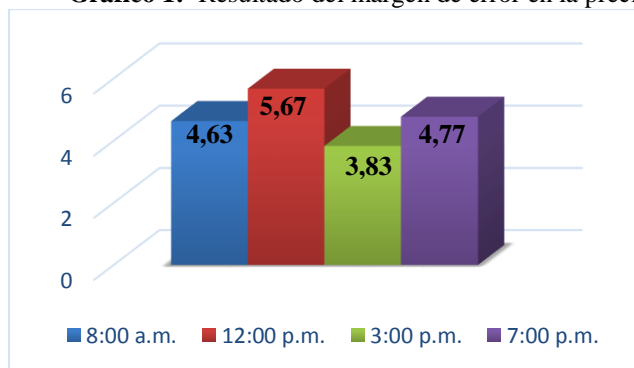
En la **tabla 2** se observa el resultado de la prueba de exactitud realizada a las 8:00AM, 12:00PM, 3:00PM y a las 7:00PM. Con los resultados obtenidos luego de realizar las pruebas de exactitud del sistema GPS en diferentes horarios, se obtiene un promedio de la diferencia entre datos reales y los datos obtenidos del GPS.

**Tabla 2:** Resultado del margen de error en la precisión del GPS

Hora del día	Error del sistema (m)
8:00 a.m.	4,63
12:00 p.m.	5,67
3:00 p.m.	3,83
7:00 p.m.	4,77

Obteniendo el margen de error del sistema GPS en las distintas horas del día, mediante un análisis mostrado en el gráfico 1 se deduce que la hora del día donde el prototipo muestra mayor exactitud es las 3:00 p.m.

**Gráfico 1:** Resultado del margen de error en la precisión del GPS



### **Prueba de funcionamiento y respuesta del prototipo ante detección de movimiento**

Se analizó el prototipo bajo tres situaciones para probar el sistema de alarma. En la **tabla 3** se muestra los resultados, la primera columna corresponde a la activación de la alarma ante un golpe o choque accidental contra la bicicleta, los resultados de la segunda situación que corresponde a

la activación de la alarma ante el levantamiento vertical de la bicicleta en su misma posición se muestra en la segunda columna, en la tercera columna se muestran los resultados de la tercera situación correspondiente a la activación de la alarma ante el desplazamiento de la bicicleta desde su posición inicial a una nueva posición. Para el registro de datos se usaron los marcadores 1 y 0, el marcador “1” indica detección de movimiento, mientras que el marcador “0” indica que no se ha detectado movimiento.

Con los datos obtenidos anteriormente en las pruebas de funcionamiento y respuesta del prototipo ante detección de movimiento y sus respectivos casos, se calcula el porcentaje de resultados positivos de acuerdo utilizando la ecuación 2-3.

**Tabla 3:** Resultados de las pruebas realizadas al sistema de alarma.

Prueba	Movimiento		Movimiento	
	por golpe accidental	por golpe accidental	por golpe accidental	por golpe accidental
1	0	1	1	1
2	0	1	1	1
3	0	1	1	1
4	0	1	1	1
5	0	1	1	1
6	0	1	1	1
7	0	1	1	1
8	0	1	1	1
9	0	1	1	1
10	0	1	1	1
Total Aciertos	0	10	10	10
Total Fallas	10	0	0	0

Se analizará caso por caso, por lo que se tiene lo siguiente:

Caso de choque o golpe accidental

$$P(a) = \frac{0}{10} * 100$$

$$P(a) = 0\%$$

Se deduce que la alarma del prototipo al tener un porcentaje de aciertos igual a cero no va a encender y esto se debe a que el golpe que tenga la bicicleta será leve.

**Ante levantamiento vertical en la misma posición**

$$P(a) = \frac{10}{10} * 100$$

$$P(a) = 100\%$$

En este segundo caso, al tener un 100% de aciertos se puede corroborar que la alarma se encenderá debido que el prototipo de seguridad es levantado verticalmente de su posición inicial.

**Ante el desplazamiento de un lugar inicial a otro.**

$$P(a) = \frac{10}{10} * 100$$

$$P(a) = 100\%$$

Para este último caso se obtuvo un 100% de resultados favorables mediante el cual se puede concluir que la alarma se prenderá y esto se debe a que las bicicletas junto a su prototipo han sido movidos del lugar inicial donde se encontraba.

**Prueba de funcionamiento de apertura y cierre de cerradura**

El sistema de bloqueo permite la apertura y cierre de la cerradura en base a dos métodos, a través de la aplicación móvil y por medio del ingreso de clave por una pantalla táctil. En la **tabla 4** se muestra los resultados obtenidos de la apertura y cierre de la cerradura utilizando la aplicación móvil, A demás se visualiza los resultados obtenidos de la apertura y cierre de la cerradura ingresando la clave en la pantalla táctil, utilizando la ecuación 2-3 para analizar el porcentaje de aciertos obtenidos en la prueba y así calcular la efectividad del prototipo ante el cierre y la apertura de la cerradura por medio de la aplicación móvil o por medio del ingreso de contraseña.



**Tabla 4:** Porcentaje de aciertos de la apertura de la cerradura

Apertura de la cerradura	P(a)
Por medio de aplicación móvil	95%
Por medio de ingreso de contraseña	100%

Obteniendo el 95% de eficiencia cuando se ocupa la aplicación en comparación al 100% obtenido al ingresar la contraseña.

#### Prueba de tiempo en el envío de mensajes y llamadas

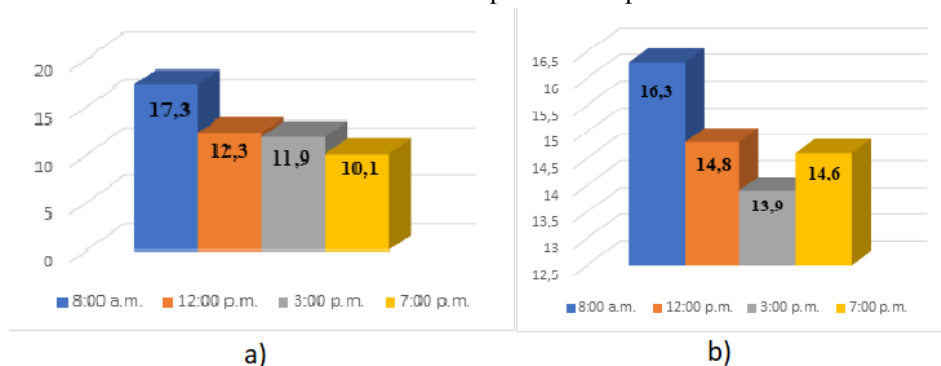
Para esta prueba se toma en consideración el tiempo que corre desde la detección de movimiento hasta la recepción del mensaje y la llamada. Dicha prueba fue realizada durante diferentes horas del día. En la **tabla 5** donde se visualiza los resultados de los promedios de los tiempos de demora en la recepción de mensajes y llamadas.

**Tabla 5:** Resultado promedio de tiempo de recepción de mensajes y llamadas.

Hora del día	Promedio recepción mensajes (segundos)	Promedio recepción llamada (segundos)
8:00 a.m.	17,3	16,3
12:00 p.m.	12,3	14,8
3:00 p.m.	11,9	13,9
7:00 p.m.	10,1	14,6

Se realiza la representación de los datos para su respectivo análisis, en el gráfico 2 a) se muestra el promedio de tiempo en la recepción de mensajes, y en el gráfico 2 b) el promedio de tiempos empleados en la recepción de llamadas.

**Gráfico 2:** Promedio de tiempo en la recepción de llamadas.



Visualizando el gráfico 2 a) se tiene que el menor tiempo de recepción de mensajes de alerta es 10,1 (s) que corresponde al horario de 7:00 p.m. Y el horario donde la entrada de llamadas tiene un menor promedio de tiempo de espera es a las 3:00 p.m. donde se demora 13,9(s) en llegar la llamada de aviso al usuario que se observa en el gráfico 2 b). Utilizando la ecuación 2-3 se puede establecer el porcentaje de aciertos en la recepción de mensaje y llamadas, es decir si el prototipo envía mensajes y realiza llamadas correctamente. Para ellos se toma las 40 muestras tomadas durante el día.

$$P(a) = \frac{40}{40} * 100$$

$$P(a) = 100\%$$

Adquiriendo como resultado un porcentaje del 100% en la recepción de mensajes como de llamadas.

### **Eficiencia del prototipo**

Para medir la eficiencia del prototipo se utiliza los resultados de los porcentajes de aciertos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas al prototipo. Exceptuando la prueba de movimiento por golpe accidental ya que este aspecto no está considerado en la implementación del prototipo, debido a que debe de existir un tiempo 5 segundos de movimiento continuo para que el buzzer suene, se realice la llamada y el envío del mensaje de aviso. Los datos se muestran en la **tabla 6**.

**Tabla 6:** Porcentaje de aciertos en la diferentes pruebas

Prueba	P(a) %
Exactitud del sistema GPS	100%
Detección de movimiento ante levantamiento vertical	100%
Detección de movimiento ante desplazamiento de lugar	100%
Apertura y cierre de cerradura por aplicación móvil	95%
Apertura y cierre de cerradura por ingreso de contraseña	100%
Tiempo de recepción de mensajes y llamadas	100%

$$Eficiencia = \frac{\sum P(a)}{Total\ de\ pruebas} \quad Ec. (3)$$

$$Eficiencia = 99,17\%$$

El promedio de eficiencia es de un 99,17% este quiere decir que el prototipo cumple con los condiciones planteados.

## Conclusiones

Considerando el diseño propio de la bicicleta se implementó en una caja de 20x15 cm, que se coloca en el cuadro de bicicleta, entre el tubo del asiento y tubo superior, además la cerradura de la bicicleta se colocó entre la vaina superior y la abrazadera que conecta al cuadro con la tija del sillín, de manera que el cable que posee la cerradura pueda ser colocado por medio de la llanta trasera cuando se estacione la bicicleta.

El tiempo de recepción de los mensajes de texto notificando el movimiento de la bicicleta depende de la hora del día en la que se emite la alerta, siendo así las 8:00 a.m., hora donde se registra un mayor lapso, siendo 17,3(s) en la recepción de mensaje y 16,3(s) en la recepción de llamada. Al mover la bicicleta accidentalmente por un choque o un golpe, no se activa la alarma, ya que estos

accidentes ocurren con frecuencia por lo que la alarma sonaría a cada momento y se enviarían los mensajes de aviso de igual manera, agotando rápidamente el saldo ingresado.

La precisión del GPS como la recepción de mensajes depende de la hora del día en la que se emite la señal, siendo a las 3:00 p.m. la hora en la que se evidencia que existe menor margen de error en la precisión del GPS siendo un valor aproximado de 3,83m.

A partir de las pruebas realizadas se determinó que el prototipo electrónico de seguridad para bicicletas posee un porcentaje de eficiencia del 99,17%.

## Referencias

1. 5HERTZ ELECTRÓNICA, 2021. Introducción a las LCD. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: [https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=9](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=9).
2. ARDUINO, 2019. Arduino - Wire. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/reference/wire>.
3. ARDUINO, 2021a. Arduino - Compare. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Products/Compare>.
4. ARDUINO, 2021c. Arduino - Home. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/>.
5. ARDUINO, 2021d. Arduino Mega 2560 Rev3 | Arduino Official Store. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>.
6. ARDUINO, 2021e. MPU6050\_tockn - Arduino Reference. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: [https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/mpu6050\\_tockn/](https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/mpu6050_tockn/).
7. ARDUINO, 2021f. SIM808 - Arduino Reference. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/sim808/>.
8. AV ELECTRONICS, 2021. Cargador básico balanceador Lipo Turnigy 12V 2-3S. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/cargador-basico-balanceador-LiPo-turnigy-12v-2-3s/>.
9. BANGGOOD, 2016. Generador de fricción bicicleta moto dínamo. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: [https://es.banggood.com/Motocycle-Bicycle-Friction-Generator-Dynamo-Headlight-Tail-Light-12V-p-80976.html?cur\\_warehouse=CN](https://es.banggood.com/Motocycle-Bicycle-Friction-Generator-Dynamo-Headlight-Tail-Light-12V-p-80976.html?cur_warehouse=CN).

10. BIKEANALYTICS, 2020. Tipos de bicicletas y patines. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: [https://bikeanalytics.com/tipos-de-bicicletas/#Bicicletas\\_de\\_carretera](https://bikeanalytics.com/tipos-de-bicicletas/#Bicicletas_de_carretera).
11. BISECU, 2019. Bisecu Smart Bike Lock. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://es.bisecu.com/bisecu-3>.
12. BUYCBN, 2021. Kshzmoto El Cargador Solar. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: [https://www.buycbnm.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=238326](https://www.buycbnm.com/index.php?main_page=product_info&products_id=238326).
13. CHRISTOPHER, 2020. Sherlock – The ultimate GPS anti-theft device for bikes. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.sherlock.bike/en/>.
14. CORONA RAMÍREZ, L.G., ABARCA JIMÉNEZ, G.S. y MARES CARREÑO, J., 2014. Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino [en línea]. Primera. México: Grupo Editorial Patria. [Consulta: 16 mayo 2018]. ISBN 9786074389364. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
15. DE DIEGO MORILLO, A., 2018. Operaciones auxiliares de almacenaje [en línea]. Primera. Madrid: Paraninfo. [Consulta: 20 marzo 2021]. ISBN 9788428399043. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=TzZiDwAAQBAJ&pg=PA65&dq=codigo+QR&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiGqsHV04jyAhVE5awKHSxhBtMQ6AEwAXoECAQQA#v=onepage&q=codigo QR&f=false>.
16. DEAGA, 2016. Información Ambiental en Hogares. Ecuador en cifras, pp. 36.
17. DEVELOPERS, 2021. Introducción a Android Studio | Desarrolladores de Android. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>.
18. DUALTRONICA, 2020. Modulo SIM808 GSM, GPS, Bluetooth. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://dualtronica.com/modulos/503-modulo-sim808-gsm-gps-bluetooth.html>.
19. ECURED, 2021. Codificación - EcuRed. [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Codificación>.
20. EL BLOG DE FRANZ, 2021. ¿Cómo funcionan los dispositivos GPS? Trilateración vs Triangulación | El blog de franz. [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://acolita.com/como-funcionan-los-dispositivos-gps-trilateracion-vs-triangulacion/>.

21. EL TELÉGRAFO ECUADOR, 2020. El Telégrafo - La bicicleta, la mejor alternativa poscovid. [en línea]. [Consulta: 23 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/bicicleta-movilidad-postcovid?fbclid=IwAR0nUh9xULC9KjIAFyRmgTIQTwoefYQacTDM5NWF4nocGWpLaGiqsSoDcuI>.
22. ENDESA FUNDACIÓN, 2021. Los generadores eléctricos: Máquinas eléctricas y rotativas. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generator-electrico>.
23. FARIZA, A., 2016. Los mejores sistemas antirrobo para bicicletas. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://computerhoy.com/listas/apps/mejores-sistemas-antirrobo-bicicletas-39257>.
24. GASCON, M., 2017. Evolución de los sistemas de alarma: una breve historia de la seguridad doméstica moderna. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://alarm.riscogroup.com/es/blog/evolucion-de-los-sistemas-de-alarma-una-breve-historia-de-la-seguridad-domestica-moderna>.
25. GEEK FACTORY, 2017. Shield o módulo GPS con Arduino: Introducción. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/shield-o-modulo-gps-con-arduino/>.
26. GLOSARIOS.SERVIDOR, 2018. Electrólito (Electrónica). [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://glosarios.servidor-alicante.com/electronica/electrolito>.
27. HERAZO, L., 2020. ¿Qué es una aplicación móvil? [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/>.
28. HETPRO, 2014. MPU6050 Arduino, Acelerómetro y Giroscopio. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: [https://hetpro-store.com/TUTORIALES/modulo-acelerometro-y-giroscopio-mpu6050-i2c-twi/#google\\_vignette](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/modulo-acelerometro-y-giroscopio-mpu6050-i2c-twi/#google_vignette).
29. HOBBYKING, 2021. El grafeno Turnigy 3000mAh 3S 15C Profesional LiPo. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: [https://hobbyking.com/es\\_es/turnigy-graphene-3000mah-3s-15c-w-xt60.html?\\_\\_=&\\_\\_store=es\\_es](https://hobbyking.com/es_es/turnigy-graphene-3000mah-3s-15c-w-xt60.html?__=&__store=es_es).
30. INEC, 2010. Estructura de la población ¿Cuántos somos y cuánto crecimos? ¿Qué edad tenemos los chimboracenses? Resultados del censo 2010,

31. INGENIERÍA MECAFENIX, 2018. Que es el buzzer y como funciona (zumbador). [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-buzzer/>.
32. ITEAD STUDIO, 2018. BASIC SERIES INTRODUCTION - Nextion. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://nextion.tech/basic-series-introduction/>.
33. ITEAD STUDIO, 2021. Home - Nextion. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://nextion.tech/>.
34. KLETA, 2020. Historia de la bicicleta . [en línea]. [Consulta: 23 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.kleta.com/es/guia/historia-bicicleta/>.
35. LEON, F., 2019. Baterías LiPo, características y cuidados! - DynamoElectronics. DynamoElectronics [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://dynamoelectronics.com/baterias-LiPo-caracteristicas-y-cuidados/>.
36. LLAMAS, L., 2017. Librería Arduino Mean Filter. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/libreria-arduino-mean-filter/>.
37. LÓPEZ ALDEA, E., 2017. RaspberryPi Fundamentos y Aplicaciones. Madrid: s.n. ISBN 978-84-9964-719-7.
38. MAPBOX, 2021. First steps with the Mapbox Maps SDK for Android | Help | Mapbox. [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/first-steps-android-sdk/>.
39. MOES, T., 2014. ¿Qué es el Bluetooth y para qué sirve? [en línea]. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://softwarelab.org/es/bluetooth/>.
40. MONARCA ELECTRÓNICA, 2021. Modulo Relay 2 Canales 5v 10a Arduino. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.monarcaelectronica.com.ar/productos/modulo-relay-2-canales-5v-10a-arduino-pic-robotica-rele-mona/>.
41. MOVILTRONICS, 2019. Solenoide 12V Efecto Lineal. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://moviltronics.com/tienda/solenoide-12v-efecto-lineal-37x15mm-jf0530b/>.
42. NAVARRO, P., RUI-WAMBA, J., FERNANDEZ, A., GARCÍA, C., JULIA, J., RUI-WAMBA, M.A. y ALTISENCH, O., 2010. La ingeniería de la bicicleta. Diciembre. S.l.: s.n. ISBN 978-84- 933553-5-7.

43. NETINBAG, 2020. ¿Qué es un solenoide lineal? [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.netinbag.com/es/manufacturing/what-is-a-linear-solenoid.html>.
44. NEXTION TEAM, 2017. A BASIC INTRODUCTION TO NEXTION ARDUINO LIBRARY - Nextion. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://nextion.tech/2017/09/15/basic-introduction-nextion-arduino-library/>.
45. OCU, 2018. Tipos de antirrobo para la bici. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ocu.org/coches/bicicletas-y-patinetes/informe/antirrobo-bicicletas>.
46. PARZIBYTE, 2019. Leer código de barras con Android y ZXing (programación de app) - Parzibyte's blog. [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://parzibyte.me/blog/2019/05/01/leer-codigo-barras-android-zxing-programacion-app/>.
47. PLANAS, O., 2015. ¿Qué es un panel solar? [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/panel-solar>.
48. PROMETEC, 2016. MÓDULO GSM/GPRS: llamar y enviar SMS. [en línea]. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>.
49. REDHAT, 2021. El concepto de IDE. [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/middleware/what-is-ide>.
50. SOLECTRO, 2021. Módulos Bluetooth. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://solectroshop.com/es/14191-modulos-bluetooth>.
51. SUMADOR, 2021. Buzzer activo - 5V, 12x9.5mm – Sumador. [en línea]. [Consulta: 24 agosto 2021]. Disponible en: <https://sumador.com/products/buzzer-activo-5v-12x9-5mm>.