

Diseño de un prototipo de alarma autónoma alimentada por módulos fotovoltaicos para la alerta de inundaciones

Design of a prototype of an autonomous alarm powered by photovoltaic modules for flood warning

Para citar este trabajo:

Centeno J. (2024). Diseño de un prototipo de alarma autónoma alimentada por módulos fotovoltaicos para la alerta de inundaciones. *Reincisol*, 3(5), pp. 97-117. [https://doi.org/10.59282/reincisol.v3\(5\)97-117](https://doi.org/10.59282/reincisol.v3(5)97-117)

Autor:

Jefferson Rafael Centeno Alcivar

Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas

Ciudad: Esmeraldas País: Ecuador

Correo Institucional: jefferson.centeno@utelvt.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6039-9517>

RECIBIDO: 22 diciembre 2023 **ACEPTADO:** 13 febrero 2024 **PUBLICADO** 18 febrero 2024

Resumen

Este artículo describe de forma clara el desarrollo de un sistema de alarma que funciona de forma autónoma alimentado por módulos fotovoltaicos, la finalidad del mismo se centra en alertar con anticipación las posibles catástrofes relacionadas con el fenómeno del niño como son las inundaciones que se puedan presentar en los sectores cercanos a las riberas del río Teaone de la ciudad de Esmeraldas, Ecuador, sin embargo, este proyecto queda como una propuesta de implementación en la región a mediano plazo, además, mediante el método experimental y cuantitativo se mostró la eficacia del prototipo, gracias a la sistematización del diseño del sistema elaborado en la plataforma TinkerCad, la programación del código en el software Arduino Ide, el modelamiento y simulación del sistema de alarma en la herramienta computacional Proteus, dando continuación al desarrollo de los cálculos energéticos, las especificaciones técnicas y a las condiciones de funcionamiento del sistema, el cual, da pie con la culminación y la factibilidad del proyecto propuesto.

Palabras claves: Arduino uno; fenómeno del niño; inundaciones; módulos fotovoltaicos; sistema de alarma.

Abstract

This article clearly describes the development of an alarm system that works autonomously powered by photovoltaic modules, the purpose of it focuses on early warning of possible disasters related to the El Niño phenomenon such as floods that may occur in areas near the banks of the Teaone river in the city of Esmeraldas, Ecuador, however, this project remains as a proposal for implementation in the region in the medium term, in addition, The experimental and quantitative method showed the effectiveness of the prototype, thanks to the systematization of the system design developed in the TinkerCad platform, the programming of the code in the Arduino Ide software, the modeling and simulation of the alarm system in the Proteus computational tool, followed by the development of the energy calculations, the technical specifications and the operating conditions of the system, which leads to the completion and feasibility of the proposed project.

Keywords: Arduino one; child phenomenon; floods; photovoltaic modules; alarm System.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno del niño es considerado como una oscilación climática caracterizada por el calentamiento anormal de las aguas superficiales del océano pacífico ecuatorial, este trae consigo algunas repercusiones significativas en el clima global y en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Este fenómeno influye en patrones meteorológicos extremos, alterando la normalidad del clima y causando desequilibrios que pueden tener consecuencias catastróficas. (Tito, J., Popuche Cabrera, P., Cabrejos Sampen, G., y Díaz-Vélez, C., 2019).

Las lluvias torrenciales y prolongadas incrementan el riesgo de inundaciones en zonas urbanas y rurales, afectando la infraestructura, viviendas y cultivos, además, el incremento de la magnitud de la lluvia y de la inundación puede saturar zonas de laderas, proporcionando deslizamientos y derrumbes que ponen en peligro los sectores más cercanos. (Iturre. Y., 2023).

En el contexto local, Esmeraldas es gravemente vulnerable al riesgo de inundaciones ocasionadas por el fenómeno del niño al intensificar las lluvias en la región, este evento sobre natural trae consigo problemas sociales y económicos, además, de ocasionar problemas asociados con la salud y el desplazamiento de la población. (Montesdeoca, V., y Geovanny, C., 2023).

Dadas las inundaciones presentadas en junio del 2023 en la ciudad de Esmeraldas, muchos sectores cercanos a las riberas del río Teaone fueron afectados, esta inundación arribó con los bienes materiales de estas localidades, dejando a 3461 familias afectadas, sin tener tiempo de recoger sus recursos y poder efectuar una evacuación adecuada.

Entre los sectores más vulnerados por el fenómeno del niño en el cantón Esmeraldas, se encuentra Carlos Concha, Tabiazo, Pueblo Arrecho, Vuelta Larga, 50 casas, Los Mangos Codesa, Floresta, 24 de mayo y Propicia 1. (Iturre. Y., 2023).

Con la finalidad de abordar la problemática asociada con el fenómeno del niño, se ha propuesto el desarrollo de un prototipo de alarma que alerte de forma anticipada cuando se avecine una inundación y le permita tomar decisiones, ganar tiempo y que la comunidad que pueda ser afectada evacue de forma segura. (Santamaría, E., Sebastia, M., González, A., Aguilar, J., Mercado, A., y Herrera, J., 2019).

Además, mediante herramientas computacionales como TinkerCad, Arduino IDE y Proteus se modeló y simuló el sistema con la finalidad de conocer los materiales necesarios y estudiar el comportamiento del mismo para comprobar su factibilidad. Gracias a que el prototipo de alarma tiene que instalarse cerca de la zona riverense, suministrarle energía eléctrica mediante la red convencional sería un reto enorme y muy riesgoso, sin embargo, como solución se pretende suministrarle energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico, aprovechando que Esmeraldas cuenta con un recurso solar considerable. (Reyes Cirino, J. E., y Velásquez Aveiga, Y. A., 2020).

La energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la radiación solar en electricidad. Esta conversión se realiza con un componente llamado módulo fotovoltaico, y al momento que la radiación solar impacta el módulo, excita los electrones del componente semiconductor, creando una pequeña diferencia de potencial eléctrico, no obstante, se pueden lograr mayores valores de voltaje

conectando estos dispositivos en serie. (Martinez Bogado, 2022). La energía solar es muy útil, especialmente en áreas remotas sin red eléctrica convencional.

Esta iniciativa destaca la importancia de implementar un sistema de alarma de alerta temprana en eventos de inundaciones, gracias a que estas emergen como herramientas esenciales en la prevención y gestión de riesgos, desempeñando un papel fundamental en salvaguardar vidas y bienes materiales.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROTOTIPO

Principios básicos de los sistemas fotovoltaicos

Los paneles solares son generadores de energía eléctrica en corriente directa (DC), estos son fabricados con material semiconductores dopados que, al recibir la radiación directa o difusa proveniente del sol, entra en un proceso de convección energética, y es allí donde en los terminales del panel solar se crea una diferencia de potencial y una corriente eléctrica, la generación de esta energía variara según las condiciones climáticas y la inclinación del módulo fotovoltaico, sin embargo, los módulos fotovoltaicos son una parte del sistema fotovoltaico completo.

Los sistemas fotovoltaicos son el conjunto de equipos conectados entre sí encargados de generar, controlar, almacenar, convertir y suministrar energía eléctrica de DC a AC, sin embargo, en la Tabla 1, se muestran de forma detallada los equipos de un sistema fotovoltaico con su determinada función. (Nill, N., y Brieva, N., 2021).

Tabla 1

Componentes de un sistema fotovoltaico.

Equipo	Función
Panel Fotovoltaico	Transforma la energía solar a energía eléctrica
Controlador de Carga	Controla, regula y distribuye la energía a la batería e inversor

Baterías	Almacena y suministra la energía eléctrica DC generada por los módulos solares
Inversor DC/AC	Suministra la energía generada y almacenada en AC
Cargas DC/AC	Utiliza la energía en DC y AC

Fuente: Elaboración Propia.

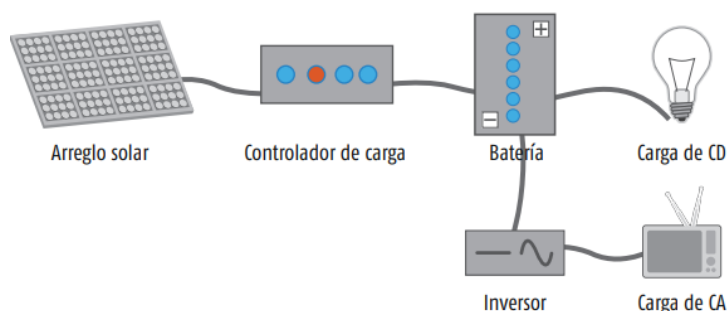
Sistema fotovoltaico off-grid

Este tipo de configuración, cuyo funcionamiento solo depende del recurso solar y del almacenamiento de energía en baterías que se dimensiona, por lo general este tipo de configuración se utiliza en sectores rurales donde no se dispone del servicio eléctrico convencional y la aplicación de este sistema off-grid viene a ser muy preciso. (Alcívar-Centeno, et al., 2023)

A continuación, en la Figura 1 se muestra un diagrama unifilar de un sistema fotovoltaico off-grid, el cual, alimenta cargas en DC y AC.

Figura 1

Diagrama unifilar de un sistema fotovoltaico off-grid



Fuente: (Nill, N., y Brieva, N., 2021).

Tipo de sensor, alarma y equipos del sistema autónomo

En la actualidad existen un sin número de tipo de alarmas y sensores muy útiles en aplicaciones de emergencias y en la alerta anticipada de eventos catastróficos, sin embargo, para el desarrollo de este prototipo se utilizó un sensor capacitivo,

este representa una amplia ventaja en la detección y medición basada en los principios fundamentales de la capacitancia eléctrica, es decir, se caracterizan por percibir cambios en la capacitancia cuando un objeto o material interactúa con el campo eléctrico del sensor, además, su operación se fundamenta en la capacidad de almacenamiento de carga eléctrica, modificándose en respuesta a la proximidad de objetos dieléctricos, esto permite la detección de la presencia, posición, niveles presiones o característica de objetos o fluidos. (Artagaveytia, F., y Gutiérrez-Zorrilla, J., 2013).

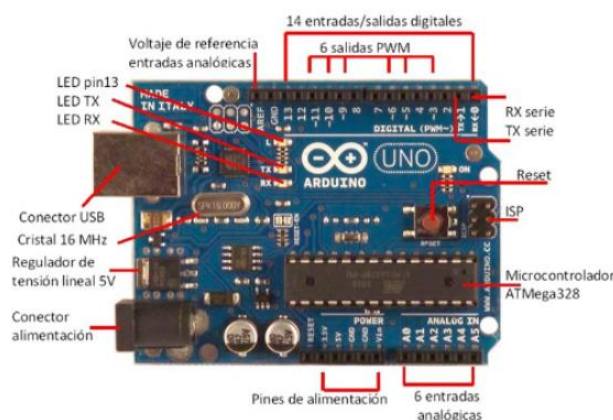
Otro elemento crucial en el desarrollo del prototipo es la implementación de una sirena, este convierte la energía eléctrica en energía acústica, generando un sonido característico, el objetivo de este equipo, es alertar a individuos o grupos sobre situaciones anómalas, potencialmente peligrosas o situaciones que requieran una acción inmediata. (Mendoza Alvarado, E. P., 2021).

Para complementar el prototipo, es necesario utilizar un microcontrolador Arduino Uno, este es definido como un sistema basado en el microcontrolador AT mega328 de 8 bits de Atmel, un chip sencillo y económico. Este microcontrolador cuenta con 14 pines (0-13), cada uno de los cuales se puede configurar como entrada o salida digital. Los pines configurados como salidas pueden generar o aceptar hasta 40 mA de corriente, suficiente para controlar varios circuitos, sensores, etc. (Herranz, J. C. H., 2015).

Estos pines también tienen todas las funciones de los pines de entrada y salida digitales en la Figura 2, se muestran las partes del microcontrolador Arduino Uno.

Figura 2

Estructura del microcontrolador arduino uno.



Fuente: (Herranz, J. C. H., 2015).

MATERIALES Y METODOS

El desarrollo de esta propuesta da inicio tras una exhausta búsqueda del estado del arte, relacionado con el fenómeno del niño en la provincia de Esmeraldas, el control, tipos de usos, las tecnologías compatibles con los microcontroladores, y los sistemas solares fotovoltaicos, con la finalidad de contar con información actualizada.

El tipo de investigación utilizada conlleva una metodología experimental por el hecho que implica la manipulación y control de variables que evalúan el rendimiento y eficacia del sistema, es decir, la construcción del prototipo depende de las características del clima y del medio donde se va a instalar el prototipo, de tal forma se pueda controlar las variables y se mida mediante algunas pruebas que se realizan de forma progresiva para cuantificar la capacidad de detección, de alarma y de autonomía energética.

Además, mediante el método cuantitativo se utilizan métricas numéricas para controlar y comparar resultados obtenidos en las mediciones y registro de los datos de suministro de las placas solares, el tiempo de respuesta del sistema de alarma,

la precisión en la detección de la subida y bajada del nivel del río, la duración de la batería, entre otros parámetros básicos.

Para la construcción del prototipo, primero es necesario crear el diseño del sistema de alarma en la plataforma on-line TinkerCad, en segundo punto, redactar la programación en el software Arduino Ide, el cual, es un punto indispensable, gracias a que este código de programación será quien opere el sistema de forma inteligente, como tercer punto, se realizó el modelamiento y simulación del mismo en el Software Proteus para comprobar el funcionamiento del sistema de alarma, y por último, se realizó la construcción del prototipo con guía del diseño elaborado anteriormente y con la utilización de la lista de materiales mostrada en la Tabla 2.

Tabla 2

Lista de materiales.

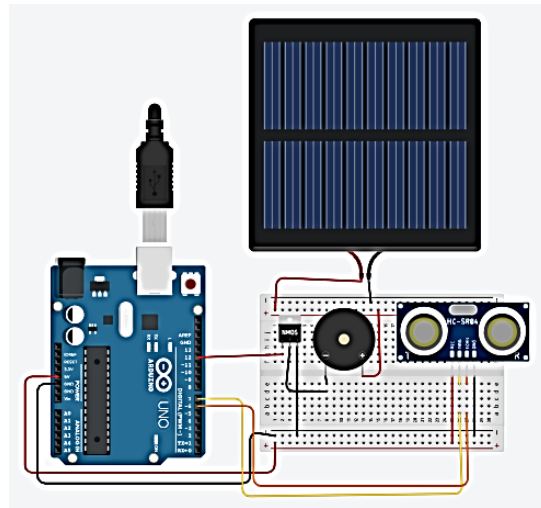
Microcontrolador arduino UNO
Sensor capacitivo
Panel solar de 12v
Protoboard
Batería de litio de 12v
Sirena de 12v
Transistor Mosfet canal N, IRF-540
Cables de conexión (Jumpers)

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 3, se muestra el diseño elaborado en la plataforma TinkerCad, en donde se observa el diagrama multifilar o la interconexión de los componentes presentados en la lista de materiales.

Figura 3.

Diseño del sistema de alarma autónoma elaborado en TinkerCad.



En la Figura 4, se muestra el código de programación elaborado en la plataforma Arduino IDE e insertada en el microcontrolador, en este se describen las tareas que debe realizar y designar el Arduino Uno a los otros componentes del sistema.

Figura 4

Programación del sistema de alarma elaborada en el software Arduino Ide.



```

FERIA_DE_Ciencias Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
FERIA_DE_Ciencias
#define trig 7 // Emisor de pulso o señal

#define echo 6 // Receptor "del eco" del pulso o señal

#define buzzer 12 //Zumbador

void setup() {
  // Sólo se activa una vez al iniciarse el programa. Definimos entradas y salidas

  pinMode(trig, OUTPUT); //Emisor

  pinMode(echo, INPUT); //Receptor

  pinMode(buzzer, OUTPUT); //Emisor
}

void loop() {
  // Bucle

  long duration, distance; //Establecemos duration y distance como variables numéricas extensas

  digitalWrite(trig, LOW); //Para tener un pulso limpio empezamos con 2 microsegundos en apagado

  delay(2);

  digitalWrite(trig, HIGH); //Mandamos un pulso de 5 microsegundos

  delay(5);

  digitalWrite(trig, LOW); //Apagamos

  duration = pulseIn(echo, HIGH); //Medimos el tiempo que la señal tarda en volver al sensor en microsegundos

  distance = (duration/2)*0.0343; //La distancia es el tiempo por la velocidad del sonido (343 m/s = 0.0343 cm/microseg)

  if (distance < 4) //Si la distancia es menor de 5cm(modificar dependiendo de la maqueta)
  { tone(buzzer, 1000); //Suena el zumbador con una frecuencia de 1000Hz

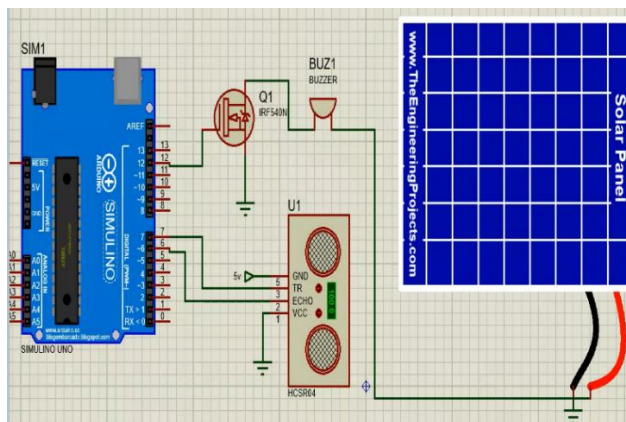
    delay(10000); //durante 10 segundos
  }
  else //De lo contrario
  {
    noTone(buzzer); //no suena
  }
}

```

En la Figura 5, se ilustra el modelamiento del circuito en el software Proteus, y al mismo tiempo, se simuló el sistema de alarma autónoma y se evidenció su correcto funcionamiento.

Figura 5

Modelado del sistema de alarma autónoma elaborado en Proteus.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se describirán las especificaciones técnicas de los equipos que integran el prototipo de alarma de alerta temprana junto a los cálculos del consumo energético y dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos y el almacenamiento de energía para preservar la continuidad del funcionamiento del prototipo.

Cálculos energéticos

El cálculo de la demanda energética del prototipo es de suma importancia para conocer la autonomía del sistema, y determinar la cantidad de energía que se espera suministrar con los módulos fotovoltaicos, estimar el consumo del prototipo y dimensionar el almacenamiento de energía eléctrica que garantice el autoabastecimiento durante los meses con poco recurso solar, para ello, en la Tabla 3, se muestra la demanda del prototipo para poder dimensionar los módulos fotovoltaicos y las baterías.

Tabla 3

Demanda eléctrica de los equipos y componentes del prototipo

Consumo eléctrico del prototipo			
Equipo	W	Horas	Wh/día
Sirena de 12v	30	6	180
Microcontrolador Arduino UNO	0.24	24	5.76
Sensor Ultrasónico HC-SR04	0.075	24	1.8
Transistor MOSFET canal N, IRF-540	1.5	24	36
Total	31.82 w		223.4 Wh/día

Fuente: Elaboración propia.

En la provincia de esmeraldas se trabaja con un recurso solar de 4 horas sol pico (HSP), (Trejo Márquez, 2023). Este dato es necesario para calcular la energía que puede generar el módulo fotovoltaico (E panel) que para este caso tendrá una potencia instalada de 60 Wp (ver ecuación 1 y 2).

$$\mathbf{E\ Panel = HSP * Potencia (Wp)} \quad (1)$$

$$\mathbf{E\ Panel = 4 * 60\ W = 240\ W} \quad (2)$$

Una vez hallado la energía que el módulo fotovoltaico puede generar se calculan la cantidad de módulos necesario para satisfacer la demanda del prototipo (ver ecuación 3). (Galeano Rincón. 2021).

$$\mathbf{N^{\circ}\ módulos = \frac{Consumo\ Diario}{E\ Panel}} \quad (3)$$

$$\mathbf{N^{\circ}\ módulos = \frac{223.4\ Wh}{240\ W} = 0.93 = 1\ modulo} \quad (4)$$

Si bien se hayo el número de módulos fotovoltaicos a necesitar ahora se dimensiona el almacenamiento de energía en baterías para mantener el prototipo siempre con suministro eléctrico y se la calcula con la ecuación 5. (Gómez Zafra. 2021).

$$\mathbf{Capacidad\ Bateria = \frac{Consumo\ Diario * Dias\ Autonomia}{Profundidad\ de\ descarga * Voltaje}} \quad (5)$$

Considerando que la batería de 12 v, tiene una profundidad de descarga de 0.8 y se pretende que esta tenga una autonomía de tres días se podrá hacer uso de la ecuación 6.

$$\text{Capacidad Batería} = \frac{223.4 \text{ Wh} * 3 \text{ días}}{0.8 * 12 \text{ V}} = 69.81 \text{ Ah} \quad (6)$$

Y, por último, si dividimos la capacidad total que se necesita de almacenamiento para la capacidad de una sola batería obtendremos el número de batería con esa capacidad que se requeriría para satisfacer la demanda del prototipo con una autonomía de tres días sin producción de energía eléctrica de parte de los módulos fotovoltaicos (ver ecuación 7).

$$\text{N. Baterías} = \frac{69.81 \text{ Ah}}{40 \text{ Ah}} = 1.74 = 2 \text{ Baterías.} \quad (7)$$

Especificaciones técnicas del sistema

Por la naturaleza del prototipo los equipos y demás componentes del sistema no pueden ser de la misma marca, por lo que en la Tabla 4 se describirán de forma general sus principales características.

Tabla 4

Especificaciones técnicas del sistema.

Equipo	Características
Sirena	Voltaje: 12 v Potencia: 30 w Sonido: 119 Db Certificación: IP65 Material de construcción: Plástico Peso: 0.55 KG Dimensiones. 24 x 21 x 14 cm

<p>Microcontrolador arduino UNO ATmega328P</p>	<p>Velocidad de reloj: 16 MHz. Voltaje de trabajo: 5V. Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios. Potencia: 0.24 w Pinout: 14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos. 1 puerto serie por hardware. Memoria: 32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom</p>
<p>Sensor capacitivo</p>	<p>Voltaje de Operación: 5V DC Corriente de reposo: < 2mA Corriente de trabajo: 15mA Rango de medición: 2cm a 450cm Precisión: +- 25mm Ángulo de apertura: 15° Frecuencia de ultrasonido: 40KHz Duración mínima del pulso de disparo TRIG (nivel TTL): 10 μS Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL): 100-25000 μS Dimensiones: 45*20*15 mm</p>
<p>Panel solar de 12v poli cristalino</p>	<p>Tensión Nominal: 12V DC Potencia: 60 w N.º de células: 36 Medidas: 365x245x17mm Peso: 1124 gr. Instalación IP65 Certificados: CE & RoHS, TUV</p>
<p>Transistor Mosfet canal N, IRF-540</p>	<p>Máxima disipación de potencia: 130 W Voltaje máximo drenador - fuente: 100 V Voltaje máximo fuente - puerta : 20 V Corriente continua de drenaje Id : 33 A Temperatura máxima de unión: 175 °C Características Eléctricas: Tensión umbral entre puerta y fuente Vgs(th) : 4 V Carga de la puerta (Qg): 71(máx.) nC Tiempo de subida (tr): 35 nS</p>

	<p>Conductancia de drenaje-sustrato: 250 pF</p> <p>Resistencia entre drenaje y fuente RDS (on): 0.044 Ohm.</p>
Batería	<p>Capacidad: 40 Ah</p> <p>Voltaje: 12 v</p> <p>Profundidad de descarga: 80%</p> <p>Tecnología: Litio</p>

Fuente: Elaboración propia.

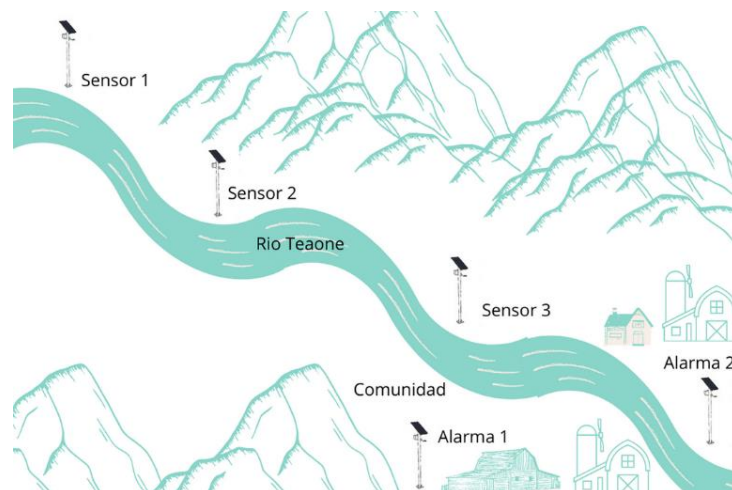
La selección de estos equipos y componentes se da gracias a su flexibilidad en el diseño del prototipo, en la compatibilidad efectuada con las simulaciones y por su gran adaptabilidad en ambientes hostiles, de tal manera, siendo estos factores claves que garantizan la eficiencia del sistema de alarma.

Convergencia de activación de la alarma.

Para que la alarma avise a la comunidad o grupo poblacional que se aproxima una inundación o que el nivel del río ha subido drásticamente deben de converger los sensores, es decir, los tres sensores mostrados en la Figura 6, se deben activar y enviar la señal al microcontrolador para que ordene la activación de la alarma sonora en la comunidad, es importante conseguir que se cumpla esta condición para aumentar la confiabilidad del sistema y evitar falsas alarmas.

Figura 6

Diseño general del sistema de alarma autónoma proyectada en la comunidad.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

El fenómeno del niño, con su influencia en patrones meteorológicos extremos y sus posibles consecuencias catastróficas, se presenta como una preocupación significativa en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. El desarrollo de un prototipo de alarma para alertar anticipadamente sobre inundaciones es una respuesta importante para abordar esta problemática y permite a la comunidad tomar decisiones oportunas y seguras.

Dado que el suministro de energía eléctrica convencional en zonas cercanas a ríos es un desafío, la elección de utilizar paneles fotovoltaicos como fuente de energía para el prototipo es una solución sostenible y acorde con el entorno. Aprovechar el recurso solar abundante en Esmeraldas demuestra la versatilidad y eficiencia de la energía solar en áreas remotas sin acceso a la red eléctrica convencional.

El proyecto se basa en la implementación de tecnología, incluyendo el uso de microcontroladores Arduino, sensores, módulos inalámbricos y simulaciones en el software Proteus y Arduino IDE. Estas herramientas permiten probar y perfeccionar el prototipo antes de su implementación en el campo, lo que es esencial para garantizar su eficacia y confiabilidad en situaciones de emergencia.

Además, los cálculos energéticos de consumo y autoabastecimiento junto a las especificaciones técnicas de los equipos y componentes que integra el sistema de alarma son determinante para su implementación en los sectores más vulnerables. Los antecedentes del proyecto subrayan la importancia de su implementación, ya que se evidencian los graves impactos económicos, sociales y de salud que las inundaciones asociadas con el fenómeno del niño pueden tener en la población local, esta aplicación ayuda en la prevención y gestión de riesgos, contribuyendo a salvaguardar vidas y bienes materiales de los sectores cercanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tito Perales Carrasco, J. C., Popuche Cabrera, P. L., Cabrejos Sampen, G., & Díaz-Vélez, C. (2019). Perfil clínico, epidemiológico y geográfico de casos de dengue durante el fenómeno El Niño Costero 2017, Lambayeque-Perú. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 18(1), 97-113.
- Iturre. Y. (2023). SitRep No. 38 Esmeraldas – Época Lluviosa del 03 al 16 de junio del 2023. Esmeraldas. Secretaria de Gestion de Riesgo. Url: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/09/SITREP-Nro-38-Esmeraldas-12.09.2023.pdf>
- Montesdeoca, V., & Geovanny, C. (2023). Análisis de la vulnerabilidad física ante inundaciones de la cuenca baja del río Teaone a través de los sistemas de información geográfica (Doctoral dissertation, PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
- Santamaría-del-Ángel, E., Sebastia-Frasquet, M. T., González-Silvera, A., Aguilar-Maldonado, J., Mercado-Santana, A., & Herrera-Carmona, J. C. (2019). Uso potencial de las anomalías estandarizadas en la interpretación de fenómenos oceanográficos globales a escalas locales. Chapter *Procesos y ciclos en la costa. Tópicos de Agenda para la Sostenibilidad de Costas y Mares Mexicanos*; Rivera-Arriaga, E., Sánchez-Gil, P., Gutiérrez, J., Eds, 193-212.

- Reyes Cirino, J. E., & Velásquez Aveiga, Y. A. (2020). Prototipo de un sistema de alerta temprana con monitoreo ante inundaciones en la Cuenca del Rio Chone (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones).
- Martinez Bogado, M. G. (2022). En la tierra y en el cielo: Energía solar fotovoltaica.
- Nill, N. M., & Brieva, N. (2021). Proyecto y diseño de un sistema de generación fotovoltaica en el complejo universitario Manuel Belgrano de la UNMDP (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería; Argentina). url: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/561>
- Alcívar-Centeno, J. R., Loor-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñónez-Guagua, E. F., & Gresely-Santi, F. A. (2023). Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 333-341. DOI: <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.606>
- Artagaveytia, F., & Gutiérrez-Zorrilla, J. (2013). *Sensores Capacitivos*. Eduard GL, Montevideo.
- Mendoza Alvarado, E. P. (2021). Sistema de alarma antirrobo para el hogar utilizando la plataforma arduino (Doctoral dissertation).
- Herranz, J. C. H. (2015). Una mirada al mundo Arduino. *Tecnología y desarrollo*, 13, 21.
- Trejo Márquez, J. B. (2023). Análisis técnico, regulatorio y económico para la instalación de un sistema alterno de suministro eléctrico basado en energía solar fotovoltaica en comunidades rurales de Esmeraldas.
- Galeano Rincón, Y. S. (2021). Desarrollo e implementación de una instalación fotovoltaica off-grid de baja potencia para vivienda unifamiliar en San José del Guaviare, monitoreada mediante Arduino y LabVIEW en conjunto con un control difuso de iluminación.
- Gómez Zafra, F. J. (2021). Situación actual de las baterías de ion-litio para almacenamiento de energía eléctrica. Url: http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/763/1/T088A_43081462_T.pdf

Conflicto de intereses

El autor indica que esta investigación no tiene conflicto de intereses
con certificación de

