



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AUTOMATIZADO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES

Tutor:

Prof. Ing. Msc. Bettys Farías

Autores:

Buonopane Luigi C.I: 24.641.514

Fuentes Daniel C.I: 21.581.608

Valencia, 8 de febrero del 2019



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA
AUTOMATIZADO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES.**

**(Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil)**

Tutor:

Prof. Ing. Msc. Bettys Farías

Autores:

Buonopane Luigi C.I: 24.641.514

Fuentes Daniel C.I: 21.581.608

Valencia, 8 de febrero del 2019

UNIVERSIDAD DE CARABOBO.



FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.

FORMATO TG - 7

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO EVALUACIÓN
(Art.27)

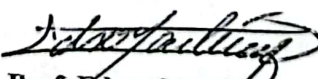
TITULO: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA
AUTOMATIZADO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES


ASPECTO	CALIFICACIÓN (1 - 20)
Calidad del Trabajo, en cuanto a su valoración científica y tecnológica	20
Metodología utilizada para su desarrollo	20
Bibliografía consultada	20
La precisión, concisión y nitidez de la Monografía	18
CALIFICACIÓN PROMEDIO DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO:	<u>20</u>

INTERROGATORIO

Nombre del Alumno	Nota del Interrogatorio	Nota Definitiva
DANIEL FUENTES	20	20
LUIGGI BUONOPANE	20	20


Prof. Betty Farias
Presidente del Jurado
8359094


Prof. Edson Martínez
Miembro del Jurado
8843525


Prof. Alexander Cabrera
Miembro del Jurado
11 115055

DEDICATORIA

Este trabajo en primeras palabras se la dedico a Dios, por darme la vida, que me ha hecho superarme y alcanzar esta gran meta, a mis padres y hermano, que son la causa fundamental, porque con muchísimo esfuerzo y paciencia me han alentado para trabajar y me han apoyado incondicionalmente.

A toda mi querida familia, que siempre está presente, apoyándome en cada paso de mi vida.

A mis amigos incondicionales de la vida y de la universidad, que siempre han estado en las buenas y las malas, que en los momentos de estudio nos alentábamos a seguir adelante y siempre me ayudaban a levantar cuando tropezaba.

Daniel A. Fuentes. L

Les dedico este trabajo a mis padres y hermana por ser mi apoyo y guía a lo largo de mi vida, impulsándome a mejorar cada día. Los amo.

A mi familia por el apoyo en todo momento y siempre estar allí para mí.

A mis amigos y hermanos Daniel Fuentes, Brigabriel Contreras y Nelson González.

Luigi A. Buonopane Q

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por toda la fortaleza, sabiduría y paciencia que me ha dado en el transcurso de esta carrera para poder lograr esta gran meta.

A mis padres, América Liendo y Alexander Fuentes, por el apoyo incondicional, por haberme enseñado que con esfuerzo y perseverancia se alcanzan grandes cosas.

A toda mi familia, que también son parte de todo este esfuerzo que se ha concretado.

A mis amigos, Luigi Buonopane, Brigabriel Contreras y Nelson González, que desde un principio se han convertido en mis hermanos y siempre nos hemos ayudado para superarnos en cualquier adversidad.

Daniel A. Fuentes. L

A mis padres por su apoyo en toda mi formación académica y personal, este trabajo es posible gracias a ellos.

A nuestro amigo Nelson González por su ayuda y apoyo en todo momento.
Gracias

A mis amigos Brigabriel Contreras, Carlos Cova, Maicol Álvarez y a mi hermano Hery Villarreal. Gracias por su apoyo.

A nuestra tutora Bettys Farías por guía y dedicación en este trabajo de investigación.

Luigi A. Buonopane Q

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE CONTENIDO	1
INDICE DE FIGURAS.....	5
INDICE DE TABLAS	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I.....	11
EL PROBLEMA	11
1.1 Planteamiento del Problema.....	11
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.2.1 Objetivo General	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificación de la Investigación	14
1.4 Alcance y Limitaciones de la Investigación.....	15
CAPÍTULO II	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	19
2.2.1 Sistema de Alerta Temprana (SAT):.....	19
2.2.2 Tipos de Sistemas de Alerta Temprana.....	21
2.2.3 Riesgo.....	23

2.2.4 Desastre	24
2.2.5 Peligro	24
2.2.6 Peligrosidad.....	25
2.2.7 Vulnerabilidad.....	25
2.2.8 Alarma.....	26
2.2.9 Alerta.....	26
2.2.10 Fenómenos Hidrometeorológicos	26
2.2.11 Inundaciones	26
2.2.12 Riesgo por inundaciones	27
2.2.13 Crecida	28
2.2.14 Zona inundada:.....	28
2.2.15 Llanura de inundación.....	28
2.2.16 Umbral	28
2.2.17 Umbral del nivel de río	28
2.2.21 Arduino	28
2.2.22 Tipos de datos	30
2.2.23 Operadores de comparación.....	31
2.2.24 Operadores lógicos.....	31
2.2.23 Microcontrolador	31
2.2.24 Sensor.....	32
2.2.25 Sensor de ultrasonido.....	32
2.2.26 Funcionamiento del sensor de ultrasonido.....	32
2.2.27 Buzzer o zumbador	33
2.3 Marco Legal	33

2.3.1 Bases Legales	33
CAPITULO III	39
MARCO METODOLÓGICO	39
3.1 Tipo de investigación	39
3.2 Diseño de la investigación.....	40
3.3 Metodología de la investigación	40
3.3.1 Fase I. Selección de las herramientas necesarias a nivel de hardware y software para conformar el SAT	41
3.3.1.1 Sensor	41
3.3.1.2 Plataforma digital	43
3.3.1.3 Alarma Buzzer	43
3.3.2 Fase II. Definición de los lineamientos para la construcción y el funcionamiento del prototipo.	44
3.3.3 Fase III. Programación del software para la construcción del SAT.....	46
3.3.3.1 Declaración de variables	46
3.3.3.2 Void setup	46
3.3.3.3 Void loop.....	46
3.3.4 Fase IV Evaluaciones de funcionalidad y desempeño del sistema mediante la simulación de inundación.....	48
CAPITULO IV	49
RESULTADOS.....	49
Caso de estudio	49
4.1 Fase I. Selección de las herramientas necesarias a nivel hardware y software que conformaron el SAT.....	50
4.1.1 Sensor de ultrasonido	50

4.1.2 Plataforma digital	51
4.1.3 Buzzer piezoeléctrico	52
4.1.4 Estructura y conexión final de prototipo	53
4.2 Fase II. Definición de los lineamientos para el funcionamiento del prototipo.	54
4.3 Fase III. Programación del software para el funcionamiento del prototipo del SAT.	55
4.3.1 Estructura del código de programación.....	55
4.3.1.1 Fase 1	55
4.3.1.2 Fase 2	57
4.3.1.3 Fase 3	58
4.4 Fase IV Evaluaciones de funcionalidad y del desempeño del sistema mediante la simulación de inundación.....	63
CAPITULO V	71
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	79
Anexo A: Código de programación	79

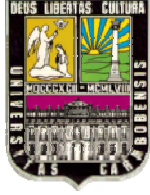
INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Placa de Arduino Uno.....	21
Figura 2. Envío y eco de señal de señal ultrasonido	34
Figura 3. Proceso de medición realizado por el sensor de ultrasonido.....	36
Figura 4. Diagrama de flujo de funcionamiento del código de programación	39
Figura 5. Sensor de distancia de ultrasonido modelo HC-SR04	42
Figura 6. Sensor de distancia de ultrasonido HC-SR04	43
Figura 7. Placa de Arduino Uno REV3.....	43
Figura 8. Componentes y entradas utilizadas de la placa Arduino Un REV	44
Figura 9. Buzzer piezoeléctrico modelo TMB12A05	44
Figura 10. Diagrama de conexiones de componentes del SAT	47
Figura 11. Codificación de los números de las entradas en la placa Arduino para pines del sensor y buzzer	48
Figura 12. Codificación de las variables necesarias para el cálculo del nivel del rio	50
Figura 13. Configuración de puerto serie.....	50
Figura 14. Configuración de modos de trabajo del pin trigger y el pin echo.....	51
Figura 15. Configuración para la activación, corte y recepción del pulso de salida.	51

Figura 16. Calculo de la variación de altura de la lámina de agua.....	52
Figura 17. Comparación entre niveles para la activación de la alarma.....	53
Figura 18. Mediciones realizadas por el prototipo.....	61
Figura 19. Serie de mediciones expuestas en el monitor serie.....	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Datos de lenguaje C++.....	22
Tabla 2. Operadores de comparación.....	23
Tabla 2. Operadores de comparación.....	23
Tabla 4. Dimensiones de las estructuras en el cauce del río El Retobo.....	41
Tabla 5. Tipos de datos y abreviaciones de variables.....	49
Tabla 6. Funciones utilizadas en la segunda fase del código de programación.....	50
Tabla 7. Funciones utilizadas en esta etapa en el código de programación.....	53
Tabla 8. Resultados de prueba 1, aumento de nivel de 0.5cm por intervalo.....	55
Tabla 9. Resultados de prueba 2, aumento del nivel de 1cm por intervalo.....	58
Tabla 10. Resultados prueba 3, aumento del nivel de 1.5cm por intervalo.....	59
Tabla 11. Comparación entre promedios de pruebas.....	60
Tabla 11. Máxima variación entre niveles de referencias lecturas del prototipo por prueba.....	62



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AUTOMATIZADO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES.

Autores:

Buonopane Luigi

Fuentes Daniel

Tutor:

Prof. Msc. Ing. Bettys Fariás

Fecha:

Febrero 2019

RESUMEN

En la última década, los desastres relacionados al tema de las inundaciones sin duda alguna han sido y continuarán siendo uno de los principales objetos de interés a nivel mundial y en especial en la población venezolana. Con el fin de proveer a las instituciones gubernamentales encargadas de la gestión de riesgo y a la población en estudio de la comunidad popular Las Adjuntas del municipio Naguanagua, una herramienta que alerte tempranamente el posible riesgo de inundaciones y así confrontar sus impactos, se diseñó un prototipo de sistema de alerta temprana automatizado. Este contó con la integración de una tecnología de punta, con el uso del software Arduino y sensores de ultrasonido para la automatización de los niveles del cauce y mediante el procesamiento de estos comparar con los umbrales del río y así generar la información necesaria para activar una alarma acústica. La investigación se enmarcó dentro de un carácter descriptivo experimental, puesto que se realizó la caracterización de los SAT automatizados y su funcionamiento en condiciones reales para el beneficio de la población. Como resultado de la investigación se obtuvo que el prototipo de SAT automatizado genera una herramienta a la comunidad dando información precisa y veraz, con el fin de reducir pérdidas potenciales de vida.

Palabras Clave: Inundaciones, alerta, SAT, Arduino, sensores de ultrasonido, automatizado.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AUTOMATIZADO ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES.

Autores:

Buonopane Luiggi

Fuentes Daniel

Tutor:

Prof. Msc. Ing. Bettys Farías

Fecha:

Febrero 2019

RESUMEN

In the last decade, disasters related to the subject of floods have undoubtedly been and will continue to be one of the main objects of interest throughout the world and especially in the Venezuelan population. In order to provide the governmental institutions responsible for risk management and the population studied by the popular community of Las Adjuntas in the municipality of Naguanagua, a tool that will alert the flood risk before and thus will confront its impacts, an automation prototype. Early warning system This included the integration of state-of-the-art technology, with the use of the Arduino software and the ultrasonic sensors for the automation of the levels of the channels and processing them to compare them with the river thresholds and thus generate the necessary information to activate an acoustic alarm. The research was framed within a descriptive experimental character, since the characterization of the automated SATs and their operation in real conditions for the benefit of the population was carried out. As a result of the investigation, it was obtained that the automated SAT prototype generates a tool for the community to provide accurate and truthful information, in order to reduce possible loss of life.

Key words: Floods, alert, SAT, Arduino, ultrasound sensors, automated.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el fenómeno de la variabilidad climática contribuye en gran medida a la formación de eventos hidrometeorológicos extremos, que generan inundaciones en grandes proporciones, en donde también juegan un papel muy importante la degradación ambiental y el crecimiento urbano desordenado; es de suma importancia la creación y desarrollo de herramientas que ayuden a la mitigación y reducción de las pérdidas tanto humanas como económicas producto de los efectos directos provocados por las inundaciones.

Por lo general, la dimensión de una inundación es provocada por eventos hidrometeorológicos dependiendo de la intensidad de la lluvia, de su distribución, espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas. (Bremer & Lara, 2001) [1]

Dentro de este orden de ideas, el propósito del estudio consistió en el diseño de un prototipo de sistema de alerta temprana automatizado ante el riesgo de inundaciones, que según diferentes niveles de riesgo genere alertas, con el fin de suministrar una herramienta que proporcione a la comunidad en estudio, tiempo suficiente de reacción en caso de una crecida repentina.

Debido a la ubicación geográfica del estado Carabobo y la cantidad de afluentes que lo conforman, en época de lluvia es vulnerable al riesgo de inundaciones. Por consiguiente, tendremos como caso de estudio a la comunidad popular Las Adjuntas, del Municipio Naguanagua, donde se han elaborado investigaciones a través de las cuales reportan su vulnerabilidad ante las ocurrencias de este fenómeno.

La presente investigación está constituida por cinco capítulos, el primero de ellos expone el planteamiento del problema, los objetivos, así como la justificación, el

alcance y las limitaciones de la misma. En el segundo se muestran los antecedentes utilizados que significaron un aporte para la investigación, además de las bases teóricas que sirvieron de referencia y sustento. Posteriormente en el Capítulo III se presenta la metodología utilizada principalmente basada en el uso del software Arduino para la elaboración de la automatización del SAT, asimismo la aplicación de simulacros de inundación para comprobar el funcionamiento del mismo. Seguidamente en el Capítulo IV se expone el análisis de los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología antes mencionada y por último el quinto capítulo el cual contiene las conclusiones obtenidas de la investigación, así como las recomendaciones de la misma.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Las inundaciones causadas por las crecidas de los ríos o por la ruptura de presas ha sido una preocupación de la humanidad desde hace muchos siglos. Estas inundaciones se han manifestado con características de gran magnitud causando grandes pérdidas de bienes y de vidas; también se han manifestado en magnitudes pequeñas, en las que las pérdidas han sido menores, pero igualmente significativos para ser tomadas en consideración. (Banco Mundial, 2011). [2]

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la UNESCO (1974), definen inundación como el “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”, en donde “nivel normal” se entiende como la superficie de agua que no causa daños, afectaciones y no genera ningún tipo de pérdidas. [3]

Según el Centro de Investigaciones sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED) (2017), en un artículo sobre desastres, señalan que las inundaciones representan el riesgo de desastre más frecuente a nivel mundial. Agregan, además, que las inundaciones entre el año 2007-2016 representaron 162 de los 354 desastres reportados, mientras que sólo para el año 2017, de 335 desastres naturales, 126 fueron inundaciones, arrojando cifras para este año de un aproximado de 55 millones de personas afectadas con al menos 3331 muertes ocasionadas y pérdidas económicas de hasta 20.3 billones de dólares. [4]

En América Latina de acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), en el año 2011 las inundaciones dejaron un saldo de 2,7 millones de personas afectadas y 450 mil viviendas dañadas. [5]

En 2016, el número de desastres por inundaciones en Sudamérica fueron más de 16, similar al promedio anual entre 2006-2015. Mientras el Caribe experimentó su mayor número de desastres por inundaciones promedio por año desde 2009 con (9), el doble del promedio anual entre 2006-2015. De tal modo, se reportan un número de fallecidos total para el año 2016 en el continente de hasta 161 muertes el número más bajo de fallecidos desde 2006 ya que el promedio anual es de 594 muertes al año y más de 3 millones de personas afectadas. (CRED, 2016). [6]

En Venezuela los fenómenos naturales que generan más daños son las inundaciones, la Base de Datos Internacional sobre Desastres (EM-DAT) indica que de los diez desastres con más incidencias que han causado niveles de emergencia nacional, seis han sido inundaciones e incluso alcanzaron el estatus de solicitud de ayuda internacional.

De acuerdo con las cifras publicadas por este mismo ente, durante el periodo 1967-2012 se registraron 30.140 personas fallecidas y un saldo de hasta 639.477 personas afectadas; dejando pérdidas económicas de incluso 3.496.000 millones de dólares. [7]

En el año 2018, las fuertes lluvias persistentes han causado graves inundaciones en los estados Apure, Amazonas, Bolívar y Anzoátegui, debido al desborde del río Orinoco, con más de 10mil personas afectadas y con muchas poblaciones en alerta roja. (El Universal, 2018) [8]

El estado Carabobo no escapa de esta realidad, específicamente el municipio Naguanagua ubicado al norte de la región central de Venezuela, que es atravesado de norte a sur por ríos, como: el Cabriales, el Retobo y Aguas Calientes, lo que implica

su vulnerabilidad en el periodo de lluvias ante las inundaciones, cuando ocurre el desbordamiento de estos afluentes.

A finales del año 2014 “en el municipio Naguanagua las calles se inundaron con más de 50 centímetros de agua, principalmente en la avenida 190, Barrio Unión, Puente Bárbula y comunidades aledañas donde varios vehículos fueron arrastrados por la corriente” (El Universal, noviembre 2014), más recientemente en el año 2015 los municipios Valencia, San Diego y Naguanagua sufrieron las consecuencias de las lluvias, presentándose inundaciones que originaron el colapso de calles y avenidas. (El Universal, 2015). [9]

Por las consideraciones anteriormente expuestas y con la finalidad de proponer una herramienta para la reducción de riesgo en la comunidad popular Las Adjuntas, donde se han elaborado investigaciones a través de las cuales se evaluó su vulnerabilidad ante las ocurrencias de inundaciones, se plantea la elaboración de un prototipo de sistema de alerta temprana automatizado, el cual pueda ser utilizado tanto por organismos encargados del manejo de desastres y los mismos miembros de la comunidad, de esta forma otorgando una herramienta que permita la toma de medidas para la mitigación de las pérdidas potenciales de vidas.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo de sistema de alerta temprana automatizado ante el riesgo de inundaciones.

1.2.2 Objetivos Específicos

1-. Seleccionar herramientas necesarias a nivel hardware y software que conformaran el SAT.

- 2-. Definir los lineamientos para la construcción y funcionamiento del prototipo.
- 3-. Programar el software para el funcionamiento del SAT.
- 4-. Evaluar el funcionamiento del prototipo mediante simulación de inundación.

1.3 Justificación de la Investigación

Debido a la frecuencia con que ocurren las inundaciones y los daños cuantiosos que provocan. Se plantea entonces, el diseño de un prototipo de SAT ante este riesgo, otorgando una herramienta innovadora a los entes encargados de la gestión de desastres y a la comunidad en general para que puedan actuar con la debida anticipación, a fin de reducir posibles lesiones o pérdidas de vida.

El desarrollo de este proyecto representó para la Universidad de Carabobo, una continuación, en cuanto al impulso de proyectos sociales se refiere. Siendo este un proyecto piloto planteando en la escuela de ingeniería civil en el que se dispuso de una nueva tecnología de punta en la creación de SAT, del cual se puedan derivar investigaciones futuras para la mejora de su funcionamiento y aplicabilidad en las comunidades del estado Carabobo

La propuesta de un prototipo SAT implica de manera intrínseca otorgar a la comunidad popular Las Adjuntas un instrumento que facilite la prevención de desastres ante la amenaza de inundaciones dando respuesta a los habitantes quienes después de la aplicación de las gestión de riesgo de desastre con medidas no estructurales sugirieron la elaboración de un proyecto con una alternativa aplicable; por otro lado, su aplicación genera consecuentemente un sentido de unidad y responsabilidad en los habitantes de la zona, de modo que en el aspecto social no solo se concibe información precisa y confiable para la protección de vidas y bienes del colectivo, sino que además se fomenta el desarrollo social mediante el estímulo del sentido de pertenencia.

En el ámbito técnico, se implementará el uso de dispositivos electrónicos e interactivos, como lo es la del Arduino en conjunto con el sensor de ultrasonido, siendo esta una tecnología innovadora en el país en cuanto a los SAT ante el riesgo de inundaciones, obteniendo información in situ, y así poder desarrollar una herramienta que conceda información de forma rápida y objetiva, dando respuestas a posibles amenazas de inundación.

1.4 Alcance y Limitaciones de la Investigación.

En la presente investigación se diseñó un prototipo de SAT automatizado ante el riesgo de inundaciones en la comunidad popular Las Adjuntas, municipio Naguanagua, estado Carabobo desarrollando así una herramienta técnica, para advertir con la debida anticipación, ayudando en la reducción de riesgos, haciendo la comunidad menos vulnerable, a fin, de proteger vidas y aminorar el impacto del mismo.

La limitación presente en esta investigación es la situación actual de la economía venezolana para la adquisición de sensores y equipos importados, que se necesitan para la ejecución e instalación de este proyecto de investigación. Debido a esto, se dificulta la realización de pruebas de funcionamiento en condiciones reales, por lo que se llevarán a cabo pruebas a escala simulando las características geométricas de un río con un recipiente de vidrio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

“Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (Arias, 1999).

Díaz y Robles (2016), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación del grado de sostenibilidad de la aplicación de simulacros de gestión de riesgos de desastres en el sector popular de “Las Adjuntas”, del municipio Naguanagua, estado Carabobo”, el objetivo fue la evaluación del grado de sostenibilidad de la aplicación de simulacros de gestión de riesgo de desastres. La investigación fue de tipo descriptiva, con un diseño de campo no experimental. Se realizó una gestión de riesgo que consistió en la aplicación de estrategias de enseñanzas comunitarias sobre los riesgos, vulnerabilidades y desastres, se realizaron mapas de vulnerabilidad sísmica, inundación e incendio y simulacros de evacuación por riesgo de inundación. Concluyendo que la aplicación de medidas no estructurales apoyadas en actividades como simulacros de eventos naturales son sostenibles siempre y cuando se cuente con la disposición de la comunidad en formar parte del equipo de trabajo con la disposición de replicar los conocimientos adquiridos.

Esta investigación fue de gran aporte para este proyecto debido a que la evaluación de medidas no estructurales que se desea realizar, surge de las recomendaciones finales de la gestión de riesgo de desastre y solicitudes de la comunidad como una alternativa de mitigación del riesgo, siendo el presente proyecto una continuación de dicha investigación.

Herrera A y Ramos E (2018), en su estudio “Evaluación de medidas estructurales para la mitigación de riesgos de inundación del sector popular Las Adjuntas del estado Carabobo”, cuyo objetivo general fue evaluar medidas estructurales para la mitigación de riesgo de desastre en la comunidad popular “Las Adjuntas”, Municipio Naguanagua Edo. Carabobo, la investigación por sus características fue de tipo descriptiva, con una modalidad de campo no experimental y una estructura de proyecto factible, la técnica empleada fue la observación directa y el instrumento notas de campo y fotografías. Se realizó un estudio hidráulico del tramo del río El Retobo desde su confluencia con el río Cabriales hasta la progresiva final de la canalización de concreto existente, resultando los niveles de inundación con los que se determinaron las planicies inundables y posteriormente la propuesta de canalización.

Este trabajo fue un aporte esencial para la investigación, por lo que con los estudios hidráulicos e hidrológicos realizados al río Retobo, se pudieron tomar las alturas del cauce en todo este trayecto, apoyándonos en esto y con las visitas realizadas a la comunidad se pudieron establecer los umbrales de alerta ante el riesgo de inundaciones.

Barreto A y Márquez D (2016), desarrollaron un sistema de adquisición de datos portátiles para el banco de turbina Kaplan en la escuela de ingeniería civil de la Universidad de Carabobo, la presente investigación consistió en generar la curva características de una turbina Kaplan perteneciente al laboratorio de Hidráulica “Elías Sánchez Díaz” de la Escuela de Ingeniería Civil, en el cual se desea implementar una práctica de laboratorio, que permita al usuario estudiar el proceso de generación hidroeléctrica a través de una turbina y de esta forma mostrar al usuario el comportamiento de la misma frente a los cambios que puedan ocurrir en el proceso, para ello se implementaron un sistema basado en sensores de montaje en protoboard, que trabaje en paralelo con los indicadores analógicos existentes en el banco, el sistema de adquisición de datos tomara mediciones en campo, adecuará las señales, y a través del protocolo de comunicación serial enviará la información obtenida a una

unidad de almacenamiento y procesamiento de datos que corresponde a un computador donde a través del programa MATLAB se realizará una interfaz gráfica que facilite al usuario la visualización y manipulación de los datos obtenidos.

De acuerdo a esto, se apoya en dicha investigación como una referencia metodológica ya que se puede hacer una analogía en lo que respecta a los procesos de recolección y transmisión de información, la creación de la interfaz para el diseño del SAT y la utilización de tópicos de automatización.

Robleto, J (2010) desarrolló una metodología para el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana ante inundaciones con aplicación hidrológica e hidráulica en la cuenca del río el Jícaro afluente principal del río Coco, en el área urbana de Quilalí, en la región norte de Nicaragua. En el proceso de este estudio especial se elaboró una herramienta técnica, llevando a cabo la descripción y desarrollo de los temas básicos que deben considerarse en el componente de SAT ante inundaciones dentro de un proyecto de gestión y reducción del riesgo, con ello se consiguió ilustrar una de tantas metodologías aplicadas al diseño e implementación de este tipo de sistemas bajo la interacción del caso de estudio, estos resultados sirvieron de aporte para la elaboración del diseño de un SAT, que tuvo como sitio objeto de la alerta el área urbana de Quilalí, y la elaboración de un mapa representativo de la amenaza ante inundación en dicho sitio.

Debido a todos los estudios realizados y la metodología desarrollada en el trabajo especial, hemos obtenido conocimientos necesarios para llevar a cabo el diseño y métodos para el prototipo de SAT.

Machuca, J. (2010), desarrolló en El Salvador su Trabajo titulado “Propuesta de un sistema de alerta temprana para inundaciones en la cuenca del río Acahuapa de El Salvador”. Tiene como principal objetivo establecer parámetros de alerta temprana, enfocados en la comunidad “2 Puentes” siendo este un punto de alto riesgo, registrando pérdidas de vidas humanas debido a la densa habitabilidad de la zona. El sistema de alerta temprana contó con una estación telemétrica con transmisión de

datos en tiempo real y con escalas limnimétricas a lo largo del río, para así garantizar el control de los niveles del cauce en las zonas más propensas a inundarse y así alertar a la población ante dicho evento.

El principal aporte de esta investigación ha sido la semejanza en la metodología aplicada en la ubicación de las reglas limnimétricas, que en caso de nuestra investigación se extrapola el uso de un SAT automatizado y en cuanto a la ubicación de las alturas para la activación de la alarma.

2.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas de la investigación según Arias (1999), comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un enfoque determinado, cuyo objetivo es explicar el problema planteado.

El objetivo de un sistema de pronóstico hidrológico es el de obtener en tiempo real, datos de precipitación y/o flujo en ríos a través de un sistema de colección y transmisión de datos, procesarlos por medio de modelos lluvia-escurrimiento y de tránsito de avenidas, pronosticar caudales y niveles de agua para períodos que van desde algunas horas hasta varios días, dependiendo del tamaño y del tiempo de respuesta de la cuenca o sub-cuenca estudiada. El pronóstico de caudales es usado para alertar a la población en áreas amenazadas por las probables inundaciones, además de alertar al personal encargado de la operación de estructuras de control de avenidas, como es la operación de vertedores controlados por compuertas en presas. (Pérez Luna & Rubio Gutiérrez, 2012) [10]

2.2.1 Sistema de Alerta Temprana (SAT):

Es aquel dispositivo complejo que avisa con anticipación de una eventualidad por un acontecimiento ya sea un fenómeno natural o humano que puede causar un desastre, con el objetivo de evitarlo. Desde los términos de gestión del riesgo, la duración del desastre está en la función de la fuerza del evento natural (o antrópico) y del grado de vulnerabilidad que presenta la población frente al fenómeno. El

fenómeno en sí no es necesariamente un desastre, por ejemplo, si observamos un huracán en la escala más alta pasar por una isla desierta no compone un desastre ya que no existe población vulnerable. En esta lógica de la gestión de riesgos (el desastre es evitable o reducible) ubicamos los SAT, unos sistemas diseñados y puestos en funcionamiento para avisar a la población de la proximidad de un evento y hacerla de forma inmediata mucho menos vulnerable. Los sistemas de alerta temprana pueden tratar de anticipar los eventos naturales o de origen humano (generalmente conflictos violentos) que, en interacción con la vulnerabilidad, pueden desembocar en desastres. (UNESCO, 2011) [11]

Según Ochara (2007) los sistemas diseñados y puestos en funcionamiento para avisar a la población de la proximidad de un evento y hacerla de forma inmediata mucho menos vulnerable. [12]

Un sistema de alerta temprana, SAT, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (OEA, 2010). [13]

Otra de las definiciones es la que proporciona la Cruz Roja de Paraguay (2010) definiéndolo como una herramienta técnica que ayuda en la reducción de riesgos, con el objetivo de proteger a las personas y sus medios de vida expuestas a peligros y en el preparativo ante desastres, con el objetivo de proteger a las personas expuestas a peligros (Cruz Roja Paraguaya, 2010). [14]

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de desastres (EIRD), un sistema de alerta temprana necesariamente comprende cinco elementos fundamentales:

- Conocimiento del riesgo.

- Seguimiento de cerca o monitoreo de la amenaza.
- Análisis y pronóstico de las amenazas.
- Comunicación o difusión de las alertas y los avisos.
- Capacidades locales para responder frente a la alerta recibida.

Una debilidad o falla en cualquiera de estos elementos da por resultado que falle todo el sistema (UNISDR, 2009). [15]

Hay SAT que utilizan tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración de los pronósticos, generalmente se apoya en información proporcionada por redes globales o telemáticas y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales entrenados.

Hay otros sistemas de alerta de base comunitaria, más sencillos y caracterizados por el uso de equipos de bajo costo y de fácil manejo, y por ser operados por los miembros de la comunidad, tanto en la fase de monitoreo como de alerta (OEA, 2010). [15]

Es imperioso, para el buen funcionamiento de los SAT, que sin importar de cual tipo se trate, exista una participación de las comunidades en la operación de estos, desde la identificación y evaluación del riesgo, el diseño del SAT, el monitoreo de los indicadores, la colecta de datos, hasta la comunicación de la alerta y la respuesta. Es decir, de existir ambos tipos de sistemas en un área, ambos deben estar estrechamente articulados y fortalecerse mutuamente (OEA, 2010).

2.2.2 Tipos de Sistemas de Alerta Temprana

- **SATI Centralizado**

El Sistema de Alerta Temprana Centralizado, se refiere aquel que utiliza de tecnología, que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración del pronóstico de crecida.

La observación y monitoreo se basa en redes telemétricas de estaciones de lluvia y nivel de los ríos, que permiten pronósticos de crecida precisos y con anticipación. Se apoya en redes de observación global, como el radar, que permiten desarrollar modelos y pronósticos de tiempo, y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales con conocimiento y entrenamiento avanzado para desarrollar modelos hidrometeorológicos, en los cuales se basan los pronósticos de crecidas. Estos pronósticos permiten la difusión de avisos con antelación a las alertas, aumentando así el tiempo de preparación. [16]

El objetivo de los sistemas de alerta centrados en la gente es empoderar a los individuos y a las comunidades amenazadas para tener la posibilidad de actuar a tiempo y de forma apropiada, de manera que se reduzca la posibilidad de pérdidas personales y daños en la propiedad, el medioambiente o en los medios de vida (Ocharan, 2007).

- **SATI Comunitario**

El sistema de alerta temprana integral (SATI) comunitario, es un sistema de carácter sencillo el cual se caracteriza por el uso de equipos de bajo costo y de un fácil manejo, operados por miembros de las comunidades tanto en los componentes y el monitoreo del evento, así como en la comunicación de la alerta.

Este tipo de sistemas se basa en la participación de voluntarios de las comunidades que viven dentro de la cuenca donde se instaló el SATI, los voluntarios desempeñan funciones de trabajo en la repuesta, pero también participan en tareas de prevención con trabajos de mitigación de bajo costo y que no requieren de conocimiento técnico experto. El papel desempeñado por los voluntarios es primordial en el control y monitoreo hidrometeorológico, los avisos y alertas debe de ser oportuna, así como la preparación de los planes de contingencia y respuesta son Imperativos. [16]

SAT centrados en la gente: Cuando ocurre un desastre, por lo general son las comunidades quienes tienen la gran responsabilidad de dar la primera respuesta ante

las situaciones de emergencias. Por ello resulta importante que cada comunidad que es vulnerable cuente con planes de preparación y respuesta a emergencias y de gestión de riesgos de desastres que le permita desarrollar acciones prácticas para reducir sus riesgos y prepararse para responder adecuadamente ante situaciones de emergencia recurrentes en el medio donde se ubican (OEA, 2010).

El objetivo de los sistemas de alerta centrados en la gente es empoderar a los individuos y a las comunidades amenazadas para tener la posibilidad de actuar a tiempo y de forma apropiada, de manera que se reduzca la posibilidad de pérdidas personales y daños en la propiedad, el medioambiente o en los medios de vida. (Ocharan, 2007). Un SAT centrado en la gente comprende necesariamente cuatro elementos fundamentales: el conocimiento del riesgo; el seguimiento cercano de la amenaza (o monitoreo), el análisis y el pronóstico de las amenazas; la comunicación o la difusión de las alertas y los avisos; y las capacidades locales para responder frente a la alerta recibida. También se utiliza la expresión “sistema de alerta de principio a fin” para hacer énfasis en el hecho que los sistemas de alerta deben abarcar todos los pasos, desde la detección de una amenaza hasta la respuesta comunitaria (UNISDR, 2009).

2.2.3 Riesgo

Es la probabilidad de que se generen consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. (FONDONORMA, 3661:2004) [17]

Al igual que Lavell (2003) en el mismo ámbito propone que el riesgo es la probabilidad de daños y pérdidas en el futuro, y antecede al desastre y lo anuncia mientras que el desastre es la concreción de un riesgo, una realización de determinados niveles de riesgo en la sociedad, en que el evento físico sirve de detonador, pero no es la causa única que le da origen. [18]

2.2.4 Desastre

Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, en su producción e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona, o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada. Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida (Bravo, 2009). [19]

Por lo que Macías (2005) plantea que el desastre es un fenómeno social complejo. Calderón (2001) define a los desastres naturales son comunes en la mayoría de las sociedades, y sus efectos son absorbidos rápidamente con avances tecnológicos. [20]

2.2.5 Peligro

El peligro de acuerdo con Smith (1992) es el resultado de los conflictos de los procesos geofísicos con la gente, mientras que para Maskrey (1993) define a la amenaza o el peligro como fenómeno o evento que tiene peligro potencial para una población. [21]

Por otra parte, Cardona (2002) puntualiza que peligro es sinónimo de amenaza, y dice que es un proceso o fenómeno de carácter natural o tecnológico que puede originar daños a la población, los bienes materiales o el medio ambiente natural. [22]

De acuerdo con las Naciones Unidas (1984) la conceptualización de peligro o amenaza la refiere como la probabilidad de que se produzca, dentro de un periodo

determinado y dentro de una zona determinada, un fenómeno natural potencialmente dañino.

2.2.6 Peligrosidad

En cuanto a la peligrosidad Cooper, siendo un término de mayor aceptación, postula a la peligrosidad como el grado relativo de probabilidad de que ocurra un evento amenazador o peligro. Depende del tipo, magnitud, ocurrencia y correlación entre los fenómenos naturales sobre los elementos humanos (Cooper, 1985 citado por Maskrey, 1993).

2.2.7 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere a la exposición a un daño físico o moral ante un posible peligro para una sociedad consideran como el grado en que una comunidad está en riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno natural extremo, donde los factores socioeconómicos y políticos pueden afectar la capacidad para absorber y recuperarse (Westgate & O'Keefe, 1976). [23]

Cardona (2001) asigna otro termino para la vulnerabilidad, argumenta que está íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usual- mente tiene que ver con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de la población ante amenazas de diferente índole. En otras palabras, los desastres son eventos socio ambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo (Cardona, 2007) en tanto que para Wisner (2014) se refiere a las características de una persona o un grupo y su situación, que influyen en la capacidad para anticiparse, enfrentarse, resistirse y recuperarse del impacto de un peligro natural. Habilidad de un grupo o casas para resistir los efectos de un peligro y rápida recuperación.

2.2.8 Alarma

Aviso o señal que se da para se sigan instrucciones específicas debido a la presencia real o inminente de un evento. (FONDONORMA, 3661:2004)

2.2.9 Alerta

Estado declarado con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento generador de daños. (FONDONORMA, 3661:2004)

2.2.10 Fenómenos Hidrometeorológicos

Son los que se generan por la acción violenta de los fenómenos atmosféricos, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico.

Estos fenómenos paradójicamente son adversos y benéficos a la vez para la humanidad. En zonas costeras llegan a ser extremadamente destructivos y en otras zonas son benéficos ya que la lluvia favorece la recarga de presas, mantos freáticos, acelerando la actividad agrícola y ganadera, mitigando los incendios de pastizales y forestales. [24]

2.2.11 Inundaciones

Como proceso natural, flujo de desbordamiento que puede construir una llanura de inundación adyacente al cauce de un arroyo o nivel de agua superior al normal a lo largo de una costa que se extiende tierra adentro más allá de la playa. (H. Blodgett & A. Keller, 2006) [25]

Evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla en alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no lo hay, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura. (CENAPRED, 2013) [26]

- Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua.
- Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.
- Encharcamiento controlado para riego. (UNESCO; OMM; 2012)

Cuando el agua cubre una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños. [27]

Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses. (CENAPRED, 2001) [28]

Las inundaciones se encuentran dentro de la clasificación de fenómenos hidrometeorológicos y que su origen se relaciona por la deficiente ocupación del territorio, por procesos climáticos, deforestación en las secciones altas y medias cuencas. Esta problemática es favorecida por el aumento del coeficiente del escurrimiento debido a la pavimentación, lo que reduce la capacidad de desalojo de los sistemas de colectores de drenaje pluvial.

2.2.12 Riesgo por inundaciones

Para estimar el riesgo por inundaciones en una determinada zona, es necesario contar con información referente a dos componentes básicos, el peligro y la vulnerabilidad.

Un mapa de riesgo es la representación gráfica de los potenciales daños en un sitio (ciudad, localidad, vía de comunicación, etc.), generados por algún fenómeno natural o antropogénico (inundación, sismo, explosión de material químico, etc.) que lo afecte. (CENAPRED, 2013)

2.2.13 Crecida

1) Elevación, generalmente rápida, del nivel de agua de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor.

2) Flujo relativamente alto medido como nivel o caudal

2.2.14 Zona inundada:

Zona cubierta de agua cuando el caudal excede la capacidad del cauce, o como consecuencia del represamiento del río aguas abajo.

2.2.15 Llanura de inundación

Terreno adyacente a una corriente de agua que se inunda sólo cuando el caudal es mayor que la capacidad máxima del cauce.

2.2.16 Umbral

Es el valor de la magnitud física peligrosa a partir de la cual se justifica la aplicación de una determinada medida de protección.

2.2.17 Umbral del nivel de río

Indica el nivel del río a partir del cual es probable que se presente una inundación.

2.2.21 Arduino

Es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento. [30]

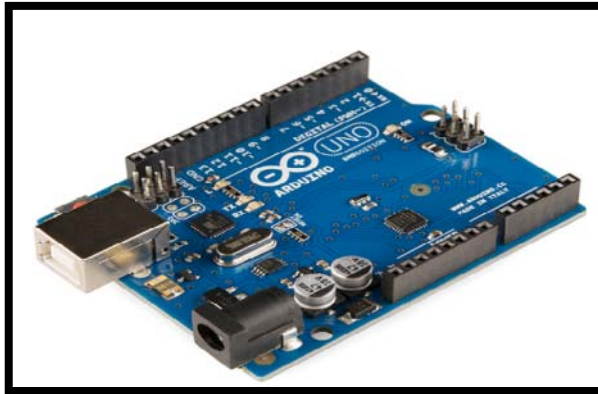


Figura 1. Placa de Arduino Uno. Fuente: Texto en línea [1].

Arduino también simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para los profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

1. **Económico:** las placas Arduino son relativamente económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores. La versión menos costosa del módulo Arduino se puede ensamblar a mano, e incluso los módulos Arduino pre-montados cuestan menos de \$ 50.
2. **Multiplataforma:** El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontroladores están limitados a Windows.
3. **Entorno de programación sencillo y claro:** el software Arduino (IDE) es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible como para que los usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para los maestros, está convenientemente basado en el entorno de programación de Procesamiento, por lo que los estudiantes que aprenden a programar en ese entorno estarán familiarizados con el funcionamiento del IDE de Arduino.
4. **Software de código abierto y extensible:** el software Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponibles para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede expandirse a través de bibliotecas C ++, y las personas que quieran comprender los detalles

técnicos pueden dar el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se basa. Del mismo modo, puede agregar código AVR-C directamente en sus programas Arduino si así lo desea.

5. **Hardware de código abierto y extensible:** los planes de los paneles Arduino se publican bajo una licencia de Creative Commons, por lo que los diseñadores experimentados de circuitos pueden crear su propia versión del módulo, ampliarlo y mejorarlo. Incluso los usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión del módulo para comprender cómo funciona y ahorrar dinero. [30]

2.2.22 Tipos de datos

Tabla 1: Tipos de Datos de lenguaje C++

Tipos de datos	Memoria que ocupa	Rango de valores
Boolean	1 byte	0 o 1 (True o False)
Byte/Unsigned char	1 byte	0 - 255
Char	1 byte	-128 --127
Int	2 bytes	-32.768 -32.767
Word/unsigned int	2 bytes	0 - 65.535
Long	2 bytes	-2.147.483.648 - 2.147.483.647
Unsigned long	4 bytes	0 - 4.294.967.295
Float/Double	4 bytes	-3,4028235E+38 - 3,4028235E+38
String	1 byte + x	Array de caracteres
Array	1 byte + x	Colección de variables

2.22.23 Operadores de comparación

Tablas 2: Operadores de Comparación

Operador	Significado
<	Estrictamente menor que
>	Estrictamente mayor que
<=	Menor o igual que
>=	Mayor o igual que
==	Igual a
!=	Distinto de

2.2.24 Operadores lógicos

Tablas 3: Operadores Lógicos

Operador	Símbolo	Ejemplo	Resultado
Y (AND)	&&	a && b	True si ambos a y b son verdaderos
O (OR)		a b	True si a o b son verdadero
O EXCLUSIVO	XOR	a ^ b	True si a es verdadero o b es verdadero, pero no ambos
NEGACIÓN (NOT)	!	!a	True si a no es verdadero

2.2.23 Microcontrolador

Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales

unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. [31]

2.2.24 Sensor

Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformadas a variables eléctricas. [32]

2.2.25 Sensor de ultrasonido

Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos sensores trabajan solamente donde tenemos presencia de aire (no pueden trabajar en el vacío, necesitan medio de propagación), y pueden detectar objetos con diferentes formas, diferentes colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo, han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco. [33]

2.2.26 Funcionamiento del sensor de ultrasonido

Es un dispositivo de medición de distancia que se basa en las propiedades magneto-strictivas de determinados materiales. Los sensores de ultrasonido se usan para medir distancias, que a partir de la excitación de la membrana magneto-strictivas con una serie de impulsos eléctricos, se genera un tren de ondas ultrasónicas. Por otro lado, la membrana magneto-strictivas recibe los ecos de las emisiones recibidas y las transforma en impulsos eléctricos. [34]

2.2.27 Buzzer o zumbador

El corazón de los buzzer piezoeléctricos es un simple disco piezo, que consiste de una placa cerámica con una capa metálica. Si el disco es controlado por un circuito oscilante externo se habla de un transductor piezoeléctrico. Si el circuito oscilador está incluido en la carcasa se lo denomina zumbador piezoeléctrico. La ventaja de este montaje sencillo es su robustez y su fabricación económica. Los generadores de sonidos piezoeléctricos son aptos para el diseño de alarmas y controles acústicos de estrecho rango de frecuencia, por ejemplo, en aparatos domésticos y de medicina. [35]

2.3 Marco Legal

2.3.1 Bases Legales

Las bases legales representan las distintas leyes, decretos o normas que sustentan de forma legal el desarrollo de un proyecto. A continuación, se presentan las distintas bases legales bajo las cuales se encuentra fundamentada esta investigación:

Por tanto, se tiene La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela aprobada el 15 de febrero de 2009, la cual representa la norma suprema del Estado Venezolano. En ella se encuentran una serie de artículos donde se hace referencia al derecho de los ciudadanos a la protección por parte del Estado, ante situaciones que constituyan una amenaza, riesgo o vulnerabilidad, a través de distintos órganos impuestos por el mismo. [40]

Además, menciona cuales son los entes que se encargaran de llevar a cabo dicha labor de protección, así como las responsabilidades del Gobierno, Estados, Municipios y de los mismos ciudadanos referentes a este ámbito incluyendo situaciones de riesgo y de desastres. A continuación, se presentan los artículos más esenciales de la misma para la presente investigación.

El Artículo 55, establece el derecho a la protección de los ciudadanos por parte del Estado, a través de entes de seguridad:

Artículo 55. Toda persona tiene derecho a la protección por parte del Estado, a través de los órganos de seguridad ciudadana regulados por ley, frente a situaciones que constituyan amenaza, vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades, el disfrute de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes. La participación de los ciudadanos y ciudadanas en los programas destinados a la prevención, seguridad ciudadana y administración de emergencias será regulada por una ley especial.

Por su parte en el Artículo 332 se menciona cuáles son esos entes u organismos de protección ciudadana, en donde para importancia de esta investigación resalta la organización de protección civil y administración de desastres:

Artículo 332. El Ejecutivo Nacional, para mantener y restablecer el orden público, proteger a los ciudadanos y ciudadanas, hogares y familias, apoyar las decisiones de las autoridades competentes y asegurar el pacífico disfrute de las garantías y derechos constitucionales, de conformidad con la ley, organizará:

- Un cuerpo uniformado de policía nacional.
- Un cuerpo de investigaciones científicas, penales y criminalísticas.
- Un cuerpo de bomberos y bomberas y administración de emergencias de carácter
- Una organización de protección civil y administración de desastres.

Los órganos de seguridad ciudadana son de carácter civil y respetarán la dignidad y los derechos humanos, sin discriminación alguna.

La Constitución no solo le otorga responsabilidades y deberes al Estado en materia de protección y seguridad de la nación ante situaciones de desastre, esto se ve reflejado en los artículos 156 y 134 (Ver Anexo A), en donde se le atribuyen

compromisos tanto al Poder Público como a los ciudadanos respectivamente. Además, esta colaboración entre el Estado y la sociedad civil se ve manifestado de una forma más directa en el artículo 326. (Ver Anexo A). [41]

En segundo lugar, como fundamento legal de esta investigación, se tiene La Ley Orgánica de Seguridad de la Nación publicada en Gaceta Oficial Número 37.594 del 18 de diciembre de 2002, la cual establece en algunos de sus artículos lo referente a los distintos órganos de seguridad ciudadana haciendo mención de estos, y definiendo el sistema de protección civil y la gestión social de riesgo. A continuación, se presentan los artículos más resaltantes para la investigación:

Órganos de seguridad ciudadana

Artículo 23. De acuerdo con lo previsto en la Constitución y las leyes, el Ejecutivo Nacional organizará un cuerpo uniformado de policía nacional, un cuerpo de investigaciones científicas, penales y criminalísticas, un cuerpo de bomberos y una organización de protección civil que atenderá las emergencias y desastres, las cuales, sin menoscabo de las funciones específicas que se les asignen, deben trabajar coordinadamente a los fines de garantizar la preservación del orden interno.

Sistema de Protección Civil

Artículo 24. El Sistema de Protección Civil se entenderá como una gestión social de riesgo en la cual actúan los distintos órganos del Poder Público a nivel nacional, estatal y municipal, con la participación de la sociedad, y se extiende desde la planificación del Estado hasta procesos específicos, con miras a la reducción de la vulnerabilidad ante los eventos de orden natural, técnico y social.

Gestión social de riesgo

Artículo 25. La gestión social de riesgo comprende los objetivos, programas y acciones que, dentro del proceso de planificación y desarrollo de la Nación, están

orientadas a garantizar la calidad de vida de los ciudadanos y las ciudadanas, promoviendo el desenvolvimiento de los aspectos de prevención, preparación, mitigación, respuesta y recuperación ante eventos de orden natural, técnico y social que puedan afectar a la población, sus bienes y entorno, a nivel nacional, estatal y municipal.

En tercer lugar, se encuentra La Ley de Coordinación de Seguridad Ciudadana publicada en Gaceta Oficial N° 37.318 del 6 de noviembre de 2001, esta ley hace referencia en su Artículo 2 a cuáles son los órganos de seguridad ciudadana y en su Artículo 15 establece la definición de situación de desastre:

Situaciones de desastres

Artículo 15: En los casos que la magnitud de la emergencia rebase la capacidad de los organismos actuantes, éstos notificarán a los órganos de administración de desastres, quienes asumirán la responsabilidad de coordinación y el manejo de la emergencia.

Se entiende por desastre a los efectos de este Decreto Ley, toda situación que causa alteraciones intensas en los componentes sociales, físicos, ecológicos, económicos o culturales de la sociedad, poniendo en inminente peligro la vida humana o los bienes, y donde la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias resulta insuficiente.

En cuarto lugar se ubica la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio naturales y Tecnológicos (Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009) cuyo objeto es conformar y regular la gestión integral de riesgos socio naturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socio naturales y tecnológicos.

En esta ley se destaca el Artículo 2 que habla acerca de la Gestión Integral de Riesgos:

Artículo 2: La gestión integral de riesgos socio naturales y tecnológicos es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera consciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas.

En quinto lugar, se sitúa la Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres publicada en Gaceta Oficial Número 5.557 del 13 de noviembre de 2001, que según el Artículo 1 de la misma: “tiene por objeto regular la organización, competencia, integración, coordinación y funcionamiento de la Organización de Protección Civil y Administración de Desastres en el ámbito nacional, estatal y municipal”. También se destaca el Artículo 3 (Ver Anexo A), donde se hace mención de los objetivos fundamentales de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, ambos artículos pertenecientes al Título I de las disposiciones generales.

El Título II hace referencia al objeto de creación de la organización, así como de las actividades y medidas que promoverá la misma, resaltando los Artículos 5 y 6 (Ver Anexo A).

En el Título III se exponen los componentes de la organización, donde se hacen referencia a los Artículos 7 y 9. (Ver Anexo A).

Por último, se encuentran los Códigos técnicos COVENIN:

La Norma Venezolana COVENIN 3810-2003: Guía para la realización de simulacros la cual “establece los lineamientos generales y los elementos necesarios para la realización de simulacros en cualquier edificación pública o privada, con la participación de entes nacionales, regionales y/o locales.” En esta guía se define lo

que es un simulacro, su clasificación, se establecen los objetivos de la realización de este, así como los requisitos para llevarlo a cabo y los elementos que lo conforman.

La Norma Venezolana COVENIN 2226-90: Guía Para la Elaboración de Planes para el Control de Emergencias. Donde “establece los lineamientos para la elaboración de un plan para el control de emergencias” contemplando “aspectos generales para el control de cualquier situación de emergencia originada por fallas operacionales, por la naturaleza o por actos de terceros, en cualquier instalación industrial, centro de trabajo, edificación pública o privada.”

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Según Arias (1999): “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la investigación. Es el “como” se realizará el estudio para responder al problema planteado”.

En este capítulo se describe la metodología de investigación que se empleó en el desarrollo del presente trabajo para el cumplimiento de los objetivos, estableciendo el tipo y diseño. Además, se establecen las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos y el análisis de dichos datos.

3.1 Tipo de investigación

“La investigación científica es un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes. Para ello, es necesaria la clasificación del tipo de investigación la cual puede ser exploratoria, descriptiva o explicativa, dependiendo del grado de profundidad con el que se aborda el objeto de estudio, a esto se le conoce como el nivel de investigación.” (Arias F, 1999).

El estudio se enmarcó dentro de una investigación de carácter descriptivo.

Arias (2012) asegura:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a profundidad de los conocimientos se refiere.

Por tanto, la presente investigación es de tipo descriptiva debido a que se dispone de elementos que llevan un orden y secuencia para realizar la recolección de datos en

situaciones y actitudes predominantes en el sitio de estudio, ya que se obtienen directamente de la realidad tomando en cuenta sus efectos causales.

1.2 Diseño de la investigación

Según Arias (2012): “el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental.

Kerlinger (1975): "la investigación científica en la cual el observador manipula y controla una o más variables independientes y observa la variable dependiente en busca de la alteración concomitante a la manipulación de la variable independiente."

De esta manera, el diseño de la presente investigación es de carácter experimental, debido a que se maneja una variable independiente como la medición de la altura entre el sensor y la lámina de agua para obtener los niveles del río que permiten determinar si se pueden generar alertas ante el riesgo de inundación.

1.3 Metodología de la investigación

Silva (2008) afirma:

“Científicamente, la metodología es un procedimiento general para lograr de manera precisa el objetivo de la investigación (...), es expresar de manera concreta, mediante un claro diseño, como vamos a proceder para contrastar los hechos con teorías; es decir, llevar a cabo el estudio siguiendo los postulados generales que caracterizan el método científico.”

El desarrollo de la investigación se estructuró en cuatro fases presentadas a continuación:

3.3.1 Fase I. Selección de las herramientas necesarias a nivel de hardware y software para conformar el SAT

El objetivo de esta fase es establecer los componentes físicos que integran el prototipo y las herramientas fundamentales para el funcionamiento del código de programación.

La fluctuación del nivel del río es la variable de interés para ejecutar el SAT. Evaluar dicha variación permite generar una eventual activación de la alarma. Para automatizar el funcionamiento del prototipo, se requiere de un dispositivo que permita efectuar la medición de dicha variable, para lo cual se optó por el uso en conjunto de un sensor (herramienta para la medición de propiedades físicas) y un microcontrolador (dispositivo para procesar los datos generados a partir del sensor). Adicionalmente, el prototipo SAT debe contar con un elemento que permita generar una alerta dependiendo de los niveles de riesgo de inundación.

Por tanto, el prototipo consiste en el funcionamiento en conjunto de tres componentes; a saber: a) sensor, b) plataforma digital, c) alarma acústica. La descripción de cada componente se muestra a continuación:

3.3.1.1 Sensor

Consiste en un elemento que interactúa con su entorno y convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Dicha señal puede ser procesada, almacenada o transmitida a un dispositivo controlador. Un sensor puede ser implementado para determinar la distancia vertical que existe entre el dispositivo y el elemento más cercano. En este caso, mediante el uso de un sensor es posible determinar la distancia vertical que existe entre el punto de instalación del mismo y la lámina superficial de agua del cauce. Dicha distancia consiste en la variable independiente de interés para estimar de forma indirecta el nivel del río.

Existen distintos tipos de sensores, clasificados de acuerdo al entorno donde pueden ser instalados para su funcionamiento, o de acuerdo al modo en que ejecuta

sus mediciones. En este sentido, la selección del tipo de sensor a utilizar en el SAT dependerá, tanto de la variable de interés a medir (altura de lámina de agua), como de las condiciones del medio de trabajo donde puede ser instalado. Los sensores de ultrasonido, por su parte, son dispositivos electrónicos que pueden detectar objetos cercanos a través de ondas ultrasónicas. Dichos dispositivos poseen la ventaja de evitar el contacto directo con el agua, otorgando mayor adaptabilidad al medio de trabajo.

Según Martínez y González (2014), el funcionamiento básico de los sensores de ultrasonidos como medidores de distancia consiste en un emisor de pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto, cuya reflexión del pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos. En la figura 2 se muestra el funcionamiento básico de un sensor de ultrasonido.

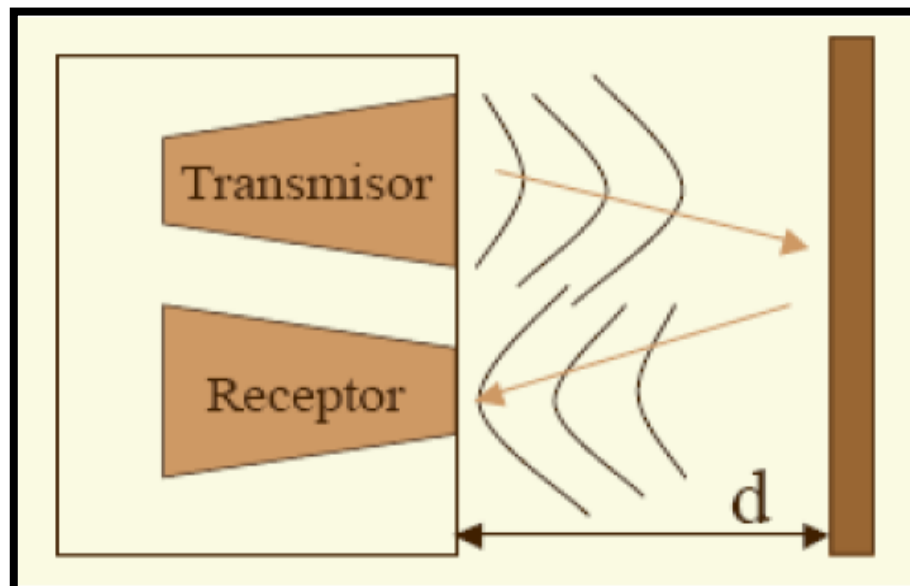


Figura 2. Funcionamiento básico de un sensor de ultrasonido. Fuente: Martínez y González (2014).

3.3.1.2 Plataforma digital

Es uno de los principales componentes del prototipo, su versatilidad se basa en que puede cumplir funciones tanto de hardware como de software. Cuenta con un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés), mediante el cual se configura el microcontrolador de la placa, usando un lenguaje de programación desarrollado por el fabricante. En el código de programación se generan una serie de instrucciones que permiten, a la plataforma electrónica, interactuar con su entorno a través de las señales eléctricas emitidas por el sensor. Dicha interacción resulta en la transformación de los parámetros de entrada del prototipo en información de interés para evaluar la situación de riesgo. En este sentido, la plataforma electrónica admite procesar en forma continua en el tiempo los datos registrados por el sensor de ultrasonido y transformarlos en variaciones del nivel del río.

Se selecciona la plataforma electrónica Arduino debido a que posee una plataforma intuitiva, de fácil comprensión para programadores inexpertos, y de código abierto y extensible. Adicionalmente, la empresa fabricante de la plataforma Arduino posee una gran variedad de opciones en placas pre-ensambladas de bajo costo.

3.3.1.3 Alarma Buzzer

Para advertir el riesgo ante una inminente crecida, el prototipo debe ser capaz de emitir una alarma de sonido al momento de detectar un aumento considerable del nivel del río. Para emitir dicha alerta, se eligió un buzzer piezoeléctrico. El mismo consta con un modo de operación de tono simple que produce un sonido continuo y dos componentes: un electroimán y una lámina metálica de acero.

3.3.2 Fase II. Definición de los lineamientos para la construcción y el funcionamiento del prototipo.

En esta etapa se desarrollan los lineamientos para el funcionamiento del prototipo. Estos lineamientos se basan en el cálculo de la altura de la lámina de agua en el cauce y la determinación del umbral de nivel de río, de acuerdo a información proporcionada por vecinos producto de sus experiencias en inundaciones ocurridas en la comunidad, que permitan otorgar un tiempo necesario para facilitar el desalojo de los habitantes.

El primer lineamiento es el cálculo de la distancia vertical entre el sensor y la lámina de agua que se obtendrá mediante la técnica de tiempo de vuelo, utilizando el tiempo proporcionado por el sensor y la velocidad a la que viaja la onda ultrasónica. Con dicha distancia, es posible determinar el nivel del río a través de las ecuaciones 5 y 6, respectivamente. En la figura 3 se muestra el proceso de medición que realiza el sensor ultrasónico.

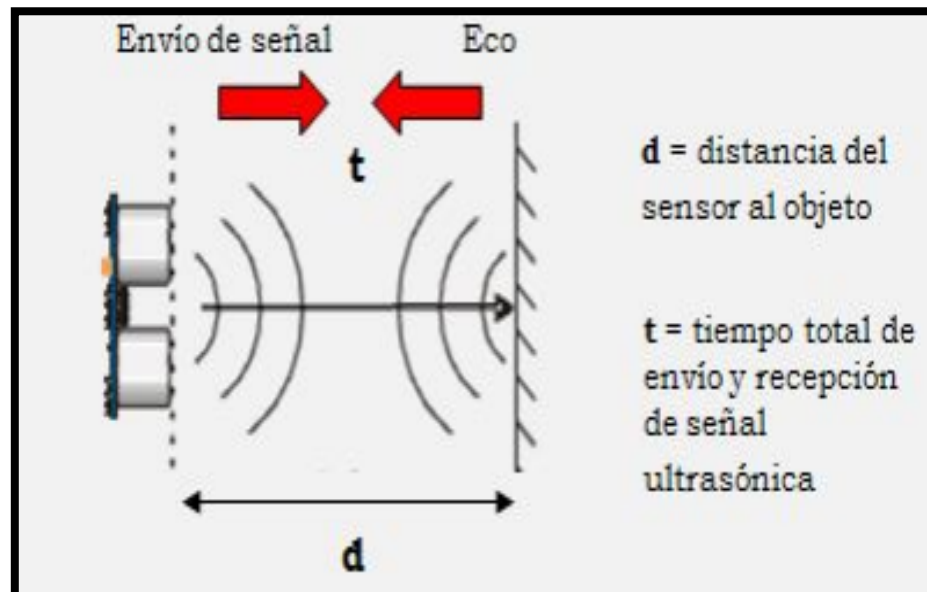


Figura 3. Proceso de medición realizado por el sensor de ultrasonido.
Fuente: <http://sensorultrasonico.blogspot.com/2008/05/Diseo-de-un-sistema-de-medicion-basado.html>

$$d = \frac{v * t}{2} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Dónde:

d: distancia entre el sensor y la lámina de agua.

v: velocidad del sonido

t: tiempo total de envío y recepción de señal ultrasónica

Con la distancia entre el sensor y la lámina de agua, se determina la altura de la lámina de agua, mediante la siguiente ecuación:

$$h = H - d \quad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde:

d: distancia entre el sensor y la lámina de agua, calculada con la ecuación 5.

H: altura libre entre el cordón inferior de la pasarela y el fondo del cauce.

h: altura de la lámina de agua.

El desarrollo del segundo lineamiento consiste en la fijación de una altura de riesgo. La referencia histórica de la comunidad (previamente observada y verificada en el campo a través de marcas dejadas por las inundaciones) es, en este caso, la información más importante para concretar el umbral de referencia en el cauce ante una probable inundación. Establecer dicho umbral de referencia permite otorgar a los habitantes de la comunidad, el tiempo necesario para efectuar el desalojo de sus hogares, de manera que la alarma se activa cuando el nivel del río alcance dicho umbral, emitiendo una alerta acústica a la población mediante el buzzer.

3.3.3 Fase III. Programación del software para la construcción del SAT.

En esta fase se establece el procedimiento para generar las instrucciones que conforman el código de programación de la placa Arduino. En este sentido, se definen los tipos de datos, tanto variables como constantes, así como las funciones y los condicionales necesarios para controlar el sensor ultrasónico; procesar datos de entrada, generar datos de salida y proceder a la activación o no de la alarma.

3.3.3.1 Declaración de variables

Se requieren dos tipos de datos para definir las variables del código de programación, los cuales se describen a continuación:

- **Float:** Para variables que contienen números decimales con un rango de valores entre $3.4028235E + 38$ y $-3.4028235E + 38$. Se almacenan como 32 bits (4 bytes) de información.
- **Int:** Para variables que su valor está conformado solo por números enteros como el intervalo de tiempo, ubicación de los pines entre otros, para el software Arduino un dato *int* almacena un valor de 16 bits (2 bytes). Con un rango de valores entre -32.768 a 32.767.

3.3.3.2 Void setup

Es la primera parte de la estructura básica del lenguaje de programación de Arduino, que cumple la función de recoger la configuración; es decir, se utiliza para inicializar los modos de trabajo de los pines y la transmisión de datos al puerto serie.

3.3.3.3 Void loop

Es la segunda parte de la estructura básica. La función *loop* se ejecuta de forma cíclica, lo que posibilita que el programa esté respondiendo continuamente ante los eventos que se produzcan en la placa. En esta parte se recoge la configuración para la activación del pin *trigger* para emitir y cortar el pulso de salida y así esperar el eco de

la onda iniciando el pin *echo*. En esta etapa del código de programación se efectúa el cálculo de la altura del nivel de río y la evaluación de la activación de la alarma mediante una estructura condicional del tipo *if-else*, e igualaciones con operadores de comparación.

En la figura 4, se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento del código de programación.

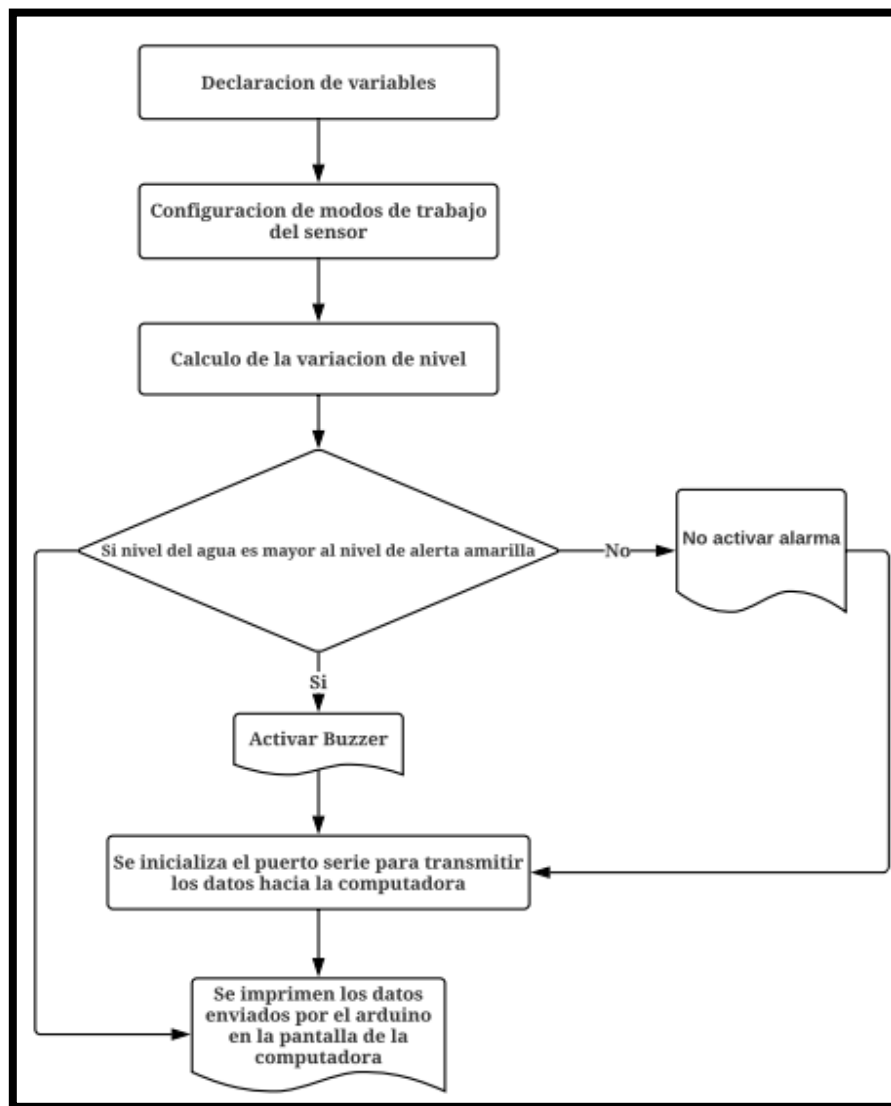


Figura 4. Diagrama de flujo de funcionamiento del código de programación. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

3.3.4 Fase IV Evaluaciones de funcionalidad y desempeño del sistema mediante la simulación de inundación.

Para evaluar el correcto funcionamiento del SAT se realizaron tres pruebas, a fin de evaluar las lecturas verticales realizadas por el prototipo, fijando niveles con el propósito de comprobar la exactitud del aparato al momento de poner en marcha la medición.

Se realizaron pruebas simulando el aumento de nivel en un recipiente de vidrio. Se establece un intervalo de tiempo determinado para actualizar las mediciones del nivel. Posteriormente, se definen variaciones constantes del nivel de la lámina de agua, en función del intervalo de tiempo establecido, que se usaran como referencia para contrastar la diferencia entre las lecturas del prototipo y el nivel real de la lámina de agua. Las mediciones efectuadas por el prototipo, deben realizarse de manera repetitiva para reducir el error asociado a los valores registrados por el sistema y garantizar el funcionamiento adecuado del prototipo SAT.

Las pruebas se realizaron sobre un recipiente de vidrio en forma de ortoedro, con unas dimensiones de 60 cm de largo, 30 cm de ancho y 35 cm de profundidad. El intervalo de tiempo para las mediciones del nivel se establece en 5 minutos para cada medición. Para verificar los datos registrados por el prototipo, se realizan un total de 3 pruebas: la primera prueba consiste en el aumento de 0.5 cm del nivel de agua en el intervalo de tiempo establecido, la segunda prueba se realiza incrementando el nivel 1 cm en el mismo intervalo de tiempo, mientras que la tercera y última prueba se realiza de forma análoga incrementando el nivel en 1.5 cm. Estas pruebas se efectúan con la finalidad de simular una intensidad de lluvia diferente en cada prueba y evaluar el comportamiento del prototipo con diferentes variaciones de nivel.

En cada prueba, se aumenta el nivel de la lámina de agua hasta que se active la alarma buzzer del prototipo, para así probar el funcionamiento del código de programación, la variación entre los niveles de referencia, las lecturas obtenidas del prototipo y la activación de la alarma.

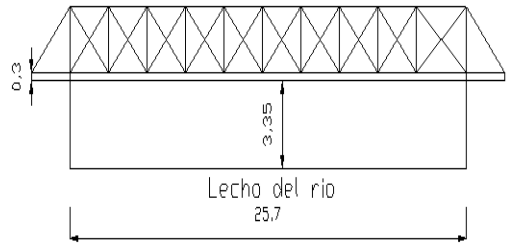
CAPITULO IV

RESULTADOS

Caso de estudio

La presente investigación se llevó a cabo con base en estudios de gestión de riesgo realizados por Robles y Díaz (2016) y por Herrera y Ramos (2017) en la comunidad popular Las Adjuntas. Del primer trabajo citado se extrajo que el punto más vulnerable ante una situación de riesgo de la comunidad, se encuentra ubicada en la pasarela que conecta al sector de Las Acacias con Las Adjuntas, debido a que conforma el único punto de evacuación de la zona; mientras que de la segunda investigación se extrajo la altura libre entre el fondo del cauce y el cordón inferior de la pasarela, valorada en el orden de los 3.35 m de altura, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Dimensiones de las estructuras en el cauce del río El Retobo

Estructura	Altura Libre (m)	Ancho Total (m)	Esquema de la pasarela
Pasarela	3.35	25.70	

Fuente: Herrera y Ramos (2017).

En este orden de ideas, el presente trabajo considera de interés la estimación del nivel del cauce en la zona más vulnerable de la comunidad Las Adjuntas, particularmente en la pasarela que comunica este sector con Las Acacias.

4.1 Fase I. Selección de las herramientas necesarias a nivel hardware y software que conformaron el SAT

Como resultado de esta fase, se procede a describir los modelos de los componentes electrónicos seleccionados para conformar el prototipo SAT.

4.1.1 Sensor de ultrasonido

Se seleccionó un sensor de distancia ultrasónico, modelo HC-SR04. La selección del modelo se basó en que el mismo cuenta con un sistema emisor-receptor que permite medir un rango amplio de distancias, comprendido entre 0.17 y 4.5m, según la ficha técnica del fabricante Osepp Electronics. Este rango de medición se adapta a la altura libre entre el punto de instalación y la lámina superficial de agua del río, tomado en cuenta para el caso de estudio (cordón inferior de pasarela entre comunidades Las Acacias y Las Adjuntas). En la figura 5 se muestra el Sensor de ultrasonido modelo HC-SR04.

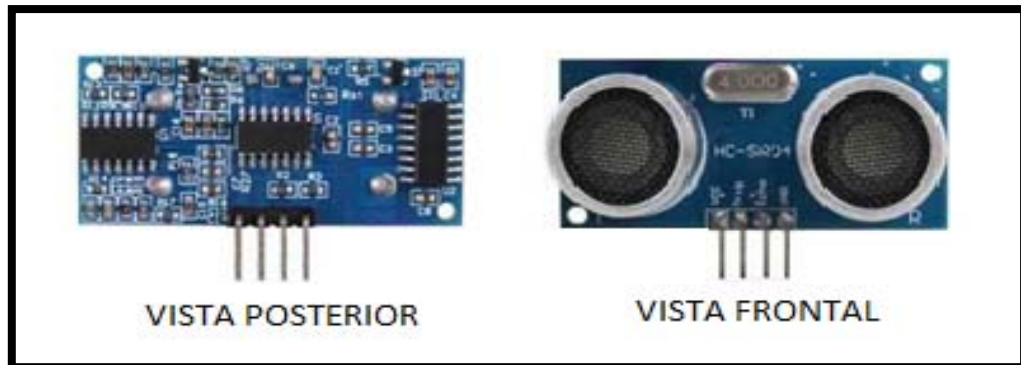


Figura 5. Sensor de distancia de ultrasonido modelo HC-SR04. Fuente: <https://www.infootec.net/sensor-ultrasonidos-hc-sr04/>

El modelo seleccionado cuenta con cuatro pines de conexión, los cuales se muestran en la figura 6:

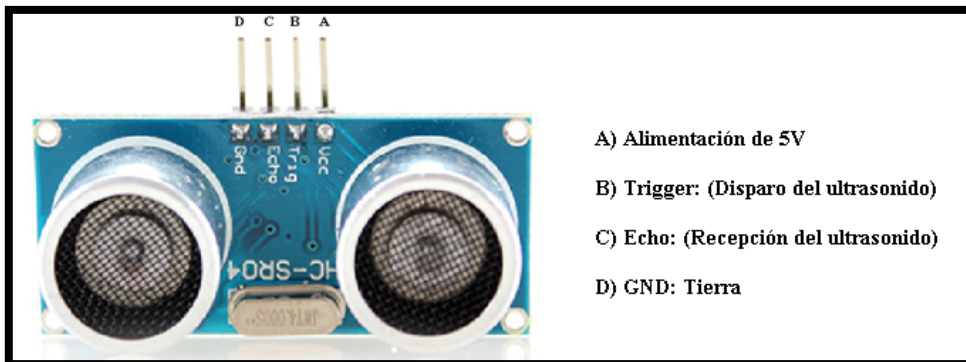


Figura 6. Sensor de distancia de ultrasonido HC-SR04. Modificado por: Buonopane y Fuentes (2018).

4.1.2 Plataforma digital

Se seleccionó una placa modelo Arduino Uno REV3, optando por un modelo de bajo costo, con espacio suficiente de almacenamiento de la memoria para el código de programación utilizado en la construcción del prototipo, puesto que el mismo maneja sólo dos componentes: sensor de ultrasonido y dispositivo para alarma de sonido. La figura 7 muestra la placa escogida.

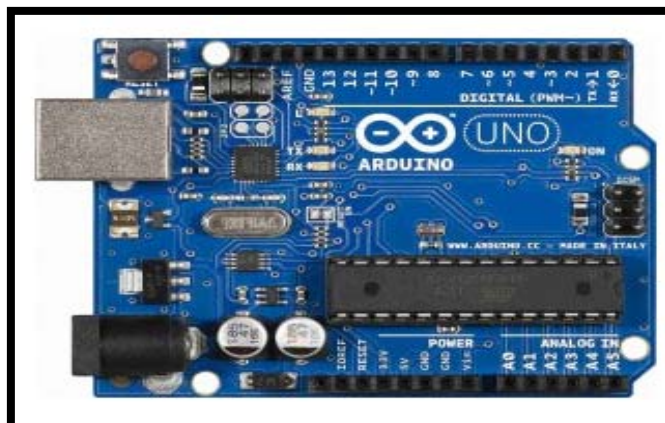


Figura 7. Placa de Arduino Uno REV3. Fuente: <https://www.mzt-techno.com/product/arduino-uno-rev3/>

Para el funcionamiento del prototipo, se utilizaron las siguientes entradas de la placa Arduino Uno REV3: la entrada para alimentación USB, 3 entradas digitales necesarias para conectar los pines del sensor de ultrasonido y el buzzer piezoeléctrico,

la entrada de alimentación de 5v para el sensor de ultrasonido y 2 entradas a tierra para el funcionamiento del buzzer piezoeléctrico y del sensor de ultrasonido. En la figura 8 se muestra las entradas utilizadas de la placa Arduino Uno REV3 para el funcionamiento del prototipo.

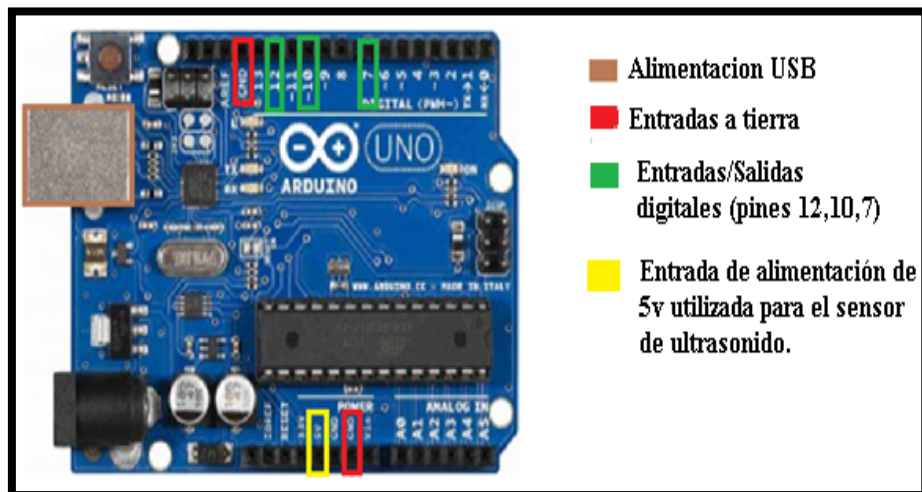


Figura 8. Componentes y entradas utilizadas de la placa Arduino Uno REV3. Modificado por: Buonopane y Fuentes (2018).

4.1.3 Buzzer piezoeléctrico

Para la alarma acústica del prototipo se eligió un buzzer piezoeléctrico modelo TMB12A05 debido a su uso en aplicaciones para alarmas, su bajo costo, y su voltaje de alimentación de 5v que coincide con el voltaje de operación del modelo de la placa de Arduino. En la figura 9 se observa el buzzer modelo TMB12A05.

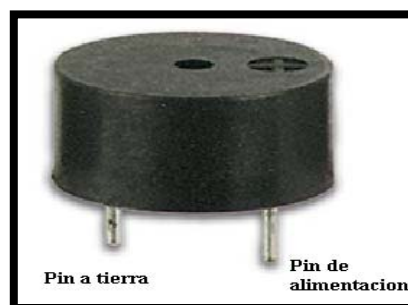


Figura 9. Buzzer piezoeléctrico modelo TMB12A05. Modificado por: Buonopane y Fuentes (2018).

4.1.4 Estructura y conexión final de prototipo

La figura 10 muestra el diagrama de las conexiones de los componentes que integran el prototipo, los pines de conexión que conforman el sensor de ultrasonido están conectados a la placa Arduino de la siguiente manera, el pin *trigger* a la entrada número 12 y el pin *echo* a la entrada número 10, el pin *Vcc* del sensor se conecta a la entrada de 5v de la placa y el pin *GND* a cualquiera de las entradas a tierra del Arduino. Para el buzzer se conectará el pin *Vcc* a la entrada número 7 del Arduino y GND a la entrada a una de las tres entradas *GND* de la placa Arduino.

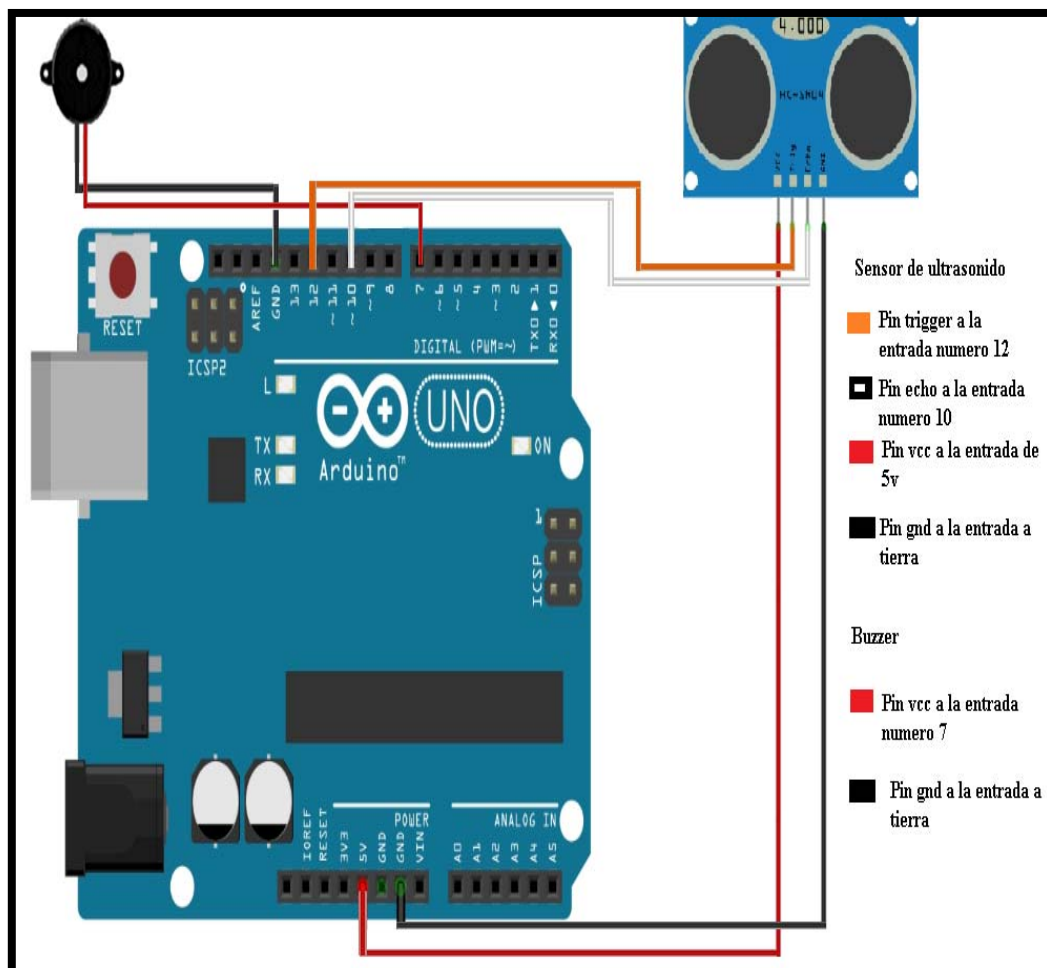


Figura 10. Diagrama de conexiones de componentes del SAT. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

4.2 Fase II. Definición de los lineamientos para el funcionamiento del prototipo.

Una vez obtenida la altura de la lámina de agua a través de la puesta en marcha del prototipo, se procede a determinar el umbral para la gestión del riesgo. Habitantes de la comunidad han testificado que, con base en experiencias de crecidas pasadas, una vez la lámina de agua se aproxima a ciertas marcas ubicadas en los taludes del cauce, la inundación es inminente, y por tanto se deben comenzar los procedimientos de desalojo. En función de tales testimonios, se ha determinado que la altura de la lámina de agua próxima a estas marcas se encuentra alrededor de los 2 m.

Por tanto, para el caso de estudio, para el funcionamiento del prototipo, se estableció el umbral para la gestión de riesgo en 2 m de altura. La alarma acústica se activará justo en el momento que la altura de la lámina en el cauce alcance dicho umbral. Se mantendrá con un sonido continuo mientras el nivel del río sea superior al umbral definido.

Para realizar las pruebas y comprobar el funcionamiento del prototipo, fue necesario representar en porcentaje total de la altura del cauce el umbral de nivel de río, para el código de programación. Debido a que la altura libre entre el cordón inferior de la pasarela y el fondo del cauce se encuentra en 3.35 m, el umbral del nivel de río fijado en 2 m representa el 60% de la altura libre. En este sentido, para la presente investigación solo se realizaron pruebas en un modelo, cuya alarma acústica se activó a un nivel definido al 60% de la altura libre del mismo.

4.3 Fase III. Programación del software para el funcionamiento del prototipo del SAT.

Se detalla la estructura del código de programación, indicando los tipos de datos para variables y constantes, funciones y condicionales necesarios para el funcionamiento del prototipo.

4.3.1 Estructura del código de programación

El código de programación consta de tres fases:

4.3.1.1 Fase 1

Está compuesta por la declaración de variables y especificación de los números de las entradas en la placa Arduino donde se conectan los pines del sensor de ultrasonido y el buzzer.

La codificación de las conexiones de los pines del sensor de ultrasonido y del buzzer piezoeléctrico, se realizó estableciendo el número de la entrada donde está conectado el pin *echo* y *trigger* del sensor de ultrasonido y el pin *Vcc* del buzzer a una variable (abreviadas en el código de programación para el pin *trigger*: *trigPin*, pin *echo*: *echo pin* y para el pin *Vcc* del buzzer: *speakerPin*). Se observa en la figura 11 la programación para los pines del sensor de ultrasonido y buzzer piezoeléctrico.

```
const int trigPin = 12;
const int echoPin = 10;
int speakerPin = 7;
```

Figura 11. Codificación de los números de las entradas en la placa Arduino para pines del sensor y buzzer. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Se definen las variables necesarias para el cálculo del nivel del río, a la velocidad de las ondas ultrasónicas, se le designo una abreviación de “*VelSon*”, las ondas ultrasónicas se desplazan a la velocidad del sonido debido a que la propagación del sonido en un gas varía dependiendo de la temperatura, por tanto, para esta investigación se tomó una temperatura de 25°C. La velocidad del sonido en el aire viene dada por la ecuación 7.

$$V_s = 331.4 + 0.6 * T \qquad \text{Ecuación (7)}$$

Donde

Vs: velocidad del sonido en m/s

T: temperatura en grados centígrados

Lo que implica que a 25°C, la velocidad del sonido es de 346.4 m/s, como dicho valor contiene números decimales la variable “*VelSon*” es un tipo de dato *float*. Otra variable de interés definida, es la altura libre entre el fondo del cauce y el prototipo, la cual se le designo la abreviación “*H*”, debido a que para esta investigación sólo se realizan pruebas en un modelo a escala el cual representa un recipiente de vidrio, el valor que contiene esta variable es de (35.81 cm), esta variable por contener números decimales se define de un tipo de datos *float*. Para la variable del nivel del río se seleccionó un tipo de dato *float* puesto que la variable puede adoptar un valor decimal y se definió una abreviación de “*h*”. En la figura 12 se muestra la codificación de las variables necesarias para el cálculo del nivel del río.

```
// Constante velocidad sonido en m/s
const float VelSon = 346.4;
// Altura maxima del cauce en centimetros
const float H= 35.81 ;
// Altura del nivel de rio
float h;
// Distancia entre el sensor y la lamina de agua
float d;
```

Figura 12. Codificación de las variables necesarias para el cálculo del nivel del río. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

En la tabla 5 se muestran los tipos de datos y abreviaciones utilizados para cada una de las variables.

Tabla 5: Tipos de datos y abreviaciones de variables

Variables	Abreviación en código de programación	Tipo de dato
Pin para trigger de hc-sr04	trigPin	Int
Pin para Echo de hc-sr04	echoPin	Int
Pin para Buzzer	speakerPin	Int
Array para tonos del Buzzer	tones []	Int
Número de tonos	numTones	Int
Velocidad del sonido	VelSon	Float
Altura máxima del cauce	H	Float
Altura del nivel del río	h	Float
Distancia entre el sensor y la lámina de agua	d	Float

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

4.3.1.2 Fase 2

Está conformada por la inicialización de los modos de trabajo de los pines del sensor de ultrasonido, pin trigger (modo salida), pin echo (modo entrada) y la función para recoger la información en el puerto serie. En las figuras 13 y 14 se muestran segmentos del código de esta parte de la estructura del código y en la tabla 6 las funciones utilizadas en esta etapa del código.

```
// Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
Serial.begin(9600);
```

Figura 13. Configuración de puerto serie. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

```
// Configuración del pin Trig en modo salida
pinMode(trigPin, OUTPUT);
// Configuración del pin Echo en modo entrada
pinMode(echoPin, INPUT);
```

Figura 14. Configuración de modos de trabajo del pin trigger y el pin echo. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Tabla 6: Funciones utilizadas en la segunda fase del código de programación

Función	Uso en el código de programación
Serial.Begin(rate)	Abre el puerto serie y fija la velocidad en baudios (bits por segundo) para la transmisión de datos en serie.
PinMode(pin, modo)	Sirve para configurar el modo de trabajo de un pin pudiendo ser INPUT (entrada) u OUTPUT (salida).

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

4.3.1.3 Fase 3

Está compuesta por la activación y corte del pulso de salida del *pin trigger* para su recepción mediante el *pin echo*. También se compone del cálculo de niveles y la evaluación de variables para la activación de la alarma mediante el uso de condicionales. En la tabla 7 se muestran las funciones usadas en esta fase del código de programación.

Al inicio del ciclo se verificó que el pulso de salida este desactivado mediante la función *digitalWrite*, colocando el pin *trigger* en estado *low* correspondiente a 0 V, posteriormente se activa el pulso de salida asignado el valor de *high* en la función *digitalWrite* al pin *trigger* del sensor, cortando el pulso de salida nuevamente para esperar la recepción de la onda por medio del pin *echo* y la duración de ida y vuelta de la onda ultrasónica a través de la función *pulseIn*. La codificación para la ejecución del proceso de activación, corte y recepción del pulso de salida se observa en la figura 15.

```
digitalWrite(triggerPin, LOW); // Nos aseguramos de que el trigger está desactivado
delayMicroseconds(4); // Para asegurarnos de que el trigger esta LOW
digitalWrite(triggerPin, HIGH); // Activamos el pulso de salida
delayMicroseconds(10); // Esperamos 10µs. El pulso sigue active este tiempo
digitalWrite(triggerPin, LOW); // Cortamos el pulso y a esperar el echo
duracion = pulseIn(echoPin, HIGH) ;
```

Figura 15. Configuración para la activación, corte y recepción del pulso de salida. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

El cálculo de la distancia entre la lámina de agua y el sensor “*d*” (distancia en centímetros) se realizó con la duración de ida y vuelta de la onda ultrasónica obtenida de la función *pulseIn* (duración en milisegundos) y la velocidad de dicha onda (velocidad en m/s) mediante la ecuación 5 expresada en la fase 2 del capítulo 3. Por lo que para el cálculo de esta variable fue necesario la transformación de la velocidad de la onda a centímetros por milisegundos, como se muestra en la figura 16.

```
d = ((duracion * (VelSon * 100 / 1000000))) / 2;
```

Figura 16. Cálculo de la distancia entre la lámina de agua y el sensor. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

El nivel se calculó con la diferencia entre la altura total del cauce “*H*” y la distancia entre el sensor y la lámina de agua “*d*”. Para transmitir y verificar los resultados en el monitor serie se utilizó la función *Serial.print* donde se concatena una oración que sirve para identificar la variable del nivel del río en el monitor serie junto con la abreviación que contiene a la variable y otra concatenación para la unidad correspondiente a esta variable. En la figura 17 se muestra el cálculo de la altura de la lámina de agua y la utilización de la función *Serial.print*.

```
h = H - d ;  
Serial.print("Nivel en el intervalo: ");  
Serial.print(h);  
Serial.print(" cm");  
Serial.println();  
delay(500);
```

Figura 17. Cálculo de la variación de altura de la lámina de agua. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

En la codificación para la activación de la alarma, se utilizó un condicional tipo *if...else if*, en la estructura del condicional *if* se evaluó si el nivel del río es menor al 60% de la altura del cauce correspondiente al nivel de riesgo definido, esto a través de un operador de comparación, si el resultado evaluado en el condicional es verdadero se utiliza la función *noTone* para mantener desactivado el buzzer piezoeléctrico y la función *Serial.print* para transmitir un mensaje al monitor serie y así verificar si se evaluó el condicional.

Para la estructura del condicional *else if*, se comprobó si el nivel del río es mayor al 60% de la altura libre entre el prototipo y el fondo del cauce, mediante un operador de comparación, si el resultado del condicional es verdadero por medio de la función *tone* se activa el buzzer generando el sonido de la alarma y se verifica en el monitor

serie si se evaluó el condicional a través de la función *Serial.print*. En la figura 18 se presenta la comparación entre niveles para la activación de la alarma.

```

//Comparacion entre el nivel y el umbral
if ( Nivel<0.6*Altura_cauce){
noTone(speakerPin);
Serial.print("No hay peligro");
Serial.println();}
else if ( Nivel>0.6*Altura_cauce ){
tone(speakerPin, tones[400]);
Serial.print("hay peligro");
Serial.println();
delay(500);}

```

Figura 18. Comparación entre niveles para la activación de la alarma. Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Tabla 7: Funciones utilizadas en esta etapa en el código de programación.

Función	Uso en el código de programación
digitalWrite(#pin, Estado)	Permite escribir valores lógicos digitales en un pin de salida de una tarjeta.
delay(ms)	Pausa el programa por la cantidad de tiempo (en milisegundos) especificado, se utilizó para pausar el programa por el intervalo de tiempo requerido.

Continuación tabla 7

pulseIn (pin, valor)	Lee un pulso (high o low) en un pin, espera a que el pin pase a nivel high, se inicia el tiempo, espera a que el pin pase a nivel low y para el cronómetro por lo que se usa para la duración de viaje de la onda ultrasónica.
Serial.print("valor a imprimir)	Imprime datos en el puerto serie, por lo que se usó para verificar valores obtenido y plasmarlos en el monitor en serie
Tone(pin, frecuencia)	Es utilizada para generar una onda cuadrada de ciclo de trabajo 50% y frecuencia variable, con el fin de emitir sonidos audibles, modificando la frecuencia.
noTone(pin)	Detiene la generación de una onda cuadrada activada por tone ().

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

4.4 Fase IV Evaluaciones de funcionalidad y del desempeño del sistema mediante la simulación de inundación.

Se anexan las tablas con los resultados de las simulaciones de inundación efectuadas para comprobar el funcionamiento del prototipo. En estas tablas se refleja la variación entre el nivel fijado como referencia por intervalo y la lectura efectuada por el prototipo.

De esta manera, se muestra en la tabla 6 las lecturas de la primera prueba que consistió en el incremento de nivel de 0.5 cm por intervalo hasta alcanzar el 60% de la altura libre entre el prototipo y el fondo del río, para la activación de la alarma acústica.

Tabla 8: Resultados de prueba 1, aumento de nivel de 0.5 cm por intervalo

Nivel impuesto (cm)	Lecturas de nivel realizadas por el prototipo (cm)	Diferencia por medición entre nivel y lectura del prototipo(cm)
0.5	0.53	0.03
1	1.04	0.04
1.5	1.52	0.02
2	1.97	-0.03
2.5	2.46	-0.04
3	2.98	-0.02
3.5	3.57	0.07
4	4.08	0.08
4.5	4.55	0.05

Continuación tabla 8

5	5.11	0.11
5.5	5.56	0.06
6	5.95	-0.05
6.5	6.53	0.03
7	6.88	-0.12
7.5	7.5	0
8	8.08	0.08
8.5	8.51	0.01
9	9.03	0.03
9.5	9.53	0.03
10	9.97	-0.03
10.5	10.56	0.06
11	11.08	0.08
11.5	11.64	0.14
12	12.07	0.07
12.5	12.52	0.02
13	13.03	0.03
13.5	13.6	0.1
14	14.06	0.06

Continuación tabla 8

14.5	14.51	0.01
15	15.01	0.01
15.5	15.55	0.05
16	16.02	0.02
16.5	16.54	0.04
17	16.98	-0.02
17.5	17.47	-0.03
18	18	0
18.5	18.5	0
19	19	0
19.5	19.51	0.01
20	20.07	0.07
20.5	20.55	0.05
21	21.03	0.03

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

De tal forma, se anexa la tabla 9 y 10 correspondiente al incremento del nivel cada 1 y 1,5 cm respectivamente.

Tabla 9: Resultados de prueba 2, aumento del nivel de 1cm por intervalo.

Nivel impuesto (cm)	Lecturas de nivel realizadas por el prototipo (cm)	Diferencia por medición entre nivel y lectura del prototipo(cm)
1	1.12	0.12
2	2.09	0.09
3	3.07	0.07
4	4.02	0.02
5	5.01	0.01
6	6.05	0.05
7	6.98	-0.02
8	8.04	0.04
9	8.97	-0.03
10	9.99	-0.01
11	11.03	0.03
12	12	0
13	13.07	0.07
14	14.02	0.02
15	15.05	0.05
16	15.95	-0.05
17	16.99	-0.01
18	17.91	-0.09

Continuación tabla 9

19	19.03	0.03
20	20.04	0.04
21	21	0

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Tabla 10: Resultados prueba 3, aumento del nivel de 1.5 cm por intervalo

Nivel impuesto (cm)	Lecturas de nivel realizadas por el prototipo (cm)	Diferencia por medición entre nivel y lectura del prototipo(cm)
1.5	1.42	-0.08
3	2.94	-0.06
4.5	4.47	-0.03
6	6.05	0.05
7.5	7.58	0.08
9	9.03	0.03
10.5	10.53	0.03
12	12	0
13.5	13.56	0.06
15	14.94	-0.06

Continuación tabla 10

16.5	16.53	0.03
18	18.01	0.01
19.5	19.57	0.07
21	21.03	0.03

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

A continuación, se muestran las variaciones promedio de las mediciones por nivel.

Tabla 11: Comparación entre variaciones promedios de pruebas

Pruebas/Variaciones	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Variación promedio nivel (cm)	0.043	0.040	0.044

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Se observó una correcta transmisión de datos entre el prototipo y el ordenador a través del puerto serie, lo que permitió cargar correctamente el código de programación del computador a la placa Arduino Uno REV3 y mostrar cada una de las lecturas realizadas por el prototipo mediante el monitor serie, debido a que se logró reflejar las mediciones en el monitor serie, se verificó la correcta codificación de las funciones *Serial.print* y *Serial.println*. En la figura 19 se observa un conjunto de mediciones expuestas en el monitor serie correspondientes al nivel de la lámina de agua que se muestra en la figura 18.

De acuerdo a los resultados obtenidos una vez realizadas las lecturas de los niveles de referencia, se puede apreciar que las diferencias promedio por prueba está dentro de un rango de **(0.040 cm- 0.044 cm)**, debido al comportamiento teórico del equipo las lecturas realizadas por este, deben ser iguales a los niveles de referencia, en consecuencia el error de exactitud es la máxima variación registrada entre una de las lecturas y los niveles establecidos. La variación máxima por prueba se muestra en la tabla 11.

Tabla 11: Máxima variación entre niveles de referencias lecturas del prototipo por prueba.

Pruebas/Variaciones	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Variación máxima nivel (cm)	0.12	0.12	0.08

Fuente: Buonopane y Fuentes (2018).

Por lo tanto, se comprueba que el prototipo realizó las lecturas de manera adecuada y generó la correcta codificación de los modos de trabajo del sensor de ultrasonido, con una variación máxima de 0.12 cm. De este modo, el prototipo se adaptó perfectamente a las condiciones de lecturas evaluadas en esta investigación.

La activación de la alarma se evaluó en las tres simulaciones de inundación realizadas, donde la alarma se activó satisfactoriamente en el intervalo establecido para la activación de la misma, de esta forma se verificó el correcto funcionamiento de la codificación del condicional *if...else if* al momento de evaluar si la alarma se debe activar dependiendo de la altura de la lámina de agua, también se comprobó la codificación de las funciones *tone* y *noTone*.

Se verifico la función *delay*, ya que esta define la duración del intervalo de tiempo, esta comprobación se efectuó con el uso de un cronómetro cada vez que el monitor serie mostro los resultados por intervalo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Una vez analizados y discutidos los resultados obtenidos en la presente investigación, se presentan a continuación las siguientes conclusiones, tomando en consideración los objetivos propuestos.

1.-De la selección de las herramientas para la construcción del prototipo, se escogieron tres componentes que permitieron el diseño óptimo del prototipo. Un sensor de ultrasonido, que presenta un rango amplio de medición adaptable, tanto a las pruebas de simulación de inundación, como a la altura libre entre el cordón inferior de la pasarela y el fondo del río. Una placa Arduino, que permite recibir y procesar los datos del sensor mediante un código de programación integrado a la placa. Y, por último, una alarma acústica conectada a la placa Arduino para emitir la señal de alerta.

2.-De la definición de los lineamientos para el funcionamiento del prototipo, se determinaron dos. El primero, relacionado al cálculo de la distancia entre el sensor y la lámina de agua, funciona como fundamento teórico para ejecutar el código de programación de forma adecuada. En cuanto al segundo lineamiento, de acuerdo a la información dada por los habitantes de la población en experiencias de crecidas pasadas, se definió el umbral de nivel del río en 2m de altura, siendo una decisión adecuada para el rango de medición del sensor y ajustada a las necesidades reales de la población adyacente.

3.- Durante la programación del código, se definieron correctamente los tipos de datos de las variables para realizar el cálculo relacionado al primer lineamiento, así como la ubicación de las conexiones del sensor y de la alarma Buzzer en la placa Arduino. Las funciones definidas durante la programación del código permitieron la activación alternada del pulso de la onda del sensor ultrasónico, y la activación de la

alarma acústica. La forma más adecuada para evaluar la activación de la alarma, fue mediante la definición de condicionales que permitieran comparar el nivel de la lámina el agua con el umbral definido.

4.-A propósito de las evaluaciones de funcionalidad del equipo, se verificó que las lecturas del prototipo fueron exactas respecto a los niveles de referencia fijado en las pruebas de simulación de inundación. Se observó la correcta transmisión de datos entre el ordenador y el prototipo, la ejecución adecuada de cada una de las funciones del código de programación y el funcionamiento de los condicionales y operadores de comparación al momento de la evaluación para la activación de la alarma.

RECOMENDACIONES

1-. Se recomienda realizar ensayos de campo con condiciones que se adapten a la realidad para confirmar la exactitud del proceso de medición para cauces con alturas cercanas al rango máximo de medición.

2-. Al Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC) promover la elaboración de otros trabajos de investigación que continúen con el desarrollo de este prototipo de sistema de alerta temprana automatizado.

3-. Se sugiere el desarrollo del prototipo experimentando el uso de otro tipo de alerta como alarma luminosa o un módulo GSM que pueda enviar SMS a organizaciones de gestión de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

[1] Bremer, M., & Lara, C. (2001). Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la ciudad de Monterrey. México: Reporte ITESM Campus Monterrey.

[2] Ciudades e Inundaciones, Guía para la gestión integrada del riesgo de inundaciones en ciudades en el Siglo 21 (2011). <http://documents.worldbank.org/curated/en/950451468148161242/pdf/667990PUB0v20S00Box385314B00PUBLIC0.pdf>

[3] OMM – UNESCO. Glosario internacional de hidrología.1974 <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002218/221862M.pdf>

[4] Natural disasters 2017, <https://www.emdat.be/publications>

[5] Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe, 1990-2011 http://eird.org/americas/noticias/Impacto_de_los_desastres_en_las_America.pdf

[6] Annual disaster statistical review 2016, https://www.emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf

[7] Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos Programa para América Latina y el Caribe Venezuela BID, https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7145/Nota_Tecnica_Indicadores%20GRD_Venezuela.pdf?sequence=18=7

[8] Crecida del río Orinoco causa estragos en varios estados del país, <http://www.eluniversal.com/venezuela/18716/crecida-del-rio-orinoco-causa-estragos-en-varios-estados-del-pais>

[9] El Universal. Caracas, lunes 07 de noviembre de 2011. Sección Nacional y Política. http://www.estudiosydesastres.info.ve/pdf_evento.php?id=9771

- [10] Pérez Luna, G., & Rubio Gutiérrez, H. (2012). Estado del Arte en Pronóstico Hidrológico en México. Acapulco, Guerrero.
- [11] UNESCO. (2011). Manual Sistemas de Alerta Temprana, 10 Preguntas 10 Respuestas. Panamá: UNESCO.
- [12] Ochara, J. (2007). Sistemas de Alerta temprana. Fotografía Actual y restos Futuros. Cuadernos Internacionales De Tecnología para el desarrollo humano.
- [13] OEA. (2010). Manual para el diseño, Instalacion, Operación y mantenimiento de los sistemas Comunitarios de alerta Temprana ante Inundaciones. Washington.
- [14] Cruz Roja Paraguaya. (2010). Guía de Acción Sistema de Alerta Temprana (SAT).
- [15] UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Obtenido de <http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-Terminology-Spanish.pdf>
- [16] Texto en línea, Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres y Sistemas de Alerta Temprana, <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002275/227591S.pdf>
- [17] FONDONORMA 3661:2004, "Gestión de Riesgos, Emergencias y Desastres. Definición de Términos."
- [18] Lavell, A. (2003). La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica. Guatemala: CEPREDANEC-PNUD.
- [19] Bravo, B (2009). Propuesta metodológica para la aplicación de la herramienta de gestión de proyectos a la optimización de la gestión del riesgo de desastre. Tesis Doctoral. [Tesis en Línea]. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Disponible: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6853/TBBD1de1.pdf;jsessionid=A498C33390CF94646B54082B9C326FEE.tdx1?sequence=1> [Consulta: 2015, diciembre 16]

[20] Macías, J. L. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen conmemorativo del centenario (3). México.

[21] Maskrey, A. (1993). Los Desastres no son naturales. Colombia: La Red.

[22] Cardona Arboleda, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos.

[23] Westgate, K., & O'Keefe, P. (1976). Poverty and Disaster. New Society.

[24] Texto en línea, <http://seguridad.guanajuato.gob.mx/proteccion-civil/atlas-de-riesgos/fenomeno-hidrometeorologico-copy-3/>

[25] H. Blodgett, R., & A. Keller, E. (2006). Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como Riesgos, Desastres y Catástrofes. España: Pearson, Prentice Hall.

[26] CENAPRED. (2013). Fascículo, Inundaciones. México: CENAPRED.

[27] UNESCO; OMM; (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Suiza.

[28] CENAPRED. (2001). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en México. México.

[29] Cengel, Y. Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones. Segunda edición. México.

[30] Texto en línea, ARDUINO, <https://www.arduino.cc/>

[31] Texto en línea, <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>

[32] Texto en línea, <https://es.wikipedia.org/wiki/Usuario:Davidsate/pruebas>

[33] Texto en línea, https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultras%C3%B3nico

[34] Texto en línea, <http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/sensores/sensores-proximidad/sensor-de-ultrasonidos/>

[35] Texto en línea,
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/viewFile/6818/8402>

[36] Aular, M (2013). Instructivo para la transcripción de los proyectos de investigación. Universidad de Carabobo.

[37] Arias, F. (2006). El proyecto de la investigación. Editorial EPISTEME.

[38] Hernández, y otros (2012). Metodología de la investigación. 4ta edición McGrawHill.

[39] Tamayo, M. (1997). El proceso de la investigación científica. Grupo Noriega Editores.

[40] Ley de Coordinación de Seguridad Ciudadana (Decreto N° 1.453). (2001, septiembre 20). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°37.594. Noviembre 06, 2001

[41] Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.095. Enero 09, 2009

[42] Ley de la organización nacional de protección civil y administración de desastres (Decreto N° 1.557). (2001, noviembre). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.557 (Extraordinaria). Noviembre 13, 2001

[43] Ley especial de refugios dignos (Decreto N°8.001). (2011, enero). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.009 (Extraordinaria). Diciembre 17, 2010.

[44] Ley orgánica de los consejos comunales (2009). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 26-11-2009.

[45] Ley Orgánica de Seguridad de la Nación (2002). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°37.594, 18-12-02.

[46] Norma Venezolana COVENIN 1756-1:2001. (2001). Edificaciones Sismorresistentes parte 1: requisitos. Caracas, Venezuela.

[47] Norma Venezolana COVENIN 3810:2003. (2003). Guía para la realización de simulacros. Caracas, Venezuela.

ANEXOS

Anexo A: Código de programación

```
1. const int trigPin = 12;
2. const int echoPin = 10;
3. int speakerPin = 7;
4. int numTones = 10;
5. int tones[ ] = {261, 277, 294, 311, 330, 349, 370, 392, 415, 440, 466, 494};
6.                                     // mid C C# D D# E F F# G G# A
7. // Constante velocidad sonido en m/s
8. const float VelSon = 346.4;
9. // Altura máxima del cauce en centímetros
10.    const float H= 35.81 ;
11.    // Altura del nivel de rio
12.    float h;
13.    // Distancia entre el sensor y la lámina de agua
14.    float d;
15.
16.    void setup()
17.    {
18.        // Iniciamos el monitor serie para mostrar el resultado
19.        Serial.begin(9600);
20.        // Ponemos el pin Trig en modo salida
21.        pinMode(trigPin, OUTPUT);
22.        // Ponemos el pin Echo en modo entrada
23.        pinMode(echoPin, INPUT);
24.
25.    }
26.    void loop()
27.    { float duración;
28.        digitalWrite(trigPin, LOW);           // Nos
29.        aseguamos de que el trigger está desactivado
30.        delayMicroseconds(4);                 // Para
31.        aseguarnos de que el trigger esta LOW
32.        digitalWrite(trigPin, HIGH);          //
33.        Activamos el pulso de salida
34.        delayMicroseconds(10);                 //
35.        Esperamos 10µs. El pulso sigue activo este tiempo
36.        digitalWrite(trigPin, LOW);           //
37.        Cortamos el pulso y a esperar el echo
38.        duración = pulseIn(echoPin, HIGH) ;
39.
40.        d = ((duración * (VelSon * 100 / 1000000))) / 2;
41.        h = H - d ;
42.        Serial.print("Nivel en el intervalo: ");
43.        Serial.print(h);
44.        Serial.print(" cm");
45.        Serial.println();
46.        delay(500);
```

```
42.
43.     //Comparación entre el nivel y el umbral
44.     if ( h<0.6*H){
45.     noTone(speakerPin);
46.     Serial.print("No hay peligro");
47.     Serial.println();}
48.     else if ( h>0.6*H ){
49.     tone(speakerPin, tones[400]);
50.     Serial.print("hay peligro");
51.     Serial.println();
52.     delay(500);}
53.
54.
55.     delay(299000);
```