



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES MEDIANTE UNA RED
DE SENSORES INALAMBRICOS LPWAN DIRIGIDO A LA PARROQUIA DE
ANDRADE MARÍN PERTENECIENTE AL CANTON ANTONIO ANTE.”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: LEANDRO FELIPE NOGUERA LOMAS

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100369097-9
Apellidos y nombres	Noguera Lomas Leandro Felipe
Dirección	Leonardo Páez y Armando Hidrobo Conjunto Habitacional Arizona.
E-mail	lfnogueral@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0998413054
DATOS DE LA OBRA	
Título	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS LPWAN DIRIGIDO A LA PARROQUIA DE ANDRADE MARÍN PERTENECIENTE AL CANTON ANTONIO ANTE
Autor	Noguera Lomas Leandro Felipe
Fecha	31 de marzo del 2020
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Jaime Michilena Calderón, Msc

Firma

Nombre: Leandro Felipe Noguera Lomas

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de marzo de
2020

EL AUTOR:



Leandro Felipe Noguera
Lomas

CI:100369097-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Msc. JAIME MICHILENA CALDERÓN, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de titulación “SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS LPWAN DIRIGIDO A LA PARROQUIA DE ANDRADE MARÍN PERTENECIENTE AL CANTON ANTONIO ANTE.”, fue realizado en su totalidad por el Sr. Leandro Felipe Noguera Lomas, bajo mi supervisión.

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

Msc. Jaime Michilena
CC: 100219843-8
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

A mis padres, Juan y Anita por ser los principales promotores de mi vida, por brindarme cada momento de su existencia para verme crecer como persona y profesional dándome los mejores consejos que nadie más puede recibir, ahora puedo decir que todo su esfuerzo ha valido la pena.

A mi hermano Juan, por ser mi segundo padre, porque siempre fuiste mi modelo a seguir desde niño apoyándome en cada locura que me planteaba hacer en la vida.

A mis hermanas Anita y Sandra, por estar en cada momento de mi vida brindándome su apoyo, ya que con sus regaños he podido remediar mis errores y aprender con la experiencia de su madurez.

A ti Dayana, por el gran apoyo emocional que siembras dentro de mí con tus palabras, por ser esa persona incondicional en mi vida y por haber logrado cambiar mi forma de pensar en muchos aspectos de la misma.

A mis sobrinos, a cada uno de ellos se los dedico con todo mi corazón y puedan ver que con esfuerzo y dedicación se puede lograr grandes cosas en la vida.

A ti Samantha, te dedico todo mi esfuerzo y dedicación ya que todo este esfuerzo es y será para ti.

Con mi cariño y esfuerzo les dedico mi trabajo.

Leandro Felipe Noguera Lomas.

AGRADECIMIENTOS.

Hay sentimientos valiosos demostrados en la vida, como el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que mis padres se han preocupado cada momento para ayudarme a conseguir cada uno de mis logros, metas y valores en la vida.

Gracias a mis padres por ser los principales pilares de mi vida, por ayudarme a cumplir mis sueños, por confiar en mí y sobre todo por nunca rendirse para verme salir adelante. A mi madre por ese amor incondicional, por estar pendiente de mi en esas largas noches de estudio y sobre todo por darme el aliento que me faltaba en los momentos más difíciles. A mi padre por brindarme su apoyo cuando necesitaba ayuda con mis trabajos individuales, a pesar de no saber cómo hacerlo, siempre estaba dispuesto a darlo todo por ayudarme a lograrlo.

Agradezco a mis hermanos Sandra, Juan y Anita por ser mis mejores amigos y siempre estar dispuestos a ayudarme en cualquier conflicto de mi vida, con sus experiencias y consejos han hecho de mí una persona fuerte y centrada.

A ti, Dayana por ser ese apoyo emocional y profesional en mi vida, por estar pendiente de mí y decirme que camino elegir con el amor que te caracteriza sobre mí.

Agradezco a mis amigos y compañeros por hacer de esta experiencia universitaria un viaje inolvidable ya que sin su apoyo no habría podido culminar este trabajo, por estar en los buenos y malos momentos siempre con el mismo ánimo que los caracteriza.

Al Ingeniero Jaime Michilena MSc., director de este Trabajo de Grado, por brindarme su apoyo, amistad, tiempo y conocimientos desde el primer día en la carrera transmitiendo su experiencia para formar a grandes profesionales.

A cada uno de ellos les agradezco infinitamente por formar parte de mi vida profesional aportando granitos de arena para lograr cumplir cada una de mis metas.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. Antecedentes.	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Objetivos.	1
1.2.1. Objetivo General.	1
1.2.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. Problema.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Alcance.....	4
2. CAPÍTULO II. Justificación Teórica.	6
2.1. Espectro Radioeléctrico.....	6
2.2. Redes Inalámbricas.....	7
2.2.1. Tipos de Redes Inalámbricas.....	7
2.3. Ventajas y Desventajas de las Redes Inalámbricas.	11
2.4. Red de Sensores Inalámbricos (WSN).	12
2.4.1. Elementos de una red de sensores	13
2.4.2. Topología de Red WSN.	16
2.4.3. Aplicaciones WSN.	18
2.4.4. Ventajas de una WSN.	19
2.5. Internet de las Cosas.....	20
2.5.1. Protocolos y Arquitectura de red IoT.....	21
2.5.2. Tecnologías de comunicación dirigida a IoT.	23
2.5.3. LORAWAN.	31
2.6. Herramientas de Software.	35
2.6.1. Software Arduino IDE.	35
2.6.2. Servidor MySQL.	36
2.6.3. Servidor WEB Apache.	36
2.6.4. ThingSpeak.....	37
2.7. Inundaciones.....	37
2.7.1. Causas de Inundaciones.	38
2.7.2. Tipos de inundaciones.....	39
2.7.3. Tipos de alerta ante inundaciones.	39
2.7.4. Prevención.....	40
3. CAPÍTULO III. Diseño del Sistema.	42
3.1. Metodología.	42
3.2. Modelo en V.....	42
3.3. Análisis.....	43
3.3.1. Situación Actual.	43
3.3.2. Propósito y Ámbito del Sistema.....	52
3.3.3. Descripción General del Sistema.	53
3.3.4. Características del sistema de alerta temprana ante inundaciones.	53
3.4. Requerimientos.....	53
3.4.1. Stakeholders.	53
3.4.2. Nomenclatura de los requerimientos a usarse.	54
3.4.3. Requerimientos de Stakeholders.	54
3.4.4. Requerimientos del sistema.....	55
3.4.5. Requerimientos de arquitectura.....	57

3.5.	Recursos.....	59
3.5.1.	Recursos Humanos.....	59
3.5.2.	Recursos económicos.....	59
3.5.3.	Recursos Tecnológicos.....	59
3.6.	Elección del Hardware y Software.....	60
3.6.1.	Elección de Hardware.....	60
3.6.2.	Elección de Software.....	64
3.7.	Diseño del prototipo.....	65
3.7.1.	Diagrama de bloques del sistema.....	66
3.7.2.	Nodo Recolector de Información.....	68
3.7.3.	Red de Sensores Inalámbricos (WSN).....	78
3.7.4.	Ciclo de trabajo y tiempo en el aire (ToA).....	79
3.7.5.	Tipo de clase seleccionado para la red WSN.....	80
3.7.6.	Perdidas en el espacio libre.....	82
3.7.7.	Ubicación de los Nodos.....	82
3.7.1.	Zona de Fresnel.....	86
3.7.2.	Potencia radiada isotrópica efectiva (PIRE).....	91
3.7.3.	Indicación de intensidad de señal recibida (RSSI).....	91
3.7.4.	Puerta de Enlace Dragino.....	92
3.7.5.	Diagrama de flujo del software.....	107
3.7.6.	Desarrollo de Software.....	110
4.	CAPÍTULO IV. Elaboración del Plan de Emergencia ante Inundaciones.....	116
4.1.	Instituciones de Respuesta.....	116
4.2.	Aspectos Generales.....	116
4.3.	Marco Legal.....	117
4.4.	Escenarios de Riesgo.....	117
4.5.	Capacidades, talento humano y recursos existentes.....	118
4.5.1.	Acciones y Coordinaciones.....	118
4.6.	Protocolos y procedimientos complementarios al plan de respuesta.....	118
4.6.1.	Monitoreo.....	119
4.7.	Declaratoria de Alerta.....	119
4.8.	Evaluación de daños y análisis de necesidades.....	120
4.9.	Seguimiento evaluación y actualización del plan.....	120
5.	CAPÍTULO V. Pruebas de Funcionamiento.....	122
5.1.	Introducción.....	122
5.2.	Prueba de Hardware.....	122
5.2.1.	Resultados de pruebas de Hardware.....	122
5.3.	Pruebas de Software.....	129
5.3.1.	Almacenamiento de datos en MySQL de servidor externo.....	130
5.4.	Prueba de envío de datos ante la distancia más larga del nodo LoRa.....	133
5.5.	Verificación del Usuario.....	134
5.5.1.	Verificación de presencia de lluvia.....	134
5.5.2.	Verificación de niveles de agua.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1.</i> Clasificación del Espectro Radioeléctrico	6
Figura 2. Clasificación de Redes Inalámbricas.	7
Figura 3. Dispositivos de entretenimiento conformando una red WPAN.....	8
<i>Figura 4.</i> Esquema de una red WLAN.....	9
Figura 5. Estructura de una red de área metropolitana inalámbrica.	9
Figura 6. Estructura de una red de área amplia inalámbrica.	10
Figura 7. Elementos de una red de sensores inalámbricos.	12
Figura 8. Estructura de un Nodo Sensor y sus 4 elementos principales.....	13
Figura 9. Topología Tipo Estrella.	16
Figura 10. Topología tipo árbol.....	17
Figura 11. Topología de Red Tipo Malla.	18
Figura 12. Topología de tipo Híbrida.....	18
<i>Figura 13.</i> Diagrama de arquitectura basado en el modelo OSI para Internet de las Cosas.	22
Figura 14. Arquitectura del Internet de las Cosas establecido.	23
Figura 15. Técnica de Espectro Ensanchado.....	28
<i>Figura 16.</i> Arquitectura básica de LoRa y LoRaWAN	29
<i>Figura 17</i> Esquema de clases de nodos Lora WAN.	34
Figura 18. Entorno de Desarrollo Integrado Arduino.	36
Figura 19. Modelo en V de desarrollo de sistema.....	43
Figura 20. Vivienda afectada por las fuertes lluvias en Andrade Marín.....	44
Figura 21. Habitantes de Andrade Marín limpiando las vías después de la inundación.	45
Figura 22. Panamericana E35 en el sector de Antonio Ante afectada por las lluvias.	45
Figura 23. Canal de Riego en el sector rural del Barrio Santa Isabel. Parroquia Andrade Marín.	46
Figura 24. Canales de Riego subterráneos, con reja para desfogue de aguas de lluvia - Calle General Enríquez.....	48
Figura 25. Canal de riego en la intercesión de las calles Sánchez y Cifuentes y Modesto Gallegos.....	48
Figura 26. Diagrama de bloques del sistema.....	66
<i>Figura 27.</i> Diagrama Esquemático del sistema.....	67
Figura 28. Diagrama de la fuente de alimentación del nodo recolector.....	69
Figura 29. Sensor de lluvia MH-RD YL-83.....	71
Figura 30. Sensor de Lluvia conectado a Arduino- Proteus.....	72
Figura 31. Arduino conectado a sensor de nivel de agua.....	73
Figura 32. Módulo Lora para Arduino.	74
Figura 33. Módulo LoRa, montado en placa Arduino.	75
Figura 34. IDE de Arduino-Librerías para Nodo LoRa.	76
Figura 35. Configuración básica para el funcionamiento del módulo Lora.....	77
Figura 36. Topología en estrella de la Red de Sensores Inalámbricos LoRa.....	78
Figura 37. Representación de Clase A en LoRaWAN.	80
Figura 38. Representación de Clase B en LoRaWAN.	81
Figura 39. Representación de Clase C en LoRaWAN.	81
Figura 40. Ubicación de cada nodo recolector.	83
Figura 41. Puntos de referencia de cada nodo en Radio Mobile.....	84
Figura 42. Parámetros principales de la red.	85
Figura 43. Parámetros principales del sistema de enlaces.....	86

Figura 44. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-1.	87
Figura 45. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-2.	88
Figura 46. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-3.	89
Figura 47. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-4.	90
Figura 48. Diagrama de Bloques de Puerta de Enlace Dragino LG01-P.	93
Figura 49. Componentes Físicos de Puerta de Enlace Dragino LG01-P.	93
Figura 50. Fuente de energía de la puerta de enlace Dragino.	94
Figura 51. Preferencias de IDE de Arduino.	95
Figura 52. Instalación de librerías Dragino.	95
Figura 53. Montaje de placa Dragino para la configuración de la puerta de enlace.	96
Figura 54. Selección del puerto de comunicación.	97
Figura 55. Pantalla de bienvenida al sitio de administración de Dragino LG01-P.	97
<i>Figura 56.</i> Librerías de Arduino para el uso de la puerta de enlace Dragino LG01-P.	98
Figura 57. Configuración de la recepción de datos de la puerta de enlace Dragino LG01-P.	98
Figura 58. Configuración de Dragino LG01-P para salida a internet.	100
Figura 59. Parámetros de Dragino para establecimiento de conexión a internet.	101
Figura 60. Librerías de compatibilidad entre Arduino y ThingSpeak.	102
Figura 61. Identificación del canal para la presentación de datos en ThingSpeak.	102
Figura 62. Llave de escritura de canal en ThingSpeak.	103
Figura 63. Variables de identificación de canal y llave de escritura en la plataforma ThingSpeak.	104
Figura 64. Inicio de la librería de ThingSpeak vinculada a la librería de cliente de Arduino Yun.	104
Figura 65. Impresión y envío de datos a la plataforma de ThingSpeak.	105
Figura 66. Presentación de resultados en la plataforma de ThingSpeak.	105
Figura 67. Comunicación entre Dragino y modulo MCU ESP-8266.	106
Figura 68. Conexión a red WIFI de Dragino.	106
Figura 69. Llaves de lectura de canales de ThingSpeak.	107
Figura 70. Método POST desde ESP-8266 a MySQL.	107
Figura 71. Ejecución del método POST.	107
Figura 72. Diagrama de flujo del diseño del software.	108
Figura 73. Menú Principal del subdominio Web.	110
Figura 74. Conexión a base de datos en servidor externo MySQL.	112
Figura 75. Esquema Relacional de MySQL.	112
Figura 76. Tablas de la base de datos en MySQL.	113
Figura 77. Campos y registros que conforman la tabla de la base de datos.	113
Figura 78. Archivos indispensables para la elaboración de la página web.	114
Figura 79. Método POST entre el servidor externo y la BDD mediante código php.	114
Figura 80. Modelo de la página web dirigida a LoRa WAN.	115
Figura 82. Prueba de nodo recolector ante presencia de lluvia.	123
Figura 83. Presencia de lluvia - Primer nivel - Ambiente despejado.	124
Figura 84. Presencia de lluvia - Segundo nivel – llovizna o garúa.	125
Figura 85. Presencia de lluvia - Tercer nivel – Alerta de lluvia.	125
Figura 86. Presencia de lluvia - Cuarto nivel - Aguacero.	126
Figura 87. Nivel de agua normal - Nivel 1.	126
Figura 88. Nivel de agua subiendo- Nivel 2.	127
Figura 89. Inundación - Nivel 3.	127
Figura 90. Proceso de recepción de la puerta de enlace Dragino.	128
Figura 91. Datos obtenidos por sensores de cada nodo en ThingSpeak.	129

Figura 92. Tablas de datos que conforma la base de datos Dragino.	130
<i>Figura 93.</i> Registros almacenados en la base de datos Dragino en el servidor externo.	132
Figura 94. Distancia establecida entre el nodo recolector y la puerta de enlace.	133
Figura 95. Línea de vista del nodo 1-1-4 y la puerta de enlace.....	134
Figura 96. Resultados obtenidos del nodo1-1-4 a 650m de distancia de la puerta de enlace.	134
Figura 97. Indicadores de presencia de lluvia en la página web.	135
Figura 98. Nodo 1-1-1 en Ambiente Despejado.....	136
<i>Figura 99.</i> Resultado 1: Ambiente Despejado.	136
Figura 100. Nodo 1-1-1 en Llovizna o garúa.	137
Figura 101. Resultado 2: llovizna o garúa.....	137
Figura 102. Nodo 1-1-1 ante alerta de lluvia.....	138
Figura 103. Resultado 3: Alerta de lluvia.....	138
Figura 104. Resultado 4: Aguacero constante.....	139
Figura 105. Escenario de pruebas de nivel de agua.	139
Figura 106. Nivel de Agua normal tomado por el nodo 1-1-4.	140
Figura 107. Nivel de agua Normal, Escenario 1.	140
Figura 108. Nivel de Agua subiendo tomado por el nodo 1-1-4.....	141
Figura 109. Nivel de agua subiendo, Escenario 2.	141
Figura 110. Inundación dato tomado por el nodo 1-1-4.....	142
Figura 111. Inundación, Escenario 3.....	142

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de una Red Inalámbrica	11
Tabla 2. Instituciones y Protocolos dirigidos a una Arquitectura de Internet de las Cosas.	21
Tabla 3 Rango de frecuencias de Lora WAN y tecnologías similares	30
Tabla 4. Rango de Frecuencias de LoRa WAN y tecnologías similares aplicables a Ecuador.....	31
Tabla 5 Descripción de los tipos de Inundaciones	39
Tabla 6. Stakeholders Presentes en el Sistema.....	54
Tabla 7. Abreviatura de los Requerimientos.	54
Tabla 8. Requerimientos de Stakeholders.	55
Tabla 9. Requerimientos del Sistema.....	56
Tabla 10. Requerimientos de Arquitectura.....	57
Tabla 11. Recursos Humanos.....	59
Tabla 12. Costo de Recursos Tecnológicos.....	60
Tabla 13. Elección del Hardware.	60
Tabla 14. Comparativa de placas Arduino más usadas.	61
Tabla 15. Comparativa de modelos de módulos LoRa para Comunicación Inalámbrica.	62
Tabla 16. Elección puerta de enlace LoRa.	62
Tabla 17. Elección de Sensores de presencia de lluvia.	63
Tabla 18. Elección de sensores de niveles de agua.	64
Tabla 19. Elección de Software Servidor Web.	64
Tabla 20. Elección de Software para Base de Datos.	65
Tabla 21. Consumo de Corriente de cada dispositivo en el nodo sensor.	70
Tabla 22. Coordenadas geográficas de cada nodo.	84
Tabla 23. Relación de Factor de Propagación.	92
Tabla 24. Consumo de energía de cada componente en la puerta de enlace Dragino.....	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la muestra en encuestas.	49
Ecuación 2. Tiempo de duración de la batería.....	69
Ecuación 3. Consumo de batería.	70
Ecuación 4. Valores de consumo de batería.	71
Ecuación 5. Tiempo en el aire. ...	79
Ecuación 6. Ciclo de Trabajo.	79
Ecuación 7. Perdidas en el espacio libre.	82
Ecuación 8. Cálculo zona de Fresnel LoRa.....	87
Ecuación 9. Potencia radiada isotrópica efectiva.	91

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se orienta en desarrollar un sistema de alerta temprana ante inundaciones mediante una red de sensores inalámbricos LPWAN. El proyecto está dirigido a la parroquia de Andrade Marín del cantón Antonio Ante, y se enfoca en recolectar información de los canales de riego y desagües en 4 puntos estratégicos de la zona. Al analizar los niveles de agua y la presencia de lluvia en el lugar el sistema nos permite alertar a la población de una posible inundación a través una página web.

Dada la frecuencia de las inundaciones, se presenta un sistema electrónico que, mediante la instalación de nodos recolectores de información en 4 zonas con canales de riego, logra analizar variables que permiten predecir una inundación; estos parámetros son: la presencia de lluvia, dirigida a identificar la cantidad de agua producida al llover; y el nivel de agua, que se encarga de medir el aumento de agua en los canales de riego y desagües del sector. Cada nodo envía la información recolectada a la estación base mediante tecnología inalámbrica LPWAN. La puerta de enlace recibe los datos y los almacena en una base de datos de dominio externo donde se procede a interpretar los datos para presentarlos en una página web pública. Al mismo tiempo, se presenta un plan de contingencia con el fin de proponer al municipio del cantón una alternativa para disminuir los daños causados por inundaciones en los últimos años.

El sistema de inundaciones presenta una gran versatilidad de aplicaciones ya que gracias a los resultados obtenidos se puede interpretar de forma inmediata el cambio de niveles de agua en el sector, del mismo modo la comunicación entre cada nodo se vuelve indispensable al momento de emitir la señal de información.

ABSTRACT

The present graduation project is oriented to develop an early warning system for floods through a network of LPWAN wireless sensors. The project is implemented at the Andrade Marín parish in the Antonio Ante canton and focuses on collecting information on irrigation channels and drains at 4 strategic points in the area. By analyzing the water levels and the presence of rain in the place, the system allows us to alert the population of a possible flood through a web page.

Given the frequency of floods, an electronic system is proposed. This system, by installing information gathering nodes in 4 areas with irrigation channels, manages to analyze variables that allow us to predict a flood; The parameters are the presence of rain, aimed at identifying the amount of water produced when it rains; and the water level, which is responsible for measuring the increase in water in the irrigation channels and drains in the sector. Each node sends the collected information to a base station using LPWAN wireless technology. The gateway receives the data and stores it in an external domain database where the data is interpreted in order to be shared on a public web page.

At the same time, a contingency plan is presented with the main goal of proposing to the authorities an alternative plan to reduce the damage caused by floods in recent years.

The flood system has great versatility of applications since, thanks to the results obtained, the change in water levels in the sector can be interpreted immediately, in the same way communication between each node becomes essential when the signal is emitted of information.

1. CAPÍTULO I. Antecedentes.

En el presente capítulo se describe las bases y justificación para el desarrollo del trabajo de titulación, presentando los objetivos que justifican el proceso a seguir ante el problema presentado y limitar el proyecto con el alcance pertinente.

1.1. Tema.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS LPWAN DIRIGIDO A LA PARROQUIA DE ANDRADE MARÍN PERTENECIENTE AL CANTÓN ANTONIO ANTE.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Diseñar un prototipo de alerta temprana de sensores inalámbricos, aplicando una red inalámbrica LPWAN mediante módulos LORA, para prevención de inundaciones mediante el monitoreo de niveles de agua y presencia de lluvia.

1.2.2. Objetivos Específicos.

Realizar un análisis bibliográfico del uso y especificaciones para redes inalámbricas de baja potencia y área amplia LPWAN.

Realizar un análisis de la zona de mayor afección por presencia de altos niveles de agua y fuertes lluvias en la parroquia de Andrade Marín, en el cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura.

Diseñar un sistema de red de sensores medidores de niveles y presencia de agua mediante tecnología inalámbrica, utilizando módulos LORA de comunicaciones LPWAN y enviarlos a una base de datos para su manipulación.

Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de red de sensores y comunicaciones al igual que el sistema de alerta al sector de Andrade Marín.

Presentar un plan de emergencia integrando el proceso de la alerta temprana ante posibles inundaciones dirigido a la Comisaria Municipal de Antonio Ante.

1.3.Problema.

Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, la provincia de Imbabura se ha visto afectada por grandes cambios climáticos gracias a la contaminación producida por la población, el 8 de mayo del 2018, el Barrio San Luis del cantón Antonio Ante sufrió grandes afecciones por las fuertes lluvias llegando a un total de 43 familias (160 personas) las que sufrieron daños por dicho problema (El Comercio, 2018). Diario La Hora destaca que, desde el mes de enero del 2018, en la provincia de Imbabura se registró el fallecimiento de una persona en el cantón Otavalo, 176 personas afectadas en Ibarra, 16 en Antonio ante y 315 metros de vías afectadas (La Hora, 2018).

El cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura, ha sido víctima de fuertes lluvias en el año 2017 al 2018, El sector más vulnerable ante estos problemas ha sido Andrade Marín como parroquia principal, ya que las casas ubicadas en estos lugares terminaron sumamente afectadas con el ingreso de agua y tierra, ocasionando problemas a los ciudadanos. EL GAD municipal y la empresa pública de agua potable conjuntamente con los bomberos, realizaron trabajos mediante maquinaria para la remoción de escombros y asistencia humanitaria para las familias afectadas (La Hora, 2018).

En base a estos problemas se realizará un sistema de alerta temprana, dirigida a las comunidades más afectadas del sector de Andrade Marín, mediante una red de sensores inalámbricos que sea adapten a zonas rurales y urbanas, logrando transmitir los datos ante adversos cambios de clima, es por esto que se plantea trabajar con tecnología LPWAN ya que dicha tecnología trabajará a largas distancias y bajo consumo energético (Casanova, 2018). LPWAN será la tecnología que permita alertar a los ciudadanos de la población, ante presencia

de fuertes lluvias y niveles de agua, disminuyendo los daños materiales ocasionados por el fenómeno.

Tener un dispositivo de monitoreo de niveles de agua por causa de grandes lluvias, disminuirá los daños materiales que han sufrido los moradores del sector de Andrade Marín ya que, al estar prevenidos ante una posible inundación, se podrá tomar medidas de seguridad para contrarrestar el ingreso de tierra y agua a las viviendas del sector.

1.4.Justificación.

La organización Mundial de la salud clasifica a las inundaciones entre los fenómenos de inicio súbito, tales como inundaciones repentinas, fluviales (en su mayoría estacionales) y costeras ante relación con ciclones tropicales, los factores que influyen en su gravedad son los niveles de agua, la duración de la lluvia, la fuerza con la que se presencia, el ritmo de subida de agua con la que se producen y la estación en la que se encuentra la zona (Organización Mundial de la Salud, 2011). En el mes de mayo del 2018 el cantón Antonio Ante sufrió un desastre natural debido a las grandes lluvias que ocasionaron grandes pérdidas materiales a la población por lo que los ciudadanos no estaban preparados ante un desastre de este tipo, es por eso por lo que se presenta una propuesta de alerta temprana con el fin de disminuir las pérdidas materiales a los moradores del sector.

La Secretaria de Gestión de Riesgos del Ecuador, tiene como misión el garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico, mediante ciertas estrategias u normas que permitan identificar, analizar o prevenir riesgos para poder enfrentarlos y manejarlos ante un desastre (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016). Con el fin de cumplir los objetivos planteados por la Secretaria de Gestión de Riesgos, se presentará un plan de acción que permita contribuir con el cumplimiento de dichos objetivos.

Con el presente proyecto se logrará cumplir con la misión planteada por la secretaria de gestión de Riesgos, ya que impulsará la prevención ante posibles inundaciones que han afectado al sector de Andrade Marín en el Cantón Antonio Ante, levantando de una forma adecuada la información de un futuro sistema de alerta temprana que se activará cuando exista presencia de altos niveles de agua y presencia de fuertes lluvias, en los sectores con mayor índice de afectación.

1.5.Alcance.

La realización del presente proyecto se basa en el desarrollo de un prototipo de alerta temprana de monitoreo ante presencia de altos niveles de agua ocasionada por lluvias, mediante la aplicación de una red de sensores inalámbricos utilizando nuevas tecnologías de comunicación LPWAN (Low Power Wide Area Network) dirigido a las zonas con altos índices de inundación en la parroquia Andrade Marín, perteneciente al cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura.

Para el desarrollo de dicho trabajo se plantea realizar un análisis bibliográfico de las nuevas tecnologías de comunicación LPWAN ya que son tecnologías de bajo consumo energético y de largo alcance dirigido a aplicaciones de desarrollo e implementación en zonas rurales.

Se realizará un análisis investigativo de la zona con mayor riesgo de accidentes en base a grandes lluvias causantes de posibles inundaciones y el gran impacto en daños que genera al sector de Andrade Marín en el cantón Antonio Ante.

Para el desarrollo del diseño de red de sensores se plantea aplicar el método en “V” como metodología específica de aplicación, ya que es el estándar utilizado para los proyectos dirigidos a los productos de las TIC, con el cual se diseñará un sistema de red de sensores inalámbricos mediante módulos LORA que realicen el proceso de monitoreo de niveles y presencia de agua,

ante grandes lluvias, registrando la información para previa manipulación. Una vez recopilada la información por la red de sensores, se enviará los datos al Gateway LORA para almacenarlos en una base de datos que estará vinculada a una página web donde se podrá presentar la respectiva información. A su vez se emitirá una alerta sonora al sector para su prevención.

Con el funcionamiento del sistema y en base al análisis de la información recolectada, se realizará un plan de emergencia dirigido a la Comisaria Municipal del Cantón Antonio Ante, ante posibles inundaciones el cual contenga los protocolos a realizarse tanto para las Autoridades como para los moradores al momento de emitir la alerta.

2. CAPÍTULO II. Justificación Teórica.

En este capítulo, se realiza un análisis bibliográfico acerca de las tecnologías inalámbricas de largo alcance y bajo consumo energético recabando parámetros y consideraciones que determinen la buena aplicación de dicha tecnología ante posibles inundaciones.

2.1. Espectro Radioeléctrico.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural considerado como un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijas que han hecho posible las telecomunicaciones, tradicionalmente se ubican en el rango de 0 Hz a 3000 Ghz (Ordóñez, 2017). El espectro se compone por frecuencias que se pueden utilizar en una amplia gama de aplicaciones como: servicios personales, aplicaciones industriales, área científica, salud, cultura y como se mencionó anteriormente, las telecomunicaciones.

En la Figura 1 se puede apreciar el rango del espectro radioeléctrico, con su respectiva clasificación.

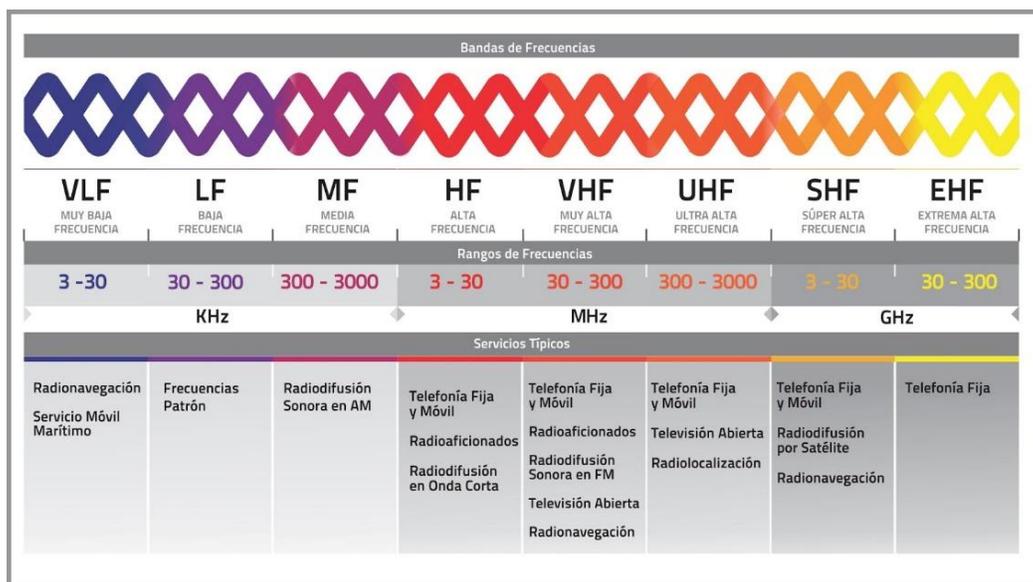


Figura 1. Clasificación del Espectro Radioeléctrico

Fuente: CONATEL, Recuperado de: <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico>.

2.2.Redes Inalámbricas.

(Jordi Salazar, 2016), indica que las comunicaciones inalámbricas son redes de comunicación que mediante ondas de radio envían información de un lado a otro, es decir mediante un medio no guiado. La comunicación inalámbrica trabaja del mismo modo que una red cableada, con la diferencia que al usar el aire como medio de transmisión debe convertir las señales de información en una forma adecuada para que el emisor y el receptor puedan entenderse. Cada una de las redes inalámbricas al igual que una red cableada están basadas en estándares que fijan el comportamiento y ejecución de dichas redes.

2.2.1. Tipos de Redes Inalámbricas.

Las redes inalámbricas son tecnologías que trabajan según el área y el alcance a las que se aplica. En la Figura 2 se puede apreciar la clasificación de las redes inalámbricas existentes.

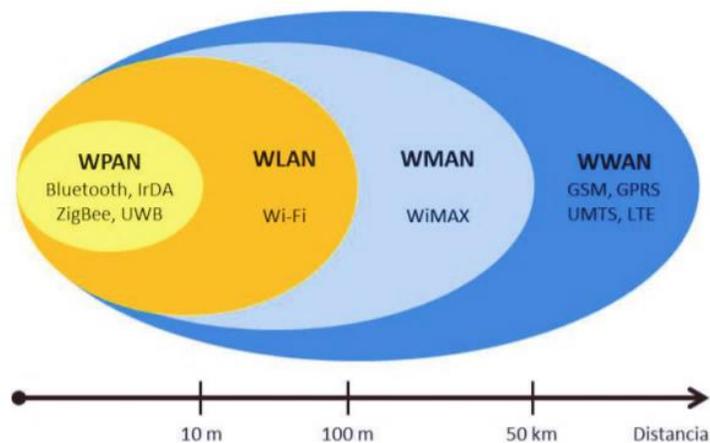


Figura 2. Clasificación de Redes Inalámbricas.
Fuente: Bert Beck, Recuperado de: <https://bit.ly/2CEmCjr>.

2.2.1.1.Red de área personal inalámbrica.

De sus siglas en inglés WPAN (Wireless Personal Area Network), son redes basadas en el estándar IEEE 802.15, su rango de comunicación es corto tomando como referencia máxima 10 metros. Por lo general, dicha red no necesita una infraestructura o conectividad directa fuera del

rango establecido, es por eso que se aplican en una amplia gama de dispositivos como por ejemplo impresoras, teléfonos celulares, herramientas de entretenimiento, etc.(Salazar, 2016)

El Bluetooth es una de las redes inalámbricas personales más usadas por los dispositivos móviles convencionales, ya sea para entretenimiento u otras aplicaciones.(Salazar, 2016). En la Figura 3 se puede apreciar los dispositivos de entretenimiento convencionales conformando una red de área personal inalámbrica.



Figura 3. Dispositivos de entretenimiento conformando una red WPAN.
Fuente: Emaze, Recuperado de: <https://www.emaze.com/@ALCTRIFZ>.

2.2.1.2.Red de área local inalámbrica.

La red de área local inalámbrica se basa en el estándar IEEE 802.11, viene de las siglas en ingles WLAN (Wireless Local Area Network), su rango de comunicación cubre distancias de 10 a 100 metros, a diferencia de las redes de área personal, las redes locales inalámbricas son utilizadas para el envío y recepción de una alta capacidad datos. (Yan Cerro, 2015)

La red WLAN permite a los usuarios o dispositivos tener la facilidad de moverse dentro del área local permitida y permanecer conectado a su punto de acceso. En la *Figura 4*, se especifica la estructura de una red de área local inalámbrica.



Figura 4. Esquema de una red WLAN.

Fuente: Redes Inalámbricas, Recuperado de: <https://bit.ly/2O4pprx>.

Este tipo de redes fueron comercializadas por medio de la marca Wi-Fi (Wireless Fidelity) que significa Fidelidad sin Cables o que la red es literalmente inalámbrica, esta marca fue la primera en ser comercializada y la que cumplió todas las especificaciones para funcionar adecuadamente. (Salazar, 2016)

2.2.1.3. Red de área metropolitana inalámbrica.

Las redes inalámbricas de área metropolitana son comunicaciones que permiten a los usuarios disponer de conexiones a niveles de área metropolitana, es decir, entre edificios dentro de una ciudad o campus universitarios facilitando la interconexión evitando el alto coste que implica una instalación de red cableada como lo es la fibra óptica. (Yan Cerro, 2015)

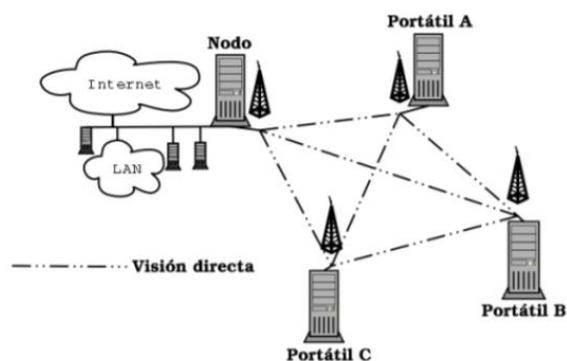


Figura 5. Estructura de una red de área metropolitana inalámbrica.

Fuente: Redes WiMAX o WMAN, Recuperado de: <https://bit.ly/2Kellnq>.

Al igual que las redes de área local inalámbricas, la red de área metropolitana inalámbrica está basada en el estándar IEEE 802.16 (Yan Cerro, 2015), que por lo general se las conocen como redes WiMAX que significa Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, la cual se encarga de intercomunicar a las pequeñas redes locales de diferentes edificios o sectores a nivel metropolitano. En la Figura 5 Se puede apreciar la comunicación de una red de Área Metropolitana.

2.2.1.4.Red de área amplia inalámbrica.

Una red de área amplia inalámbrica es una red relativamente extensa geográficamente, cubriendo áreas de comunicación que exceden los 50km de alcance utilizando enlaces satelitales o antenas microondas, las redes de área amplia inalámbrica se extienden por partes geográficas extensas como países y continentes.(IONOS, 2019)

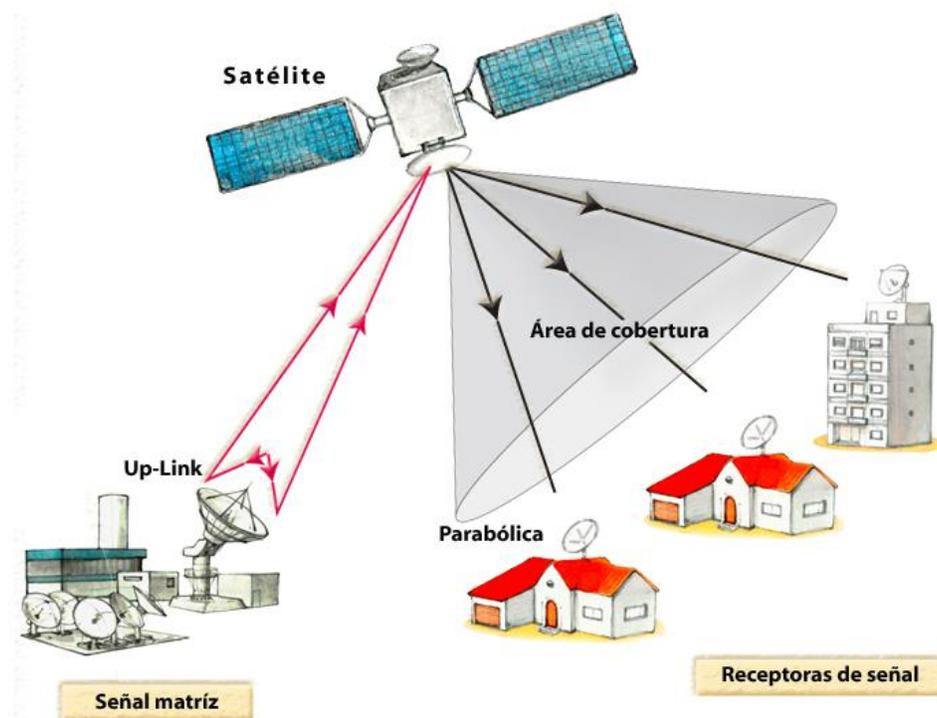


Figura 6. Estructura de una red de área amplia inalámbrica.
Fuente: Entrama Argentina, Recuperado de: <https://bit.ly/33BP7dn>.

Para que una red de área amplia inalámbrica sea efectiva en caso del uso de satélites, se necesita estaciones base como se aprecia en la Figura 6, la señal matriz envía la información hacia el satélite que debe estar estacionario con respecto a la posición sobre el planeta evitando que las bases lo pierdan de vista. Para que el satélite permanezca estacionario debe tener el mismo periodo de rotación que la tierra, generalmente debe estar a 35,784Km de altura. (Ramírez & Díaz, 2012)

En la actualidad las redes de área amplia inalámbrica han ido mejorando a gran escala usando tecnologías celulares para comunicaciones móviles, entre las más conocidas se encuentran:

- GPRS. Servicio General de Paquetes por Radio.
- GSM. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
- HSPA. Acceso a paquetes de Alta Velocidad.
- 3G y 4G Tercera y Cuarta Generación de transmisión de voz y datos vía móvil. (Gluppi, 2018)

2.3.Ventajas y Desventajas de las Redes Inalámbricas.

Al ser una tecnología que utiliza el aire como medio de transmisión a través de ondas electromagnéticas, pueden existir facilidades o contras al momento de usarlas, en la Tabla 1 se obtiene características principales al usar una red inalámbrica.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de una Red Inalámbrica

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor movilidad gracias a que el medio de transmisión no está conectado directamente mediante un cable guiado. • Gracias a no disponer de un cable a larga y corta distancia, se obtiene un costo de aplicación mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con respecto a una red cableada, la velocidad de transmisión de una red inalámbrica es menor. • Al ser el aire el medio de transmisión de dichas redes, el clima puede afectar la comunicación entre emisor y

- Instalación rápida y eficiente, el tiempo de implementación es reducido.
- Accesibilidad ante zonas donde el cable no puede llegar fácilmente.
- Necesita mayor seguridad y fortalecer la encriptación ya que la información al viajar por el aire, esta propensa a ser vulnerada.
- Al existir diferentes equipos inalámbricos cercanos, la red puede sufrir interferencias externas.

Nota. Recuperado de: Diseño e implementación de una red WSN, Cuji D, 2018, pág. 26.

2.4.Red de Sensores Inalámbricos (WSN).

(Aakvaag, 2016), cita que, una red de sensores inalámbricos es una red que contiene muchos dispositivos, distribuidos en diferentes sectores con el fin de recabar información mediante sensores electrónicos tales como: temperatura, sonido, vibración, presión, presencia de agua, etc.

En la Figura 7 se observa los elementos básicos de una red de sensores inalámbricos, notando a los nodos recolectores de información con su respectiva alimentación de energía enviando los datos inalámbricamente hacia a la puerta de enlace o receptor para el almacenamiento de información.

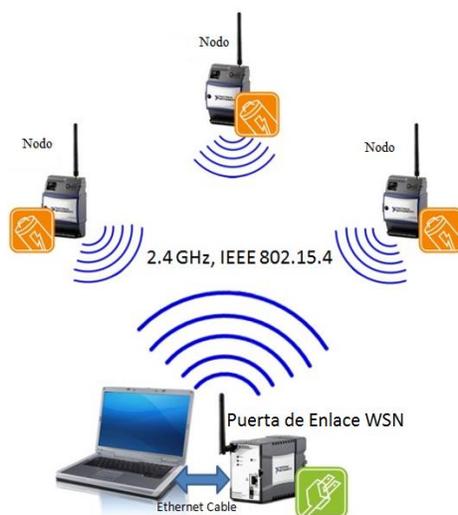


Figura 7. Elementos de una red de sensores inalámbricos.
Fuente: Redes WSN, Recuperado de: <https://bit.ly/2X8qlyZ>

2.4.1. Elementos de una red de sensores

En este apartado se habla acerca de cada uno de los elementos que intervienen en el diseño de una red de sensores inalámbricos, tomando en cuenta su estructura general y como trabaja dicha red al momento de recolectar y enviar la información a procesar.

2.4.1.1. Nodo Sensor.

Un nodo sensor es un dispositivo electrónico capaz de realizar el proceso de recolección de información mediante su componente llamado sensor, que a través de una red conformada por uno o varios nodos procesan la información y la envían a un receptor o puerta de enlace (Libelium, 2015). En la Figura 8 se observan los principales componentes de un Nodo Sensor, los cuales se detallan a continuación.

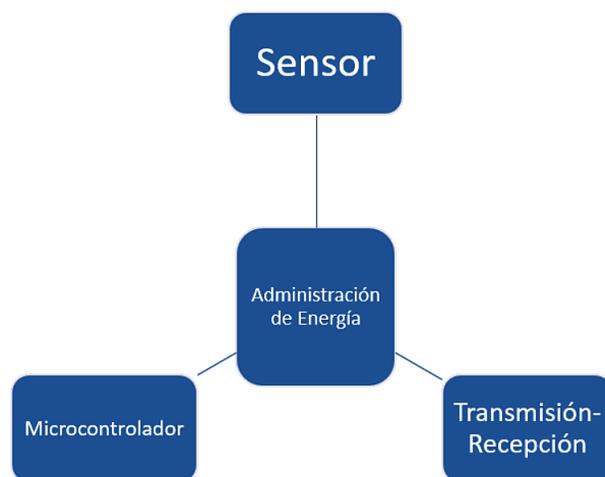


Figura 8. Estructura de un Nodo Sensor y sus 4 elementos principales.

Fuente: Redes WSN Zigbee, Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6699>.

- **Sensor:** Dispositivo de hardware encargado de transformar en señales eléctricas una condición física o química en el medio, como por ejemplo agua, aire, Co₂, movimientos y cualquier otro fenómeno (Aakvaag, 2016). Al obtener señales eléctricas del medio, los sensores las pueden interpretar de

forma analógica o digital para su posible procesamiento en el Microcontrolador.

- **Microcontrolador:** Encargado de tomar las señales obtenidas por el sensor y procesarlas con el fin de tener un dato entendible para el desarrollador, de igual forma este dispositivo controla el funcionamiento y otros componentes que pueden estar presentes en el nodo sensor. Los microcontroladores son usados en los nodos sensores ya que, a diferencia de un microprocesador, el microcontrolador realiza sus procesos consumiendo un bajo costo de energía. (Aakvaag, 2016)
- **Transmisor y Receptor:** Dispositivo inalámbrico de radiofrecuencia asignada por la banda ISM de forma gratuita, que transfiere los datos en ambos sentidos dependiendo de la ejecución del nodo, estableciendo la comunicación con el receptor (Aakvaag, 2016). Por lo general los receptores son los encargados de almacenar y procesar los datos a conveniencia del desarrollador.
- **Administración de Energía:** Sistema encargado específicamente en la alimentación de energía del nodo sensor, abasteciendo de forma continua y suficiente para que el dispositivo y cada uno de sus componentes puedan trabajar de forma óptima y eficiente en las condiciones que se encuentre (Aakvaag, 2016).

Con la aparición de nuevas tecnologías aplicadas a redes WSN, como Zigbee y WIFI, los nodos realizan su trabajo consumiendo un alto nivel de energía, ya que sus dispositivos de comunicación necesitan estar encendidos a cada momento para poder transmitir sus datos (Aakvaag, 2016). En la actualidad existen tecnologías que trabajan de una mejor manera tanto en

consumo de energía como en distancia alcanzada por sus nodos, que evitan el consumo excesivo de potencia haciendo del sistema más eficiente, a un bajo consumo y llegando a mayores distancias, dichas tecnologías son conocidas como herramientas de IoT como, por ejemplo: LORAWAN y Sigfox(Casanova, 2016).

2.4.1.2.Puerta de Enlace.

Del inglés Gateway, es un dispositivo encargado de recibir la información de cada uno de los nodos sensor ubicados estratégicamente para la recolección de datos, la puerta de enlace sirve como un dispositivo de pasarela que trabaja como un puente de comunicación entre la red inalámbrica establecida por los nodos y la red cableada hacia la estación Base. (Aakvaag, 2016)

2.4.1.3.Estación Base.

La Estación Base es la encargada de tomar cada uno de los datos recibidos por la puerta de enlace y almacenarlas en una base de datos seleccionada por el Desarrollador, por lo general consta de un ordenador u sitio web que permita hacer el proceso de almacenamiento y publicación de los resultados de cada nodo. (EDMANS, 2014)

2.4.1.4.Red Inalámbrica.

La red inalámbrica es el medio de comunicación que utiliza la red de sensores inalámbricos (WSN), para poder enviar y recibir la información recolectada por los nodos al igual que las ordenes impuestas por la estación base a una distancia establecida dentro del rango de operación. Generalmente el rango de frecuencias de dichas redes está establecido por la banda ISM de forma gratuita, aplicando las frecuencias dependiendo de la zona en la que la red se encuentra trabajando (EDMANS, 2014). América y Europa trabajan en bandas de frecuencia diferentes, al igual que Australia y Asia.

2.4.2. Topología de Red WSN.

Según el Grupo de Integrantes de Investigación tecnológica EDMANS de la Universidad de la Rioja-España, una topología es una descripción general esquemática de la disposición de una red, en la cual se incluye tanto los nodos como las líneas de conexión. Para la interconexión de redes inalámbricas existen 4 tipos de topologías aplicables a WSN entre ellas se tiene: topología Estrella, Árbol, Malla e Híbrida (EDMANS, 2014). En los siguientes apartados se especifica los detalles de cada topología para una red WSN, pero se aclara que para cada tipo de WSN, se puede aplicar la topología que mejor se adapte al sector de trabajo, y cubrir las necesidades que el desarrollador espere.

2.4.2.1. Topología Tipo Estrella.

La topología Tipo Estrella, especifica que: cada uno de los nodos que constituyen la red, se conectan a un solo dispositivo central ya sea un conmutador, computadora o puerta de enlace. El dispositivo central es considerado el servidor, y cada uno de los nodos son considerados clientes (Wordpress, 2017). En la Figura 9 se puede apreciar la comunicación de dicha red mediante la topología tipo estrella.

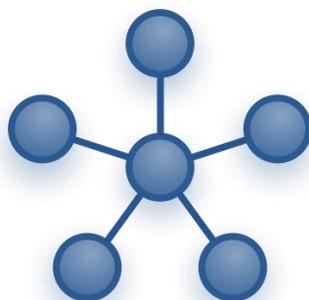


Figura 9. Topología Tipo Estrella.

Fuente: Topologías de Red, Recuperado de: <https://bit.ly/2JciJ8C>

2.4.2.2. Topología Tipo Árbol.

La topología Tipo Árbol es una topología que trabaja del mismo modo que la topología tipo estrella y la topología en malla, ya que cada uno de los nodos, se conectan a un nodo de mayor categoría, para luego llegar a la comunicación a la puerta de enlace, en otras palabras, los nodos más comunes se comunican a sus nodos principales que envían sus datos a la puerta de enlace. (Giraldo & Julieth, 2019)

En la Figura 10 se puede apreciar la comunicación de los nodos de menor jerarquía a un nodo de mayor jerarquía, llegando a la puerta de enlace.

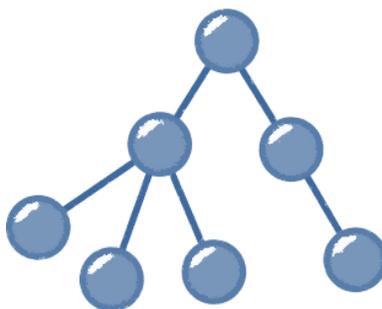


Figura 10. Topología tipo árbol.

Fuente: Topologías de Red, Recuperado de: <https://bit.ly/2JciJ8C>

2.4.2.3. Topología Tipo Malla.

La topología Tipo Malla, es una topología de red en la que cada dispositivo o equipo están conectados a todos los equipos de la red entre sí. Una de sus características principales es que cada uno de los mensajes de un nodo hacia otro, puede llegar por distintos caminos, pero si la topología de red tipo malla está completamente conectada, no puede existir ninguna interrupción en la comunicación. En la Figura 11 se tiene una estructura de comunicación de la topología tipo malla.

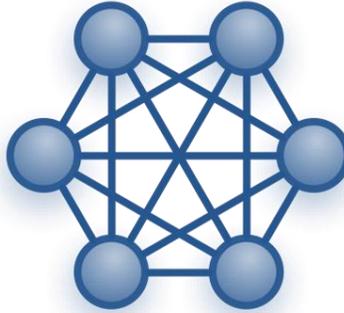


Figura 11. Topología de Red Tipo Malla.
Fuente: Topologías de Red, Recuperado de: <https://bit.ly/2JciJ8C>

2.4.2.4. Topología Tipo Híbrida.

Este tipo de topología considera las cualidades tanto de la topología tipo estrella como de la topología tipo malla, es decir se toma la simplicidad y el bajo consumo de la topología tipo estrella y la posibilidad de extender una red tipo malla más rápida y segura.

En la Figura 12 se observa la topología Híbrida entre la topología tipo malla y la topología tipo estrella.

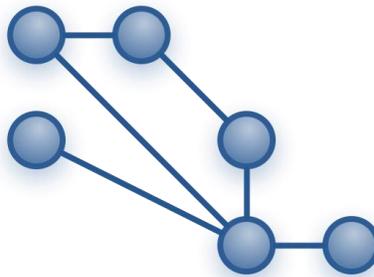


Figura 12. Topología de tipo Híbrida.
Fuente: <https://bit.ly/2JciJ8C>

2.4.3. Aplicaciones WSN.

Una red de sensores inalámbricos se aplica ante diferentes campos y ambientes gracias a su versatilidad y autonomía, por lo general sus principales objetivos de aplicación son la

supervisión, seguimiento, análisis y control de procesos tanto naturales como físicos, como principales ejemplos tenemos:

- Control, análisis y supervisión del medio ambiente como tal
- Acústica
- Fenómenos Naturales
- Actividades Nucleares
- Campo Militar
- Identificación y control de productos e inventario.
- Ubicación de objetos y personas
- Medicina
- Control de procesos operativos
- Transito
- Domótica
- Internet de las Cosas (Aakvaag, 2016)

Para el desarrollo del presente trabajo se hace énfasis en aplicaciones ante **Fenómenos Naturales** como las inundaciones, ya que son fenómenos que no pueden ser evitados, pero si prevenidos mediante herramientas que analicen las posibles causas.

2.4.4. Ventajas de una WSN.

Las Redes de sensores inalámbricos poseen muchas ventajas, que los hace necesarios en la actualidad ya que mediante sensores ayudan a analizar variables que el ser humano interpreta, facilitando su comprensión.

A continuación, se presentará, las ventajas más importantes de una WSN:

- Las WSN cuentan con una forma de trabajo, que hace que las instalaciones de sus dispositivos, sea de bajo coste, evitando grandes topologías de red, cableada, afectando el ambiente visual, y aumentando el costo de instalación. (Aakvaag, 2016)
- La red AdHoc de WSN, permite que su configuración sea más sencilla, sin obviar que en gran escala hay que considerar mayores seguridades y aplicación.
- WSN también puede trabajar de forma inmediata y portable ya que su configuración adaptable al medio permite desplegar redes inalámbricas de gran rendimiento ya sea a corto plazo o a largo plazo. (Aakvaag, 2016)

2.5. Internet de las Cosas.

De acuerdo con (Evans, 2011), el internet de las cosas cambiará todo, incluyendo a nosotros mismos. Al ser una gran afirmación, en la actualidad se ha visto como el internet ha tenido un gran impacto en los campos de educación, economía, ciencia, política y comunicación, integrando grandes formas de mejorar la accesibilidad a la información de todo el mundo.

En vista a dicho concepto, se puede afirmar que el internet de las cosas es una evolución tecnológica que permite que el Internet alcance al mundo real, convirtiendo a las cosas reales y comunes en “cosas inteligentes” que tendrán conexión a internet y el mundo.

En la actualidad el Internet de las Cosas está haciendo realidad su concepto, ya que todos sus dispositivos u objetos generan gran cantidad de datos, que mediante herramientas tecnológicas puedan ser analizados, para posibles toma de decisiones y presentar sus datos en tiempo real ayudando a mejorar la vida de las personas de manera inmediata. (Pérez, 2017).

Considerando cada una de las afirmaciones establecidas, se puede decir que el internet de las cosas está centrado en recolectar, estudiar, analizar y presentar datos de todo el mundo para

convertirla en información que pueda ser útil para la toma de decisiones y procesos con el fin de ayudar a la vida cotidiana del ser humano.

2.5.1. Protocolos y Arquitectura de red IoT.

Desde el año 2013, la Arquitectura de red para el Internet de las Cosas, ha ido progresando a tal punto de presentar una estructura basada en el Modelo de Referencia OSI y TCP/IP (Casanova, 2018), los cuales están basados en solucionar dos problemas clave, tanto el acceso al medio y el acceso a los dispositivos que recolectarán la información con el fin de poderlos integrar al internet.

Para poder estructurar la arquitectura de IoT, se presenta una descripción de los protocolos que colaboran al proceso de estandarización. En la *Tabla 2* se presenta las instituciones y sus protocolos de estandarización.

Tabla 2. Instituciones y Protocolos dirigidos a una Arquitectura de Internet de las Cosas.

Institución	Protocolo	Descripción
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.	802.15.4	Comunicaciones de Bajo Costo. Bajas velocidades de Transmisión.
	CoAP	Comunicaciones a través de la Web.
IETF (Internet Engineering Task Force) Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet.	RPL	Protocolo de enrutamiento.
	6LoWPAN	IPv6 para redes inferiores y con pérdidas. IPv6 sobre redes de área personal inalámbrica de baja potencia.
W3C (Word Wide Web Consortium). Consortio Mundial de la Red.	SOAP	Define como los objetos en diferentes procesos se comunican e intercambian datos XML.
OMG (Object Management Group). Grupo de Administración de Objetos.	CORBA WBEW CIM-XML	Inter polaridad entre elementos de software de naturaleza distinta.

Nota. Recuperado de: Internet de las Cosas, Fermín F, 2018, pág. 3.

Con los protocolos presentados en la Tabla 2 se procede a especificar en la Figura 13, un diagrama basado en el modelo de Referencia OSI, para apreciar de mejor forma como están compuestos los protocolos y la arquitectura del Internet de las Cosas. Cabe recalcar que en base a la Figura 13 se ha realizado cambios de la arquitectura del Internet de las Cosas.

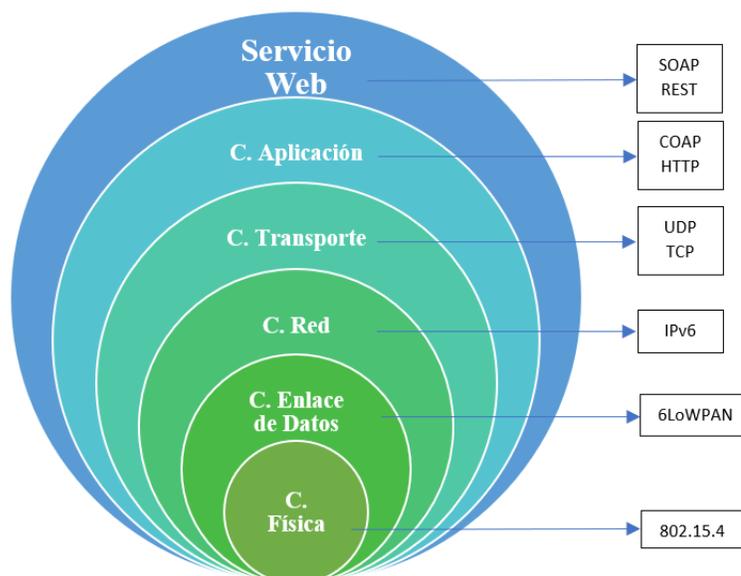


Figura 13. Diagrama de arquitectura basado en el modelo OSI para Internet de las Cosas.
Fuente: UIGV, Recuperado de: <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/187/193>

En base al modelo genérico de la arquitectura del Internet de las Cosas, se ha ido estructurando hasta obtener la arquitectura usada a nivel mundial, tomando los aspectos físicos como dispositivos, sensores, etc. al igual que los aspectos virtuales como lo son los protocolos y servicios de la comunicación.



Figura 14. Arquitectura del Internet de las Cosas establecido.
Fuente: Cloud Computing, Recuperado de: <https://bit.ly/3bBuFwL>

2.5.2. Tecnologías de comunicación dirigida a IoT.

Existen diferentes tipos de tecnología que trabajan bajo el concepto del Internet de las Cosas, los cuales tienen sus características de trabajo tomando como punto principal de qué forma dichos aparatos recolectan y envían los datos para su análisis a su estación base, en el apartado siguiente se habla acerca de tecnologías de bajo consumo y alto rendimiento en el envío de datos.

2.5.2.1.M2M.

La tecnología Máquina a Máquina, es la combinación de las TIC, o tecnologías de la información y comunicación, con componentes o dispositivos inteligentes, con el fin de que estos dispositivos interactúen entre sí, sin la intervención del ser humano.(Matooma, 2018)

Las tecnologías que se usan para conectar y transferir datos, entre dispositivos, basado en M2M, son comunicaciones como RFID que trabaja a 10 metros, de igual forma la tecnología

Bluetooth con un alcance de 10 a 20 metros, también se tiene tecnologías que trabajan a distancias más amplias como el WIFI a 50 y GSM a un rango a nivel mundial.(Matooma, 2018)

Las redes de comunicación GSM en M2M, son tecnologías que están dirigidas a un servicio o proveedor, es decir, está vinculado con las grandes corporaciones de telecomunicaciones que brindan este servicio, están basados netamente en el modelo de negocio de GPRS, teniendo un consumo de datos el cual deberá ser cancelado, por el Mbyte consumido o transmitido, al igual que tecnologías como 3G y4G. (Sánchez, 2018)

La esencia principal de M2M es que pertenece a un subconjunto del Internet de las Cosas, apareciendo como una prolongación de internet en el mundo físico, refiriéndose a la comunicación y envío de datos, entre máquinas y dispositivos del mundo dirigidos a la gran red del Internet a nivel mundial.

2.5.2.2.SIGFOX.

Sigfox es una de las tecnologías más grandes del Internet de las Cosas, ya que está dirigida al bajo consumo de energía y no depender de las redes de telefonía móvil. (Ferrer, 2018)

Sigfox representa una red estable en tecnologías LPWAN, teniendo características llamativas como su rango de cobertura de transmisión, su fácil acceso a la información y bajo precio en módulos o dispositivos recolectores de datos(Ferrer, 2018). Además, dicha tecnología permite trabajar con plataformas en la nube de forma directa, al igual que contiene un bajo consumo de energía, cumpliendo las necesidades del Internet de las Cosas.

La tecnología de Sigfox depende de la frecuencia en Europa basada en 868 Mhz, cada nodo tiene la facilidad de cubrir un área de cobertura muy grande y es ampliable en el caso que una empresa necesite llegar a mayores distancias. De igual manera, tiene comunicación en la nube con un sistema que desde la interfaz Web, el desarrollador puede dar de alta a cualquiera de

sus equipos, mediante un ID único por cada dispositivo sin usar una tarjeta SIM como lo hacen las telefónicas móviles.(Ferrer, 2018)

2.5.2.3.BLE.

BLE (Bluetooth Low Energy), Bluetooth de baja energía es una tecnología basada en el estándar Bluetooth 4.0, que trabaja en las frecuencias de 2.4 Ghz creada para aplicaciones en dispositivos de uso personal como teléfonos inteligentes, en contraste con la tecnología NFC, a diferencia que BLE puede llegar a transmitir hasta los 100 metros, a su vez cumple un papel indispensable, ya que sirve para interoperar pequeños dispositivos conectados, para el envío de datos reducidos, a diferencia del resto de tecnologías que se centran en los grandes paquetes de datos. (Sánchez, 2018)

El estándar Bluetooth 4.0 fue publicado y establecido por el organismo conocido como Grupo de Interés Especial (SIG) en 1998(IDCAPT, 2017), el cual está encargado de supervisar las normas que bluetooth utiliza y también otorga las licencias a los fabricantes de esta tecnología.

Cabe recalcar que el potencial de BLE va más allá de la comercialización en dispositivos móviles, ya que a comparación con las tecnologías RFID que son generalmente las más usadas, BLE tiene la posibilidad de basarse en un estándar universal y se encuentra disponible en los dispositivos móviles sin necesidad de aumentar un hardware extra para su funcionamiento. (IDCAPT, 2017)

2.5.2.4.ZIGBEE.

Zigbee es conocida por ser la tecnología más estable y versátil en comunicaciones inalámbricas, dirigida desde sus inicios a controles de domótica y procesos industriales, opera en

la banda de 2.4Ghz y trabaja a un centenar de metros para el envío de datos (Quintero, 2016). De igual forma, Zigbee permite trabajar en diferentes topologías, dependiendo del campo al que se vaya a aplicar, estas pueden ser, estrella, árbol y malla.

El consumo de energía de Zigbee es reducido al igual que las anteriores tecnologías, pero su característica principal es su gran versatilidad soportando múltiples nodos con mayor seguridad en su protocolo para el envío de datos, la desventaja de contar con dichos dispositivos es que su velocidad de transmisión es mucho menor a la de Sigfox y BLE. (Quintero, 2016)

2.5.2.5.LoRa.

Longe Range o Largo Rango es la característica principal de LORA, es una de las tecnologías más potenciales en la actualidad, trabaja del mismo modo que las tecnologías de WIFI, Bluetooth, Sigfox y Zigbee.

LORA utiliza un tipo de modulación en radiofrecuencia, como AM o FM llamada (Chirp Spread Spectrum) Espectro extendido usado en comunicaciones militares al igual que espaciales.(Casanova, 2016)

2.5.2.5.2. Modulación de Espectro Ensanchado.

LoRa utiliza la modulación de espectro ensanchado o MSS en su capa física, la cual codifica la señal base con una secuencia de alta frecuencia que intencionalmente propaga la señal base a través de un mayor ancho de banda, reduciendo el consumo de energía y aumentando la resistencia ante posibles interferencias (Berni, 2014).

La modulación MSS utiliza todo su ancho de banda asignado para transmitir una señal, proceso que realiza la mayoría de los métodos de espectro ensanchado debido a esto es resistente al desvanecimiento ante múltiples canales e incluso operando a baja potencia.

Para la determinación de la tasa de bits con la modulación de espectro ensanchado que usa LoRa, se debe tener en cuenta el factor de propagación (FP) de la señal base ya que por lo general es variable, de igual forma para un ancho de banda (AB) disponible y una mayor difusión del factor de propagación reduce la tasa de bits y la duración de la batería pero incrementando el tiempo de transmisión. (Pickering, 2017)

Para definir la tasa de bits (BR) se necesita un determinado factor de propagación (FP) y el ancho de banda (AB) expresando el resultado en la siguiente ecuación.

$$BR = FP \frac{AB}{2^{FP}}$$

Donde:

- BR= Tasa de bits (Bit Rate)
- FP= Factor de Propagación
- AB= Ancho de Banda. (Pickering, 2017)

LoRa trabaja con seis factores de propagación que están establecidos desde (FP7-FP12) de igual manera trabaja con tres diferentes anchos de banda que son: 1,25Khz, 250Khz y 500Khz (Pickering, 2017). Cada factor de propagación y ancho de banda son establecidos por los entes reguladores como ISM, como por ejemplo para América del Norte y América del Sur, los valores establecidos son de 500Khz de ancho de banda y valores de 7 a 10 en factor de propagación para su transmisión (Pickering, 2017).

Ya que LoRa trabaja con la modulación de espectro ensanchado, (Pickering, 2017) afirma que dicha tecnología se basa en una variante conocida como CSS (Chirp Spread Spectrum) o Pitido de Espectro Ensanchado, que en su esencia es una señal sinusoidal de frecuencia modulada, en banda ancha que aumenta o disminuye con el paso del tiempo. En la Figura 15 se puede ver la esencia de CSS, el cual esta expresada entre frecuencia y tiempo.

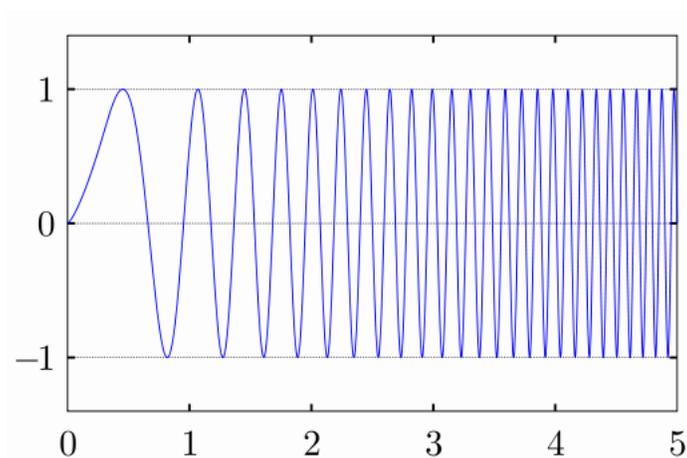


Figura 15. Técnica de Espectro Ensanchado.

Fuente: Reducción de Interferencia. Obtenida de: <https://bit.ly/2QbG1A9>.

2.5.2.5.3. Arquitectura de Red.

La arquitectura de LoRa está dirigida al esquema de la Figura 16, contiene 4 capas estructurados de la siguiente forma:

- Capa Física: Conformada por los nodos finales o nodos sensores que recolectan la información del medio.
- Capa Enlace de Datos: Conformada por la puerta de enlace que recibe la información de todos los nodos implementados en la red.
- Capa de Red: Conformada por los medios de transmisión como tecnologías 3G, Ethernet, Wifi etc. Comunica la capa de enlace de datos con la capa aplicación o la nube.
- Capa Aplicación: Dirigida a los servicios o aplicaciones en la Nube, almacenamiento, presentación, seguridad y tratamiento de la información mediante el uso de protocolos TCP/IP.(Pérez, 2018)

Cada nodo perteneciente a la arquitectura de red LoRa, sin importar el número de dispositivos, se conectan mediante radio frecuencia establecida por la ISM a la puerta de enlace,

la cual es la encargada de administrar cada dato que llegue del equipo terminal, la puerta de enlace puede conectarse a través de la capa de red a diferentes servicios de almacenamiento, y tratamiento de datos en la capa aplicación, para su manipulación y presentación (Pérez, 2018). Los dispositivos permanecerán en reposo, hasta que reciban una señal de parte de los sensores conectados activando el proceso de envío de datos a la puerta de enlace.

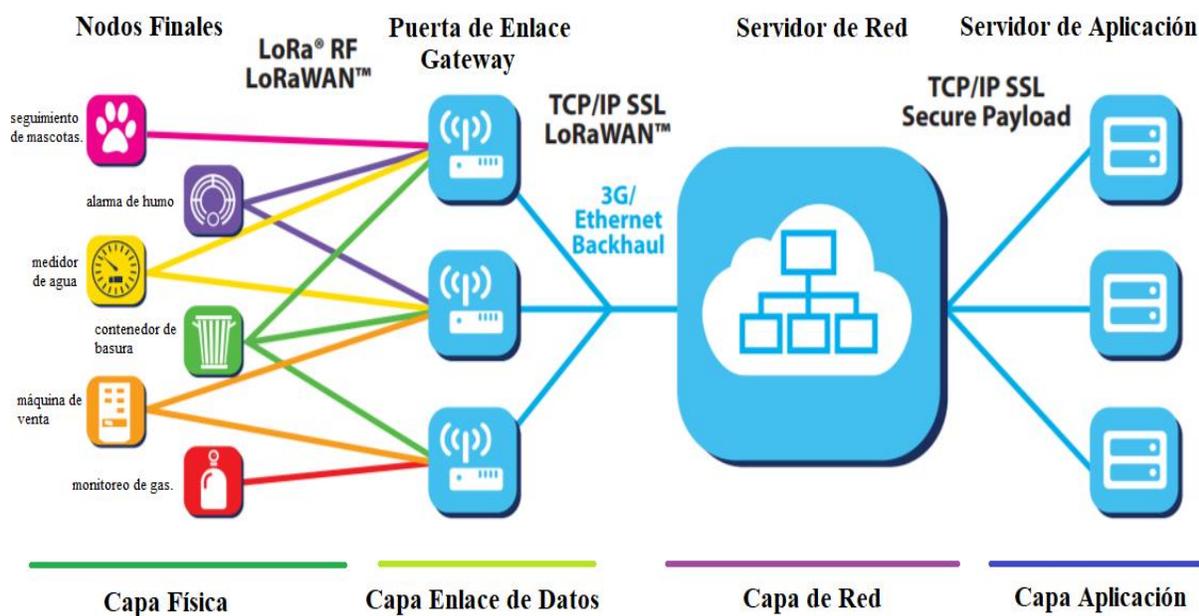


Figura 16. Arquitectura básica de LoRa y LoRaWAN
Fuente: Medium LoRa WAN. Recuperado de: <https://bit.ly/2KsRdol>.

2.5.2.5.4. Canales y Rango de Frecuencias.

Las tecnologías LoRa, trabajan en diferentes rangos de frecuencia, dependiendo de la zona geográfica en la que se encuentre. Según (García, 2017) las bandas de frecuencia en Europa es la banda ISM de 863- 870 MHz, aplicada la regulación por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones conocida por sus siglas en inglés ETSI. Dicha frecuencia utiliza 8 canales que el dispositivo los elige de forma arbitraria. En América del Norte, América del SUR, Australia, Singapur e Israel, utiliza la banda ISM de 902-928 MHz, en los que pueden trabajar

con 13 canales y un ancho de banda de 2.16MHz por cada canal utilizado, datos que se puede apreciar en la Tabla 3.

Dichos canales se basaron en los que utiliza la tecnología de Radio frecuencia xBee de 900 MHz.

Tabla 3 Rango de frecuencias de Lora WAN y tecnologías similares

Característica	Weightless -N	Weightless -P	Sigfox	LoRaWAN	RPMA
Banda de frecuencia	EU: 868Mhz USA: 900Mhz	Ghz ISM	EU: 868 Mhz USA: 902 Mhz	EU: 433/868 Mhz USA: 912 Mhz	2.4 Ghz
Rango estimado	3 KM (Urbano)	2 KM (Urbano)	3-8km (U) 30-50km(R)	3-8km (U) 30-50km(R)	1-3km (U) 5-10km(R)
Enlace propuesto(dB)			156dB	156dB	172dB
Throughput	10 bps – 10kbps	200bps-100kbps	EU: 100bps USA: 600bps más de 140 mensajes por día	0.3 – 50kbps adaptable	Uplink: 100kbps Downlink: 600kpbs
Consumo de energía			Tx: < 50 mA Rx: 10-40 mA Stand By: < 0.01 mA	Tx: < 50 mA Rx: 10-40 mA Stand By: < 0.01 mA	Tx: 750 mA Rx: 300 mA Stand By: < 0.072 mA
Tamaño del paquete	20 bytes en adelante	Mínimo 10 bytes	12 bytes	Definida por el usuario	6 bytes a 10kbps
Dispositivos por puntos de acceso	Ilimitado	Ilimitado	1 millón	1 millón	< 500.000
Seguridad	Encriptación AES-128	Encriptación AES-128/256	N/A	Encriptación y autenticación AES CCM (128-bits)	Encriptación 128/256
Estado	Desplegado	Bajo despliegue	En despliegue	En despliegue	En despliegue

Fuente: UPC. Obtenida de: <https://www.upc.edu/es>

En base a la información establecida en la Tabla 3 se obtiene los datos de las tecnologías dirigidas a IoT, en la Tabla 4 se especifica las características de LoRaWAN y Sigfox aplicables a Ecuador y el continente latinoamericano.

Tabla 4. Rango de Frecuencias de LoRa WAN y tecnologías similares aplicables a Ecuador

Característica	Sigfox	LoRaWAN
Banda de frecuencia	902 Mhz	912 Mhz
Rango estimado	3-8km (Urbano) 30-50km (Rural)	3-8km (Urbano) 30-50km (Rural)
Enlace propuesto(dB)	156dB	156dB
Rendimiento	600bps más de 140 mensajes por día	0.3 – 50kbps adaptable
Consumo de energía	Tx: < 50 mA Rx: 10-40 mA Stand By: < 0.01 mA	Tx: < 50 mA Rx: 10-40 mA Stand By: < 0.01 mA
Tamaño del paquete	12 bytes	Definida por el usuario
Dispositivos por puntos de acceso	1 millón	1 millón
Seguridad	N/A	Encriptación y autenticación AES CCM (128-bits)
Estado	En despliegue	En despliegue

Fuente: UPS. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16897/1/UPS-ST003910.pdf>.

2.5.3. LORAWAN.

LoRaWAN es un protocolo que utiliza la tecnología inalámbrica LORA que aplica y cumple todos los conceptos de Internet de las Cosas, centrado sumamente en el consumo energético ya que cada nodo transmite los datos solo cuando el paquete esté listo, caso contrario el equipo permanece en reposo. El alcance de transmisión de información mediante su comunicación bidireccional logra un enlace sumamente sencillo entre diferentes objetos conectados a la red. (Casanova, 2016)

2.5.3.1.Capacidad de Conexión en la Red.

Mediante las características que contiene la modulación Lora y la versatilidad de esta, las puertas de enlace que contiene LoRaWAN trabajan con un número sumamente extendido de nodos mediante los multicanales que puede utilizar, al igual que la red tiene una tasa de datos sumamente adaptiva. Pero, existen algunos factores que afectan dicha capacidad, ya sea la tasa de datos, el tamaño de carga útil, la periodicidad que transmiten los nodos, y el número de canales que se usen con concurrencia.(Casanova, 2016)

Al basarse en el espectro ensanchado, todas las señales de los módulos son prácticamente ortogonales, la que utilizan muchos factores de propagación, variando la velocidad de transmisión, sacando una gran ventaja, ya que un mismo canal de la puerta de enlace puede recabar diferentes datos, a distintas velocidades cada uno. (Casanova, 2016)

2.5.3.2.Seguridad LoRaWAN.

LoRaWAN, trabaja mediante dos capas de seguridad, una vinculada a la verificación de autenticidad del nodo que envía los datos, y otra, dirigida al usuario y el acceso que tenga a los datos almacenados.

Según (Gaybor, 2018), se utiliza encriptaciones AES (Estándar de Encriptación Avanzado), mediante el identificador IEE EUI64, los cuales son globalmente únicos, haciendo de LoRaWAN una red de fiar.

LoRaWAN, incluye un esquema de corrección de errores variable ante posibles pérdidas, el cual mejora la robustez, de la señal emitida con redundancia.

Al usar la modulación de Chirp Spread Spectrum, se vuelve robusto, ante mecanismos de degradación de canales, ya sea atenuación, desvanecimiento, creación de múltiples trayectos y el Efecto Doppler. (Gaybor, 2018)

2.5.3.3. Características aplicables a un nodo de Red de Sensores (WSN).

Según (Bustos, 2018) LoRaWAN contiene una serie de características de configuración de sus módulos aplicables a una red WSN, que a su vez podría ser el vínculo dirigido a otras aplicaciones en el campo tecnológico.

- Mediante activación por aire, activar el nodo para aplicar precisión en sus mensajes dirigidos al servidor, usando una dirección válida en la red, logrando que sus mensajes no sean ignorados por el receptor.
- Con la activación del nodo, se envía los mensajes de cada sensor, mediante mensajes no confirmados, evitando que el mensaje se demore demasiado, disminuyendo su tiempo de llegada, más aún en las tasas de bit más pequeñas que los dispositivos puedan soportar, logrando que el dispositivo descarte datos, hasta recibir un mensaje confirmado, y procesarlo.
- Mediante los mensajes confirmados, también se puede verificar la conexión con la puerta de enlace LoRaWAN, cumpliendo su proceso de reducir, consumo energético, manteniendo su estado en reposo hasta posibles envíos de datos. (Bustos, 2018)

2.5.3.4. Clasificación de nodos LoRaWAN.

Existen 3 clases de nodos en las comunicaciones de LoRaWAN que son los encargados de recopilar los datos mediante sensores, los cuales permiten la comunicación bidireccional de la red.

En la Figura 17 se aprecia el esquema principal de las clases de nodos LoRaWAN, y las capas en las que trabajan.

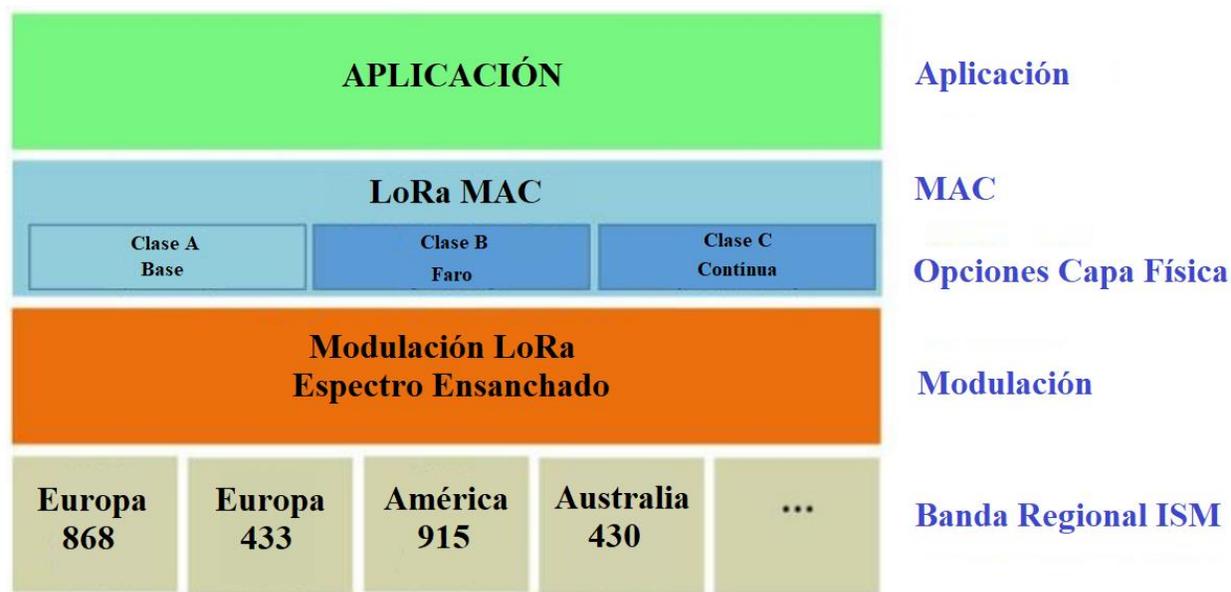


Figura 17 Esquema de clases de nodos Lora WAN.
Fuente: Autoría.

- Clase A

Los nodos de Clase A se caracterizan por consumir la menor cantidad de energía, sirven para sistemas en los que los dispositivos no deben recibir datos continuamente. También, dichos nodos solo permiten la comunicación desde el Servidor, por medio de dos ventanas de recepción, que, al hacer la petición, las ventanas se abren por un ligero periodo de tiempo después de una transmisión ascendente, así el dispositivo recibirá un paquete de retorno en el que contendrá un asentimiento (ACK) del dato enviado. Mediante dicha comunicación el servidor deberá esperar hasta la próxima transmisión de enlace ascendente para poder enviar otro dato. (Bustos, 2018)

- Clase B

Los nodos de Clase B contienen las mismas características de clase A, pero contienen la capacidad de recibir datos sin la necesidad de enviar un paquete, es decir, permiten a cada nodo estar sincronizados, con la puerta de enlace, de tal forma que puedan negociar tiempos de recepción de paquetes en sentido puerta de enlace-nodo. Con este proceso, las ventanas de

recepción se abren en periodos de tiempo acordados con la puerta de enlace principal. (Bustos, 2018)

- Clase C

Los nodos de Clase C son los equipos que mayor consumo energético tienen, entre sus dos clases antecesoras, ya que dichos dispositivos, permanecen escuchando todo el tiempo, proporcionando los mejores tiempos de respuesta y capacidad de envío de la puerta de enlace a los nodos finales. Se entiende que, en este caso, las ventanas de recepción se encuentran abiertas (excepto cuando transmiten). (Bustos, 2018)

2.6.Herramientas de Software.

En este apartado se detalla las principales herramientas de programación que se utiliza para el desarrollo de sistemas programables (hardware), del mismo modo se especifica herramientas para el diseño de páginas web y almacenamiento de datos (software).

2.6.1. Software Arduino IDE.

IDE viene del inglés (Integrated Development Environment), que significa Entorno de Desarrollo Integrado, conocido como un programa informático que está conformado por un conjunto de herramientas de programación.(Arduino, 2016)

El IDE de Arduino es el Entorno de desarrollo integrado dirigido a la placa programable nombrada, está compuesto por un solo fichero de tipo “.ino” basado en el lenguaje de programación Java. También, con ayuda de ciertas librerías se puede usar el IDE de Arduino con placas de desarrollo de otro tipo de proveedores. (Arduino, 2016)

En la Figura 18 se puede apreciar la pantalla principal del IDE de Arduino.

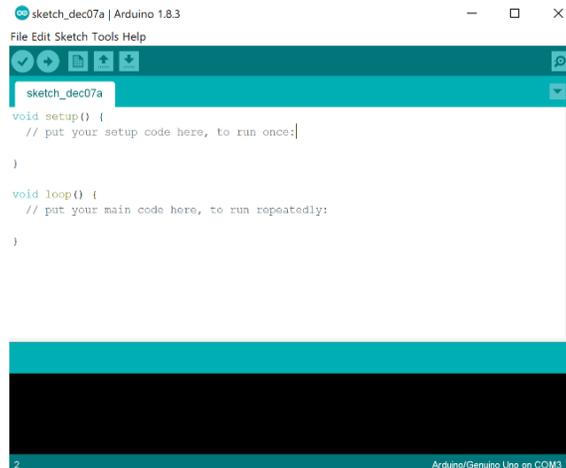


Figura 18. Entorno de Desarrollo Integrado Arduino.
Fuente: Arduino, Recuperado de: <https://www.arduino.cc/>

2.6.2. Servidor MySQL.

MySQL es un servidor o herramienta de gestión de almacenamiento de datos, conocidos comúnmente como Base de Datos (BDD) basado en un lenguaje de consulta estructurado de plataformas como SQL Server, pero en código abierto. Se encarga en almacenamiento de datos o registros en función a campos que estructuran una tabla, las cuales pueden ser creadas por el Administrador. (Rouse, 2015)

MySQL es compatible con todas las plataformas de sistemas operativos como Linux, UNIX, Mac y Windows. Aunque esta herramienta se puede usar en una amplia gama de aplicaciones, MySQL es usada más en plataformas dirigidas al desarrollo WEB y almacenamiento de datos en línea. (Rouse, 2015)

2.6.3. Servidor WEB Apache.

Apache es un servidor web de código abierto, es decir gratuito con el cual se ejecutan un 46% de los servicios Web en todo el mundo. Esta herramienta fue desarrollada por la Fundación

de Software Apache la que a cada propietario de un sitio web le permite presentar contenido de diferentes tipos en internet. (Gustavo B., 2019)

Para poder visitar un sitio Web, el usuario debe ingresar el nombre de dominio en la barra de direcciones de cualquier navegador funcional, por consecuencia el servidor web realiza el envío de archivos solicitados, actuando como repetidor virtual entregando el servicio al usuario.

2.6.4. ThingSpeak.

Según (ThingSpeak, 2016), es una herramienta de tipo API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de igual forma es una herramienta de código abierto dirigida al Internet de las Cosas que realiza el trabajo de almacenar y recoger la información de diferentes objetos conectados mediante el uso del protocolo HTTP, vía internet o en una red local.

Mediante ThingSpeak el desarrollador puede tener un registro de datos de un sinnúmero de sensores, que envían sus datos a la plataforma, publicándolos en una forma más sencilla y comprensible para el usuario.

- Existen algunas funciones de ThingSpeak consideradas relevantes.
 - Interfaz de Programación de Aplicaciones
 - Recolección de datos en tiempo real
 - Procesamiento de datos
 - Publicación de datos
 - Estadísticas y Gráficos (ThingSpeak, 2016)

2.7. Inundaciones.

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales más importantes ocasionados por el ecosistema, se presenta cuando el agua sube a un nivel consideradamente alto, ya sea en ríos, lagunas, pendientes y por lluvia, ocasionando que toda un área de tierra quede cubierta, cuando

normalmente son zonas secas. Otra dificultad en dicho campo es la falta de abastecimiento de los drenajes en las zonas pobladas provocado por la negligencia de las personas. (OAS, 2017)

En la gran mayoría las inundaciones suelen ser controladas de alguna manera por la destreza del ser humano, tomando en cuenta el efecto que dicho desastre puede causar.

2.7.1. Causas de Inundaciones.

Las inundaciones son ocasionadas por diferentes escenarios del ambiente natural, los cuales se va a tomar como consideración al momento de describir cada una de ellas.

2.7.1.1.Lluvia Excesiva.

La principal causa de inundaciones se da por las fuertes lluvias torrenciales de origen natural, dicho fenómeno se puede dar durante varios días, de forma prolonga, con una intensidad que lograría cubrir los campos o ciudades, afectados por su geografía. Las zonas urbanas pueden ser afectadas ya que el abastecimiento de los desahogues de diferentes ciudades no son lo suficientemente grandes para soportar una gran cantidad de agua, ocasionando una saturación en las alcantarillas.(OAS, 2017)

2.7.1.2.Desbordamiento de Ríos o Lagos.

Las inundaciones por desbordamiento tanto de ríos o lagos son producidos por el exceso de lluvia intensa, ya que, al estar bajo fuertes lluvias, el agua se acumula, excediendo el borde del río o el lago, causando la ruptura de los bordes inundando los terrenos adyacentes. En términos estrictos, el nivel de agua supera la capacidad del lugar en la que reposa, este tiende a desbordarse. (OAS, 2017)

- Ruptura de presas o estanques.

En el caso de la ruptura de diques o presas, se dan por la modificación del caudal de los ríos para satisfacer las necesidades humanas de agua. Pero por la presión del agua y otros factores tanto naturales como adversos, alguna puede romperse fluyendo de forma brusca, desbordando ríos de forma inmediata. (OAS, 2017)

2.7.2. Tipos de inundaciones.

Al saber las causas del porque se produce este fenómeno natural, ahora se debe conocer los tipos de inundaciones que pueden existir y en base a que variables se da el problema. En la Tabla 4 vamos a observar que tipos existen, con su descripción principal.

Tabla 5 Descripción de los tipos de Inundaciones

Tipo de inundación	Descripción
Lenta aparición	Pueden tardarse días, semanas o meses, en cubrir una zona, en las zonas rurales, afecta a las cosechas, o sembríos, en carreteras y comunidades pequeñas.
Rápida aparición	Se producen en un tiempo sumamente corto, y ocasionan daños más graves, para las construcciones y zonas pobladas.
Repentinas	Son la amenaza más grande al momento de suscitar una inundación, ya que pueden provocar daños en infraestructuras, a nivel social en una población.

Fuente: Geo enciclopedia. Obtenido de: <https://www.geoenciclopedia.com/inundacion>.

2.7.3. Tipos de alerta ante inundaciones.

La generación de alertas ante desastres naturales se maneja mediante un código de colores que por lo general se usan a nivel mundial, a continuación, se obtiene una descripción de cada uno de ellos:

- **Alerta Verde.** Identificación ante un evento sin riesgo meteorológico, zona segura.

- **Alerta Amarilla.** Identificación ante un posible desbordamiento de ríos, y acumulación de agua en diferentes zonas causado por fuertes lluvias, en un lapso de días o semanas.
- **Alerta Naranja.** Basado en la Alerta amarilla, mismo concepto dirigido a previos desbordamientos en un lapso de horas.
- **Alerta Roja.** Identificación ante efectos críticos, cuando ya se ha iniciado el proceso de inundación, mediante desbordamiento o acumulación de agua por fuertes lluvias. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016)

2.7.4. Prevención.

La prevención ante posibles inundaciones se adopta ante los planes dirigidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SGR), los que indican una serie de pasos que las personas deben adoptar ante un efecto meteorológico por fuertes lluvias. En dicho apartado se enlistará el proceso básico que se ejecuta cuando un desastre meteorológico causado por lluvias afecta a la población. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016)

a) Proceso que se debe adoptar:

- Estar atento a información del clima en épocas de lluvia.
- Por lo general, una inundación es previsible, por lo cual se debe coordinar acciones para actuar de forma acertada.
- Realizar cualquier actividad requerida, coordinando con las autoridades de la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR).
- Una vez finalizada la inundación, se debe realizar un proceso de saneamiento del área afectada, con el fin de evitar enfermedades y epidemias.

b) Durante el evento

- Mantener la calma (sumamente importante)
- Si existe un llamado de evacuación por parte de las autoridades, realizarlo de forma inmediata.
- Tener a la mano provisiones de emergencia y acatar las instrucciones del proceso de mitigación.
- Dirigirse a una zona segura (lugares elevados).
- No cruce a pie zonas de corriente de agua que sobrepase la altura de sus rodillas.
- No conducir por carreteras afectadas por la inundación, convenientemente, abandone el vehículo.
- Evitar sectores que puedan ocasionar derrumbes.

c) Después del evento

- No consuma agua a menos que este seguro que es potable.
- No ingerir alimentos crudos, ya que pueden haber sido afectadas por las crecientes de agua.
- Aléjese de las instalaciones eléctricas.
- Informe a las autoridades el estado de los servicios básicos de su comunidad, para pronta atención y recuperación de los mismos.

3. CAPÍTULO III. Diseño del Sistema.

En este apartado se habla acerca del desarrollo experimental de la red de sensores con tecnología LPWAN en base a la metodología del modelo en V, dando cumplimiento a cada fase que el modelo en V específica, tomando en cuenta los requerimientos de Stakeholders.

3.1. Metodología.

La elección y aplicación de un proceso de elaboración de sistemas, se basa en cada una de las experiencias que se hayan realizado, tomando en cuenta las normas que rige un proyecto. Sin embargo, por la existencia de grandes cantidades de procesos de elaboración de hardware y software, y las diferencias que pueden tener cada uno de ellos, se intenta ver qué proceso es el adecuado a seguir para la realización del proyecto en cuestión (Vásquez, 2015).

3.2. Modelo en V.

EL modelo en V está constituido por una serie de fases que tienen un fin en común, dichos pasos se relacionan entre sí, para que un sistema a desarrollarse tenga coherencia y cumpla con un orden de ejecución para no tener ningún tipo de inconvenientes en la realización del sistema.

En la Figura 19 se aprecia una representación gráfica del ciclo de dicho modelo, el cual se expresa lo siguiente:

- 1- Documentación: conformado por la documentación e implementación del modelo en V.
- 2- Depuración: conformado por los requerimientos y la verificación del sistema.
- 3- Pruebas: conformado por el diseño y la integración del proyecto.
- 4- Programación: desarrollo del proyecto practico.



Figura 19. Modelo en V de desarrollo de sistema.

Fuente: José Pablo Sarco. Obtenido de <https://josepablosarco.wordpress.com/2012/03/24/istqb-cap-2-testing-a-traves-del-ciclo-de-vida-del-software-i/>.

3.3.Análisis.

El análisis en el modelo en V establece cada uno de los requerimientos que tendrá el sistema, como puntos a cumplir, en base al número de dispositivos (sensores) y datos a recuperar, de igual forma se determinará los requerimientos del hardware y software.

3.3.1. Situación Actual.

Como primer paso se determina la información en base al problema que se está ejecutando, en este caso definir las variables que causan las inundaciones en el sector, el sistema se va a realizar en base a 4 zonas específicas de mayor afectación: Barrio Santa Isabel, intersección de las calles Sánchez y Cifuentes y Kennedy, parque de Andrade Marín e intersección de las calles General Enríquez y Miguel Ángel Guzmán, para ello se requiere conocer las necesidades que afectan a los Stakeholders del proyecto.

3.3.1.1.Técnicas.

Para la exitosa realización del presente trabajo, se realizará pruebas de campo que ayuden con la investigación, ya que no se ha tenido un estudio directo del tema establecido realizado por

el Municipio de Antonio Ante. Para el caso planteado, se aplicará una observación directa, de la presencia y saturación del agua en el alcantarillado del sector de Andrade Marín, al igual se tomará en cuenta la opinión de moradores del sector mediante una encuesta con el fin de presentar una solución ante posibles inundaciones.

3.3.1.2.Problemática.

En el mes de octubre del año 2018, la provincia de Imbabura fue afectada por una gran cantidad de fuertes lluvias afectando a un sinnúmero de habitantes del cantón Ibarra y Antonio Ante, barrios como San Luis y Santa Isabel en la parroquia de Andrade Marín, fueron afectados por la acumulación de agua en los canales de riego en parroquia, Según, (El Comercio, 2018) 43 familias (160 personas), fueron afectadas por la lluvia, basura y otros desechos congestionaron los desagües evitando que el agua fluya normalmente.

La parroquia de Andrade Marín en el cantón Antonio Ante, sufrió daños tanto en las vías como en las viviendas de algunos de sus habitantes, en la Figura 20 se puede observar al Cuerpo de Bomberos haciendo una revisión de los daños de una de las viviendas mayormente afectadas en el sector de Santa Isabel.



Figura 20. Vivienda afectada por las fuertes lluvias en Andrade Marín
Fuente: GAD Antonio Ante, Recuperado de: <https://bit.ly/2UvCBtC>.

Mediante la organización de las autoridades, policía y Cuerpo de bomberos, los ciudadanos, de Andrade Marín realizaron la limpieza de las vías más afectadas, ya que los residuos afectaron con gran fuerza a las calles del sector. En la Figura 21 se observa a los habitantes de la parroquia Andrade Marín, limpiando los residuos que ocasionó las lluvias en el sector.



Figura 21. Habitantes de Andrade Marín limpiando las vías después de la inundación.
Fuente: GAD Antonio Ante, Recuperado de: <https://bit.ly/3aGxehf>.

En el sector de la Panamericana E35 entre Atuntaqui y Andrade Marín, la vía se vio sumamente afectada por agua, gran acumulación de agua afectó a dicho sector, en la Figura 22 se puede observar la cantidad de agua acumulada, dificultando el tráfico en ambos sentidos de la vía.



Figura 22. Panamericana E35 en el sector de Antonio Ante afectada por las lluvias.
Fuente: El Comercio, Recuperado de: <https://bit.ly/2ycIwLx>.

El Diario (La Hora, 2019), asegura que el 25 de Septiembre del 2019, Atuntaqui sufrió grandes acumulaciones de agua en el sector de la avenida Luis Leoro Franco, de igual forma las vías de acceso a la entrada de Atuntaqui se vio afectada por las fuertes lluvias, dificultando el tránsito al ingreso del cantón.

3.3.1.3.Inspección.

La inspección permite identificar, determinar y verificar lo que ocurre en el campo de investigación, es decir, identificar la zona de mayor afección por inundaciones, determinar todas las variables que afectan al lugar y verificar cuales son las principales formas de solventar una solución para prevenir un problema mayor ante un fenómeno natural.

- Observación directa en sectores de Andrade Marín

Como primer punto se realizó una investigación en el cantón Antonio Ante, tomando los datos de la parroquia Andrade Marín, se pudo evidenciar que el barrio Santa Isabel, ubicado en la parte superior de la parroquia, cuenta con varios canales de riego que se dirigen a diferentes sectores del cantón. En la Figura 23 se puede evidenciar parte del canal de riego, ubicado en la parte superior del barrio Santa Isabel.



Figura 23. Canal de Riego en el sector rural del Barrio Santa Isabel. Parroquia Andrade Marín.
Fuente: Autoría.

Cabe recalcar que el agua de riego de los lugares como Andrade Marín, San Roque, Natabuela y Chaltura, vienen desde la comunidad de Catarama en el cantón Otavalo al igual que se unen los caudales que genera el canal de riego que nace del lago San Pablo.

Al ser una gran fuente natural inagotable de agua, los canales principales de riego permanecen con un caudal estimado para producciones agrícolas todos los días de la semana, tomando en cuenta que, en días lluviosos, el agua de los canales no se detiene y tiende a aumentar su caudal.

- Inspección de alcantarillado y desagües en barrios afectados por inundaciones en los últimos 4 años.

Al realizar la inspección de la parroquia Andrade Marín en el cantón Antonio Ante, se pudo evidenciar una escasez de desagües dedicados al descongestionamiento de agua en caso de lluvia conectados al alcantarillado del sector, es por esto que, gracias a su geografía en forma de pendiente de la parroquia, cuando hay un alto índice de lluvia, el agua tiende a bajar por las calles de Andrade Marín, teniendo como destino la Panamericana de la Sierra E35 que se encuentra de forma horizontal a dichas vías.

Tomando en cuenta los datos de la primera observación realizada en los canales de riego, se pudo evidenciar que en la zona urbana de Andrade Marín, existen canales de riego subterráneos que pasan por las principales calles del sector, de forma horizontal, como se aprecia en la Figura 24, en la calle General Enríquez, existen al menos 3 desfogues de agua lluvia, que van directamente a los canales de riego con caudal permanente convirtiéndose en un problema, ya que dichos suministros de agua, tienden a desbordarse por la cantidad de agua lluvia que se genera al bajar por las calles del lugar.



Figura 24. Canales de Riego subterráneos, con reja para desfogue de aguas de lluvia - Calle General Enríquez.
Fuente: Autoría.

El problema aumenta cuando los canales de riego se encuentran bloqueados por basura u otro tipo de material, como piedras y lodo, ya que el agua no tiene por donde fluir de forma segura, es por eso que tanto la cantidad de agua y el taponamiento de desagües ha sido el principal efecto negativo ante una inundación.

La suciedad es notable en calles como la Sánchez y Cifuentes y Modesto Gallegos a la altura del barrio Santa Isabel, como se puede apreciar en la Figura 25, dicha intersección también posee una vena del canal de riego principal, y también es conocida como una de las zonas afectadas.



Figura 25. Canal de riego en la intersección de las calles Sánchez y Cifuentes y Modesto Gallegos.
Fuente: Autoría.

3.3.1.4. Encuesta.

Se realizó una encuesta a un cierto número de moradores en Andrade Marín, en el cantón Antonio Ante, las preguntas son abiertas a opinión, selección múltiple y corresponden a un tema social, y de conocimiento público al igual de ciertas pautas para el desarrollo del trabajo, la muestra se evalúa según la cantidad total del sector de Andrade Marín. El modelo de la encuesta realizada se la puede verificar en el Anexo 1.

Mediante los datos recopilados del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, por medio de una solicitud realizada, se pudo obtener los datos del último censo realizado en el país, como recomendación, dicha información se puede obtener realizando una llamada gratuita al número 1800 080808.

Según los datos del INEC, las dos parroquias urbanas como Atuntaqui y Andrade Marín de Antonio Ante, tienen un total de 19.216 habitantes, entre hombres y mujeres, adultos y niños. De los cuales en la parroquia de Andrade Marín son 7.187 habitantes (INEC, 2017).

Para la realización de la encuesta se pidió un dato extra de información el cual es el número de personas mayores a 20 años (hombres y mujeres), y mayores a 100 ya que existe una persona de 101 años en la parroquia, dando un total de población adulta de 4227 personas.

Entonces para la realizar el cálculo de la muestra a tomar de dicha población se aplica la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N * Z^2 * \sigma^2}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

(Carlos Ochoa, 2013)

Donde:

n = Tamaño de la muestra que se desea calcular.

N =Tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que generalmente cuando no se tiene un valor fijo, se utiliza una constante de 0,5 para disminuir el tamaño de la encuesta.

Z= Desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado en el resultado de la encuesta.

Nivel de confianza 90 % equivale a $Z= 1.645$

Nivel de confianza 95 % equivale a $Z= 1.96$

Nivel de confianza 99 % equivale a $Z= 2.575$

e = Margen de error máximo admitido por el encuestador. Ej. (1% = 0,01 - 10% = 0,10).

Tomando los siguientes datos, el resultado es el siguiente:

N =4227

σ = 0.5

Z= 1,96

e = 0.10

n = Según el estándar para la realización de encuestas cuando el número de población es alta, y supera a las 3000 personas, el número de encuestas se establece en 100.

Las preguntas y resultados de la encuesta se pueden observar en el Anexo 1. Los resultados y conclusiones que se pudo obtener son los siguientes:

- Tomando en cuenta los resultados en la Figura 112, el 99% de las personas encuestadas tiene conocimiento de los fenómenos naturales que se han suscitado en el cantón Antonio Ante aclarando ciertos ejemplos como inundaciones, deslaves, incendios etc. El resultado obtenido es el esperado ya

que los fenómenos naturales han afectado a diferentes cantones del país siendo Antonio Ante uno de los más afectados en los últimos 4 años.

- Gracias al resultado de la Figura 113 se pudo evidenciar el tipo de fenómenos naturales que ha afectado a la parroquia de Andrade Marín y al cantón en general, siendo las inundaciones las de mayor impacto ya que el 53% de encuestados ha sido víctima de dichos sucesos.
- El 98% de los encuestados afirma que la mayoría de las inundaciones que se han dado en el sector de Andrade Marín y en el cantón han afectado de forma económica a los ciudadanos como se observa en la Figura 114 casi todos los encuestados afirman dicho problema.
- En la Figura 115 se tiene como resultado que el 93% de las personas encuestadas en la parroquia Andrade Marín concuerdan que las entidades como municipio, bomberos, policía, etc. informen a la población ante una posible inundación para poder habilitar el plan de contingencia establecido.
- En la Figura 116 se obtiene como resultado la razón por la que las inundaciones han sido participes en el cantón Antonio Ante, teniendo como mayor razón las fuertes lluvias y la saturación del alcantarillado, ya que en la inspección se pudo evidenciar que la parroquia cuenta con desagües dirigidos a los canales de riego por lo que ocasionan el saturamiento de las mismas.
- Según los resultados obtenidos en la Figura 117 tener un sistema de monitorización es considerado factible por el 97% de ciudadanos encuestados centrado en prevenir posibles cambios de niveles de agua en los desagües propensos a ocasionar inundaciones.

- El 93% de la población encuestada concluye según los resultados en la Figura 118 que un sistema de monitorización que muestre los cambios de niveles de agua y alertas ante posibles inundaciones mediante una página web es mucho más factible ya que en la actualidad a mayoría de la población usa la tecnología de forma diaria y continua.
- Con el fin de concluir la forma de alertar a las personas se ha realizado una pregunta para ver si la página web es lo más factible para el sector, en la Figura 119 el 48 % de los encuestados afirma que es la mejor solución ante posibles inundaciones ya que ante alarmas comunitarias y llamadas telefónicas, en caso de que el ciudadano no se encuentre en el cantón, mediante la página web podría ver la información de los niveles de agua en la parroquia, manteniéndolo al tanto a cada momento.

3.3.2. Propósito y Ámbito del Sistema.

Se propone realizar un sistema electrónico con servicio WEB en base a tecnologías LPWAN, para la alerta temprana ante posibles inundaciones en el sector de Andrade Marín.

El sistema electrónico será el encargado de tomar datos en ciertos desagües, de la zona con el fin de recabar información sobre la saturación mediante mediciones del nivel y presencia de agua.

Se informará a la población mediante una página WEB, tanto los niveles de agua, como las posibles alertas ante una inundación.

Cabe recalcar que el trabajo no va a ayudar a evitar el desastre natural, solo emitirá alertas en modo de prevención para que las personas situadas en la zona estén al pendiente de dicho desastre, tomando precauciones y procesos de contingencia para evitar daños.

3.3.3. Descripción General del Sistema.

El sistema electrónico constará de 4 placas programables con módulos LoRa, para la comunicación inalámbrica entre nodo-puerta de enlace. Los nodos tendrán sensores de agua, capaces de medir los niveles de líquido en un desagüe y la cantidad de agua de lluvia. La información será enviada de forma inalámbrica mediante módulos LoRa hacia la puerta de enlace principal que receptorá los datos, almacenándolos en una base de datos y presentándolos en una plataforma WEB.

Las personas que evidencien los datos en la página WEB, podrán estar al tanto de los niveles de saturación de agua en un desagüe, a su vez se presentará las alertas de plan de emergencia en base a los colores de grado de peligro para mayor comprensión de la información.

3.3.4. Características del sistema de alerta temprana ante inundaciones.

El sistema de alerta temprana ante posibles inundaciones es a escala de 4 desagües que presenten saturación ante fuertes lluvias, limitándonos a medir ciertos niveles de agua que evidencie el peligro que puede suscitar un desastre meteorológico.

3.4.Requerimientos.

Mediante un proceso de análisis realizado se obtiene los datos para determinar los requisitos que debe cumplir las necesidades de los involucrados. Se pone a evaluación, Requerimientos de Usuario, Requerimientos de Sistema y Requerimientos de Hardware.

3.4.1. Stakeholders.

Identifica a las personas que están involucradas directa o indirectamente en la zona de mayor afectación por inundaciones, en la Tabla 6 se evidencia la lista de Stakeholders integrados en el proyecto.

Tabla 6. Stakeholders Presentes en el Sistema.

Stakeholders
1. Sr. Leandro Noguera desarrollador del proyecto.
2. Ing. Jaime Michilena Director de Tesis.
3. Habitantes del sector de Andrade Marín.
4. Secretaria de Gestión de Riesgos (Antonio Ante) (Encargados del sector)
5. Msc. Vladimir García Asesor de Tesis.
6. Msc. Luis Suárez Asesor de Tesis.

Fuente: Autoría.

3.4.2. Nomenclatura de los requerimientos a usarse.

Para realizar el análisis de requerimientos se toma en cuenta cada una de las etapas del caso, es decir, Stakeholders, Sistema y Arquitectura, detallando todo lo conveniente al sistema.

Estos detalles establecen abreviaturas que permiten un mejor manejo de los datos con respecto al desarrollo del sistema. En la Tabla 7 se observa las abreviaciones para cada requerimiento.

Tabla 7. Abreviatura de los Requerimientos.

Stakeholders	
Requerimiento	Abreviatura
Stakeholders	STSR
Sistema	SYSR
Arquitectura	SRSH

Fuente: Autoría.

3.4.3. Requerimientos de Stakeholders.

El proceso de análisis de requerimientos de Stakeholders sirve para definir las características de diseño que se acoplen a las necesidades del usuario, desarrollador y de las personas involucradas tanto directa como indirectamente.

En la Tabla 8 se observa los requerimientos de Stakeholders evidenciando su nomenclatura y prioridad.

Prioridad: Alto= Azul. Media= Verde. Baja= Rojo.

Tabla 8. Requerimientos de Stakeholders.

Requerimientos de Stakeholders					
Nomenclatura	Requerimiento	Prioridad			Observación
		Alto	Media	Baja	
STRS-OPERACIONALES					
STRS1	Los nodos recolectores de información necesitan una Fuente de alimentación de energía de 5v a 9v.				SYSR1
STRS2	Para cubrir el área de la parroquia Andrade Marín los nodos deben utilizar un medio de transmisión inalámbrico.				SYSR4
STRS3	Se necesita una página Web que evidencie la recolección de datos.				SYSR3
STRS-USUARIOS					
STRS4	La información y emisión de alertas hacia los usuarios debe ser concisa.				
STRS5	La información presentada en la plataforma debe ser en tiempo real ante presencia de lluvias.				
STRS6	Los mensajes de alerta de la página Web deben ser en base a los colores del plan de contingencia.				

Fuente: Autoría.

3.4.4. Requerimientos del sistema.

Los requerimientos del sistema son las especificaciones directas del funcionamiento del proyecto en desarrollo. Los detalles para tomar en cuenta son: uso, desempeño y estructura del sistema, que en base a los requerimientos de Stakeholders se los plantea.

Tabla 9. Requerimientos del Sistema.

Requerimientos del Sistema					
Nomenclatura	Requerimiento	Prioridad			Observación
		Alto	Media	Baja	
SYSR-USO					
SYSR1	Cada nodo de recolección de información necesita una fuente de 9v				STRS1
SYSR2	Los datos recolectados por cada nodo deben ser de tipo Entero compatible con una BDD.				SRS16
SYSR3	Los datos recolectados por el sistema de alerta temprana deben ser presentados en una página WEB.				STRS3
SYSR4	La distancia entre nodo-puerta de enlace debe ser cubierta mediante un medio de transmisión inalámbrico a 450m. a la redonda.				STRS2
SYSR-Desempeño					
SYSR5	El tiempo de monitorización debe ser constante en cualquier temporada climática.				STRS3
SYSR-Estructura					
SYSR6	Las dimensiones y la estructura externa de los nodos de recolección de información deben ser de 10cm de ancho, 12cm de largo, y 10 cm de alto.				
SYSR7	La estructura del nodo recolector debe tener tapas herméticas.				
SYSR8	El material de la caja protectora del nodo debe ser de material plástico para evitar problemas ante el contacto del agua.				SYSR7

Fuente: Autoría.

3.4.5. Requerimientos de arquitectura.

Los requerimientos de arquitectura indican los dispositivos a tomar en cuenta en la ejecución del sistema electrónico, es decir, cada uno de los componentes que conformar la estructura del Hardware del sistema.

Tabla 10. Requerimientos de Arquitectura.

Requerimientos de Arquitectura					
Nomenclatura	Requerimiento	Prioridad			Observación
		Alto	Media	Baja	
SRSH-LOGICOS					
SRSH1	El lenguaje de programación debe ser compatible con la placa del dispositivo.				
SRSH2	Los nodos deben enviar sus datos recolectados a una distancia de 450m.				SYSR4
SRSH3	Los equipos deben tener comunicación sin importar el clima en el que se encuentren.				SRSH2
SRSH4	La placa del sistema debe tener entrada y salida analógica para la conexión de sensores recolectores de datos				SRSH11
SRSH-DISEÑO					
SRSH5	Ubicar el dispositivo en lugares estratégicos donde se ha presenciado mayor índice de inundaciones para la toma de datos.				
SRSH6	La puerta de enlace de recepción del sistema debe estar dentro de la zona de cobertura de los nodos entre 250m y 1.2km.				STRS2
SRSH7	Los dispositivos de recepción y transmisión deben ser compatibles con medios de transmisión inalámbrica LoRa.				STRS2

SRSH8	La página web presentada a los usuarios debe ser llamativa y de información confiable.		STRS3
SRSH-HARDWARE			
SRSH9	Para la recolección de datos de niveles de agua se necesita un sensor que represente los niveles de agua de forma numérica.		SRSH4
SRSH10	La placa principal del dispositivo debe ser programable y editable por parte del desarrollador		
SRSH11	El dispositivo sensor recolector de datos debe ser compatible con la placa de desarrollo programable		
SRSH12	La fuente de energía del dispositivo debe alimentar al dispositivo recolector, placa programable, sensores y modulo LoRa.		STRS2-SYSR1
SRSH13	EL dispositivo debe ser compatible con el módulo LoRa.		STRS2
SRSH14	El lenguaje de la placa programable debe ser compatible con las librerías de programación LoRa.		
SRSH-SOFTWARE			
SRSH13	Las librerías de la placa programable deben permitir la compatibilidad con los módulos y sensores.		SRSH7
SRSH14	Los datos de los sensores deben ser numéricos para la publicación adecuada de los resultados		SRSH9
SRSH15	Por facilidad la página Web debe ser realizada en código abierto.		STRS3

SRSH16	El almacenamiento de los datos debe ser compatible con una Base de Datos libre.		SYSR2
---------------	---------------------------------------------------------------------------------	--	--------------

Fuente: Autoría.

3.5.Recursos.

En este apartado se especifica los elementos indispensables para el desarrollo del Sistema de Inundaciones, tomando en cuenta el análisis realizado previamente.

En cada apartado se describe los recursos humanos, tecnológicos y económicos que intervienen en el desarrollo del proyecto.

3.5.1. Recursos Humanos.

Enlista a cada persona que interviene en la realización del trabajo. Cada uno de ellos se los menciona en la siguiente tabla.

Tabla 11. Recursos Humanos.

Recursos Humanos	
BARRIO	Habitantes del Barrio Santa Isabel en la parroquia Andrade Marín
TUTOR	Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón
DESARROLLADOR	Sr. Leandro Felipe Noguera Lomas

Fuente: Autoría.

3.5.2. Recursos económicos.

Los recursos económicos planteados ante la realización del proyecto se indica que el estudiante se autofinancia los gastos a realizarse. Cabe recalcar que, en base al presupuesto establecido ante la aprobación del tema de trabajo de grado, se espera no superar el monto de 1000 dólares.

3.5.3. Recursos Tecnológicos.

Se especifica el uso del software que servirá como herramienta principal para el desarrollo del sistema. La tabla de Recursos Tecnológicos se especifica a continuación:

Tabla 12. Costo de Recursos Tecnológicos.

Recursos Tecnológicos	
Software	Costo
IDE Arduino	0.00
Dominio WEB (html, php, MySQL)	0.00
Office 365	0.00

Fuente: Autoría.

3.6. Elección del Hardware y Software.

La elección del Hardware y el Software para la realización del sistema se fija en los requerimientos que el desarrollador necesita, haciendo una comparativa de las herramientas, y valorarlas con el fin de elegir la de mayor puntuación.

3.6.1. Elección de Hardware.

La elección del Hardware se realiza en base a los datos obtenidos en la Tabla 9 que habla acerca de los requerimientos de arquitectura, donde se realiza la comparativa con las herramientas convencionales o sistemas embebidos adecuados.

Tabla 13. Elección del Hardware.

Hardware	Requerimientos						Puntuación
	SRSH9	SRSH10	SRSH11	SRSH12	SRSH13	SRSH14	
Intel Galileo Gen 2	1	1	0	0	0	0	2
Placa Arduino	1	1	1	1	1	1	6
Raspberry Pi 2	1	1	1	1	1	0	5

1 cumple
0 no cumple

Elección: El hardware adecuado en base a los requerimientos de arquitectura es el Sistema Arduino.

Fuente: Autoría.

Al ver que la placa programable Arduino es la más conveniente y convencional en el uso de dispositivos LoRa, se hace una comparativa de las placas más usadas de Arduino para

seleccionar la idónea para la elaboración del nodo recolector. En la Tabla 14 se puede apreciar las características de las diferentes placas Arduino.

Tabla 14. Comparativa de placas Arduino más usadas.

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO	ARDUINO MEGA2560	ARDUINO NANO	ARDUINO YUN	Arduino MINI-PRO
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560	Atmega2560	Atmega 32u4	Atmega 328
Tensión de funcionamiento	5 voltios	5 voltios	5 voltios	5 voltios	5 voltios
Voltaje de entrada recomendando	7 -12 voltios	7-12 voltios	7-12 voltios	5 voltios	7-12 voltios
Voltaje de entrada límite	6-20 voltios	6-20 voltios	6-20 voltios	5 voltios	5-12voltios
Pines de entrada/salida digitales	14 los cuales 6 proporciona n salida PWM	54 los cuales 15 proporciona n salida PWM	54 los cuales 15 proporciona n salida PWM	20 los cuales 7 proporciona n salida PWM	14 los cuales 6 proporciona n salida PWM
Pines de entrada analógicos	6	16	16	12	6
Corriente DC por pin de entrada/salida	40Ma	40mA	40mA	40mA	40mA
Corriente DC del pin de 3.3 Voltios	50Ma	50mA	50mA	50mA	50mA
SRAM	2 KB de memoria flash	128 KB de memoria flash	256 KB de memoria flash	2,5 KB	2KB
EEPROM	1 KB	4 KB	4 KB	1 KB	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	16MHz	16MHz	16 MHz	16 MHz
Precio aproximado	28 dólares	35 dólares	20 dólares	110 dólares	9 dólares

Fuente: Autoría.

Gracias a la comparativa anterior se puede identificar que la placa que se acerca más a las necesidades del desarrollo del proyecto es la placa Arduino UNO, gracias a su tamaño, precio y versatilidad al conectarse con diferentes módulos de comunicación.

Una vez elegido el sistema embebido o placa principal de desarrollo, se debe realizar una comparación de cada uno de los dispositivos de hardware que el sistema tendrá en su diseño, analizando las características y compatibilidad con el Arduino UNO.

- Elección de dispositivo de comunicación Inalámbrica LORA

La elección del dispositivo LORA se realiza en base a las características que dichos dispositivos tienen para emitir la comunicación entre nodos, tomando en cuenta su compatibilidad y acceso en el mercado. Las características principales para dicha elección se observan en la Tabla 13.

Tabla 15. Comparativa de modelos de módulos LoRa para Comunicación Inalámbrica.

Marca	Compatible con Arduino	Distancia TX/RX	Consumo Energía	Banda de Frecuencia	Antena Incorporada	Velocidad de bits programable
Módulo Lora Sx1276	SI	450m a 2KM	Bajo	915Mhz	Si	300 kbps
Moteino Mega RF69W 443	SI	450m	Bajo	868Mhz	NO	300Kbps
MoteinoR4 RFM69W 868	SI	5km	Bajo	868Mhz	NO	300Kbps
RFM 12B-443	NO	450m	Bajo	915Mhz	NO	300Kpbs
F8L10D-N-MS-N	NO	3.5km	Bajo	410-868-915Mhz	SI	300Kpbs
F8L10D-N-MS-U	NO	3.5km	Bajo	410-868-915Mhz	SI	300Kpbs
F8L10D-N-NS-S	NO	3.5km	Bajo	410-868-915Mhz	NO	300Kpbs
F8L10D-N-E-MS-N	NO	11.5km	Bajo	410-868-915Mhz	NO	300Kpbs

Fuente: Autoría.

En base a la compatibilidad, distancia y frecuencia de los dispositivos, se obtiene que los módulos LORA SX1276 son idóneos para el desarrollo del sistema, ya que es compatible con las placas Arduino UNO, Leonardo, etc., trabajando de igual forma en frecuencias permitidas para América la cual es 915Mhz, y cubre una distancia entre 450m y 2km, a la redonda.

- Elección Puerta de Enlace LORA

La puerta de enlace LORA es el dispositivo que recopila la información de los nodos pertenecientes al sistema, para su elección se toma las características principales de las puertas de enlace compatibles, para verificar cual es la mejor opción.

Tabla 16. Elección puerta de enlace LoRa.

Marca	Servidor Web	Consumo Energía	Banda de Frecuencia	Antena Incorporada	Distancia	Número de canales
--------------	---------------------	------------------------	----------------------------	---------------------------	------------------	--------------------------

Dragino LG01-S	Incorporado	Bajo	868-915Mhz	SI	5a10km	1
Dragino LG01-P	Incorporado	Bajo	915Mhz	SI	5 a 10km	4
Dragino LG01-N	Incorporado	Bajo	868Mhz	SI	5 a 10km	1

Fuente: Autoría.

Al comparar los 3 modelos de puerta de enlace Dragino, se identifica que el modelo LG01-P es el indicado para la realización del sistema de inundaciones, ya que trabaja en las frecuencias permitidas para América, y tiene más capacidad de recepción por sus 4 canales activos, a diferencia de los demás, que son de un solo canal.

- Elección de Sensor de presencia de lluvia

La presencia de lluvia es uno de los factores que se puede analizar al momento de detectar una posible inundación, en la Tabla 15 se puede observar 2 tipos de sensores encargados de medir la presencia de lluvia.

Tabla 17. Elección de Sensores de presencia de lluvia.

Marca	Módulo de Comparación	Voltaje De operación	Entrada digital	Entrada analógica	Output
FC-37	LM-393	3.3 a 5v	SI	SI	0-1023/necesita calibración
YL-83	LM-393	3.3 a 5v	SI	SI	0-1023/necesita calibración

Fuente: Autoría.

Para la elección de los sensores de presencia de lluvia se ha evidenciado que los tipos de sensores analizados contienen las mismas características, y son accesibles en el mercado convencional, es por eso que se el módulo de comparación LM-393, trabaja de mejor manera con el YL-83, siendo el elegido para el sistema.

- Elección de Sensor de Niveles de agua.

Para poder analizar un cambio de niveles de agua en los sectores que se han visto afectados por inundaciones en el sector de Andrade Marín, se necesita un dispositivo que mida dicha cantidad de agua para ello en la Tabla 16 se evidencia cual sensor es el apto para el trabajo.

Tabla 18. Elección de sensores de niveles de agua.

Tipo-Modelo	Compatible con Arduino	Voltaje De operación	Entrada digital	Entrada analógica	Output
ROBOTDYN	SI	3.3 a 5v	NO	SI	0-1023/necesita calibración
Switch	NO	10 a 110v	NO	SI	0-110V
Flotador	SI	3.3 a 5v	NO	SI	On - off

Fuente: Autoría.

Como se pudo evidenciar en la tabla 16, el único sensor compatible con la placa Arduino es el sensor del fabricante ROBOTDYM y tipo flotador pero el ultimo mencionado no identifica un valor específico como dato de salida, es por eso por lo que se elige al sensor ROBOTDYN ya que es un sensor de alta calidad y entrega los datos en base a una escala calibrable.

3.6.2. Elección de Software.

La elección del Software se basa en los requerimientos de arquitectura que se aprecian en la Tabla 9, basándose en el diseño de una página Web y el almacenamiento de datos.

- Elección de software Servidor Web

Para la elección del software de diseño de Pagina Web en base a los requerimientos de arquitectura, se ha tomado los más versátiles y rápidos en el mundo Web.

Tabla 19. Elección de Software Servidor Web.

Software WEB	Requerimientos				Valoración Total
	SRSH13	SRSH14	SRSH15	SRSH16	
Servidor Apache	1	1	1	1	4
NginX	1	1	0	1	3
Microsoft	1	1	1	1	4

- 1 cumple.
- 0 no cumple.

Elección: El Software adecuado en base a los requerimientos de arquitectura es el Servidor Apache.

Fuente: Autoría.

En base a los resultados obtenidos en la comparativa de los softwares dedicados al servicio Web, se obtiene que tanto el servidor Apache y el servidor de Windows cumplen con los requerimientos de arquitectura, pero se selecciona el servidor Apache ya que es un servicio de código abierto y gratuito, aplicable a un gran número de plataformas de dominio Web.

- Elección de Software Base de Datos

La elección del Software dedicado al almacenamiento de datos se ha hecho una comparación de requerimientos de arquitectura, en base a los softwares dedicados al servicio de Base de Datos.

Tabla 20. Elección de Software para Base de Datos.

Software MySQL	Requerimientos				Valoración Total
	SRSH13	SRSH14	SRSH15	SRSH16	
SQL Server	1	1	0	1	3
MySQL	1	1	1	1	4
Microsoft Access	1	1	0	1	3

- 1 cumple
- 0 no cumple

Elección: El software adecuado en base a los requerimientos de arquitectura es el software de BDD MySQL.

Fuente: Autoría.

En base a los requerimientos de arquitectura del sistema, se ha seleccionado al servidor MySQL como plataforma principal para el almacenamiento de datos de cada nodo en el sistema.

3.7. Diseño del prototipo.

La fase de diseño ayuda al desarrollador a especificar el funcionamiento del proyecto de una forma ordenada y estructurada, con el fin de desarrollar el sistema. El diseño toma en cuenta los aspectos fundamentales para el desarrollo de un sistema de alerta temprana de inundaciones

mediante una red de sensores inalámbricos LPWAN, tomando en cuenta la medición de niveles de agua en desagües y canales de riego específicos al igual de la presencia de lluvia en el sector de Andrade Marín. Se toma en cuenta el diseño con un total de 4 nodos recolectores de información gracias a la observación directa realizada en la situación actual del presente proyecto y una puerta de enlace que recibirá los datos para poder procesarlos de forma adecuada.

3.7.1. Diagrama de bloques del sistema.

El diagrama de bloques en el proceso de desarrollo de un sistema es sumamente indispensable, ya que representa gráficamente el proceso que realiza el sistema de forma ordenada y entendible. En la Figura 26 se puede apreciar el diagrama de bloques del sistema y en la Figura 27 se observa el diagrama esquemático del sistema.

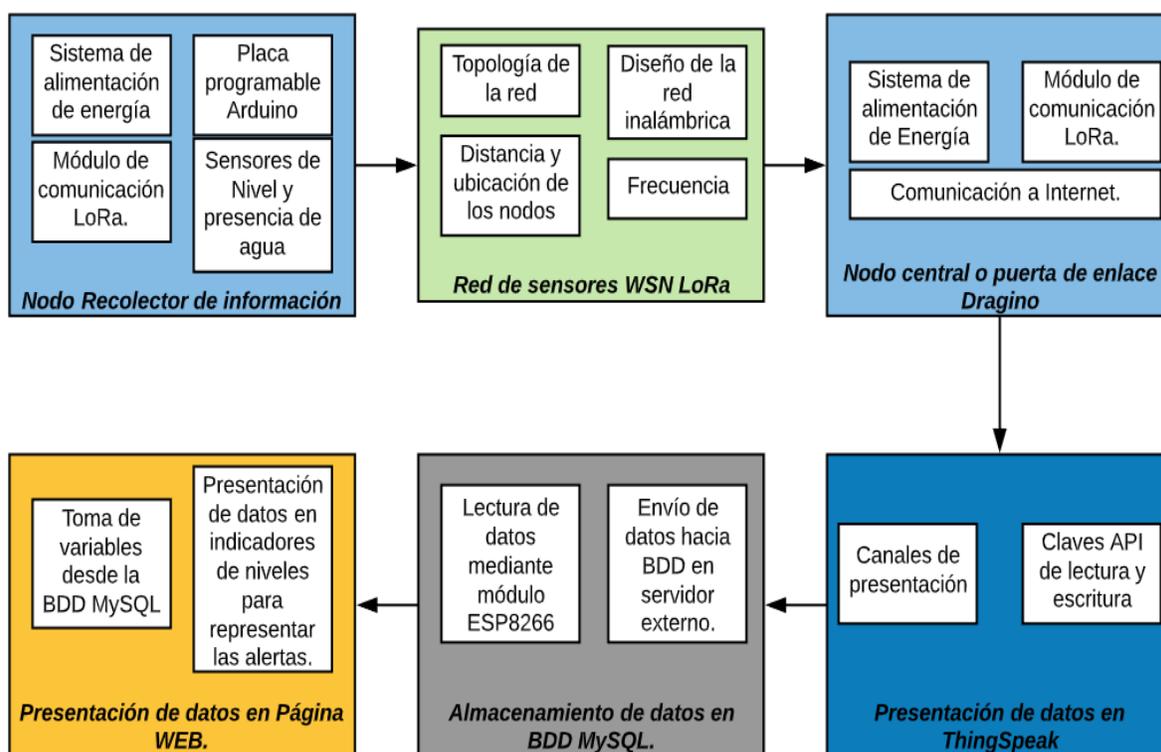


Figura 26. Diagrama de bloques del sistema.
Fuente: Autoría.

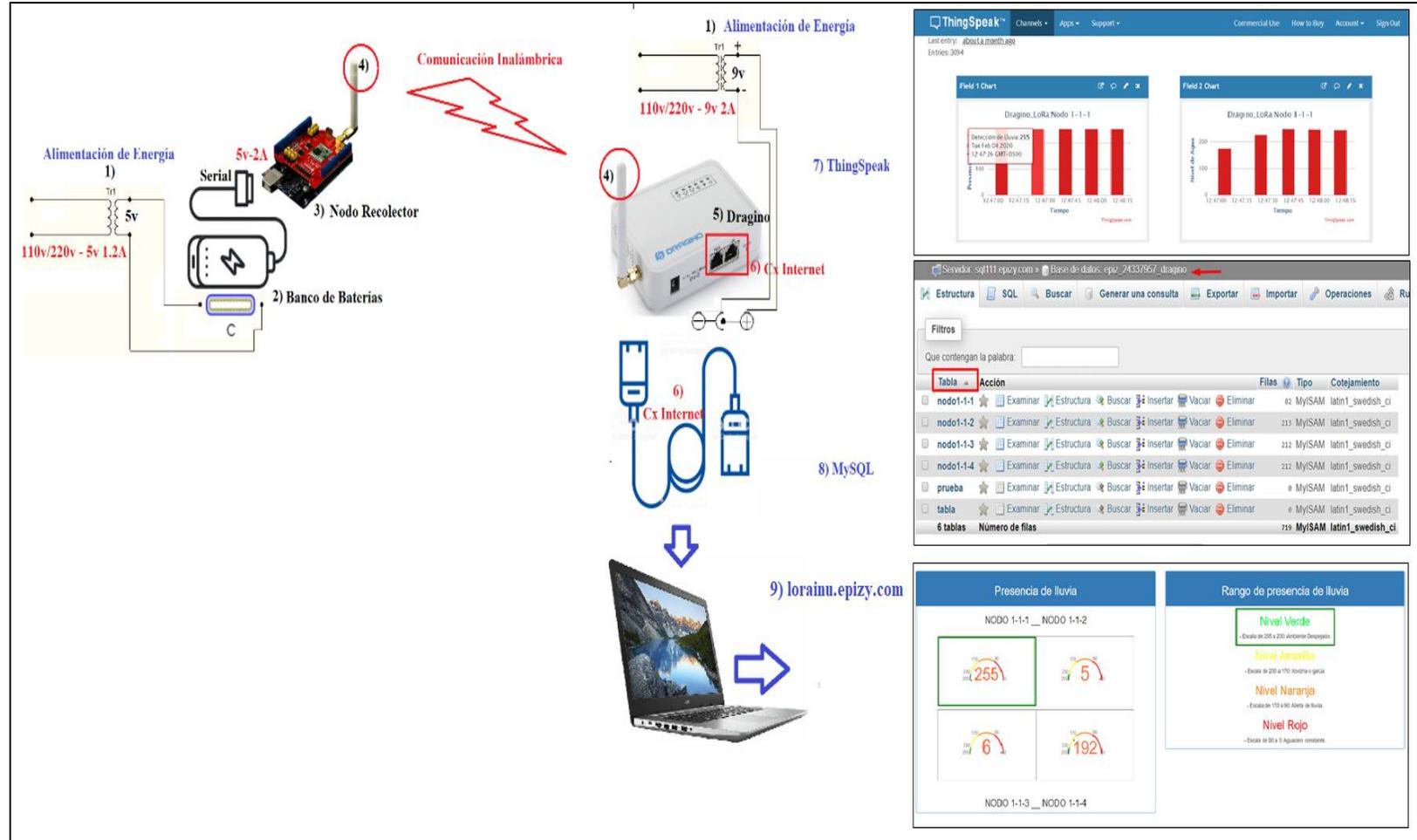


Figura 27. Diagrama Esquemático del sistema.
Fuente: Autoría.

La descripción de cada una de las etapas de funcionamiento del sistema se presenta a continuación:

- 1) Se necesita un sistema de alimentación de energía de 110v para transformadores de 12v para la puerta de enlace, y 5v para cada nodo sensor.
- 2) El nodo recolector de información posee un banco de baterías para optimizar su funcionamiento en caso de fallos de energía en la red de alimentación principal.
- 3) El sistema contiene un dispositivo recolector de información que, mediante sus sensores, recaba los datos del ambiente a tratar.
- 4) Una vez recolectada la información del dispositivo recolector, mediante comunicación inalámbrica envía los datos al dispositivo receptor.
- 5) El dispositivo receptor, recibe los datos de cada uno de los dispositivos recolectores pertenecientes al sistema.
- 6) El dispositivo receptor, se conecta a internet mediante conexión por cable Ethernet.
- 7) El dispositivo receptor envía los datos a la plataforma de IoT ThingSpeak, para la evaluación de datos.
- 8) Los datos son almacenados en la Base de Datos MySQL.
- 9) La información es presentada en un servicio WEB, para su tratamiento. `

3.7.2. Nodo Recolector de Información.

Cada nodo sensor está constituido por un módulo de comunicación inalámbrica llamado módulo LoRa, encargado específicamente de la transmisión de los datos recolectados por el nodo.

Los datos recolectados por cada nodo se realizan mediante el uso de dos sensores que trabajan específicamente con el agua.

3.7.2.1. Sistema de alimentación de energía.

Al ser un dispositivo electrónico inalámbrico, la alimentación es una parte importante del sistema, para ello se debe tomar en cuenta el cálculo de la duración de la batería para tener un valor estimado del tiempo necesario que el nodo estará en ejecución, se toma en cuenta dicho calculo en base a la ecuación que se presenta a continuación:

$$\text{Tiempo de duración de la batería} = \frac{\text{Carga Eléctrica}}{\text{Consumo Eléctrico del dispositivo}} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Cada nodo recolector de información está compuesto por un banco de baterías encargadas de alimentar las placas Arduino y los módulos de comunicación LoRa, del mismo modo, se necesita la energía suficiente para abastecer, al número de sensores a utilizar. Las baterías trabajan en base a una salida de 5 voltios y 2 Amperios, energía que es tomada de un cargador de 5 a 9 voltios, transformados de una conexión de 110v en corriente alterna.

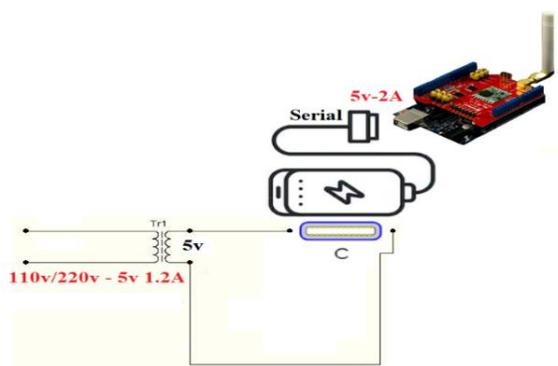


Figura 28. Diagrama de la fuente de alimentación del nodo recolector.
Fuente: Autoría.

Para saber cuánta energía consume el nodo sensor, se debe obtener los valores de cada dispositivo conectado al nodo para ello se hace referencia a las siguientes características:

Tabla 21. Consumo de Corriente de cada dispositivo en el nodo sensor.

Dispositivo	Corriente necesaria (mA)	Modo Normal (mA)	Modo Dormido (mA)
Arduino Uno	46-50 mA	48mA	46mA
Módulo LoRa de bajo consumo	10.2mA (todos los componentes 300mA)	10.2mA	0.0003mA
Sensor de Nivel de Agua	50mA	50mA	50mA
Sensor de Presencia de lluvia	50mA	50mA	50mA
Total	160mA	158.2mA	146.003mA

Fuente: Autoría

En la Tabla 21 se puede apreciar cada uno de los componentes que tiene el nodo sensor, se hace una aclaración de la conexión del módulo LoRa, ya que depende de la configuración y programación de este para consumir mayor o menor corriente, pero en condiciones normales el dispositivo trabaja a 10.2mA.

Con los datos presentados anteriormente en la Tabla 21 se representa las siguientes variables para aplicar en la ecuación de consumo de energía de cada nodo.

- Tcn= tiempo de Consumo Normal = 5 segundos.
- Tcd= tiempo de Consumo Dormido = 30 segundos.
- Icn= Intensidad de Corriente Consumo Normal = 158.2mA.
- Icd= Intensidad de Corriente Consumo Dormido = 146.003mA.

$$consumo = \frac{Tcn * Icn + Tcd * Icd}{Tcn + Tcd}$$

Ecuación 3.

$$\text{consumo} = \frac{5 * 158.2 + 30 * 146.003}{5 + 30} \quad \text{Ecuación 4.}$$

$$\text{consumo} = 148.03\text{mA.}$$

Entonces, para la aplicación de la ecuación de tiempo de duración de la batería se hace el uso del valor del consumo obteniendo el valor de 148.03mA, se hace el respectivo reemplazo de valores:

$$\text{Tiempo de duración de la batería} = \frac{2000\text{mA}}{148.03\text{mA}}$$

$$\text{Tiempo de duración de la batería} = 13.5 \text{ horas.}$$

3.7.2.2. Sensor de presencia de agua MH-RD YL-83.

El sensor MH-RD YL-83 es básicamente un dispositivo encargado de medir la cantidad de presencia de agua gracias a su módulo de lluvia conformado por una serie de pistas conductoras impresas en su placa, la separación de cada pista es pequeña logrando la detección de gotas de agua. Su proceso consiste en crear un corto circuito cada vez que dichas pistas se mojan, al hacerlo la placa genera un camino de baja resistencia en las pistas, de valor positivo, cerrando el circuito con la puesta a tierra o GND.

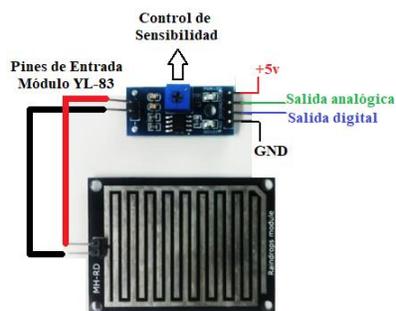


Figura 29. Sensor de lluvia MH-RD YL-83
Fuente: Autoría.

En la Figura 29, se observa los componentes del sensor de lluvia los cuales se detallan a continuación:

- Módulo YL-83: Tiene contacto directo con el agua, compuesto por pistas conductoras que generan corto circuito en los pines de entrada del sensor.
- Control de Sensibilidad: potenciómetro regulable y amplificador operacional LM392, encargados de amplificar el diferencial de voltaje que se genera cuando hay gotas de agua en el módulo YL-83, generando una señal de salida que puede ser analógica o digital.
- Salida Analógica: Entrega un nivel de voltaje que varía dependiendo de la cantidad de agua receptado por el módulo YL-83.
- Salida Digital: Entrega el valor de nivel de voltaje expresado en un número decimal, de igual forma varía dependiendo de la cantidad de agua en el módulo YL-83.
- 5v-GND: Entradas de alimentación del módulo MH-RD, el valor de VCC puede ser 3.3v a 5v.

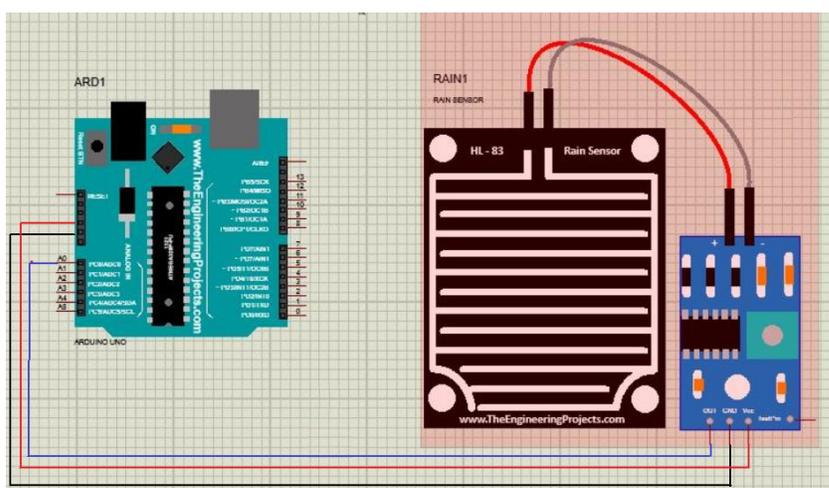


Figura 30. Sensor de Lluvia conectado a Arduino- Proteus.

Fuente: Autoría.

En la Figura 30 se define como el sensor de lluvia MH-RD YL-83 se debe conectar de su pin de 5v y GND a los puertos respectivos de alimentación que posee la placa Arduino, de igual forma para la recolección de los datos emitidos por el sensor, se debe elegir la salida del dato, ya sea de forma analógica o digital.

3.7.2.3. Sensor de nivel de agua IBROBOTICS.

El sensor de nivel de agua es el encargado de medir el nivel de agua en aumento en un recolector de agua, o en cualquier lugar donde el agua se acumule.

Básicamente el sensor contiene una zona de conducción de forma vertical, la cual crea un corto circuito al contacto con el agua, a mayor cantidad de agua acumulada, el sensor enviará una señal analógica por la única salida, siendo procesada por la placa de programación, en este caso Arduino.

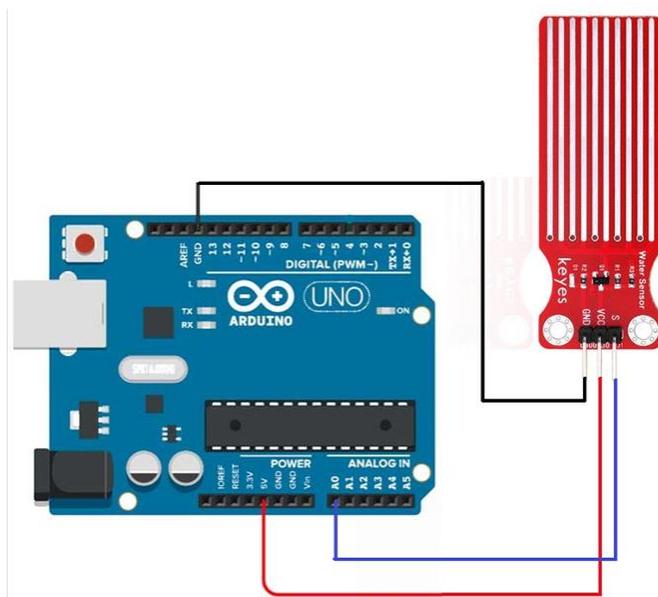


Figura 31. Arduino conectado a sensor de nivel de agua.
Fuente: Autoría.

En la Figura 31 se observa la configuración habitual de un sensor de nivel de agua, los cuales se detallan a continuación:

- VCC: 3.3v a 5v voltaje suficiente para alimentar al sensor de nivel de agua.
- GND: puesta a tierra del sensor
- Salida: señal analógica conectada a un puerto de entrada analógica para su tratamiento.

3.7.2.4. Módulo LoRa.

El módulo LoRa, seleccionado en base a los requerimientos del sistema es el que contiene el microcontrolador SX1276, en la Figura 32 se puede observar al módulo con las características principales del mismo.

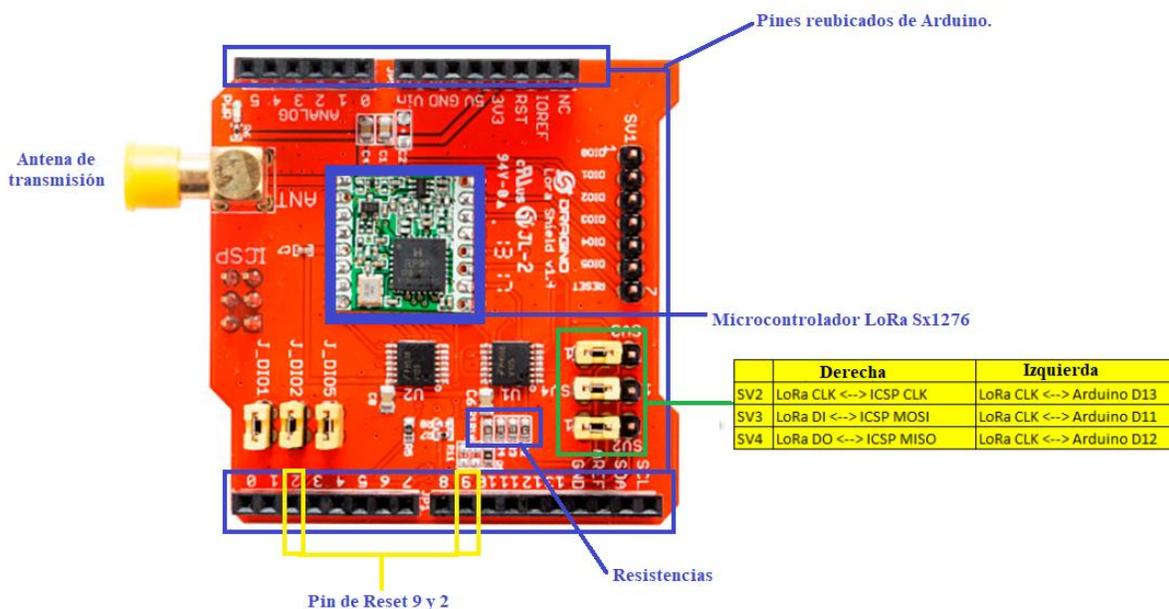


Figura 32. Módulo Lora para Arduino.
Fuente: Autoría.

Las características principales del módulo LoRa se explica a continuación:

- Antena de transmisión: Antena SMA conector roscado para cable coaxial en antenas de radiofrecuencia.

- Pines de Arduino: El módulo se conecta encima de la placa Arduino, por lo que debe reubicar los pines de la placa por encima del módulo para su utilización.
- Resistencias: resistencias con indicadores Led en caso del uso de pines específicos en el módulo.
- Reinicio: En caso de existir algún problema lógico con el módulo, se usa el pin 9 y 2 para su restablecimiento.
- Puertos SV: Jumpers usados para la configuración de Reloj del módulo LoRa.
- Jumper DIO: Para comunicación directa con el módulo LoRa.

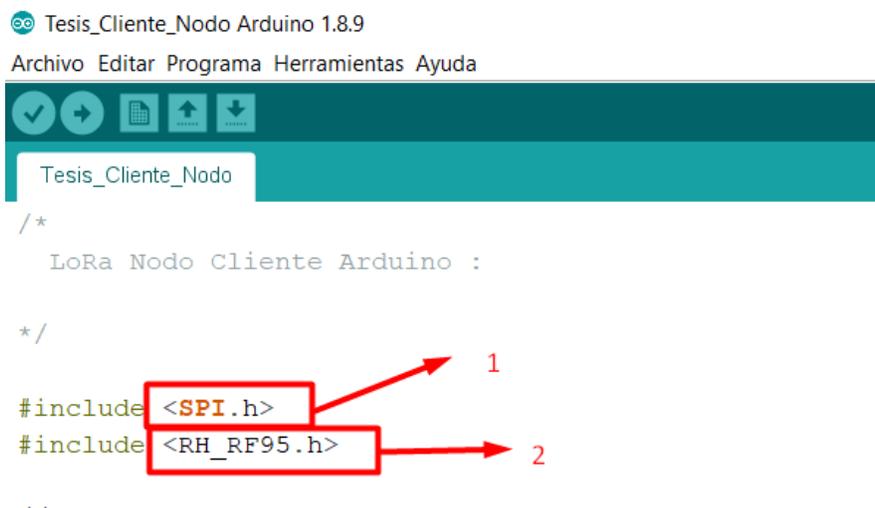
En la Figura 33 se puede apreciar el módulo LoRa con microcontrolador Sx1276 montado en la placa de programación Arduino Uno listo para su respectiva configuración.



Figura 33. Módulo LoRa, montado en placa Arduino.
Fuente: Autoría.

Mediante el IDE de Arduino, se procede a programar la placa para su correcto funcionamiento con el módulo Arduino, para ello se debe descargar la librería correspondiente al microcontrolador del módulo.

- Envío de datos entre el nodo recolector y la puerta de enlace Dragino LG01-P.



```

Tesis_Cliente_Nodo Arduino 1.8.9
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Tesis_Cliente_Nodo
/*
  LoRa Nodo Cliente Arduino :
*/
#include <SPI.h>
#include <RH_RF95.h>
  
```

Figura 34. IDE de Arduino-Librerías para Nodo LoRa.
Fuente: Autoría.

En la Figura 34 se puede observar dos librerías específicas para el funcionamiento del módulo LoRa con la placa base Arduino.

- Librería SPI: Interfaz para Periféricos en Serie, es un protocolo de transferencia de datos seriales sincronizado, usado para comunicaciones rápidas entre uno más dispositivos, cableados o inalámbricos.
- Librería RH95: Trabaja con microcontroladores M95 del grupo Sx1276/77/78 y 79, mediante dicha librería se puede tener compatibilidad entre el módulo LoRa y la placa base Arduino.

Mediante la librería SPI se habilita el proceso de lectura de datos en el Setup del IDE de Arduino, el cual es evidenciado en cada impresión en la consola de la placa Arduino.

Para el uso de la librería RH95, en base a la Figura 35 se explica el proceso de configuración:

- Como primer punto se crea una variable de tipo flotante que identifica la frecuencia en la que el módulo LoRa ejecute su microcontrolador.
- Se crea una condición en la que el dispositivo compare la frecuencia configurada en el nodo con la del receptor. Si la frecuencia es diferente a la configurada en el dispositivo, la comunicación no se establece.
- Se ejecuta la librería RH95 y se hace la respectiva comparación con la variable de frecuencia y la permitida según el regulador ISM.
- Comando para la configuración de la potencia establecida en dBm.
- Configuración del Factor de Propagación establecido en una escala de 1 al 12. Para LoRa el factor de propagación es entre 7 y 10.
- Configuración del Ancho de Banda establecido para el envío y recepción de datos.
- Configuración de la Tasa de Codificación, configurable en un rango de 4/5 a 4/8.

```

Tesis_Cliente_Nodo

// Singleton Instancia del driver de LoRa
RH_RF95 rf95;
float frequency = 915.0; Frecuencia habilitada para el Contnente.
const int sensorMin = 0; // valor minimo sensor
const int sensorMax = 1024; // valor maximo sensor

void setup()
{
  Serial.begin(9600); Inicio del proceso Serial.
  //while (!Serial) ; // Esperando que el puerto serial este habilitado.
  Serial.println("Inicio Nodo LoRa");
  if (!rf95.init()) A
    Serial.println("Inicio fallido");
    // Configuración frecuencia ISM B
    rf95.setFrequency(frequency);
    // Configuración Potencia, dBm C
    rf95.setTxPower(13);

    // Configuración Factor de Propagación (6 ~ 12) D
    rf95.setSpreadingFactor(7);

    // Configuración Ancho De Banda, opción: 7800,10400,15600,20800,31200,41700,62500,125000,250000,500000
    //Menor Ancho de banda para mayor distancia. E
    rf95.setSignalBandwidth(125000);

    // Configuración Tasa de Codificación:5(4/5),6(4/6),7(4/7),8(4/8) F
    rf95.setCodingRate4(5);
}

```

Figura 35. Configuración básica para el funcionamiento del módulo Lora.

Fuente: Autoría.

3.7.3. Red de Sensores Inalámbricos (WSN).

La red de sensores inalámbricos se construye con 4 nodos sensores y una puerta de enlace principal, cuya función es recolectar la información de cada nodo y enviarla vía Ethernet una plataforma en internet.

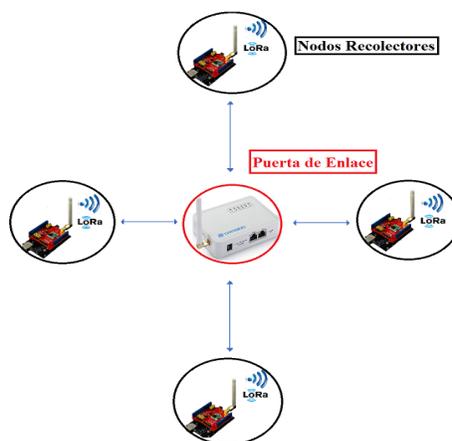


Figura 36. Topología en estrella de la Red de Sensores Inalámbricos LoRa.

Fuente: Autoría.

En la Figura 36, se observa la red del sistema de inundaciones que está conformada por 4 nodos sensores que mediante un módulo LoRa se comunican inalámbricamente a la puerta de enlace Dragino, cabe recalcar que cada nodo sensor se comunica directamente a la puerta de enlace formando una topología tipo estrella.

La tecnología LoRa usa la topología tipo estrella ya que al ser una tecnología de bajo consumo de energía cada nodo se comunica con su nodo principal, evitando consumir recursos al comunicarse con los otros nodos de la red, como lo hace comúnmente la red Mesh o Malla.

La puerta de enlace confirma el envío de datos a cada nodo, siendo la encargada de controlar la transmisión de cada dispositivo, es por eso que los nodos consumen menos energía ya que si no se establece la comunicación con la puerta de enlace, los nodos sensores no envían ninguna información, permaneciendo en estado de espera. Cada nodo tiene como función

principal analizar dos variables fundamentales para la detección de presencia de lluvia y medir los niveles de agua, datos que serán enviados para su almacenamiento en la estación base.

3.7.4. Ciclo de trabajo y tiempo en el aire (ToA).

Al enviar la señal desde un nodo recolector especificado en la red de sensores, lleva cierto tiempo antes que la señal llegue a su destino, es por eso que se hace el cálculo del tiempo en el aire de la señal tomando en cuenta el ciclo de trabajo del módulo LoRa, el ciclo de trabajo es una proporción de tiempo durante el cual opera un módulo medido generalmente en porcentaje. En el caso de dispositivos que trabajan en la banda de 915Mhz, no existe un tiempo de trabajo especificado ya que las redes establecidas están en la banda de 868Mhz en Europa tomando en cuenta el 1% de ciclo de trabajo como valor referencial en el cálculo del tiempo en el aire de la señal. (Castells, 2018).

Gracias al tiempo de trabajo establecido por la regulación ISM en base a la banda de 868Mhz se hace una relación al mismo tiempo de trabajo de la banda en 915 Mhz, del mismo modo para las bandas en China y Australia (Castells, 2018).

La fórmula para calcular el Tiempo en el Aire de la señal es:

$$ToA = \text{Tiempo establecido de envío} * (100 - (\text{ciclo de trabajo})) \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

- Tiempo establecido de envío= 300ms (valor establecido por el Administrador).
- Ciclo de trabajo= 1%.

$$ToA = 300ms * (100 - (1)) \quad \text{Ecuación 6.}$$

$$ToA = 300ms * (99)$$

$$ToA = 29.7seg.$$

Una vez calculado el tiempo en el aire de la señal (ToA) se obtiene en segundos el tiempo que se debe esperar antes de enviar un nuevo mensaje entre la comunicación de la puerta de enlace y cada uno de los nodos recolectores.

3.7.5. Tipo de clase seleccionado para la red WSN.

Como se especificó en el Capítulo II acerca de las clases de los dispositivos LoRaWAN, se debe establecer una clase para el trabajo óptimo entre el nodo recolector y la puerta de enlace, para ello se hace una comparación con las 3 clases existentes y se procede a seleccionar la de mejor rendimiento para el sistema de inundaciones.

La clase A especifica que un nodo final puede transmitir una señal, después de dicho proceso el mismo nodo escucha una respuesta de la puerta de enlace para poder transmitir, el nodo final abre dos ranuras de recepción en T_1 y T_2 segundos, entonces la puerta de enlace puede responder dentro del tiempo T_1 o en el tiempo de T_2 , pero no en ambas al mismo tiempo. En la Figura 37 se puede apreciar el proceso de la clase A.

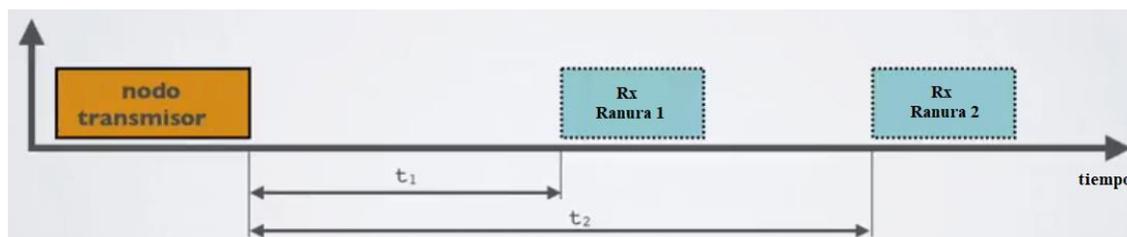


Figura 37. Representación de Clase A en LoRaWAN.

Fuente: Autoría.

La clase B aplica los mismos tiempos y proceso de la clase A, a diferencia que en la clase B el nodo final recibe una lluvia sincronizada de señales en el tiempo enviados desde la puerta de enlace, permitiendo a la puerta de enlace saber que el nodo está escuchando y transmitiendo. En la Figura 38 se puede apreciar el proceso de la clase B tomando en cuenta la compatibilidad con

la clase A y el tiempo de periodo de ping en el que los dispositivos verifican la comunicación permanente entre ellos.

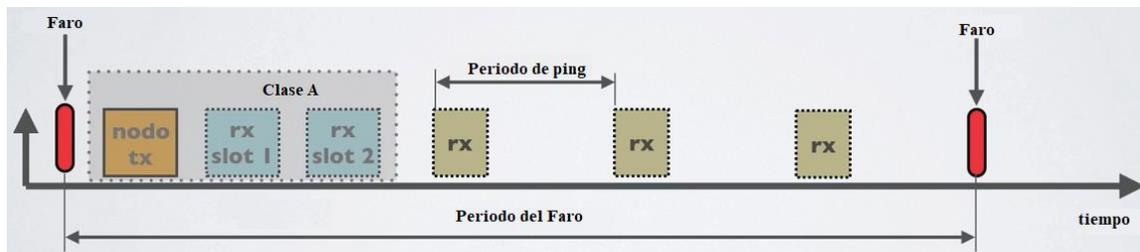


Figura 38. Representación de Clase B en LoRaWAN.

Fuente: Autoría.

La clase C del mismo modo aplica las ranuras de recepción de la clase A, pero consolidando que un dispositivo de clase C puede escuchar respuestas continuamente por un tiempo establecido por el desarrollador. En la Figura 39 se aprecia la compatibilidad de la clase A con la clase C y el tiempo que permanece activo el canal esperando un nuevo enlace.

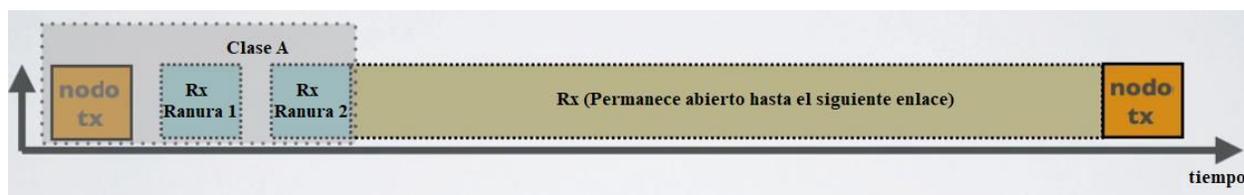


Figura 39. Representación de Clase C en LoRaWAN.

Fuente: Autoría.

- Conclusión de la clase a utilizar en la comunicación LoRa.

Gracias al proceso realizado donde se especifica las 3 clases de transmisión de los módulos LoRa, se procede a tomar la Clase C como referencia para la realización del sistema de inundaciones, ya que los nodos recolectores deben estar siempre activos y transmitiendo ante un posible desastre natural, tomando en cuenta que de igual forma es compatible con la Clase A, haciéndolo más versátil.

3.7.6. Pérdidas en el espacio libre.

La pérdida de energía entre dos antenas al atravesar una atmosfera se llama perdida de espacio libre, el modelo de perdida de trayectoria en el espacio libre es usado para predecir la intensidad del nivel de recepción cuando el transmisor y el receptor tiene una trayectoria de línea de vista como se establece entre el nodo recolector y la puerta de enlace.

La ecuación para el cálculo de las perdidas en el espacio libre es:

$$L(fs) = 32.45 + 20 \log(D) + 20 \log(f) \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

- $L(fs)$ = *perdida de espacio libre en dB.*
- D = *Distancia entre el nodo final y la puerta de enlace en KM.*
- f = *frecuencia en Mhz.*

Con la formula establecida se hace el cálculo de la perdida de espacio libre con una la distancia máxima de transmisión ideal del módulo LoRa, con un valor de 1.2km en zona rural y 800m en zona urbana y una frecuencia de 915Mhz para el continente americano.

- Zona Urbana.

$$L(fs) = 32.45 + 20 \log(1.2) + 20 \log(915)$$

$$L(fs) = 93.26dB.$$

- Zona Rural.

$$L(fs) = 32.45 + 20 \log(0.8) + 20 \log(915)$$

$$L(fs) = 89.74dB.$$

3.7.7. Ubicación de los Nodos.

El área de estudio a tratar está compuesta por 900 metros a la redonda conformada por los sectores más afectados en la parroquia de Andrade Marín el presente proyecto está desarrollado

para cubrir 4 zonas propensas a sufrir inundaciones. Como se explicó en el tema 3.7.2. la topología es tipo estrella, es decir que cada nodo en teoría debería estar a un máximo de 1,2km de distancia del nodo central o puerta de enlace, en la Figura 40 se puede apreciar las distancias de cada nodo.

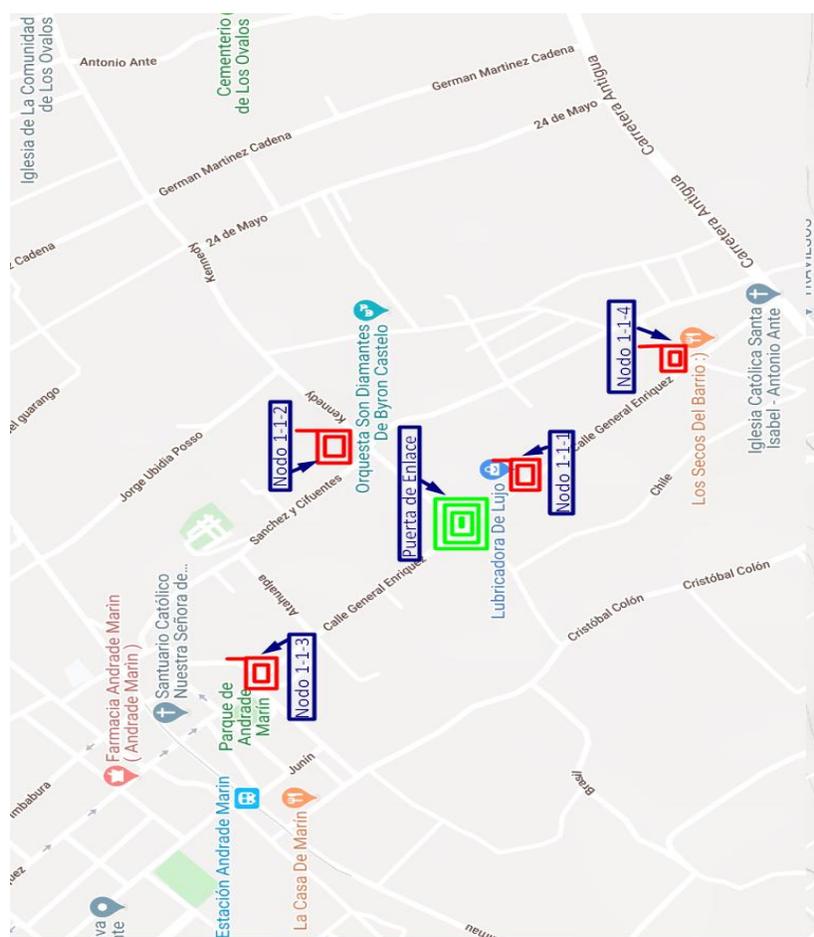


Figura 40. Ubicación de cada nodo recolector.

Fuente: Autoría.

Para el despliegue de la red se han planteado 4 nodos sensores y un nodo central, los cuales se encuentran distribuidos a una distancia que no excede la capacidad del nodo central. En el caso del nodo central se ha ubicado en la intersección de las calles Gral. Enríquez y Kennedy en donde hay luz eléctrica y servicio de internet, así se facilita para que los datos censados puedan ser subidos a la plataforma en tiempo real. Para dejar estableciendo la ubicación exacta de

los nodos se utilizó la herramienta de Google Earth para establecer la latitud y longitud de cada uno, como se especifica en la Tabla 22.

Tabla 22. Coordenadas geográficas de cada nodo.

Dispositivo	Distancia hacia la puerta de enlace	Coordenadas geográficas		Coordenadas Angulares	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Puerta de enlace	-	0°19'6.60"N	78°12'22.48"O	0,3185	-78,2062444
Nodo 1-1-1	118.11	0°19'3.83"N	78°12'19.98"O	0,3177305	-78,20555
Nodo 1-1-2	234.03	0°19'11.93"N	78°12'17.15"O	0,3199805	-78,2047638
Nodo 1-1-3	513.11	0°19'19.05"N	78°12'33.57"O	0,32195833	-78,209325
Nodo 1-1-4	556.59	0°18'53.05"N	78°12'10.57"O	0,3314027	-78,202936

Fuente: Google Earth.

Para comprobar que existe línea de vista se procede a simular el escenario con el fin de confirmar la zona de Fresnel de cada nodo, mediante el uso del Radio Mobile.

Se crean los puntos que conforman el enlace, haciendo uso de las coordenadas obtenidas en Google Earth presentados en la Tabla 22. En la Figura 41 se puede apreciar la ventana de Radio Mobile donde se puede expresar los valores de las coordenadas de cada nodo a ingresar.

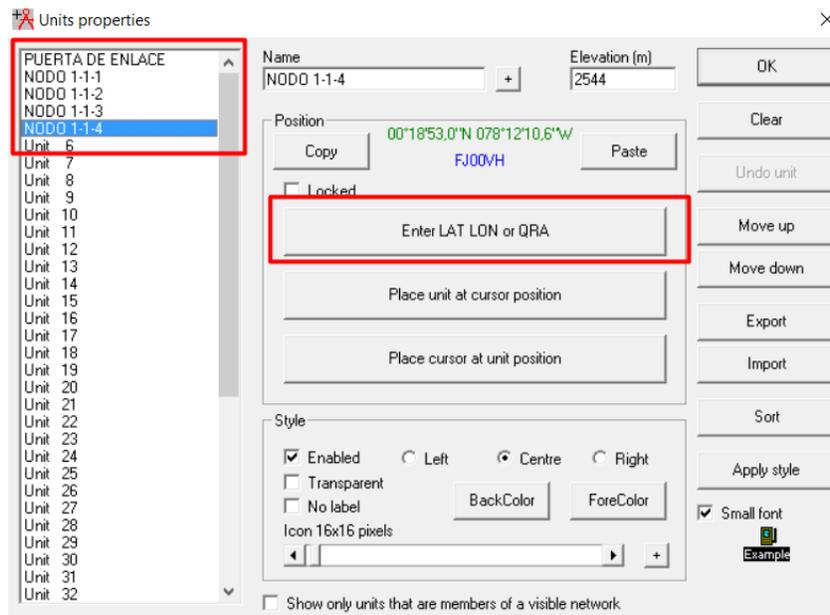


Figura 41. Puntos de referencia de cada nodo en Radio Mobile.

Fuente: Autoría.

Al establecer la ubicación de cada nodo en la topología de red, se debe configurar los parámetros principales con los que trabajan los equipos, a continuación, se presentan los valores a tomar en cuenta. En la Figura 42 se puede apreciar los parámetros principales de la red.

- Frecuencia máxima y mínima: 915Mhz.
- Polarización: Horizontal.

Los parámetros de Modo de variabilidad y el clima dependen mucho del tipo de antena que se plantea utilizar del mismo modo el clima depende del ambiente promedio establecido en la zona donde se planea aplicar la red se prueba.

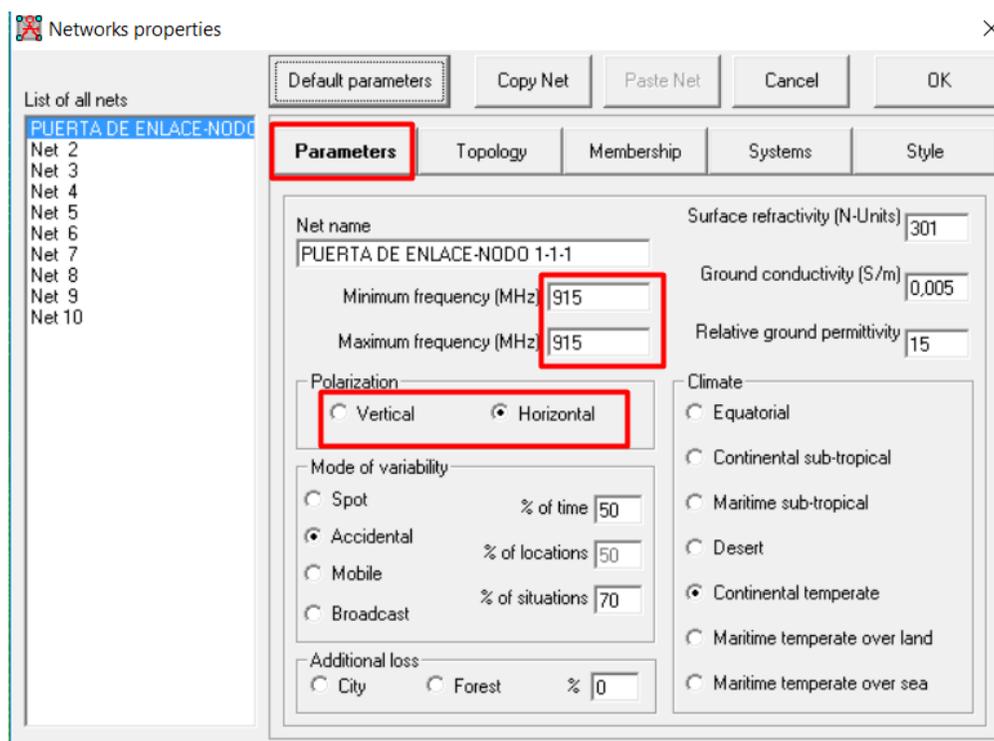


Figura 42. Parámetros principales de la red.
Fuente: Autoría.

Del mismo modo se debe establecer los parámetros del sistema de cada comunicación, al ser el mismo tipo de enlace entre cada nodo y el nodo central, se entiende que todos los enlaces

deben tener las mismas características. En la Figura 43 se puede apreciar los valores establecidos a continuación:

- Potencia de Transmisión (dBm): 20dBm.
- Umbral de Recepción (dBm): -148dBm.
- Perdida de línea (dB): 0.5dB.
- Tipo de antena: Omnidireccional.
- Ganancia de la Antena (dBi): 3dBi.
- Altura de la Antena (m): 10 metros.

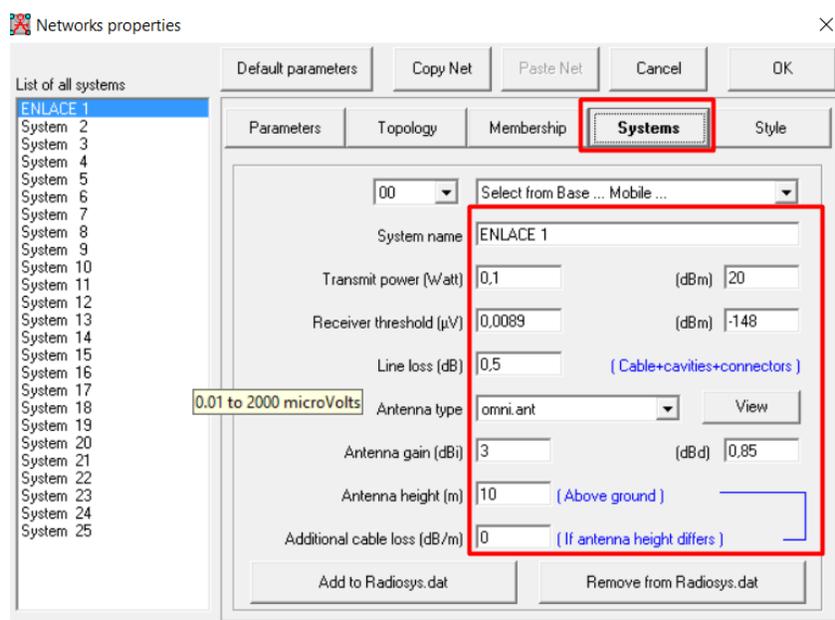


Figura 43. Parámetros principales del sistema de enlaces.

Fuente: Autoría.

3.7.1. Zona de Fresnel.

La zona Fresnel es un cuerpo de forma elíptica alrededor de la línea directa de la ruta de visión entre el nodo recolector y la puerta de enlace, tomando en cuenta que cada nodo debe encontrarse ubicado a una altura de 10 metros, altura base de cada poste en el sector de Andrade

Marín. La fórmula establecida para el cálculo de la zona de Fresnel con módulos LoRa es la siguiente:

$$r = 8.657 \times \sqrt{D/f} \quad \text{Ecuación 8.}$$

(Perez, 2018) indica que:

- r = radio de la zona de fresnel en metros
- D = distancia en Km.
- f = frecuencia en Ghz.

3.7.1.1. Zona de Fresnel entre nodo 1-1-1 y puerta de enlace.

En la Figura 44 se puede observar la línea de vista entre el nodo recolector 1-1-1 y la puerta de enlace Dragino con una altura de 10 metros, altura promedio de los postes de luz del sector.

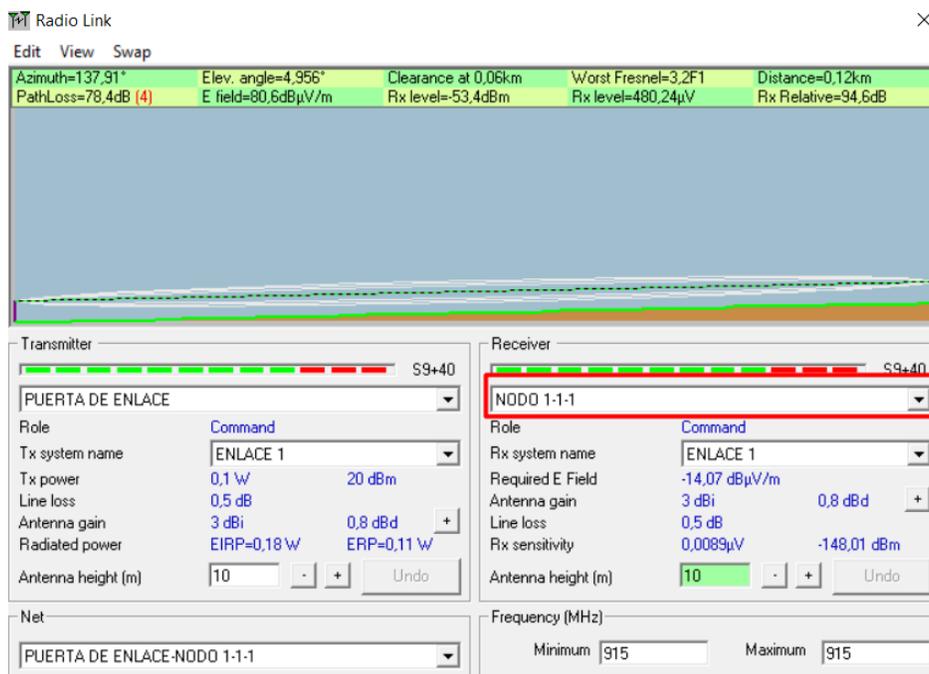


Figura 44. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-1.

Fuente: Autoría.

Se realiza el cálculo de la zona de Fresnel en base a la distancia entre el nodo 1-1-1 y la puerta de enlace Dragino.

$$r = 8.657 \times \sqrt{0.118/0.915}$$

$$r = 3.108\text{m}$$

3.7.1.2. Zona de Fresnel entre nodo 1-1-2 y puerta de enlace.

En la Figura 45 se puede observar la línea de vista entre el nodo recolector 1-1-2 y la puerta de enlace Dragino con una altura de 10 metros, altura promedio de los postes de luz del sector.

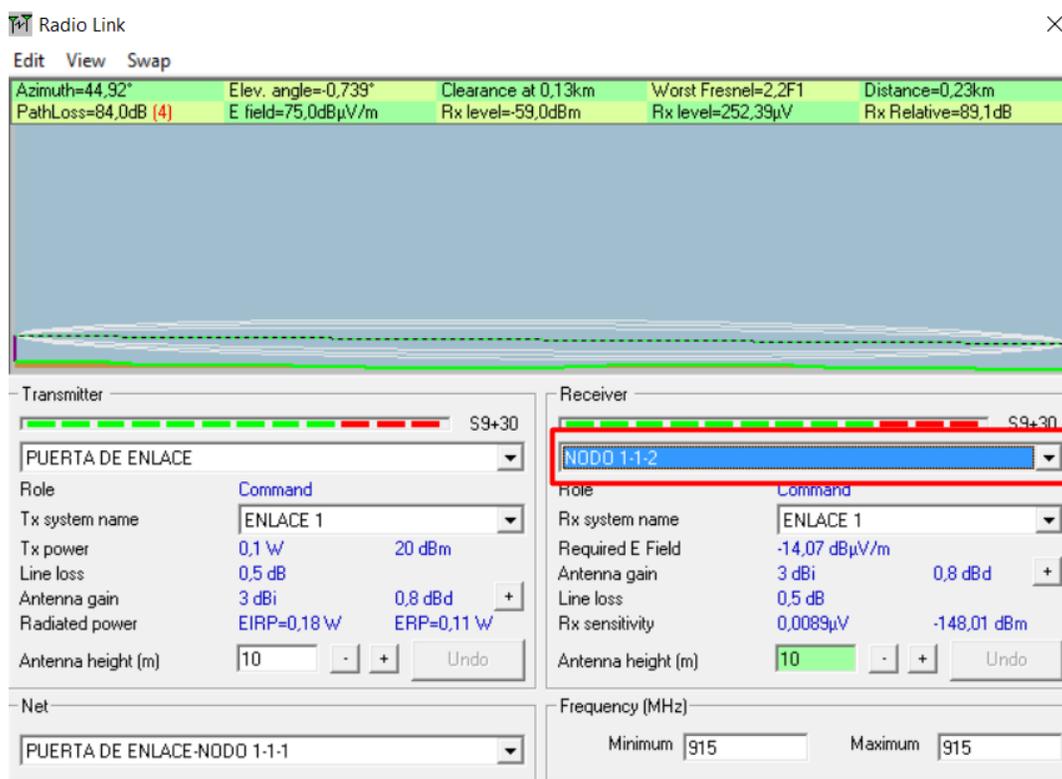


Figura 45. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-2.
Fuente: Autoría.

Se realiza el cálculo de la zona de Fresnel en base a la distancia entre el nodo 1-1-1 y la puerta de enlace Dragino.

$$r = 8.657 \times \sqrt{0.234/0.915}$$

$$r = 4.377\text{m}$$

3.7.1.3. Zona de Fresnel entre nodo 1-1-3 y puerta de enlace.

En la Figura 46 se puede observar la línea de vista entre el nodo recolector 1-1-3 y la puerta de enlace Dragino con una altura de 10 metros, altura promedio de los postes de luz del sector.

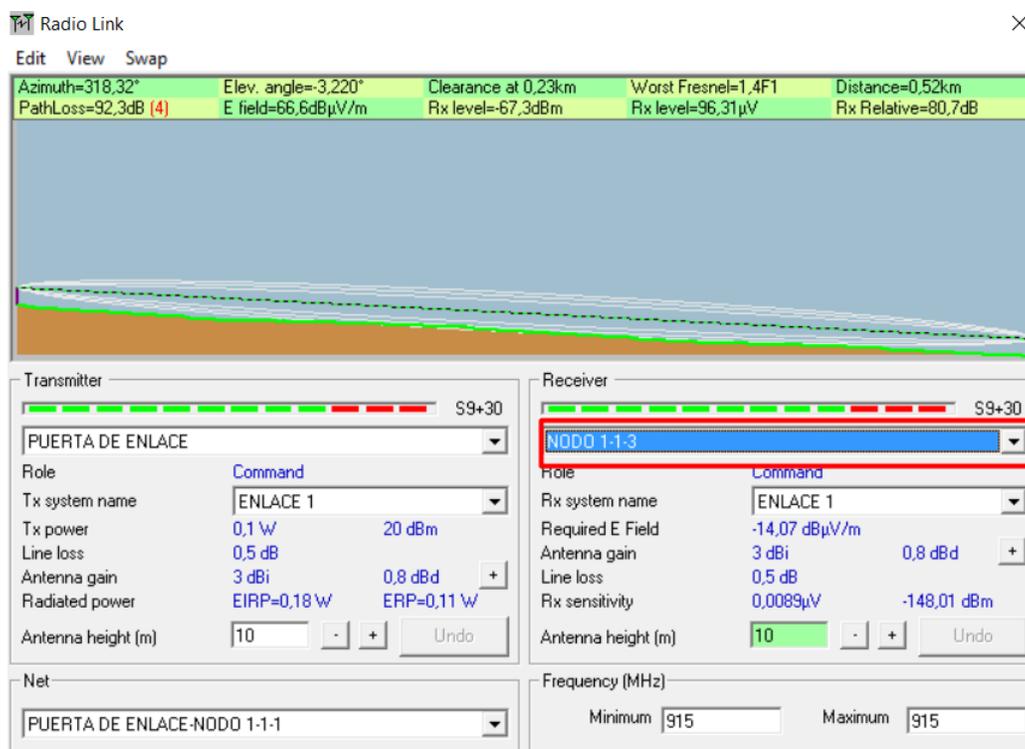


Figura 46. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-3.
Fuente: Autoría.

Se realiza el cálculo de la zona de Fresnel en base a la distancia entre el nodo 1-1-3 y la puerta de enlace Dragino.

$$r = 8.657 \times \sqrt{0.513/0.915}$$

$$r = 6.48\text{m}$$

3.7.1.4. Zona de Fresnel entre nodo 1-1-4 y puerta de enlace.

En la Figura 47 se puede observar la línea de vista entre el nodo recolector 1-1-4 y la puerta de enlace Dragino con una altura de 10 metros, altura promedio de los postes de luz del sector.

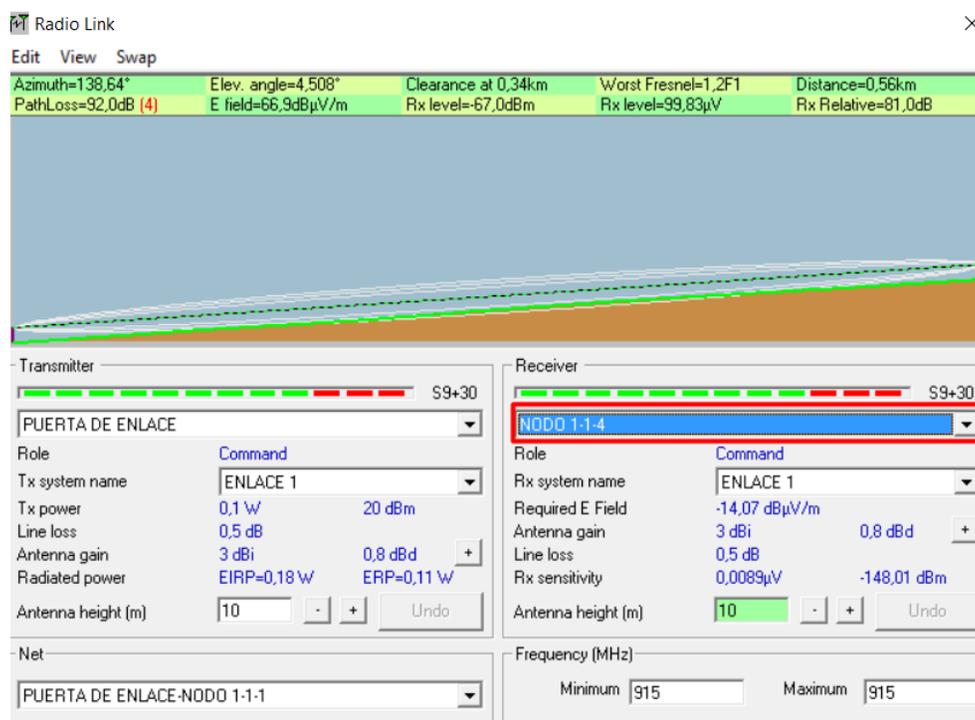


Figura 47. Zona de Fresnel e Intensidad de señal-nodo 1-1-4.
Fuente Autoría.

Se realiza el cálculo de la zona de Fresnel en base a la distancia entre el nodo 1-1-4 y la puerta de enlace Dragino.

$$r = 8.657 \times \sqrt{0.556/0.915}$$

$$r = 6.74\text{m}$$

3.7.2. Potencia radiada isotrópica efectiva (PIRE)

La potencia radiada isotrópica efectiva es la potencia total radiada por una antena isotrópica en una dirección establecida, cabe recalcar que las antenas isotrópicas emiten su intensidad de radiación en todas las direcciones del espacio. El cálculo del PIRE se realiza para establecer un valor nominal que no se debe exceder basándose en los organismos reguladores como el ISM.

La fórmula para calcular la potencia radiada isotrópica efectiva es:

$$P_{ire} = \text{Potencia de transmisión}(dBm) + \text{Ganancia de antena } (dBi)$$

$$- \text{perdida de cable}(dBm)$$

Ecuación 9.

$$P_{ire} = 20(dBm) + 10(dBi) - 5(dBm)$$

$$P_{ire} = 25dBm$$

3.7.3. Indicación de intensidad de señal recibida (RSSI).

La indicación de intensidad de señal recibida o (RSSI) es un valor negativo que se mide en dBm e indica la intensidad en base a la distancia entre un enlace de dos nodos, el RSSI indica que mientras el valor sea más cercano a 0, la señal es más potente y mejor establecida y si el valor negativo es alto significa que la señal es más débil.

- Si RSSI = -30dBm: la señal es fuerte.
- Si RSSI=-120dBm: la señal es débil.

3.7.3.1. Factor de Propagación y sensibilidad con relación al receptor.

Como se puede ver la tecnología LoRaWAN utiliza una modulación basado en técnicas de espectro ensanchando y una variación de espectro de propagación.

LoRaWAN dispone de diferentes valores de velocidades en función de la señal, con velocidades comprendidas entre 0.3 Kbps y 22 Kbps basado en el factor de expansión.

La red LoRaWAN será la encargada de administrar el factor de ensanchamiento utilizado y la potencia de señal de transmisión para optimizar el rendimiento y la escalabilidad. En la Tabla 23 se puede apreciar la relación mediante el factor de propagación.

Tabla 23. Relación de Factor de Propagación.

Factor de Propagación	Tasa de bits equivalente(kb/s)	Sensibilidad(dBm)
12	0.293	137
11	0.537	134.5
10	0.976	132
9	1.757	129
8	3.125	126
7	5.468	123

Fuente: Autoría.

Se debe tener en cuenta que a mayor distancia entre el punto emisor y el nodo receptor, el factor de propagación será mayor, disminuyendo la velocidad de transmisión, así como una sensibilidad por parte del receptor mucho más alta.

3.7.4. Puerta de Enlace Dragino.

En la etapa de diseño de la puerta de enlace para la recepción y visualización de los datos enviados por el nodo recolector se debe considerar tres bloques indispensables los cuales son: alimentación, procesamiento, y visualización.

3.7.4.1. Bloque de Alimentación.

El bloque de alimentación está constituido por la energía que necesita la puerta de enlace para su correcto funcionamiento, basado en los componentes que contiene el dispositivo. En la Figura 48, se observa los componentes internos que la puerta de enlace tiene por defecto.

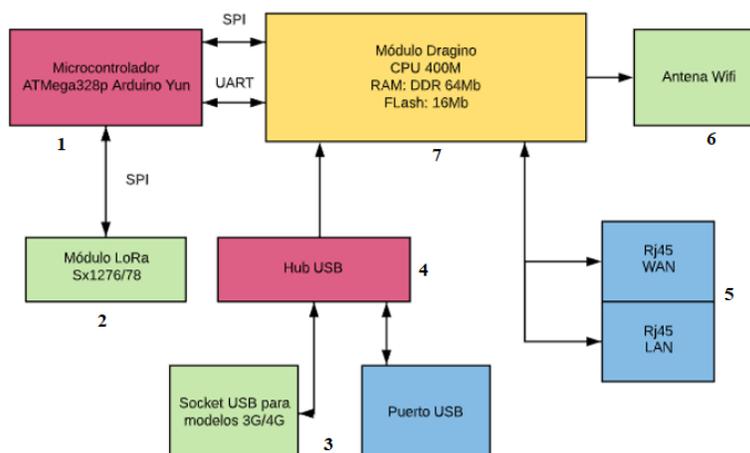


Figura 48. Diagrama de Bloques de Puerta de Enlace Dragino LG01-P.

Fuente: Autoría.

De igual forma se indica los componentes reales de la puerta de enlace Dragino LG01-P en la Figura 49 identificados con el diagrama de bloques en la Figura 48.

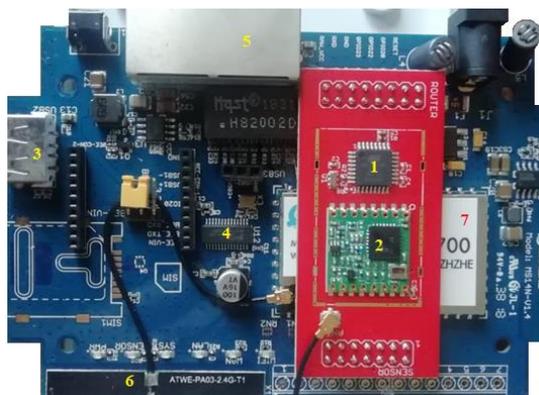


Figura 49. Componentes Físicos de Puerta de Enlace Dragino LG01-P.

Fuente: Autoría.

Al tener diferentes componentes de consumo energético, se presenta la corriente y el voltaje que necesita el dispositivo para su correcto funcionamiento en la Tabla 24.

Tabla 24. Consumo de energía de cada componente en la puerta de enlace Dragino.

Componente	Corriente	Voltaje
Microcontrolador AT-Mega 328p	30mA	1.8v a 5v
Módulo LoRa Sx1276	10.2mA (TX y RX)	3.3v a 5v
Socket y USB	500mA	3.3v a 5v
Hub USB	500mA	3.3v a 5v

RJ45 LAN y WAN	-	3.3v a 5v
Transceptor Antena WIFI	300mA-500mA	3.3v a 5v
Módulo Dragino	10.2mA	3.3v a 5v

Fuente: Autoría.

Al tener el consumo tanto de corriente como de voltaje de cada componente perteneciente a la puerta de enlace Dragino, se establece que la fuente de energía debe proporcionar un valor de 1 a 2A y un voltaje de 9v como se aprecia en la Figura 50.



Figura 50. Fuente de energía de la puerta de enlace Dragino.
Fuente: Autoría.

3.7.4.2. Bloque de Procesamiento.

En el bloque de procesamiento se presenta la configuración que el dispositivo Dragino LG01-P contiene en su microcontrolador AT-mega 328p para su correcto funcionamiento, cabe recalcar que al ser un módulo de comunicación LoRa, su configuración debe ser compatible con los nodos recolectores de información.

Ya que Dragino usa plataformas de desarrollo compatibles con la tecnología LoRa, se debe añadir librerías para su posible configuración. En la Figura 51 se muestra la ventana de

preferencias del IDE de Arduino el cual por motivos de compatibilidad se hace un llamado a los códigos fuente de LoRa en la plataforma de Dragino para añadir las extensiones al IDE.

- **Nota:** Vínculo para guiar el IDE de Arduino a la plataforma de Dragino.

http://www.dragino.com/downloads/downloads/YunShield/package_dragino_yun_test_in dex.json.

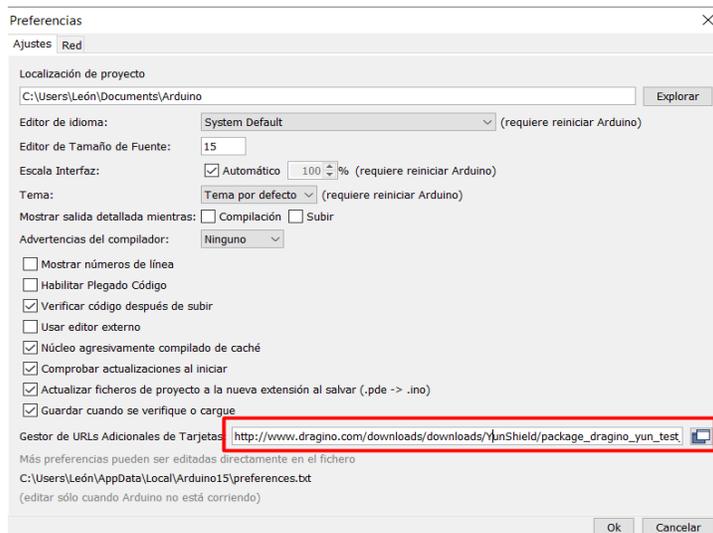


Figura 51. Preferencias de IDE de Arduino.
Fuente: Autoría.

Gracias al gestor vinculado al IDE de Arduino, la búsqueda de librerías compatibles con Dragino y LoRa es mucho más sencilla, en la Figura 52 se indica la librería necesaria para trabajar con módulos y puertas de enlace LoRa. Cabe recalcar que dicho proceso es único para módulos compatibles con placas base Arduino.



Figura 52. Instalación de librerías Dragino.
Fuente: Autoría.

Al ser una placa de diferente desarrollador, los dispositivos instalados se ubican fuera del grupo de placas provenientes de Arduino, en la Figura 53 se observa el modelo exacto de la placa Dragino LG01 compatible con Arduino Yun y Arduino Uno.

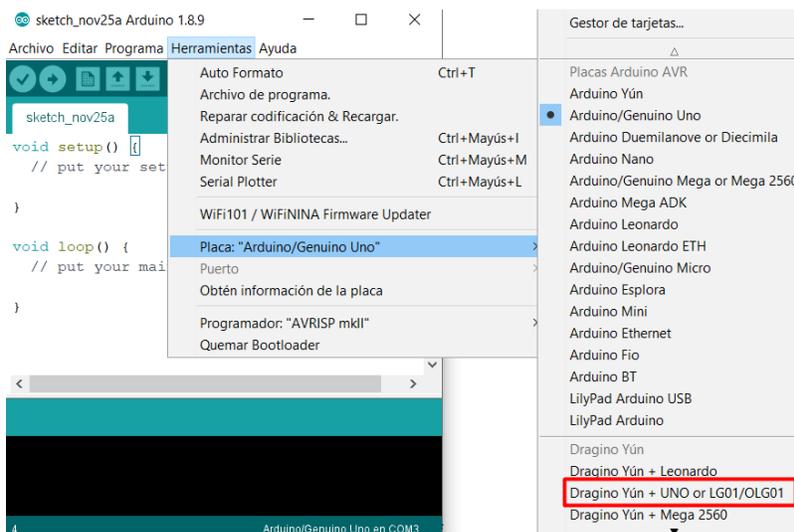


Figura 53. Montaje de placa Dragino para la configuración de la puerta de enlace.
Fuente: Autoría.

Para la conexión entre la PC y la puerta de enlace los dispositivos deben comunicarse mediante un cable de red, conectado al puerto LAN de Dragino LG01-P es por eso que al no ser un terminal serial, el IDE de Arduino debe tener instalado la librería de impresión bajo consola.

En la Figura 54 se observa los dos tipos de puertos de comunicación los cuales se detalla a continuación:

- Puerto de comunicación de Red: dragino-1b23e0 att 100.130.1.1(Arduino Yun), encargado de permitir la couniacion directa a la puerta de enlace mediante comunicación bajo consola.
- Puerto de comunicación de Red: dragino-1b23e0 att 172.31.255.254(Arduino Yun), ip de resplado para posibles fallos de comunicación en caso de no tener acceso al dispositivo.

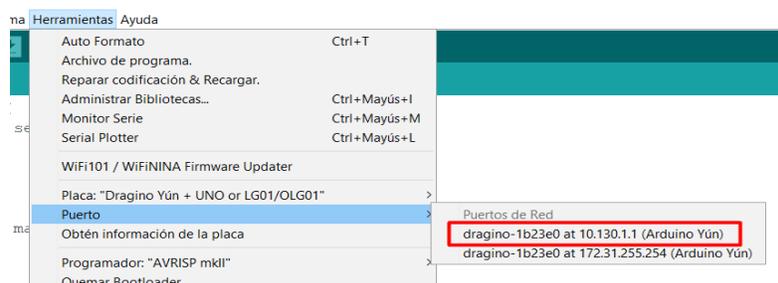


Figura 54. Selección del puerto de comunicación.
Fuente: Autoría.

Dragino LG01-P tiene un sistema de administración basado en las plataformas de configuración bajo página Web, en la Figura 55 se observa la dirección ip para el acceso a la configuración global de la puerta de enlace.

- Dirección IP: 10.130.1.1
- Usuario: **root**
- Contraseña: **dragino**

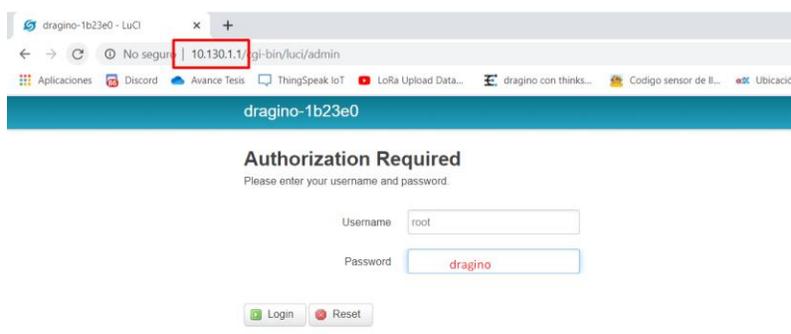


Figura 55. Pantalla de bienvenida al sitio de administración de Dragino LG01-P.
Fuente: Autoría.

Al igual que en la Figura 34, se debe considerar las librerías de comunicación de Arduino, con la diferencia que la puerta de enlace necesita comunicación bajo consola, por el cual es necesario incluir la librería de impresión bajo Consola. En la Figura 56 se observa las librerías de Consola, SPI, y Radiofrecuencia para la compatibilidad con el módulo LoRa.

```

//Producto: LG01.
#define BAUDRATE 115200
#include <Console.h>
#include <SPI.h>
#include <RH_RF95.h>
/////////////////////////////////librerias thingSpeak////////////////////////////////

```

Figura 56. Librerías de Arduino para el uso de la puerta de enlace Dragino LG01-P.
Fuente: Autoría.

Una vez ingresadas las respectivas librerías la puerta de enlace esta lista para su configuración, para ello se hace referencia a la Figura 35 que indica los parámetros principales de la librería RH-RF95 tomando en cuenta que la comunicación entre el nodo y el ordenador es mediante comunicación serial, y la comunicación entre la puerta de enlace y el ordenador es mediante comunicación bajo consola mediante el puerto LAN.

- Recepción de datos entre el nodo recolector y la puerta de enlace Dragino LG01-P.

```

void loop()
{
  if (rf95.available()) 1
  {
    //Debemos recibir un mensaje de confirmación en este punto
    uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t len = sizeof(buf); 2
    if (rf95.recv(buf, len) 3
    {
      if (buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] == 1)4//toma los datos del nodo id 111
      {
        int newData[4] = {0, 0, 0, 0};
        for (int i = 0; i < 2; i++) 5
        {
          newData[i] = buf[i + 3]; 6
        }
        int a = newData[0]; 7
        int b = newData[1];
        Console.print("ID = 111 :");
        Console.print("Valor Sensor de Lluvia = ");
        Console.print(a);
        Console.print(" ");
        Console.print("Nivel de Agua = ");
        Console.print(b);
        Console.println(" ");
        Console.println(" ");
        // Enviar respuesta
        uint8_t data[] = "Dato recibido"; 8
        rf95.send(data, sizeof(data));
        rf95.waitPacketSent(); 9
        Serial.println("Se envió la respuesta");
      }
    }
  }
}

```

Figura 57. Configuración de la recepción de datos de la puerta de enlace Dragino LG01-P.
Fuente: Autoría.

Para la recepción de datos de la puerta de enlace Dragino LG01-P se hace referencia a 9 pasos indispensables mostrados en la Figura 57 para la realización del proceso.

1. Al igual que en la Figura 35, se establece una condición en la que tanto el nodo como la puerta de enlace escuchan bajo la frecuencia establecida por el regulador ISM, en este caso la frecuencia establecida es 915Mhz, si el nodo y la puerta de enlace están en la misma frecuencia, la comunicación se establece.
2. Establecimiento de variable de tipo **uint8_t**, el cual es un número entero considerado sin signo, de ahí la letra U al inicio del tipo de variable, int representa el tipo de variable, en este caso tipo entero, el 8 identifica los 8bits de tamaño para el almacenamiento en la memoria en la placa Arduino, para la variable **uint8_t** el tamaño establecido se lo hace en bytes es decir 1 byte = 8 bits.

La librería de radiofrecuencia establece un tamaño a la variable, usando el comando **buf (RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN)**, el cual lee la memoria del buffer para verificar si existe un mensaje o valor y lo almacena en la variable **uint8_t**.

Una vez establecido si existe el mensaje, se establece el tamaño de la variable con el comando **length**.

3. Se realiza una condición, en la que la librería verifica que tanto el tamaño como el mensaje están en el buffer para su comparación.
4. Se realiza una condición para identificar el nodo que está enviando los datos, para ello se compara los 3 primeros datos del vector, creado en el nodo recolector.
5. Se crea un vector de tipo int con 4 posiciones. (las posiciones dependen del número de datos recibidos).

6. Mediante el proceso de For, se llena el vector de forma consecutiva, desde la posición 3 del vector en adelante son los valores enviados, ya que en el paso 4 se toma en cuenta que los 3 primeros valores identifican al nodo.
7. Se crea el número de variables de tipo vector que el desarrollador necesite almacenar dependiendo del número de variables que el nodo envía a su puerta de enlace.
8. Se vuelve a asignar el valor al vector inicial para que la puerta de enlace confirme que ha llegado el valor enviado por el nodo recolector.
9. Se envía el mensaje de confirmación de que los datos han llegado correctamente.

3.7.4.3. Bloque de Visualización – Presentación de datos en ThingSpeak.

En el bloque de visualización se presenta el proceso que realiza la puerta de enlace Dragino LG01-P para la presentación de datos en una plataforma en Internet. Para ello la puerta de enlace debe tener salida a internet, en la Figura 58 se observa la plataforma de configuración de Dragino, en donde se procede a configurar la red para que el dispositivo tenga salida a internet.

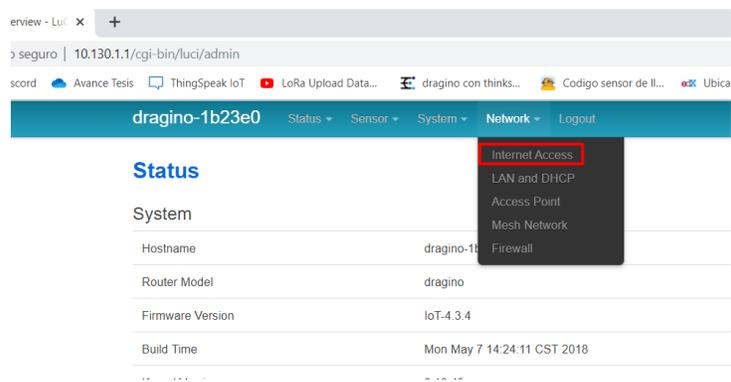


Figura 58. Configuración de Dragino LG01-P para salida a internet.
Fuente: Autoría.

En la Figura 59, se puede apreciar las características que tiene Dragino para salida a internet las cuales se detallan a continuación:

- Acceder a Internet a través de: Presenta las formas de conexión a Internet que contiene Dragino, La comunicación puede ser a través de:
 - Puerto WAN de Dragino (Predeterminado y más estable).
 - Vía WIFI.
 - Vía Puerto USB, mediante el uso de módems de comunicación móvil.
- Manera de obtener IP: Elige la forma en la que Dragino obtiene la dirección ip de la red a la que se conecta, es decir mediante DHCP o de forma estática.
- Dirección IP: Dirección IP en el rango de la red a la que el dispositivo se conecta.
- Mascara de Red: Indica el número de direcciones disponibles que establece la red a la que Dragino se conecta.
- Puerta de Enlace: Dirección Ip que identifica a toda la red para salir a internet.
- Servidor DNS: Dirección Ip del servidor DNS en caso de tenerlo (La establece el proveedor de Internet).

dragino-1b23e0 - Internet Access

No seguro | 10.130.1.1/cgi-bin/luci/admin/network/network

dragino-1b23e0 Status Sensor System Network Logout

Small Enterprise-Campus Network

Internet Access

Access Internet Via **WAN Port**

Way to Get IP **Static IP**

IP Address 192.168.100.200

Netmask 255.255.255.0

Gateway 192.168.100.1

DNS Server DNS server domain or IP

Display Net Connection Domain or IP

Continuously Check Net Connection

Figura 59. Parámetros de Dragino para establecimiento de conexión a internet.
Fuente: Autoría.

Una vez establecida la comunicación con el proveedor de Internet, Dragino debe tener las librerías que le permiten tener comunicación con las plataformas en las que se desea presentar los datos de cada Nodo. ThingSpeak es una de las plataformas más usadas para la presentación de datos en redes de sensores inalámbricos, en la Figura 60 se indica dos librerías insertadas en el IDE de Arduino para establecer la comunicación entre Dragino LG01-P y la plataforma de ThingSpeak en Internet.

- ThingSpeak.h: Librería de Arduino para presentación de datos en la plataforma de ThingSpeak.
- YunClient: es una clase que hace llamadas de diferentes partes del código de Arduino que sean necesariamente clientes de Arduino Yun. La llamada no se establece directamente, sino que la invoca cada vez que una función la necesita.

```

////////////////////////////////librerias thingSpeak////////////////////////////////
#include "ThingSpeak.h"
#include "YunClient.h"

```

Figura 60. Librerías de compatibilidad entre Arduino y ThingSpeak.
Fuente: Autoría.

Para poder presentar datos en la plataforma de ThingSpeak, se debe obtener dos datos primordiales antes de cualquier proceso. Para ello se debe sacar el valor del canal de ThingSpeak, dato presentado en la Figura 61.



Figura 61. Identificación del canal para la presentación de datos en ThingSpeak.
Fuente: Autoría.

Del mismo modo se debe obtener el valor de la llave de escritura del canal, en la Figura 62 se observa el valor que se necesita para poder imprimir valores dentro del canal privado en la plataforma de ThingSpeak.



Figura 62. Llave de escritura de canal en ThingSpeak.

Fuente: Autoría.

Una vez obtenidos los datos del canal y la llave de escritura se establece las variables que identifican el canal y la llave de escritura en el perfil de ThingSpeak previamente creado. Las variables que se observan en la Figura 63, se detallan a continuación:

- **Unsigned long myChannelNumber:** Establece una variable larga que no almacena números negativos, almacenan variables de tipo entero de hasta 32 bits. Identifica el número de canal en la que la plataforma de ThingSpeak presenta los datos obtenidos.
- **Const char * myWriteAPIKey:** Permite almacenar una variable entre números y texto de valor constante, es decir que su valor no cambia. Esta variable identifica la llave de escritura para que Dragino pueda escribir sus datos en la plataforma de ThingSpeak, es decir, la llave de escritura brinda los permisos para escribir en el canal que se crea en la plataforma para su previa presentación de datos.

```

unsigned long myChannelNumber = 768558;
const char * myWriteAPIKey = "0ZS5IJGI6DXUJRUZ";
unsigned long myChannelNumber2 = 845750;
const char * myWriteAPIKey2 = "Q9W0096MMGHH6BJX";

```

Figura 63. Variables de identificación de canal y llave de escritura en la plataforma ThingSpeak.

Fuente: Autoría.

Una vez establecidas las variables de ThingSpeak donde se identifica el canal y la llave de escritura de dicho canal, en el cuerpo principal de Arduino se ejecuta la librería ThingSpeak, vinculada al cliente de Arduino Yun para su comunicación directa. Proceso establecido en la Figura 64.

```

void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT);
  Bridge.begin(BAUDRATE);
  ThingSpeak.begin(client);
  Console.begin();
}

```

Figura 64. Inicio de la librería de ThingSpeak vinculada a la librería de cliente de Arduino Yun.

Fuente: Autoría.

Una vez iniciado el proceso de ambas librerías, se hace la respectiva impresión de los datos, obtenidos en el Bloque de Procesamiento. En la Figura 57, se observa los datos obtenidos por el nodo en la que los valores de **a** y **b** son los que se presentarán en la plataforma de ThingSpeak.

Para identificar las ubicaciones de los datos la librería ThingSpeak usa el comando **ThingSpeak.setField**, encargado de identificar el grafico con valores de 1 y 2 los cuales pueden variar dependiendo del número de gráficos que el desarrollador desee enviar, y se los vincula con la variable que se desee presentar. En la Figura 65 se observa a las dos variables obtenidas por el nodo, vinculados a cada grafica elaborada en ThingSpeak.

```

Serial.println("Se envió la respuesta");
ThingSpeak.setField(1, a); //
ThingSpeak.setField(2, b);
ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
digitalWrite(led, LOW);

```

Figura 65. Impresión y envío de datos a la plataforma de ThingSpeak.
Fuente: Autoría.

Como resultado final los gráficos se presentan como se indica en la Figura 66, la variable **a** se muestra en el gráfico 1, y la variable **b** en el gráfico 2.

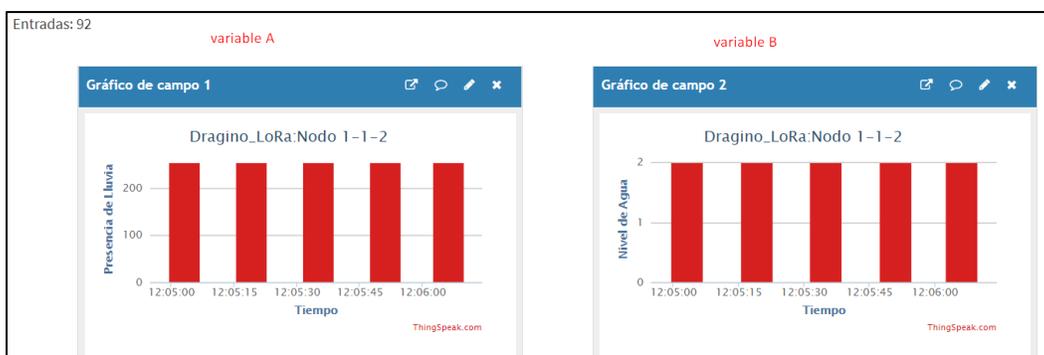


Figura 66. Presentación de resultados en la plataforma de ThingSpeak.
Fuente: Autoría.

3.7.4.4. Bloque de Exportación – Lectura y almacenamiento de Datos.

Gracias al alto procesamiento que requiere la puerta de enlace Dragino, para poder realizar el método de exportación hacia la base de datos del servidor externo, se elabora una red inalámbrica con el fin de que un dispositivo externo realice el proceso.

En la Figura 67 se puede apreciar la red WIFI que genera la puerta de enlace Dragino para que el módulo MCU Esp8266 realice el método POST para proseguir con el desarrollo del software.



Figura 67. Comunicación entre Dragino y módulo MCU ESP-8266.
Fuente Autoría.

Una vez conectado el módulo MCU ESP-8266 a la puerta de enlace Dragino, el dispositivo procede a leer los valores de los canales en la plataforma de ThingSpeak mediante conexión a internet. Mediante las llaves de lectura de cada canal en ThingSpeak declarados en la Figura 69, el módulo ESP-8266 almacena las variables en su memoria con los valores leídos en cada canal. Una vez almacenados los valores el módulo realiza el método convencional de envío de datos a un dominio basado en PHP y MySQL, en la Figura 70 se puede apreciar el método POST a un dominio Web. Cabe recalcar que el módulo ESP-8266 debe realizar el método POST por cada nodo conectado a la red, ya que todos los datos recolectados deben ser almacenados.

Una vez ejecutado el método POST, se procede a ejecutar la clase como se aprecia en la Figura 71, enviando los valores directamente al dominio de servidor externo.

```
char ssid[] = "Leandro"; // SSID nombre de la red
char pass[] = "1003690979"; // contraseña de SSID
char *host = "185.27.134.231" ;
WiFiClient client;
```

Figura 68. Conexión a red WIFI de Dragino.
Fuente: Autoría.

```

/////////////////////////////////Variables Thingspeak/////////////////////////////////
unsigned long myChannelNumber = 768558; // Numero de canal nodo 1-1-1
const char * myReadAPIKey = "56WJEQG38UOZ0DJU"; // API de lectura
unsigned long myChannelNumber2 = 845750; // Numero de canal nodo 1-1-2
const char * myReadAPIKey2 = "I3CJECSE723QV9J0"; // API de lectura
unsigned long myChannelNumber3 = 845751; // Numero de canal nodo 1-1-3
const char * myReadAPIKey3 = "6QG391CEIQ7Y87BA"; // API de lectura
unsigned long myChannelNumber4 = 845752; // Numero de canal nodo 1-1-4
const char * myReadAPIKey4 = "IDY81T98W71AJG99"; // API de lectura

```

Figura 69. Llaves de lectura de canales de ThingSpeak.

Fuente: Autoría.

```

client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +
  "Host: " + strhost + "\r\n" +
  "Connection: keep-alive" + "\r\n" +
  "Content-Length: " + datos.length() + "\r\n" +
  "Cache-Control: max-age=0" + "\r\n" +
  "Origin: http://lorainu.epizy.com" + "\r\n" +
  "Upgrade-Insecure-Requests: 1" + "\r\n" +
  "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded" + "\r\n" +
  "User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/76.0.3809.100 Safari/537.36" + "\r\n" +
  "Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8,application/signed-exchange;v=b3" + "\r\n" +
  "Referer: http://lorainu.epizy.com/" + "\r\n" +
  "Accept-Encoding: gzip, deflate" + "\r\n" +
  "Accept-Language: es-ES,es;q=0.9" + "\r\n" +
  "Cookie: _ga=GA1.2.695748607.1573956075; _gid=GA1.2.953665241.1573956075; __test=f14f206c3cb0fdf6ee187adc378e6a17" + "\r\n" +
  "\r\n" + datos);
delay(10);
Serial.print("Enviando datos a SQL...");

```

Figura 70. Método POST desde ESP-8266 a MySQL.

Fuente: Autoría.

```

void loop() {
  //////////////////////////////////////
  float nivel = ThingSpeak.readFloatField(myChannelNumber, 1, myReadAPIKey); //
  Serial.print("valor nodo 1-1-1: ");
  Serial.println(nivel);
  enviardatos("Id_nodo=" + chipid + "&niv_lluvia=" + String(nivel));
}

```

Figura 71. Ejecución del método POST.

Fuente: Autoría.

3.7.5. Diagrama de flujo del software.

El diagrama de flujo del software cumple diferentes procesos establecidos para el almacenamiento y presentación de los datos recolectados por todo el hardware, en la Figura 72 se identifica cada uno de los procesos que cumple el software en su diseño.

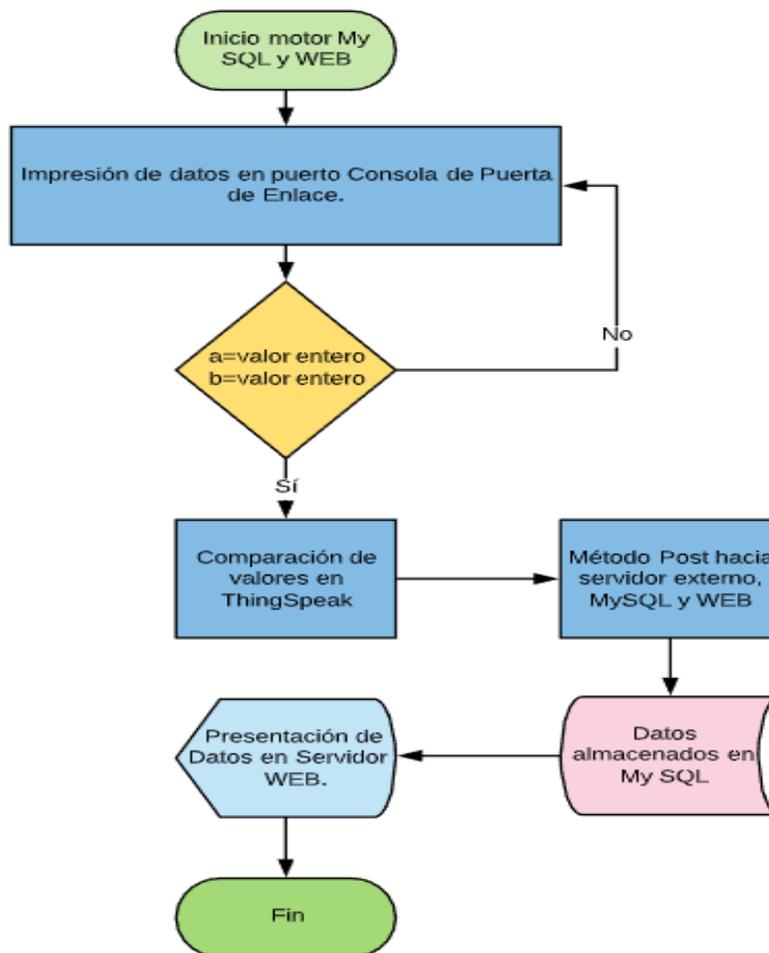


Figura 72. Diagrama de flujo del diseño del software.
Fuente Autoría.

A continuación, se explica el proceso de cada uno de los niveles en el diagrama de flujo en la Figura 72.

- Inicio motor MySQL y WEB: Proceso establecido por el dominio Web en Internet, plataformas externas inician los procesos dependiendo de los permisos que tenga el usuario, para este caso la plataforma es InfinityFree, que brinda servicios de dominios y subdominios Web, basados en código abierto usando motores de almacenamiento como MySQL y servicio WEB basado en PHP.

- Impresión de datos en puerto Consola de Puerta de Enlace: Al llegar los datos de cada nodo a la puerta de enlace, las variables pasan a presentarse en la plataforma de ThingSpeak, tomando en cuenta que los valores deben ser enteros, las variables deben presentarse para su comparación.
- Condición No: La condición se cumple negativamente en caso de que cada variable no tenga un valor compatible para su almacenamiento, es por eso que cada valor debe ser entero para poder ser comparado.
- Condición Si: Si la condición se cumple y cada variable impresa en la consola de la puerta de enlace coincide con los valores presentados en la plataforma de ThingSpeak, se procede a cumplir la comparación.
- Comparación de valores en ThingSpeak: Para realizar la comparación de valores en ThingSpeak, el sistema realiza la lectura de los canales en la plataforma, para ello se necesita las llaves de lectura del canal de cada nodo.
- Método Post hacia servidor externo, MySQL y WEB: una vez que el sistema lee cada variable en ThingSpeak, la estación base, compara las variables en ThingSpeak y mediante el método POST compatible para bases de datos MySQL y paginas basadas en php y HTML, se hace el envío de cada valor a su respectiva tabla en la base de datos del servidor externo.
- Una vez los valores almacenados en la base de datos del servidor Externo, el uso y presentación hacia la página Web se hace mediante el uso del método GET tomando los valores y presentándolos en la página WEB.

3.7.6. Desarrollo de Software.

En este apartado se habla acerca de cómo la estación base almacena los datos en MySQL y los presenta en la página WEB en un servidor externo, cada nodo envía sus datos a la puerta de enlace los cuales se almacenan y se presentan en los siguientes apartados.

3.7.6.1.Herramientas de Plataforma en servidor externo.

Existen diferentes empresas que se dedican a brindar servicios de dominios en internet, los cuales se rigen en base a cada servidor. Los servidores generan un espacio en la plataforma para que cada usuario mediante un perfil, el cual contiene diferentes herramientas que el usuario contrate.

En la Figura 73 se observa el menú principal del perfil en el subdominio web.

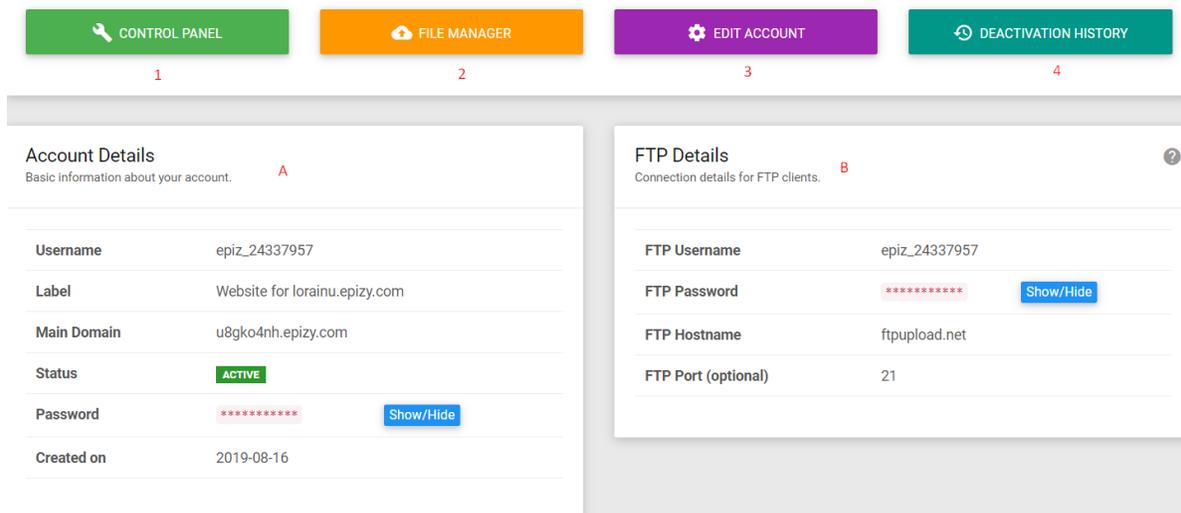


Figura 73. Menú Principal del subdominio Web.
Fuente: Autoría.

Las características del menú principal que se observa en la Figura 73 se detalla a continuación:

1. Panel de Control: Presenta cada herramienta que el servicio brinda, es la paleta de herramientas que el desarrollador utiliza para crear la página web y los servicios que el subdominio ejecute.
2. Administrador de Archivos: Espacio de almacenamiento donde cada archivo vital para el diseño del subdominio se encuentra guardado, al igual del espacio que el desarrollador necesita para ejecutar cada herramienta.
3. Edición de Cuenta: Espacio de edición de la cuenta principal donde se encuentra la información principal de la cuenta.
4. Desactivación de Cuenta: Espacio para la deshabilitación de cada herramienta en la cuenta elaborada.
 - A. Detalles de la cuenta: Datos importantes de la cuenta, información vital para el uso de las herramientas.
 - B. Detalles del servicio de transferencia de archivos: Detalles de usuario y contraseña para el uso del servidor FTP (protocolo de transferencia de archivos) en caso de que el desarrollador lo necesite.

3.7.6.2.Almacenamiento de datos MySQL.

Mediante el uso de las herramientas en el subdominio del servidor externo, se procede a crear una base de datos con el uso de la herramienta php MyAdmin, cabe recalcar que es una base de datos de código abierto con todas las seguridades que MySQL brinda. En la Figura 74, se observa la conexión directa a la base de datos ya creada con el nombre (epiz_24337957_dragino).



Figura 74. Conexión a base de datos en servidor externo MySQL.
Fuente: Autoría.

Según el principio de una base de datos, la misma esta creada por una tabla o el conjunto de tablas las que a su vez están conformadas por campos que se llenan de registros o valores dependientes del tipo de campo que se origine.

- Esquema relacional.

Se presenta el esquema relacional de la base de datos, donde cada nodo tiene una tabla asignada para el almacenamiento de los datos relacionado por el Id de cada nodo, afirmación presentada en la Figura 75.

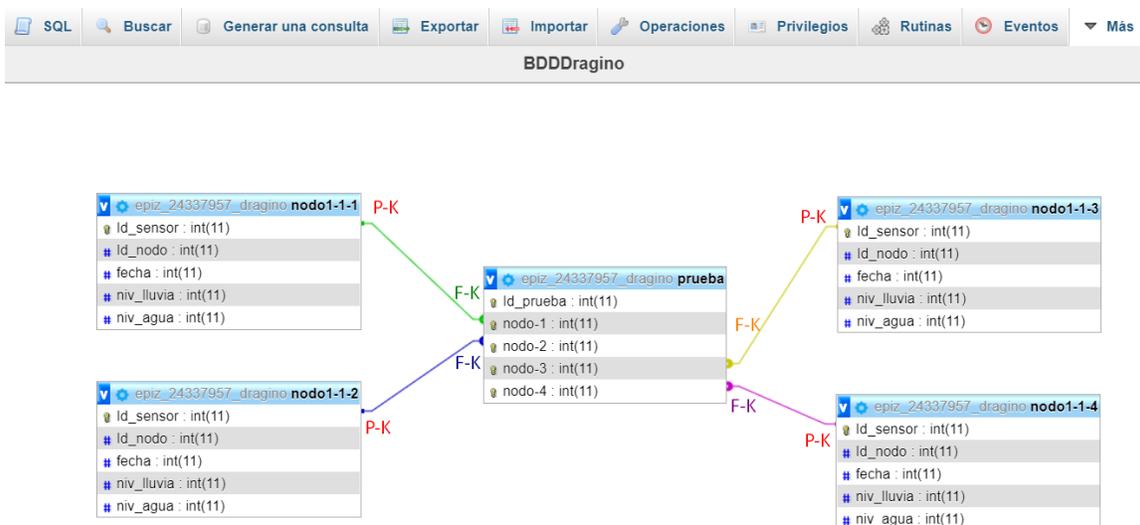


Figura 75. Esquema Relacional de MySQL.
Fuente: Autoría.

Para el almacenamiento de los datos de cada nodo recolector de información, se crea 4 tablas dirigidas para cada nodo como se aprecia en el esquema relacional. En Figura 76 se observa las 4 tablas creadas para cada nodo, las cuales están encargadas de almacenar los datos de cada nodo establecido por su nombre.

MySQL interface showing a list of tables for a specific node. The interface includes a search bar and a table list with columns for Table, Action, Rows, Type, and Collation.

Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento
nodo1-1-1	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	82	MyISAM	latin1_swedish_ci
nodo1-1-2	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	213	MyISAM	latin1_swedish_ci
nodo1-1-3	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	212	MyISAM	latin1_swedish_ci
nodo1-1-4	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	212	MyISAM	latin1_swedish_ci

Figura 76. Tablas de la base de datos en MySQL.
Fuente: Autoría.

Cada tabla está establecida por 5 campos indispensables, los cuales representan el valor del nivel de agua, presencia de lluvia, fecha, Id del nodo y la fecha y hora del momento en que llego el registro a la base de datos. En la Figura 77 se enumera los 5 campos antes mencionados los cuales están llenos de registros, registros que tomados por cada nodo recolector en la red de sensores inalámbricos.

MySQL interface showing the structure and data of a table. The interface includes a search bar and a table view with columns for Id_sensor, Id_nodo, fecha, niv_lluvia, and niv_agua.

Id_sensor	Id_nodo	fecha	niv_lluvia	niv_agua
1	111	2019-11-17 15:42:31	666	0
2	111	2019-11-17 15:42:38	255	0
3	111	2019-11-17 15:43:17	255	0

Figura 77. Campos y registros que conforman la tabla de la base de datos.
Fuente: Autoría.

3.7.6.3. Diseño de página web.

El diseño de la página Web está basada en php y código HTML, gracias a las herramientas que cuenta el subdominio Web, el uso de plataformas de programación es en base a código abierto. Para el diseño de la página Web se necesita un servidor FTP donde se establecerá todos los archivos necesarios para el diseño de la página WEB.

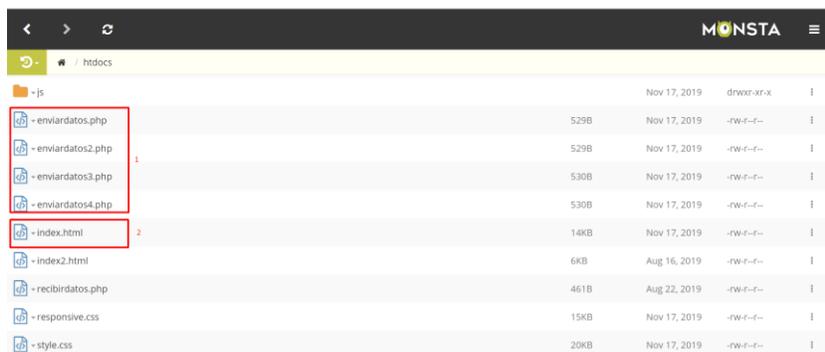


Figura 78. Archivos indispensables para la elaboración de la página web.
Fuente: Autoría.

1. Envío de datos php: Documentos indispensables para la comunicación entre la página web y la base de datos del servidor externo.

```
<?php
$conexion = mysql_connect("sql111.epizy.com", "epiz_24337957", "KOUTngYU5H0"); A
mysql_select_db("epiz_24337957_dragino", $conexion); B
mysql_query("SET NAMES 'utf8'");
$Id_nodo = $_POST ['Id_nodo']; C
$niv_lluvia = $_POST ['niv_lluvia'];
$niv_agua = $_POST ['niv_agua'];
mysql_query("INSERT INTO `epiz_24337957_dragino`.`nodo1-1-1` (`Id sensor`, `Id nodo`, `fecha`, `niv lluvia`, `niv agua`)
VALUES (NULL, '$Id_nodo', CURRENT_TIMESTAMP, '$niv_lluvia', '$niv_agua');"); D
mysql_close();

echo "Datos ingresados correctamente.";
?>
```

Figura 79. Método POST entre el servidor externo y la BDD mediante código php.
Fuente: Autoría.

En la Figura 79 se aprecia los comandos establecidos en php para ejecutar el método POST hacia la base de datos a continuación, se explica cada uno de los procesos.

- A. Comunicación directa con la base de datos del servidor, se toma en cuenta el nombre del perfil, el nombre de la base de datos y la contraseña de acceso que ejecuta el servidor.
- B. Selección de la base de datos y ejecución de la misma. Llamada directa a la BDD.
- C. Asociación del método POST con las variables entre las tablas de la BDD y los valores que llegan de la puerta de enlace.
- D. Método de php que ejecuta una consulta de código MySQL en la que se hace la inserción de los datos en la base de datos, completando el método POST.

2. Index: diseño de la página web principal basado en código HTML.

El diseño de la página Web está basado en código abierto de HTML, gracias a las herramientas que posee el servidor externo, cada platilla compatible con HTML se puede ejecutar en la plataforma. El diseño depende directamente del desarrollador.

En la Figura 80 se presenta el modelo de página Web desarrollada por el autor del proyecto.

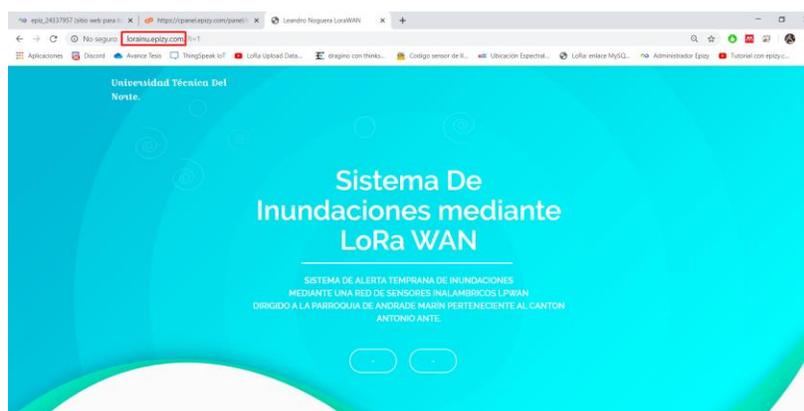


Figura 80. Modelo de la página web dirigida a LoRa WAN.

Fuente: Autoría.

4. CAPÍTULO IV. Elaboración del Plan de Emergencia ante Inundaciones.

En el presente capítulo se propone el Plan de Contingencia ante inundaciones basado en los artículos y marco legal propuesto por el Comité de Operaciones de Emergencias (COE) y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR).

El Plan de Contingencia está dirigido al GAD de Antonio Ante, aplicable en todo el cantón tomando en cuenta la parroquia más afectada, en este caso Andrade Marín, con el fin de plantear un sistema de monitoreo ante posibles inundaciones y que hacer en caso de presentarse un desastre natural en el periodo invernal del sector.

Se explica la estructura y cada uno de los procesos que contiene el plan de contingencia haciendo énfasis el proceso de monitoreo en donde ingresa el sistema electrónico ante posibles inundaciones.

4.1. Instituciones de Respuesta.

Las instituciones de respuesta forman parte del equipo de trabajo que está a cargo de la zona a quien va dirigido el proyecto, tomando en cuenta el rol principal que dichas instituciones cumplen conjuntamente para la comunidad.

Se menciona forma jerárquica a cada institución desde la más influyente hasta la menos influyente, en el subtema 2.1 Instituciones de Respuesta del plan de contingencia se puede apreciar a cada una de ellas.

4.2. Aspectos Generales.

El plan de contingencia debe contener la información principal del sector a donde va dirigido, es por eso que se hace referencia al marco territorial del cantón Antonio Ante apreciando del mismo modo su población, fundación, clima, altitud, extensión y ubicar la cabecera cantonal para identificar al municipio del sector.

Es muy importante tener en cuenta las características demográficas del sector a tratar, ya que en base al número de población se puede realizar la propuesta para los posibles apartados siguientes.

4.3. Marco Legal.

El marco legal es el apartado principal de un plan de contingencia, ya que, en base a cada uno de los artículos presentados en la ley constitucional del Ecuador, la ley de seguridad pública y del estado, y el código orgánico de ordenamiento territorial autonomías y descentralización, se hace referencia a los principales apartados que mencionan cada proceso a seguir en caso de un desastre natural.

Cada uno de los artículos mencionados en el apartado 3 Marco Legal del plan de contingencia es estrictamente tomado de cada uno de los documentos constitucionales mencionados en el mismo.

Del mismo modo una vez presentados los artículos que avalan la seguridad de la población ante un posible desastre natural, se presentan los objetivos generales y específicos que el plan debe cumplir ante una posible situación de ámbito natural.

4.4. Escenarios de Riesgo.

Los escenarios de riesgo son presentados en base a los estipulado por los miembros del Comité de Operaciones de Emergencia COE, donde se toma en cuenta las amenazas y las vulnerabilidades que son consideradas un factor de riesgo, en el presente caso inundaciones.

En la sección 1 del título 4 del plan de contingencia se hace referencia a todas las causas de las inundaciones y deslizamientos en el cantón Antonio Ante, siendo los canales de riego los principales encargados afectar a la parroquia de Andrade Marín, ya que dichos canales se alimentan de una fuente natural de agua conocido como Lago San Pablo en el cantón Otavalo.

Para dicho proceso se presenta una tabla de ejecución de obras de prevención en todo el cantón, mencionando las obras a realizarse y la institución encargada de dicho proceso.

4.5. Capacidades, talento humano y recursos existentes.

En este apartado se menciona los recursos tanto humanos como existentes, tomando en cuenta que el Municipio del sector debe organizar a las entidades públicas como centros de salud, cuerpo de bomberos y policía nacional ante una posible contingencia ejecutable, mencionando los recursos que cada institución presenta y cuál sería el eje encargado de guiar cada uno de sus grupos.

4.5.1. Acciones y Coordinaciones.

Las acciones y coordinaciones se basan directamente en el esquema presentado por la secretaria nacional de gestión de riesgos, ya que es la entidad más grande del país que está encargada de la ejecución de los planes de contingencia de forma eficaz y eficiente.

La estructura organizativa por cantones menciona al alcalde encargado del cantón y su vicealcalde, en la cabeza junto con los jefes departamentales y cuerpo de bomberos, en conjunto cumplen la función de guiar los procesos organizacionales que los recursos humanos deben seguir para afrontar la situación en el orden estipulado. Se menciona lo que el comité de operaciones de emergencia (COE) ejecuta en cada municipio del país, tomando las riendas juntamente con los dirigentes de la estructura organizacional del plan de contingencia. Se presenta un modelo de funcionamiento del COE en la figura 4 del plan de contingencia.

4.6. Protocolos y procedimientos complementarios al plan de respuesta.

Tomando en cuenta los escenarios de riesgo se establecen los protocolos complementarios al plan de respuesta ante la época invernal empezando por el monitoreo, declaratoria de alerta y las acciones del COE, el municipio y el cuerpo técnico encargado.

4.6.1. Monitoreo.

Es el punto donde se analiza las variables a tomarse en cuenta en el sistema de monitoreo ante inundaciones presentado en el trabajo de titulación, como se expresa en el plan de contingencia, el monitoreo se realiza en base a como presenta los resultados ante situaciones normales o situaciones de emergencia, en base a los colores de alerta presentados por la secretaria nacional de gestión de riesgos.

- Verde: La amenaza no ha sido identificada, o está en monitoreo relativamente normal.
- Amarilla: El monitoreo muestra que la amenaza se intensifica o desciende de naranja a amarilla.
- Naranja: El evento se acelera. La ocurrencia del evento es inminente o en su defecto desciende de roja a naranja.
- Roja: Peligro inminente de inundación.

4.7. Declaratoria de Alerta.

En este apartado se expresa rotundamente que hacer ante la posible inundación del sector en base a los datos recolectados por el sistema. Tomando en cuenta que existen acciones basados en el plan de riesgo del cantón y los procesos a seguir por el comité de operaciones de emergencia.

Se expresa en la Tabla 4 del plan de contingencia la situación y su gravedad y las pautas para la activación del proceso.

En la Tabla 5 del plan de contingencia se expresa las acciones que debe realizar el COE cantonal ante el tipo de alerta presentado.

Del mismo modo se presenta las ejecuciones de respuesta de las mesas de trabajo las cuales están encargadas de cumplir a cabalidad cada una de sus funciones siendo parte del cuerpo técnico en la estructura organizacional

- Mesa de Acceso y Distribución del agua: En caso de emergencia, dicha mesa es la encargada de surtir el líquido vital y es la encargada de mantener el correcto uso y abastecimiento de agua en el lugar.
- Mesa de Salud, Evaluación, Evacuación, Búsqueda y Rescate: Garantiza que el personal que conforma la mesa este capacitado y logre la evacuación de la mayor cantidad de ciudadanos del sitio y ponerlos a salvo.
- Mesa de Seguridad: Encargada de monitorear el sitio afectado e informar al COE nacional ante los daños causados y poder asegurar que el problema es controlado o sigue afectando al sector.

4.8. Evaluación de daños y análisis de necesidades.

Es el apartado más importante después de la ejecución de las mesas del cuerpo técnico ya que en base a la información recolectada y necesaria se habilita el proceso de apoyo y contingencia a los afectados habilitando los albergues que deben estar ya establecidos y listos para recibir a las personas.

Los albergues deben cumplir requisitos y normas para poder ser considerados por el COE cantonal, características que se presentan en el apartado final (EDAN) del plan de contingencia.

4.9. Seguimiento evaluación y actualización del plan.

Para el seguimiento del plan se debe realizar los procesos de ejecución de los mismos, como levantar la información del problema y en base a reuniones con los involucrados en la

estructura organizacional, cada encargado y cuerpo técnico debe cumplir con un informe para dar seguimiento y poder tener un mismo formato para recopilar la información de mejor manera.

En el título 4.7 del plan de contingencia se presenta los detalles principales que debe tener los informes para la recopilación de información.

5. CAPÍTULO V. Pruebas de Funcionamiento.

5.1. Introducción.

La integración del prototipo permite realizar las pruebas de funcionamiento entre el dispositivo nodo recolector, la estación base y la página web, el proceso se expone a continuación.

La primera fase de pruebas del dispositivo se la identifica como la recolección de información de cada nodo, los dispositivos están encargados de medir los niveles de agua en los canales de riego que pasan por debajo de la parroquia que también tienen la función de desagüe, al igual que medir los niveles de lluvia en el sector de cada nodo.

Una vez recolectados los datos en cada nodo, la puerta de enlace recibe la información de cada dispositivo mediante radiofrecuencia con el uso de módulos LoRa, siendo la puerta de enlace la encargada de enviar los datos a la base de datos en un servidor externo mediante conexión a internet vía ethernet.

Los datos son almacenados en una base de datos para luego proceder a presentarlos en una página web y la plataforma de IoT conocida como ThingSpeak.

La página Web presenta la información mediante graficas para ser más fácil su entendimiento, al igual que indica alertas mediante los valores almacenados en la base de datos alertando a los ciudadanos de la parroquia de Andrade Marín.

5.2.Prueba de Hardware.

Las pruebas de Hardware tratan del funcionamiento directo del nodo y sus sensores, ante presencia de lluvia y medir niveles de agua. De igual forma se hace las pruebas de distancia de comunicación entre el nodo recolector y la puerta de enlace mediante los módulos LoRa.

5.2.1. Resultados de pruebas de Hardware.

El proceso de resultados para las pruebas de Hardware se lo hace en dos secciones, la recolección de información de los nodos y el envío de los datos a través de la red inalámbrica de LoRa.

5.2.1.1.Recolección de información del nodo.

El nodo recolector analiza dos variables primordiales ante una posible inundación las cuales son tomadas en el capítulo de diseño, los datos son la presencia de lluvia y el nivel de agua. Ante presencia de lluvia el nodo recolector contiene un sensor que puede interpretar la cantidad de lluvia gracias a una placa que genera cortocircuitos de bajo voltaje que puede ser interpretado por el nodo mediante su entrada analógica.

Como se puede apreciar en la Figura 81 el nodo recolector se encuentra bajo una pequeña cantidad de lluvia ya que el día jueves 2 de enero de 2020 la lluvia era en baja escala y alrededor de 40 minutos.



Figura 81. Prueba de nodo recolector ante presencia de lluvia.
Fuente: Autoría.

En los 40 minutos de lluvia el nodo recolectó datos de la cantidad de agua antes de empezar a llover, durante la lluvia y después de la lluvia, logrando un tiempo de recolección de dos horas de trabajo.

Mediante un rango de 4 niveles la presencia de lluvia se la denomina de la siguiente forma:

- Escala de 0 a 90: Aguacero constante. Figura 82.
- Escala de 90 a 170: Alerta de lluvia. Figura 83.
- Escala de 170 a 250: llovizna o garúa. Figura 84.
- Escala de 250 a 255: Ambiente Despejado. Figura 85.

En base a la escala propuesta anteriormente el resultado antes de la llovizna propuesta, en un ambiente nublado el nodo recolector envía el valor de 255 ya que aún no existe presencia de lluvia, valor presentado en la Figura 82.

```

COM4
Inicia Nodo LoRa
Llamando al Servidor LoRa
Ambiente despejado
1023
Niveles de agua Normales
0
255
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -35
0
Llamando al Servidor LoRa
Ambiente despejado
1023
Niveles de agua Normales
0
255
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -35
0
Llamando al Servidor LoRa
Ambiente despejado
1023

```

Figura 82. Presencia de lluvia - Primer nivel - Ambiente despejado.

Fuente: Autoría.

En la Figura 83, conforme la cantidad de presencia de lluvia aumenta, el nodo recolector varia su escala informando el segundo nivel conocido como llovizna (presencia de lluvia y nivel

bajo). Con la misma secuencia y en base a los niveles de presencia de lluvia, los valores han sido presentados de forma correcta.

```

COM4
-----
Niveles de agua Normales
0
llovizna -----> llovizna
196 -----> llovizna
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0
Llamando al Servidor LoRa
Niveles de agua Normales
0
llovizna -----> llovizna
190 -----> llovizna
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0

```

Figura 83. Presencia de lluvia - Segundo nivel – llovizna o garúa.
Fuente: Autoría.

```

COM4
-----
Niveles de agua Normales
0
Alerta de Lluvia -----> alerta de lluvia
146 -----> alerta de lluvia
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0
Llamando al Servidor LoRa
Niveles de agua Normales
0
Alerta de Lluvia -----> alerta de lluvia
133 -----> alerta de lluvia
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0

```

Figura 84. Presencia de lluvia - Tercer nivel – Alerta de lluvia.
Fuente: Autoría.

```

COM4
|
|
Niveles de agua Normales
0
Aguacero → aguacero
42
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0
Llamando al Servidor LoRa
Niveles de agua Normales
0
Aguacero → aguacero
65
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
0

```

Figura 85. Presencia de lluvia - Cuarto nivel - Aguacero.
Fuente: Autoría.

El mismo proceso se obtiene del sensor del nivel de agua, el cual se ubica en el desagüe del canal de riego seleccionado, en la Figura 86 se puede apreciar los datos cuando los niveles de agua del canal de riego se encuentran normales. En caso de los niveles superar cierto nivel de agua, el nodo envía la información de que los niveles sobrepasaron los valores normales como se aprecia en la Figura 87, del mismo modo una vez superado el nivel máximo del sensor, el mensaje a convenir es una inundación el cual se aprecia en la Figura 88.

- Escala inicial: nivel 1 – Niveles de agua normales.
- Escala intermedia: nivel 2 – Niveles de agua subiendo.
- Escala final: nivel 3 - Inundación.

```

COM4
|
|
Alerta de Lluvia
139
Niveles de agua Normales → nivel 1
6
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
6
Llamando al Servidor LoRa
Alerta de Lluvia
138
Niveles de agua Normales → nivel 1
5
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
5

```

Figura 86. Nivel de agua normal - Nivel 1.
Fuente: Autoría.

```

COM4
172
Niveles de agua subiendo
80
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
80
Llamando al Servidor LoRa
Alerta de Lluvia
162
Niveles de agua subiendo
79
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
79
  
```

Figura 87. Nivel de agua subiendo- Nivel 2.
Fuente: Autoría.

```

COM4
Aguacero
42
Inundacion
37
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
293
Llamando al Servidor LoRa
Aguacero
48
Inundacion
40
Obtuve Respuesta: Dato recibido
RSSI: -23
296
  
```

Figura 88. Inundación - Nivel 3.
Fuente: Autoría.

5.2.1.2. Envío de información mediante módulos LoRa.

Con el proceso de recolección de datos del nodo recolector, el dispositivo necesita enviar los datos mediante comunicación inalámbrica, como se vio en el capítulo 3 el módulo a utilizar es LoRa, el cual mediante radiofrecuencia de 915 Mhz permitido para América, se envía los datos de forma directa a la puerta de enlace.

almacenamiento mediante el software. En este caso el nodo recolector es el 1-1-1.

5.2.1.3. Presentación de datos en ThingSpeak por medio de Dragino.

En este apartado se presenta el resultado de los datos recibidos por la puerta de enlace Dragino, que gracias a su conexión a internet mediante el puerto de comunicaciones WAN envía los datos del puerto de consola hacia la nube, en este caso ThingSpeak.

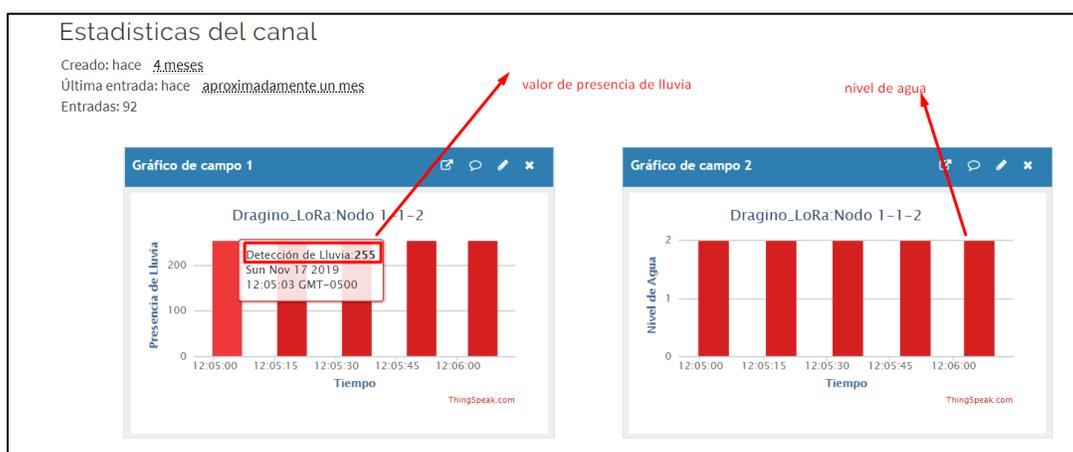


Figura 90. Datos obtenidos por sensores de cada nodo en ThingSpeak.
 Fuente: Autoría.

En la Figura 90 se puede apreciar el resultado de la comunicación entre la puerta de enlace Dragino y la plataforma de ThingSpeak, presentando gráficamente los resultados de cada nodo recolector con sus dos sensores de presencia de lluvia y nivel de agua.

En la gráfica se puede apreciar las variaciones de valores en la escala presentada por cada uno de ellos y el tiempo en el que el dispositivo recibe y publica los datos.

5.3. Pruebas de Software.

En este apartado se evidencia los resultados del software desarrollado para el almacenamiento y presentación de datos en el servidor externo mediante el dominio Web creado llamado lorainu.epizy.com.

Para presentar la evidencia del software se lo divide en la sección de almacenamiento y la sección de presentación de datos.

5.3.1. Almacenamiento de datos en MySQL de servidor externo.

Con el fin de realizar el almacenamiento de datos en la base de datos de MySQL en el servidor externo, el módulo ESP-8266 realiza el método POST en base a los valores presentados en ThingSpeak como se aprecia en la Figura 90.

Mediante el método POST, el módulo conduce a la página WEB lorainu.epizy.com hacia la base de datos del gestor de archivos, es decir comunica tanto la base de datos como la página Web para guardar la información.

En la Figura 91 se puede apreciar las tablas para cada nodo recolector dentro de la red LoRa.

Server: sql111.epizy.com > Base de datos: epiz_24337957_dragino

[Estructura](#)
[SQL](#)
[Buscar](#)
[Generar una consulta](#)
[Exportar](#)
[Importar](#)
[Operaciones](#)

Filtros

Que contengan la palabra:

Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento
<input type="checkbox"/> nodo1-1-1	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	82	MyISAM	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> nodo1-1-2	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	213	MyISAM	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> nodo1-1-3	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	212	MyISAM	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> nodo1-1-4	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	212	MyISAM	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> prueba	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	MyISAM	latin1_swedish_ci
<input type="checkbox"/> tabla	★ Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	MyISAM	latin1_swedish_ci
6 tablas	Número de filas	719	MyISAM	latin1_swedish_ci

Figura 91. Tablas de datos que conforma la base de datos Dragino.

Fuente: Autoría.

Al ingresar en cada tabla del nodo recolector, se puede evidenciar los datos guardados según la información solicitada, es decir: id del nodo, presencia de lluvia y nivel de agua. En la

	1	2	3	4	5
	Id_sensor	Id_nodo	fecha	niv_lluvia	niv_agua
Editar Copiar Borrar	26	111	2019-11-17 15:47:29	255	0
Editar Copiar Borrar	27	111	2019-11-17 15:47:36	255	0
Editar Copiar Borrar	28	111	2019-11-17 15:47:57	255	0
Editar Copiar Borrar	29	111	2019-11-17 15:48:03	194	0
Editar Copiar Borrar	30	111	2019-11-17 15:48:10	255	0
Editar Copiar Borrar	31	111	2019-11-17 15:48:16	255	0
Editar Copiar Borrar	32	111	2019-11-17 15:49:05	255	0
Editar Copiar Borrar	33	111	2019-11-17 15:49:11	194	2
Editar Copiar Borrar	34	111	2019-11-17 15:49:17	255	2
Editar Copiar Borrar	35	111	2019-11-17 15:49:24	255	1
Editar Copiar Borrar	36	111	2019-11-17 15:49:45	255	11
Editar Copiar Borrar	37	111	2019-11-17 15:49:51	255	2
Editar Copiar Borrar	38	111	2019-11-17 15:49:58	255	2
Editar Copiar Borrar	39	111	2019-11-17 15:50:04	194	1
Editar Copiar Borrar	40	111	2019-11-17 15:50:25	255	17
Editar Copiar Borrar	41	111	2019-11-17 15:50:32	255	2
Editar Copiar Borrar	42	111	2019-11-17 15:50:38	255	2
Editar Copiar Borrar	43	111	2019-11-17 15:50:44	194	1
Editar Copiar Borrar	44	111	2019-11-17 15:51:06	255	0
Editar Copiar Borrar	45	111	2019-11-17 15:51:12	255	2
Editar Copiar Borrar	46	111	2019-11-17 15:51:18	255	2

Figura 92 se puede apreciar los registros que concuerdan con los valores de la plataforma de ThingSpeak en la Figura 90.

Servidor: sql111.epzy.com » Base de datos: epiz_24337957_dragino » Tabla: nodo1-1-1

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar Importar

<< < 2 > >> | Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: Buscar en

	1	2	3	4	5
	Id_sensor	Id_nodo	fecha	niv_lluvia	niv_agua
Editar Copiar Borrar	26	111	2019-11-17 15:47:29	255	0
Editar Copiar Borrar	27	111	2019-11-17 15:47:36	255	0
Editar Copiar Borrar	28	111	2019-11-17 15:47:57	255	0
Editar Copiar Borrar	29	111	2019-11-17 15:48:03	194	0
Editar Copiar Borrar	30	111	2019-11-17 15:48:10	255	0
Editar Copiar Borrar	31	111	2019-11-17 15:48:16	255	0
Editar Copiar Borrar	32	111	2019-11-17 15:49:05	255	0
Editar Copiar Borrar	33	111	2019-11-17 15:49:11	194	2
Editar Copiar Borrar	34	111	2019-11-17 15:49:17	255	2
Editar Copiar Borrar	35	111	2019-11-17 15:49:24	255	1
Editar Copiar Borrar	36	111	2019-11-17 15:49:45	255	11
Editar Copiar Borrar	37	111	2019-11-17 15:49:51	255	2
Editar Copiar Borrar	38	111	2019-11-17 15:49:58	255	2
Editar Copiar Borrar	39	111	2019-11-17 15:50:04	194	1
Editar Copiar Borrar	40	111	2019-11-17 15:50:25	255	17
Editar Copiar Borrar	41	111	2019-11-17 15:50:32	255	2
Editar Copiar Borrar	42	111	2019-11-17 15:50:38	255	2
Editar Copiar Borrar	43	111	2019-11-17 15:50:44	194	1
Editar Copiar Borrar	44	111	2019-11-17 15:51:06	255	0
Editar Copiar Borrar	45	111	2019-11-17 15:51:12	255	2
Editar Copiar Borrar	46	111	2019-11-17 15:51:18	255	2

Figura 92. Registros almacenados en la base de datos Dragino en el servidor externo.
Fuente: Autoría.

- Id_Sensor: Número identificativo de la cantidad de registros en la tabla del nodo recolector.
- Id_Nodo: Identifica el Id del nodo que está guardando la información.
- Fecha: Registro de la fecha y hora que el campo es almacenado en la tabla.
- Niv_Lluvia: Dato del sensor de presencia de lluvia.

- Niv_agua: Dato del sensor de nivel de agua.

5.4. Prueba de envío de datos ante la distancia más larga del nodo LoRa.

Para realizar el proceso de comprobación de envío de datos entre la puerta de enlace y el nodo recolector LoRa, se hace el cálculo de la distancia en Google Earth de los dos puntos establecidos. En la Figura 93 se hace la medición de la distancia entre los dos puntos, dando como resultado una distancia estimada de 684.19 metros, valor que abastece la distancia establecida por cada nodo en el capítulo 3 en la Tabla 22.

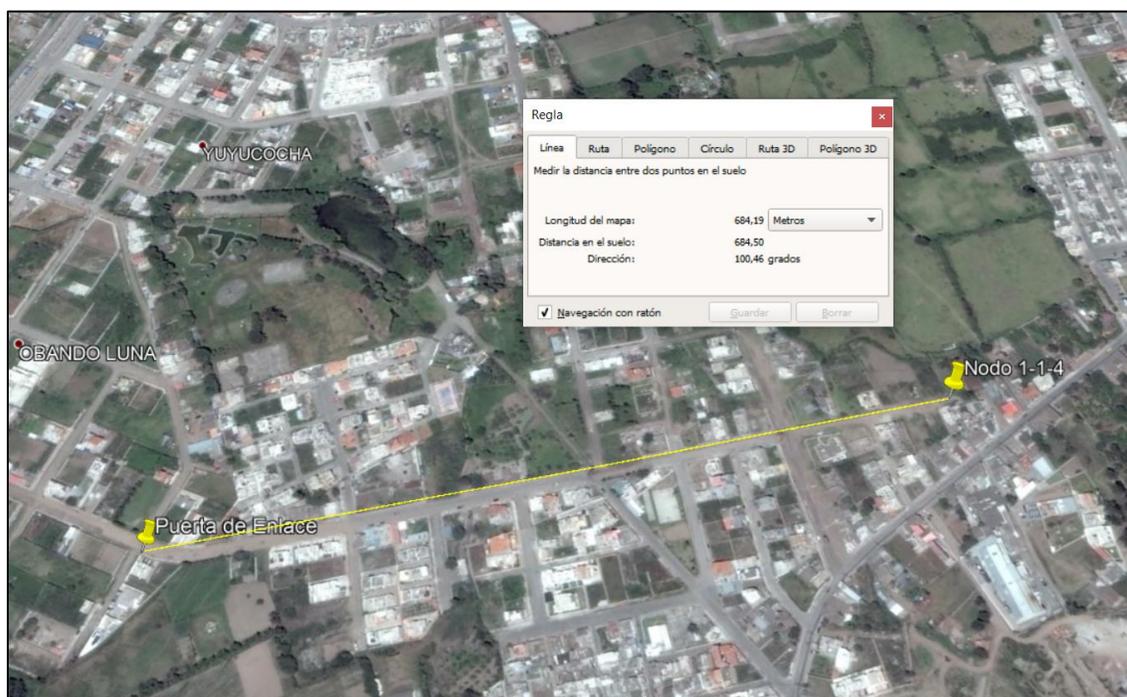


Figura 93. Distancia establecida entre el nodo recolector y la puerta de enlace.
Fuente: Autoría.

Una vez ubicado el nodo de forma manual, se procede a la recolección de información del nodo verificando que los valores lleguen hacia la puerta de enlace. En la Figura 94 se puede apreciar la línea de vista que existe entre el nodo 1-1-4 y la puerta de enlace.



Figura 94. Línea de vista del nodo 1-1-4 y la puerta de enlace.
Fuente: Autoría.

Los resultados obtenidos de la prueba de distancia entre el nodo 1-1-4 y la puerta de enlace se pueden apreciar en la Figura 95.

```
dragino-1b23e0 at 10.130.1.1
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 254% Nivel de agua = 106C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 254% Nivel de agua = 104C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 250% Nivel de agua = 104C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 255% Nivel de agua = 114C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 253% Nivel de agua = 104C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 253% Nivel de agua = 170C
ID = 114 :Valor Sensor de Lluvia = 253% Nivel de agua = 98C
```

Figura 95. Resultados obtenidos del nodo1-1-4 a 650m de distancia de la puerta de enlace.
Fuente: Autoría.

5.5. Verificación del Usuario.

La verificación del usuario ante posibles inundaciones se lo realiza en 2 secciones, el estudio del nivel de agua y la presencia de lluvia que presenta el sistema en la página web.

5.5.1. Verificación de presencia de lluvia.

Gracias al trabajo realizado por el nodo recolector mediante el sensor MH-RD YL-83 se puede medir la presencia de lluvia como se habló en el apartado 5.2.1.1. en el que se indica los rangos de medida que el dispositivo presenta, en la Figura 96 se puede apreciar los indicadores presentados en la página web para entendimiento del usuario.

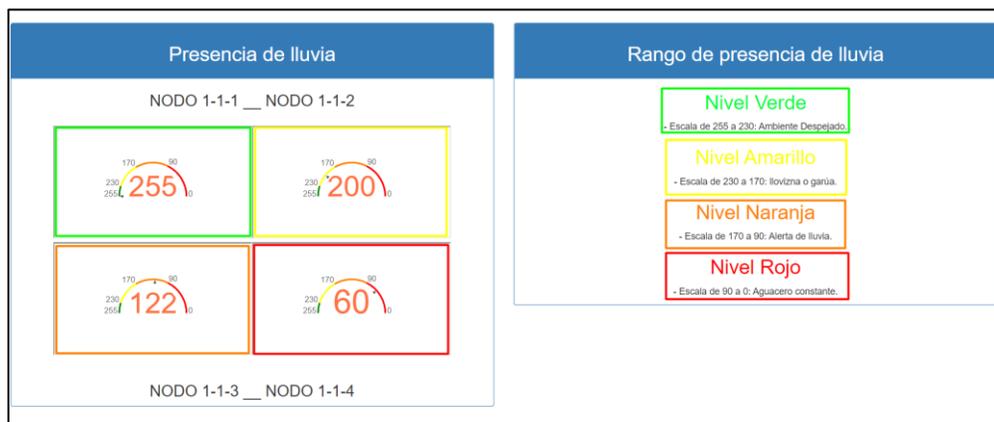


Figura 96. Indicadores de presencia de lluvia en la página web.
Fuente: Autoría.

Con los valores presentados anteriormente, se hace las pruebas de campo realizadas el día 27 de enero del 2020 en donde se recabo los valores por parte del nodo 1-1-1.

El nodo recolector se ubicó en la parte alta de la vivienda a las 10h00 de la mañana, con un nivel de batería del 90%, y la prueba terminó a las 19h00 logrando la medición de presencia de lluvia de la siguiente manera:

- En la Figura 97 se puede apreciar al nodo 1-1-1 bajo Ambiente despejado, es decir sin presencia de lluvia.



Figura 97. Nodo 1-1-1 en Ambiente Despejado.
Fuente: Autoría.

El resultado presentando en la página web ante un Ambiente despejado se puede evidenciar en la Figura 98, dato tomado desde las 10h00 hasta las 11h30.



Figura 98. Resultado 1: Ambiente Despejado.
Fuente: Autoría.

- En la Figura 99 se puede apreciar al nodo 1-1-1 bajo llovizna o garúa, con el cual el sensor empieza a variar sus valores.



Figura 99. Nodo 1-1-1 en Llovizna o garúa.
Fuente: Autoría.

En la Figura 100 se puede apreciar que el nodo 1-1-1 envió una variación de valores, presentando la información ante una llovizna o garúa, dato tomado a partir de las 11h40.



Figura 100. Resultado 2: llovizna o garúa.
Fuente: Autoría.

- En la Figura 101 se puede apreciar al nodo bajo lluvia constante, al momento que la lluvia empezó a aumentar su fuerza, el sensor emite valores que se mantienen dentro del rango de alerta de lluvia.



Figura 101. Nodo 1-1-1 ante alerta de lluvia.
Fuente: Autoría.

En la Figura 102 se puede apreciar como el nodo marca el nivel naranja entre los valores 170 a 90, cabe recalcar que los datos enviados ante presencia de lluvia deben estar dentro de la escala presentada. Datos tomados entre las 11h45 y las 12h30 del día.



Figura 102. Resultado 3: Alerta de lluvia.
Fuente: Autoría.

En la Figura 103 se puede apreciar un valor en el rango del nivel rojo, indicando un aguacero, a las 12h30, pero el valor solo duro 8 minutos ya que la lluvia aumento su fuerza y terminó de llover a las 12h38 minutos.



Figura 103. Resultado 4: Aguacero constante.
Fuente: Autoría.

5.5.2. Verificación de niveles de agua.

Mediante la verificación del hardware ante los niveles de agua que el sensor puede medir, se hace la presentación de los datos tomando en cuenta los niveles presentados en el capítulo 3.

5.5.2.1. Niveles de agua normales.

En este apartado se hace la presentación de los resultados del software ante cambios de niveles de agua tomados por el sensor. A continuación, en la Figura 104 se presenta el escenario de pruebas, donde se puede apreciar el nodo recolector de información ubicado a una altura de 3,5 metros sobre el lugar donde se encuentra el tanque de pruebas el cual contiene el sensor de nivel de agua conectado.



Figura 104. Escenario de pruebas de nivel de agua.
Fuente: Autoría.

En la Figura 105 se puede apreciar el valor del nodo 1-1-4 en el Nivel Verde, es decir que los niveles de agua se encuentran normales o aún no supera el rango considerado normal.



Figura 105. Nivel de Agua normal tomado por el nodo 1-1-4.
Fuente: Autoría.

En la Figura 106 se puede apreciar que el sensor de agua aún no se encuentra ante el contacto de agua para la respectiva medición.

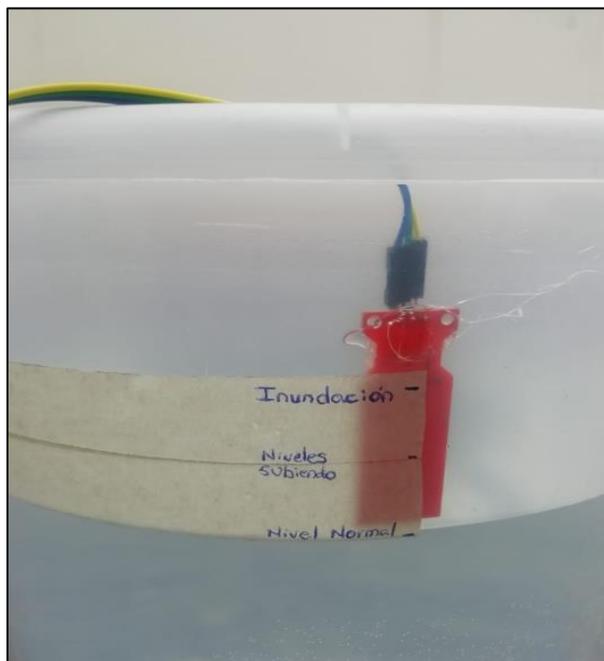


Figura 106. Nivel de agua Normal, Escenario 1.
Fuente: Autoría.

En la Figura 107 se presenta los resultados del nodo 1-1-4 en nivel Amarillo, es decir, que el nodo sensor se encuentra cubierto de agua hasta la zona perteneciente al segundo nivel del rango establecido.

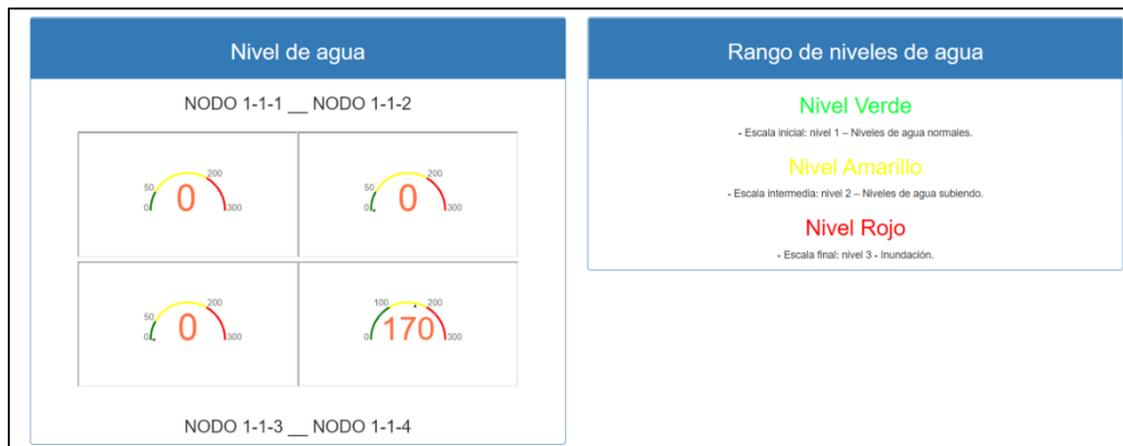


Figura 107. Nivel de Agua subiendo tomado por el nodo 1-1-4.

Fuente: Autoría.

De igual forma se presenta el escenario 2 en la Figura 108, donde se puede constatar el resultado visto anteriormente.

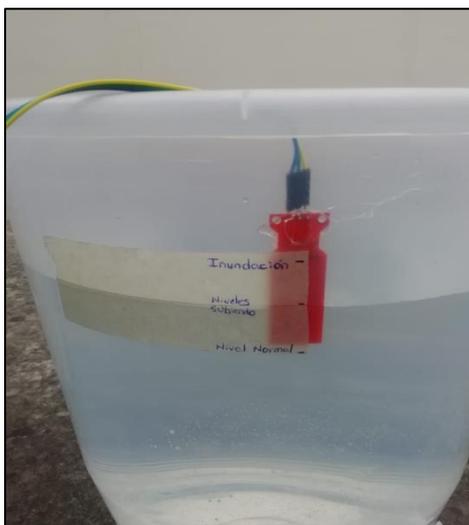


Figura 108. Nivel de agua subiendo, Escenario 2.

Fuente: Autoría.

El nivel crítico o nivel rojo, es el encargado de representar el nivel de agua ante una inundación, como se puede apreciar en la Figura 109 el valor de la variable del nodo 1-1-4 se encuentra entre el rango de 200 a 330, rango establecido ante una inundación.

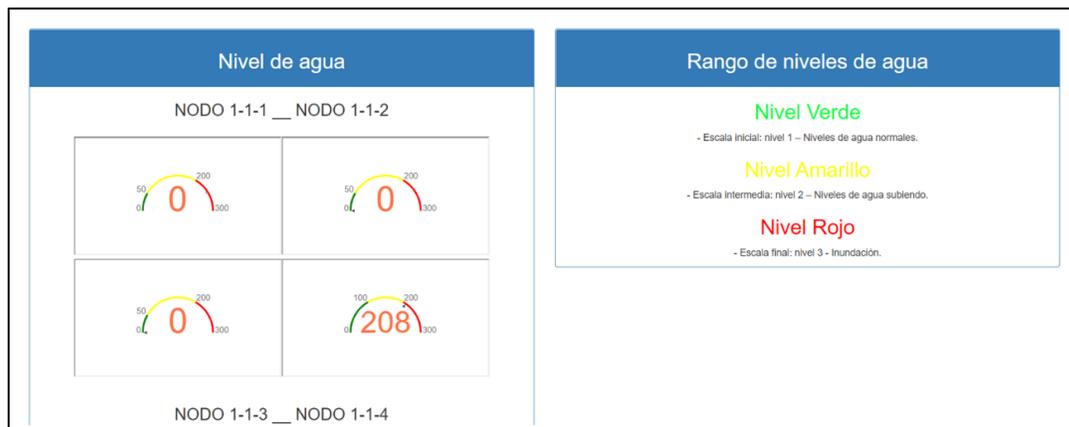


Figura 109. Inundación dato tomado por el nodo 1-1-4.

Fuente: Autoría.

Se hace la respectiva verificación del sensor, como se puede apreciar en la Figura 110.

Donde la zona de medición del sensor de nivel de agua se encuentra completamente sumergido.

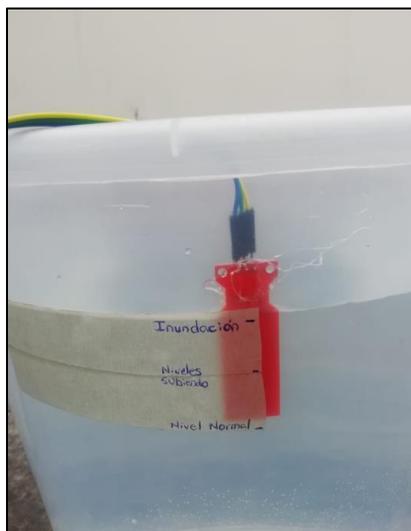


Figura 110. Inundación, Escenario 3.

Fuente: Autoría.

6. CAPÍTULO VI. Conclusiones y Recomendaciones.

6.1. Conclusiones.

Mediante un estudio realizado en la parroquia Andrade Marín en base a los datos informativos en los últimos 10 años, se concluye que las principales variables para el inicio de una posible inundación en el sector son la cantidad de lluvia y la saturación de agua en los canales de riego de cantón.

En el estudio mediante observación directa de la parroquia Andrade Marín, se pudo evidenciar 4 puntos vulnerables ante una posible inundación, ya que existen canales de riego que funcionan como desagües, saturando su capacidad ante una gran cantidad de agua producida por la lluvia.

La comunicación entre los nodos recolectores de información y la puerta de enlace Dragino se establece tomando en cuenta los 4 puntos vulnerables analizados, cubriendo distancias de 650 metros como punto más lejano aclarando que si existe línea de vista para su comunicación.

La topología estrella usada en el diseño de la red de sensores establece una comunicación dependiente del nodo principal ya que los dispositivos de tecnología LoRaWAN se desenvuelven de mejor manera en este escenario gracias a que al depender de una comunicación directa, los nodos no consumen energía como lo hace una red distribuida en topología Malla.

La presentación de los datos para demostrar el funcionamiento del sistema es bastante intuitiva ya que al medir cantidades de agua la representación es mucho más fácil alertar a los usuarios de los cambios de nivel de agua en tiempos de lluvia en la parroquia y el cantón.

Involucrar tecnología dirigida al Internet de las Cosas con el fin monitorear desastres naturales para un fin de estudio, alerta o toma de decisiones, está tomando bastante fuerza en el

país ya que mediante las herramientas apropiadas se puede presentar soluciones rápidas y eficientes.

6.2. Recomendaciones.

Para una buena comunicación inalámbrica a largas distancias, cubriendo grandes zonas de estudio, se debe establecer línea de vista de los dispositivos ya que la influencia de algún obstáculo en la red puede llevar a un rediseño de la misma en el proceso de desarrollo.

El uso de las hojas de datos de cada dispositivo electrónico debe ser una práctica necesaria antes de manipular los objetos, ya que al tener conocimiento de su funcionamiento se puede establecer un mejor trabajo de cada herramienta.

Para trabajar con sensores que trabajan con líquidos, en este caso agua, se debe tener paciencia y precisión para su calibración, ya que el agua y la lluvia son variables muy inestables, pero no imposibles de medir.

La presentación de los datos de un sistema de este tamaño se recomienda usar dominios web pagados, ya que la información recolectada y presentada es muy importante y valiosa para el desarrollador del proyecto.

Al trabajar con tecnología LoRa WAN se debe tener en cuenta que existe un sin número de modelos que trabajan y se apegan a las necesidades de cada proyecto, tomando en cuenta que cada uno de los modelos se configuran de diferente forma, pero con el mismo sentido de trabajo.

Para un mejor rendimiento de la puerta de enlace Dragino, se establece que la presentación de los datos se realice en plataformas compatibles con LoRaWAN, ya que así el dispositivo evita realizar trabajos de posteo en dominios Web.

Para optimizar el consumo de energía de los nodos recolectores dependientes de un banco de baterías se recomienda establecer las Clases de configuración de los dispositivos apeándose más a lo que el proyecto se centre.

7. Referencias

- Aakvaag, N. (2 de Abril de 2016). *Red De Sensores Inalámbricos*. Obtenido de Red De Sensores Inalámbricos: http://www.materialelectrico.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631_SPA72dpi.pdf
- Berni, G. (Junio de 2014). *IEEE Transactions on Communications*. Obtenido de IEEE Transactions on Communications: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=26>
- Bustos, A. (30 de Julio de 2018). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13875>
- Casanova, M. A. (Mayo de 26 de 2018). *Alfa-IoT*. Obtenido de Alfa-IoT: <http://www.alfaiot.com/index.php/es/2018/05/26/que-es-lora/>
- Castells, D. (30 de Noviembre de 2018). *Arxiv*. Obtenido de Arxiv: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1812/1812.00031.pdf>
- Delfino, A. (22 de 12 de 2016). *Fing.edu*. Obtenido de Fing.edu: https://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes-old/fce/net-te/Ingenieria_de_Trafico_en_Redex_MPLS.pdf
- Duplika. (15 de 06 de 2014). *Duplika*. Obtenido de <https://duplika.com/que-es-el-hosting/>
- EDMANS. (29 de Mayo de 2014). *Universidad de la Rioja*. Obtenido de Universidad de la Rioja: https://www.researchgate.net/publication/260265697_Redex_Inalambricas_de_sensores_teoría_y_aplicación_práctica
- El Comercio. (8 de Mayo de 2018). Daños en ocho provincias por las lluvias. *Diario EL Comercio*.
- Engst, A., & Fleishman, G. (s.f.). *Introducción a las Redes Inalámbricas*. Anaya Multimedia.
- ESACADEMIC. (JUNIO de 2017). Obtenido de ESACADEMIC: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1036401>
- Evans, D. (2011). *Internet de las cosas Cómo la próxima evolución del Internet lo cambia todo*. California.
- García, R. P. (5 de Febrero de 2017). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA*. Obtenido de <https://www.upc.edu/es>
- Gaybor, M. A. (3 de Agosto de 2018). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/44445?show=full>
- Goez, D. (23 de junio de 2015). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/26755803/Servicios-NGN>
- González, A. (28 de 10 de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/SSH_File_Transfer_Protocol

- González, R. (20 de Noviembre de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/randolgonzalez/qos-sobre-atm>
- IETF. (Abril de 2006). *IETF-RFC*. Obtenido de IETF-RFC: <https://tools.ietf.org/html/rfc4460>
- INEC. (2017). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Jacobs, D. B. (21 de Octubre de 2014). *DataCenter*. Obtenido de DataCenter: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Control-de-redes-planos-dinamicos-mas-simples-con-MPLS-TP-y-SDN>
- JOEL, C. F. (20 de 03 de 2014). *Monografias.com*. Obtenido de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones2.shtml>
- La Hora. (9 de Mayo de 2018). Antonio Ante, uno de los cantones más afectados por las lluvias. *Diario la Hora*.
- Ordóñez, J. L. (20 de Junio de 2017). *Acta*. Obtenido de Acta: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Acción sanitaria en las crisis humanitarias*. Obtenido de Inundaciones: <http://www.who.int/hac/techguidance/ems/floods/es/>
- Ortega, R. B. (10 de Octubre de 2013). *Modulación en Telecomunicaciones*. Obtenido de Modulación en Telecomunicaciones: https://prezi.com/mwrwxwl_k554/modulacion-en-telecomunicaciones/
- Pérez, F. A. (11 de 07 de 2017). *Universidad Inca Garcilaso de la Vega*. Obtenido de <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/187/193>
- Quintero, H. M. (Junio de 2016). *Universidad Distrital de Colombia*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4655/1/CainaLopezFranklinJohvany2016.pdf>
- Sánchez, A. M. (Julio de 2018). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107791/MUNERA%20-%20Modelado%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20tecnolog%C3%ADa%20Sigfox%20para%20NS3..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2016). “*Garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico*”. Obtenido de Misión: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Szymanczyk, O. (12 de Junio de 2014). *Szymanczyk*. Obtenido de <http://www.oscarszymanczyk.com.ar/documentos/ANEXO%2012.pdf>
- Vásquez, F. (11 de Noviembre de 2015). *Monografias*. Obtenido de Monografias: <https://www.monografias.com/trabajos82/calidad-servicios-y-atm/calidad-servicios-y-atm2.shtml>
- Arduino. (2016). IDE Arduino | Aprendiendo Arduino. Retrieved October 6, 2019, from <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>
- Carlos Ochoa. (2013). ¿Qué tamaño de muestra necesito? Retrieved September 11, 2019, from <https://www.netquest.com/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito>
- Casanova. (2016). ▷ ¿Qué es LoRa? 【AlfaIoT España】 . Retrieved October 6, 2019, from <https://alfaiot.com/blog/ultimas-noticias-2/post/que-es-lora-2>
- Ferrer, V. (2018). Qué es Sigfox - ¿Como funciona esta red IOT? Usos y casos de éxito. Retrieved November 13, 2019, from <https://vicentferrer.com/sigfox/>
- Giraldo, M., & Julieth, D. (2019). *Desempeño de una WSN y simulación de la pérdida de paquetes y latencia*. Guayaquil.

- Gluppi. (2018). Todo lo que necesitas saber sobre redes inalámbricas. Retrieved November 10, 2019, from <https://gluppi.com/redes-inalambricas/>
- Gustavo B. (2019). ¿Qué es Apache? Descripción completa del servidor web Apache. Retrieved October 12, 2019, from <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-apache/>
- IDCAPT. (2017). Tecnología BLE - IDcapt. Retrieved November 14, 2019, from <https://www.idcapt.com/es/tecnologia-ble#tech-ble>
- IONOS. (2019). Tipos de redes informáticas| WAN, LAN, MAN y GAN - IONOS. Retrieved November 10, 2019, from <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/los-tipos-de-redes-mas-conocidos/>
- La Hora. (2019). Las lluvias causan los primeros estragos en Imbabura : Noticias Imbabura : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. Retrieved October 28, 2019, from <https://www.lahora.com.ec/imbabura/noticia/1102274937/las-lluvias-causan-los-primeros-estragos-en-imbabura>
- Libelium. (2015). Libelium agrega LoRaWAN para una compatibilidad total con las redes de ciudades inteligentes | Libelio. Retrieved November 13, 2019, from <http://www.libelium.com/lorawan-waspmote-868-europe-900-915-us-433-mhz-asia-lora/>
- Matooma. (2018). El universo del M2M y del IoT. Retrieved November 13, 2019, from <https://www.matooma.com/es/informarse/universo-del-m2m-iot>
- OAS. (2017). ¿Qué son las amenazas naturales? Retrieved October 4, 2019, from <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea57s/ch005.htm>
- Perez, E. (2018). LoRaWAN - Exploración de aplicaciones usando tecnología LoRa - Medium. Retrieved November 15, 2019, from <https://medium.com/pruebas-de-laboratorio-de-la-modulacion-lora/lorawan-d00f48384160>
- Pickering, P. (2017). Descripción general de la plataforma LoRa | DigiKey. Retrieved November 15, 2019, from <https://www.digikey.es/es/articulos/techzone/2017/jun/develop-lora-for-low-rate-long-range-iot-applications>
- Ramírez, & Díaz. (2012). *Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas*. 5. Retrieved from <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/redes2008-2.pdf>
- Rouse. (2015). ¿Qué es MySQL? - Definición en WhatIs.com. Retrieved October 6, 2019, from [https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL#targetText=MySQL es un sistema de, incluyendo Linux%2C UNIX y Windows.](https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL#targetText=MySQL%20es%20un%20sistema%20de%20operaciones%20que%20incluye%20Linux%20y%20Windows)
- Salazar. (2016). *Redes Inalámbricas* (p. 40). p. 40. Retrieved from https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- ThingSpeak. (2016). ThingSpeak, Plataforma Gratuita para la Internet de las Cosas. Retrieved October 12, 2019, from <https://descubrearduino.com/thingspeak/>
- Wordpress. (2017). Topología estrella – Clasificación De Las Redes. Retrieved October 1, 2019, from <https://clasificaciondelasredesblog.wordpress.com/2017/05/09/topologia-estrella/>
- Yan Cerro. (2015). Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) - Redes Inalámbricas. Retrieved September 25, 2019, from <https://sites.google.com/site/redesinalambricas3/tipos-de-redes-inalambricas/wi-fi>

Anexo 1. Formato de Encuesta y Tabulación de Resultados

Encuesta dirigida a la población de la parroquia de Andrade Marín en el cantón Antonio Ante, con el fin de recabar información social acerca de los fenómenos naturales que han afectado al sector, y el conocimiento de los daños que han afectado las inundaciones al igual de conocer la opinión de la ciudadanía con respecto a un sistema de alerta temprana ante posibles inundaciones.

- DATOS PERSONALES.

Edad: _____.

Sexo: Masculino (_____) Femenino (_____) **Marque con un.** ()

Dirección: _____.

ENCUESTA

1. Tiene conocimiento de los fenómenos naturales que ha sufrido Andrade Marín y Atuntaqui en los últimos 4 años. Ejemplo. (Inundaciones, Deslaves, Sequia, etc.).

- SI
- NO

2. Qué tipo de fenómeno natural ha sido de mayor impacto en los últimos 4 años.
(Seleccione las respuestas que crea conveniente)

- Incendios
- Inundaciones
- Erupciones Volcánicas
- Sequia

3. ¿Cree usted que las inundaciones en el sector han afectado económicamente a los moradores?

- SI

- NO
4. Cree usted que entidades públicas como bomberos o policía etc. Deben avisar a la comunidad que puede haber posibles inundaciones.
- SI
 - NO
5. Cuál cree usted que es la principal razón por la que ha existido inundaciones en el cantón de Antonio Ante. (Seleccione las respuestas que crea conveniente)
- Fuertes Lluvias
 - Saturación de alcantarillado
 - Desbordamiento de acequias
 - Acumulación de agua
 - Geografía del lugar
6. Usted considera factible establecer un sistema de monitorización de inundaciones en su sector con el fin de prevenir posibles fenómenos.
- SI
 - NO
7. Si su respuesta es positiva, cree que el sistema de prevención de inundaciones podría ayudar a los ciudadanos a activar un plan de emergencia en caso de darse la inundación
- SI
 - NO
8. Le gustaría saber mediante una página Web, en caso de fuertes lluvias, revisar si el sector esta propenso a una inundación.
- SI

- NO
9. De que otra forma le gustaría que el Sistema de Monitoreo, informe a la comunidad, como a las autoridades de una posible inundación. (Seleccione las respuestas que crea conveniente)
- Página WEB o app Móviles
 - Alarma Comunitaria
 - Vía telefónica.
- Tabulación de Resultados.

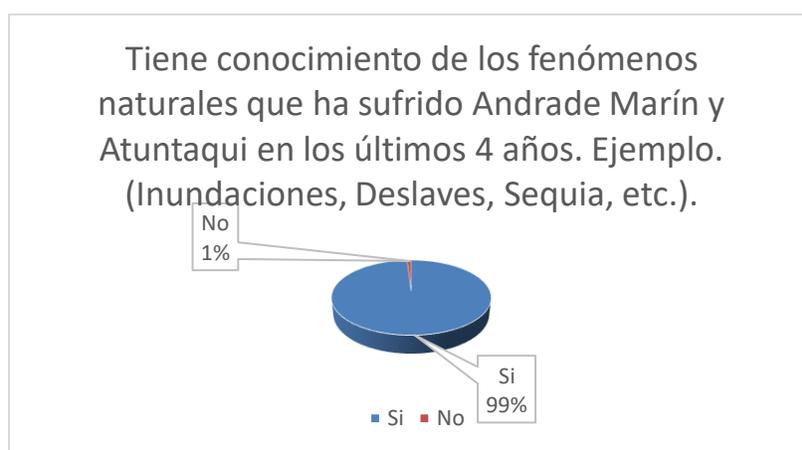


Figura 111. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 1
Fuente: autoría.

El resultado en la pregunta 1, indica que el 99% de la población encuestada tiene conocimiento de los fenómenos naturales que han afectado a la parroquia de Andrade Marín a nivel general. Esto indica que la población está consciente de los desastres naturales que ha sufrido el sector.

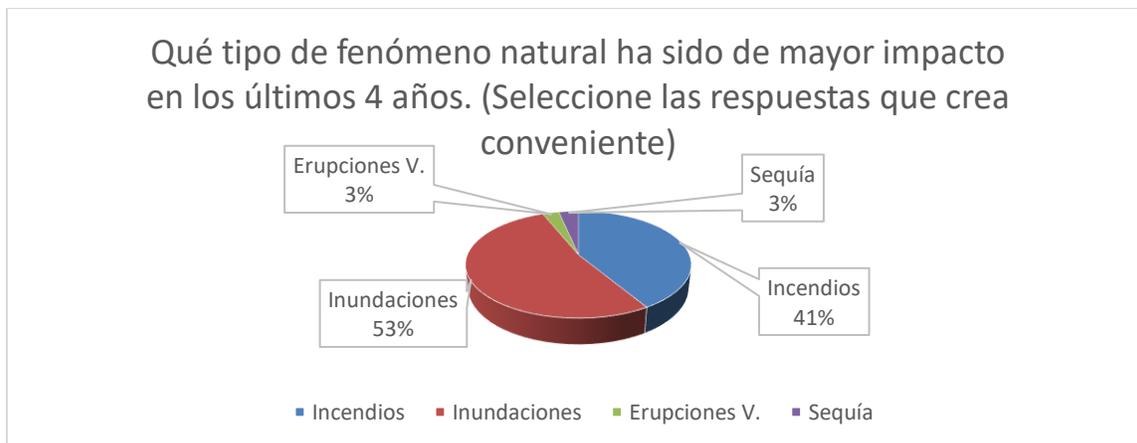


Figura 112. Gráfica de Encuesta de Análisis - Pregunta 2`
Fuente: Autoría.

El resultado en la pregunta 2 indica el tipo de fenómenos naturales que ha sufrido el sector de Andrade Marín, el 53% de los encuestados indican que las inundaciones han afectado el sector con mayor impacto en los últimos 4 años, seguido por incendios con un 41%, del mismo modo se ha notado un porcentaje del 3% en erupciones volcánicas y sequía.

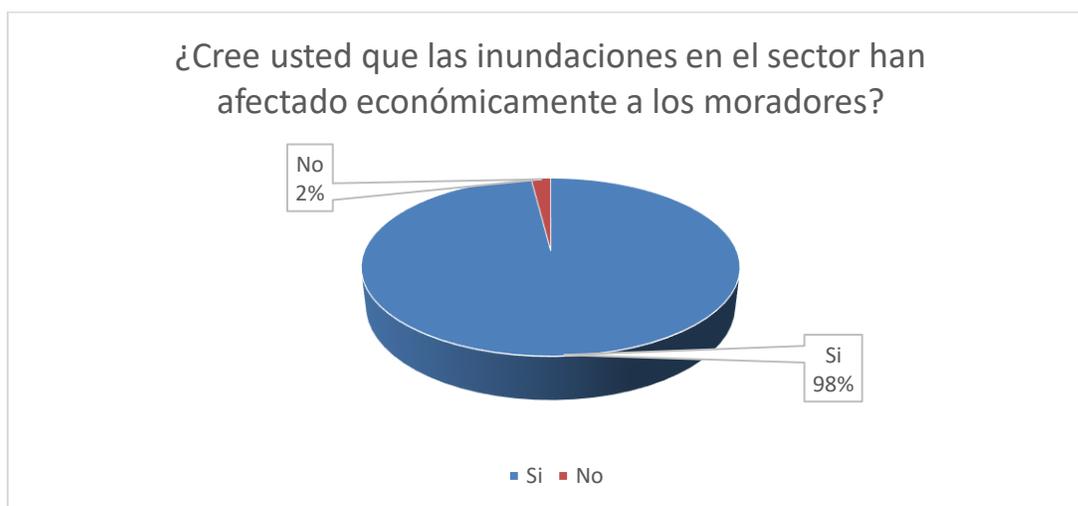


Figura 113. Gráfica de Encuesta de Análisis - Pregunta 3
Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 3 tomando en cuenta las inundaciones como un fenómeno natural que ha afectado a la población de Andrade Marín, el 98% de la población asegura que los

daños causados por las inundaciones han sido de forma estructural afectando directamente a la economía del ciudadano.

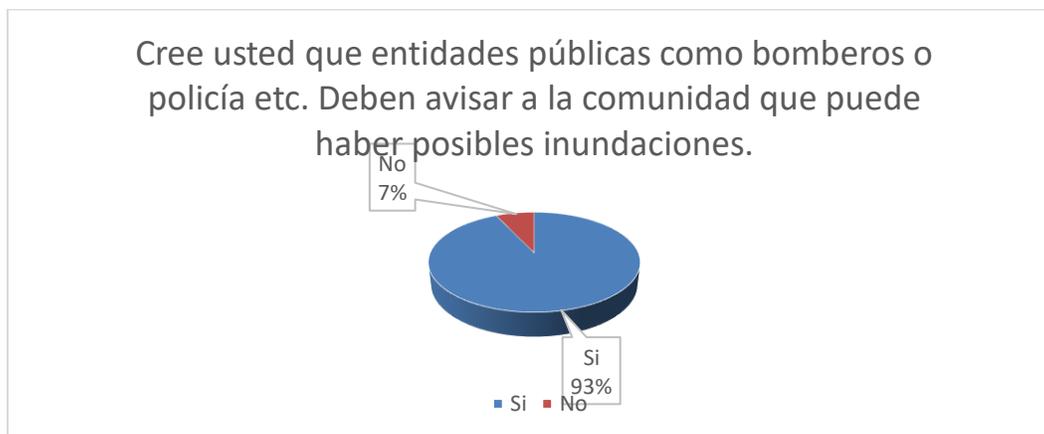


Figura 114. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 4

Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 4 indica que las entidades públicas como GAD Municipal, bomberos o la policía nacional deben informar a la población ante una posible inundación con un 93% de encuestados a favor y un 7% en contra considerando que las entidades no tienen las herramientas para realizar dicho proceso ante un desastre natural.

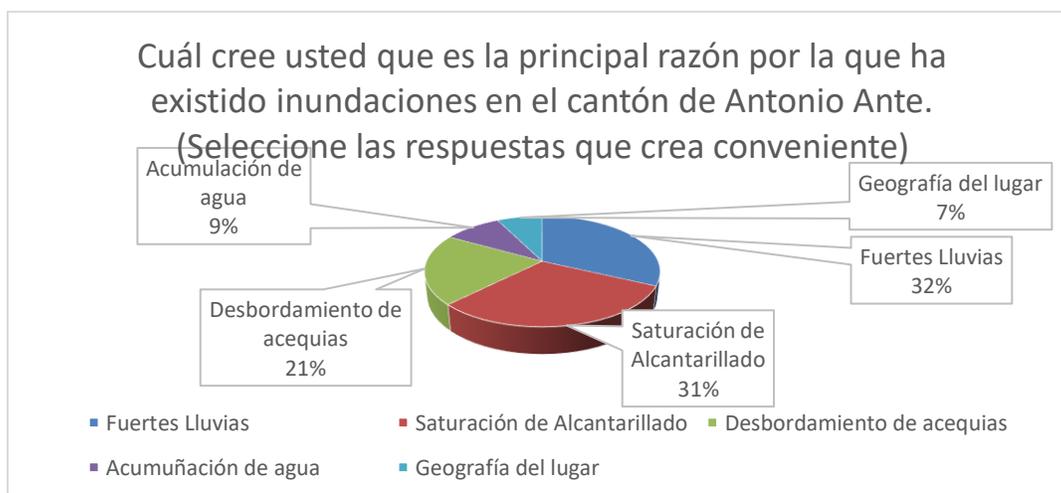


Figura 115. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 5

Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 5 indica las razones por las que los encuestados creen que se han producido las inundaciones en el sector, el 32% de los encuestados afirman que la principal causa de las inundaciones es por las fuertes lluvias encadenando la saturación del alcantarillado del sector con 31% de afirmación. De igual forma el 21% afirma que el desbordamiento de acequias es un factor importante al momento de producirse inundaciones. El 9% de encuestados coincide que la acumulación de agua en ciertos sectores por basura u obstrucciones en los desagües son causa de inundaciones y el 7% de encuestados cree que la geografía del lugar es la principal causa de posibles inundaciones en el sector.

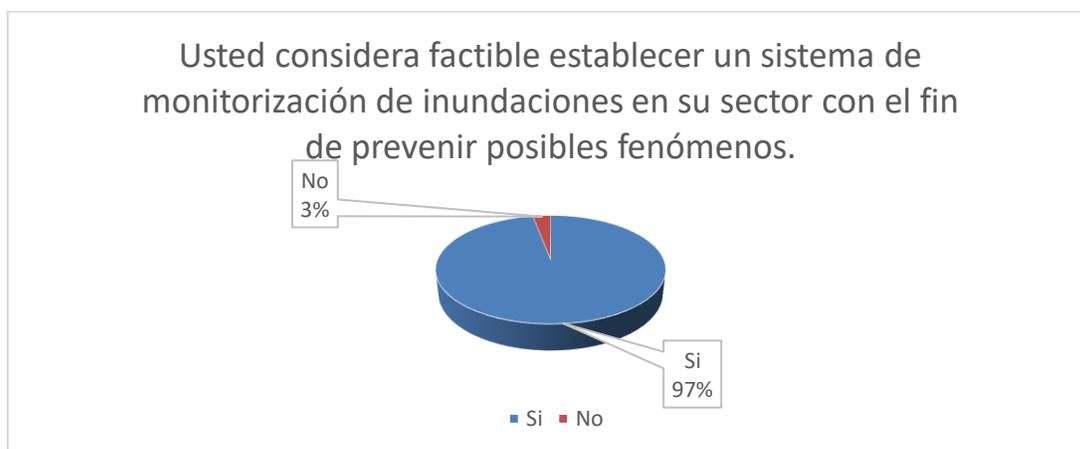


Figura 116. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 6
Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 6 indica que en un 97% de los encuestados del sector afirma que es factible un sistema que permita prevenir a los ciudadanos una posible inundación. Los encuestados creen que al ser un fenómeno natural no se puede controlar de forma directa, pero si se puede prevenir y disminuir los daños y los peligros que las inundaciones pueden causar.

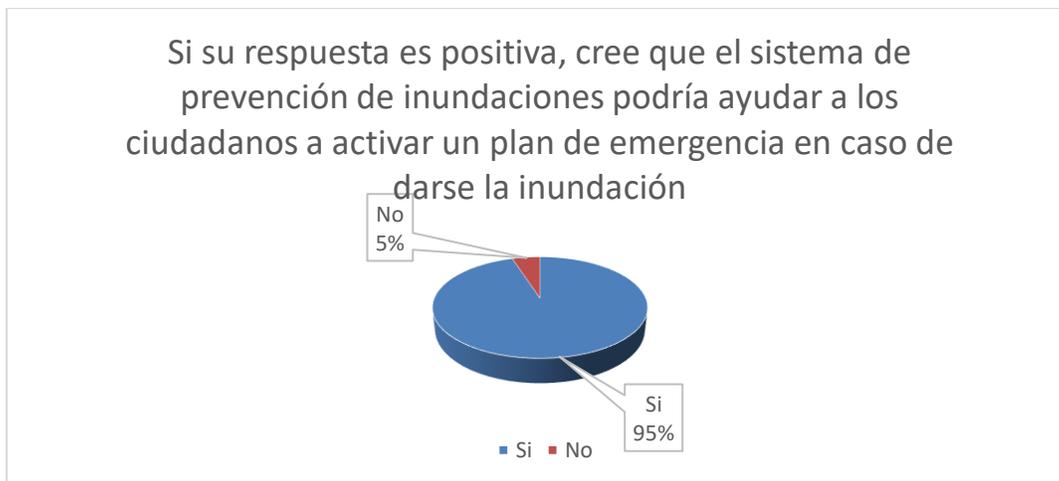


Figura 117. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 7
Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 7 indica que un sistema de prevención de inundaciones nombrado en la pregunta 6 es factible con el fin de alertar a los ciudadanos y seguir el plan de contingencia que el GAD aplique ante estos posibles desastres. El 95% de la población del sector está de acuerdo con el sistema de alerta ante inundaciones.

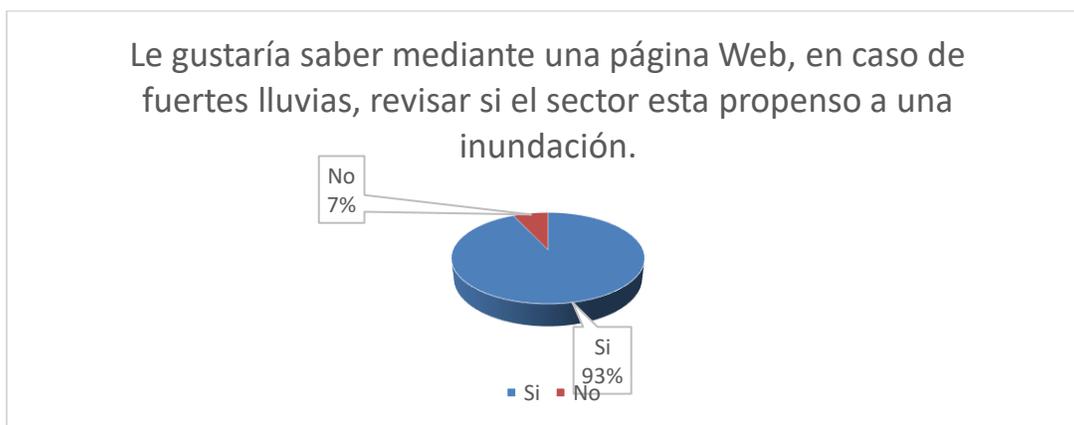


Figura 118. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 8
Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 8 a los encuestados tiene un 93 % a favor de recibir las alertas del sistema de inundaciones mediante una página Web, ya que todos los afectados directa e

indirectamente pueden consultar los datos y verificar los posibles cambios de valores poniendo en alerta a las personas con el fin de prevenir daños ante posibles inundaciones.

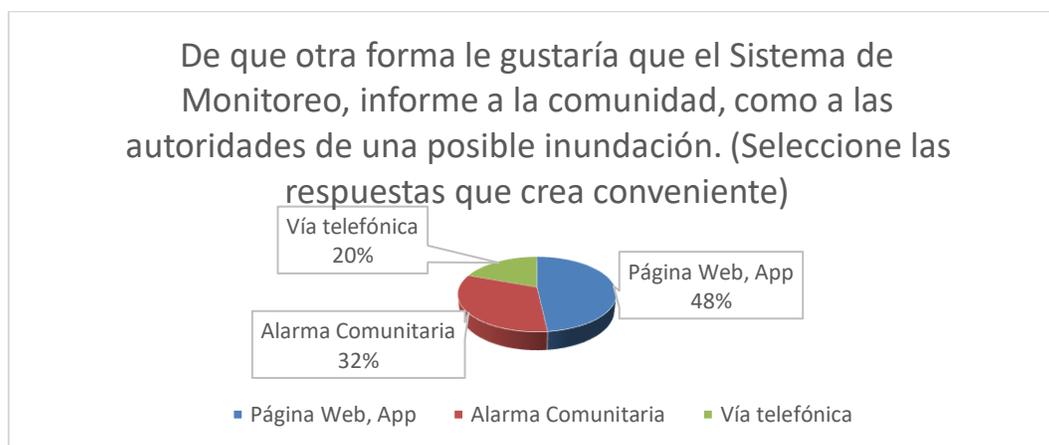


Figura 119. Grafica de Encuesta de Análisis - Pregunta 9
Fuente: Autoría.

El resultado de la pregunta 9 indica que el 48% de los encuestados opinan que las alertas mediante una página web o aplicaciones móviles ante una posible inundación puede ser de gran ayuda, ya que así todos los posibles afectados pueden estar alerta ya sea que no se encuentren en el sector como los que si se encuentran en el mismo. El 32% de los encuestados opina que una alarma comunitaria podría ser la solución, pero consideran que la página web y las aplicaciones móviles son más versátiles tomando en cuenta el punto de los ciudadanos que conforman el grupo de 48%. De igual forma el 20% de los encuestados opina que una llamada telefónica podría ser la solución, pero con ciertas desventajas ya que los afectados son en un gran número, y realizar una llamada a cada uno de ellos no sería factible.

Anexo 2. Plan de Contingencia ante inundaciones dirigido al municipio de Antonio Ante.

**PLAN DE
CONTINGENCIA
ANTE INUNDACIONES**
Municipio de Antonio Ante

**PROPUESTA UNIVERSITARIA
MARZO 2020**

Elaborado por:
Leandro Felipe Noguera Lomas.
Universidad Técnica del Norte.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	160
1.1. Instituciones de Respuesta.....	160
1.2. Presentación.....	160
1.3. Aspectos Generales.....	161
1.3.1. Marco Territorial.....	161
2. Marco Legal.....	165
2.1. Artículos de la constitución con elementos de gestión de riesgos de emergencias y desastres.	166
2.2. Objetivos.....	167
2.2.1. General.....	167
2.2.2. Específicos.....	167
3. Descripción de Escenarios.....	169
3.1. Escenarios de Riesgo.....	169
3.1.1. Causa de las inundaciones y deslizamientos.....	169
3.2. Capacidades, Talento Humano y Recursos Existentes.....	172
3.2.1. Acciones y coordinaciones.....	174
3.2.2. Comité de Operaciones de Emergencia Cantonal (COEC).....	175
3.3. Protocolos y procedimientos complementarios al Plan a la respuesta.....	177
3.3.1. Monitoreo.....	177
3.4. Declaratoria de Alerta.....	178
3.5. Acciones de Respuesta según la Alerta.....	178

	158
3.5.1. Acciones del COE Cantonal.	179
3.5.2. Acciones de respuesta Mesa de Acceso y distribución del agua.	181
3.5.3. Acciones de respuesta Mesa de Salud, evaluación, evacuación, búsqueda y rescate. 183	
3.5.4. Acciones de respuesta Mesa de Seguridad.	185
3.6. Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades.	187
3.6.1. Habilitación de Albergues.....	188
3.6.2. Distribución de Asistencia Humanitaria.	189
3.7. Seguimiento evaluación y actualización del Plan.....	189
3.8. ANEXOS DE PLAN DE CONTINGENCIA.....	191
3.9. GLOSARIO.....	193

ASPECTOS GENERALES

Municipio de Antonio Ante

- **Introducción**

El cantón Antonio Ante se encuentra ubicado al noroeste en la provincia de Imbabura a 101,5 km desde Quito capital del país y a 10,7 km de su cabecera provincial Ibarra.

Determina su relieve una larga llanura ubicada a lo largo de las faldas del volcán Imbabura, se caracteriza por tener suelos irregulares con grandes pendientes lo que provoca que el suelo frágil erosione y se produzcan deslizamientos de tierra. (EcuRed, 2014)

En el cantón se registran varias afectaciones en cultivos, daño en vías, viviendas inundadas y afectación en el turismo debido al fuerte temporal invernal, hechos que ocasionan pérdidas económicas y riesgos altos en la población.

- **1.1. Instituciones de Respuesta.**

- GAD Antonio Ante
- Cuerpo de Bomberos de Antonio Ante
- Jefatura Política del Cantón
- Policía Nacional acantonada en Antonio Ante
- Ministerio de Salud Pública-Subcentro de Salud de Antonio Ante
- Secretaria Provincial de Gestión de Gestión de Riesgos
- Instituciones Privadas
- Presidente del Comité de Gestión de Riesgos
- Ing. Rolando López ALCALDE DEL CANTÓN
- Unidad Municipal de Gestión de Riesgos

- **1.2. Presentación.**

El cantón Antonio Ante registra eventos adversos como deslizamientos de tierra, desbordamiento de acequias, inundaciones por presencia de fuertes lluvias lo que provoca que la calidad de vida de los habitantes, así como su situación socioeconómica se vean afectadas. (INAMHI, 2017)

Por lo que, de acuerdo con las leyes y reglamentos vigentes, el gobierno municipal se encuentra en preparación para que los efectos del fuerte temporal invernal sean mitigados, y evitando así que la población se vea afectada por la dureza del invierno.

Es necesario que todas las instituciones públicas, privadas y organizaciones sociales del cantón contribuyan, para reducir los impactos negativos que podrían desencadenarse por la presencia de fuertes lluvias.

1.3.Aspectos Generales.

En el plan de contingencia se cuenta con información acerca de aspectos sociales, organizativos y económicos que son importantes al momento de analizar los riesgos y la respuesta ante desastres naturales que se presentan en el cantón.

1.3.1. Marco Territorial.

El cantón Antonio Ante está ubicado en la provincia de Imbabura, cuenta con una superficie de 79 Km², Figura 120. Cuenta con tierra fértil para la producción de cereales y legumbres y un clima agradable que ha permitido que sea considerado “El granero de Imbabura”. (INEC, 2015)

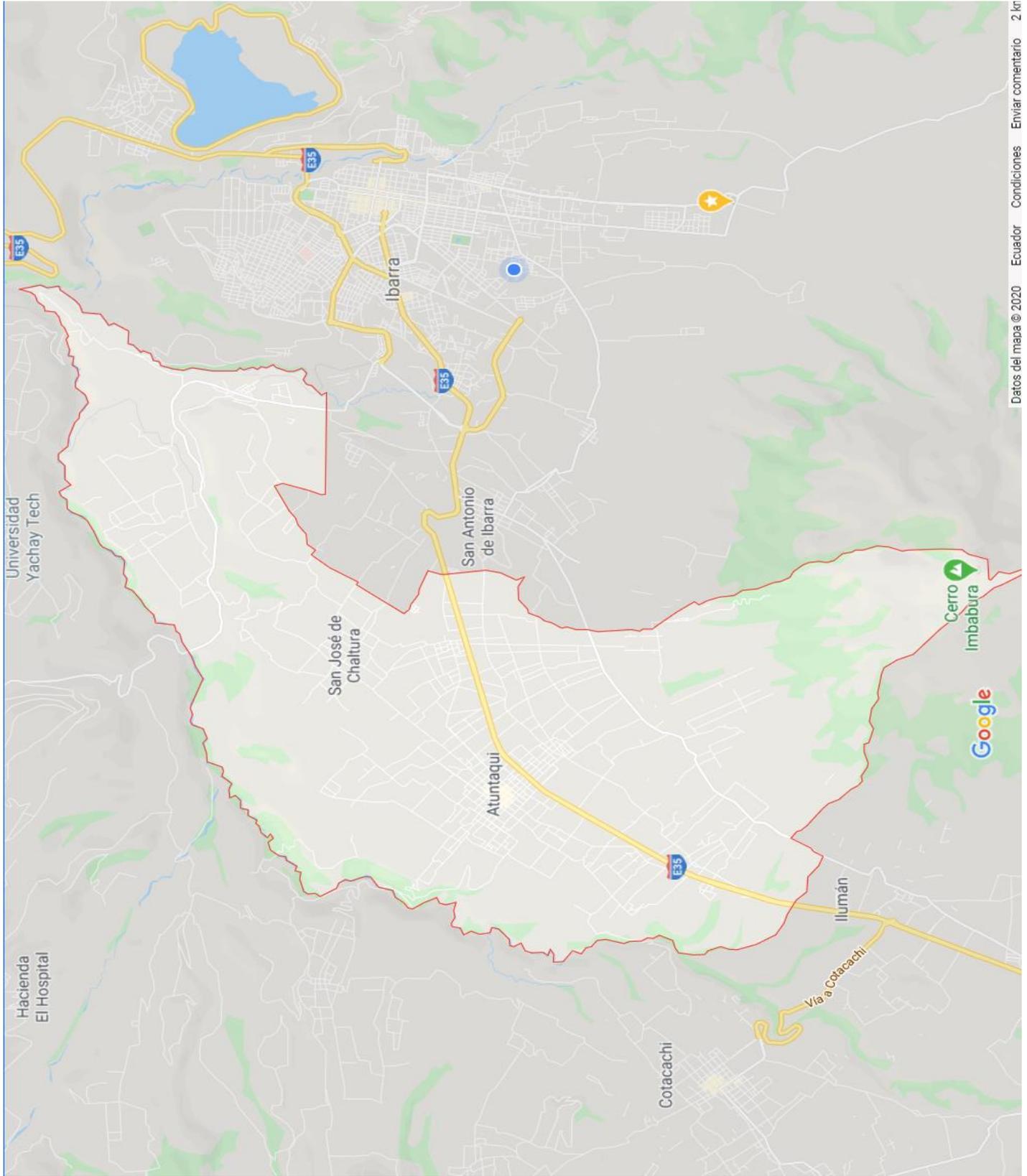


Figura 120. Marco Territorial del cantón Antonio Ante. Fuente: Google Maps

1.3.2. Datos Generales.

Fecha de creación: 2 de marzo de 1938

Cabecera cantonal: Atuntaqui

Extensión: 79 km²

Población: 45184 habitantes

Altitud: 2360 msnm

Climas: subtropical y templado

Temperatura media anual: 24°C

Precipitación anual: de 600 a 2000 mm (INEC, 2015)

1.3.3. Características Demográficas.

El cantón Antonio Ante tiene 45184 habitantes que representan el 10,5% del total de la población de la provincia de Imbabura, la población urbana es de 17775 habitantes que representan el 39,33% de la población total del cantón. En el sector rural viven 18278 personas, que representan el 40,45% de la población. Cuenta con una población femenina de 17473 y masculina de 18580.

MARCO LEGAL
CONSTITUCIÓN DE LA RÉPÚBLICA
DEL ECUADOR

Municipio de Antonio Ante

8. Marco Legal.

Con el fin de dar a conocer el marco legal que abarca la Gestión de Riesgos en el Ecuador es necesario referirse a los documentos constitucionales y jurídicos que la sustentan, siendo estos:

- ✓ La Constitución de la República del Ecuador
- ✓ La Ley de Seguridad Pública y del Estado
- ✓ El Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado
- ✓ El Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomías y Descentralización (COOTAD).
- ✓ El Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP)
- ✓ Plan Nacional de Desarrollo para el “Buen Vivir”
- ✓ Ley Orgánica del Sistema Nacional de Compras Públicas. (Constituyente, 2008)

En cuanto al mandato constitucional, es pertinente señalar que en el Ecuador la Gestión de Riesgos es Política Pública (artículos 389 y 390 de la Constitución de la República del Ecuador), esto marca la posibilidad de organizar sus políticas nacionales y sectoriales en función de este mandato a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

En el Título VII (Régimen del Buen Vivir) – Capítulo Primero (Inclusión y Equidad), el artículo 340 de la Constitución de la República del Ecuador, sobre inclusión y equidad social establece la existencia de un “Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social como el conjunto articulado y coordinado de sistemas, instituciones, políticas, normas, programas y servicios que aseguran el ejercicio, garantía y exigibilidad de los derechos reconocidos en la Constitución y el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo...”

En el mismo Título VII (Régimen del Buen Vivir) – Sección Novena (Gestión de Riesgos), el artículo No. 389 dispone que: “El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad”. (wipo, 2010)

El artículo No. 390 de la Constitución señala que: “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las

instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”.

El artículo 397 de la Constitución de la República del Ecuador, sobre naturaleza y ambiente, en su numeral 5, señala que para el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: “Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales (refiriéndose a desastres de origen natural), basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad”. (wipo, 2010)

1.4. Artículos de la constitución con elementos de gestión de riesgos de emergencias y desastres.

Adicionalmente a los artículos expuestos es importante señalar que sobre el Régimen de Competencias (en el Título V sobre la organización territorial del Estado) de los diferentes niveles territoriales de gobierno, la Constitución del Ecuador establece:

Artículo 261, numeral 8, señala entre otras la competencia exclusiva del Estado sobre los desastres naturales. (Refiriéndose a los desastres de origen natural). (wipo, 2010)

Artículos 264 y 266 señalan las competencias de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y de los Distritos Metropolitanos, en las cuales se resaltan acciones referentes a los riesgos y su manejo, como lo expresa el numeral 13 del artículo 264 que señala la competencia municipal sobre la “gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios”.

También es importante señalar que en el Título VII (Régimen del Buen Vivir) - Sección Cuarta (Hábitat y vivienda) el artículo 375 dispone que:

“El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual (entre otros):

- Generará la información necesaria para el diseño de estrategias y programas que comprendan las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento y gestión del suelo urbano.

- Elaborará, implementará y evaluará políticas, planes y programas de hábitat y de acceso universal a la vivienda, a partir de los principios de universalidad, equidad e interculturalidad, con enfoque en la gestión de riesgos. (wipo, 2010)
- Mejorará la vivienda precaria, dotará de albergues, espacios públicos y áreas verdes, y promoverá el alquiler en régimen especial.
- Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos.
- Garantizará y protegerá el acceso público a las playas de mar y riberas de ríos, lagos y lagunas, y la existencia de vías perpendiculares de acceso”.

1.5.Objetivos.

En este apartado se presenta los objetivos ante el desarrollo de un plan de contingencia ante inundaciones en el periodo invernal en la parroquia Andrade Marín en el cantón Antonio Ante.

1.5.1. General

Salvaguardar la vida y bienestar de la población y reducir los impactos y pérdidas que puedan ocasionar los eventos adversos fortuitos en el cantón, optimizando la organización para obtener una respuesta eficiente y eficaz ante un evento adverso.

1.5.2. Específicos

- Identificar las zonas de riesgo del cantón, con la finalidad de reducir la vulnerabilidad de los habitantes.
- Establecer estrategias de preparación para una respuesta rápida ante la amenaza de inundación o deslizamiento en el Cantón.

DESARROLLO DEL PLAN DE CONTINGENCIA INUNDACIONES

Municipio de Antonio Ante

9. Descripción de Escenarios.

En el siguiente apartado se habla acerca de los posibles escenarios presentados en el cantón de Antonio Ante, causado por el periodo invernal.

1.6.Escenarios de Riesgo.

Los Escenarios de Riesgo, son elaborados por los miembros del Comité de Operaciones de Emergencia Cantonal y representan la interacción de las amenazas y vulnerabilidades consideradas como factores de riesgo. Se parte con las experiencias de los habitantes del Cantón para considerar las amenazas presentes. (SNGR, 2017)

1.6.1. Causa de las inundaciones y deslizamientos.

Las fuertes lluvias son las principales causantes de las inundaciones, pero también influyen muchos otros factores especialmente en ciudades en las cuales se asfaltan o adoquinan las vías, ya que estas superficies crean un efecto impermeable en el suelo evitando que el agua sea absorbida por la tierra. La tala de bosques y cultivos deja el suelo al desnudo lo que facilita la erosión y permite que lleguen a ríos y fuentes de agua naturales desechos. Uno de los factores principales que desencadena una inundación es que el cantón tiene canales de riego de alto caudal que sirven como desagüe ante fuertes lluvias con esto evita el flujo normal de agua y hace que la misma empiece a acumularse y generar daño.

En el Cantón Antonio Ante pueden darse los siguientes problemas.

- Deslaves
- Derrumbos
- Lluvias torrenciales
- Inundaciones por acumulación de canales de riego.

En la Tabla 25 se presenta los datos del territorio cantonal del sector con los escenarios de riesgos en temporadas invernales.

Tabla 25. Escenarios de riesgo en temporadas invernales

Territorio cantonal	Descripción de la vulnerabilidad	Posibles daños / pérdidas / efectos	Medidas de Preparación y Respuesta.	Financiamiento requerido:
Atuntaqui-Andrade Marín	19216 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> • Desbordamiento de acequias. • Inundación de viviendas. • Destrucción de vías. • Contaminación de Alcantarillas. • Colapso de Alcantarillas. • Pérdidas de cultivos. • Evacuación de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de alcantarillas • Construcción y/o embaulado de Alcantarillas • Concienciación y preparación de planes familiares de la población • Realización de mingas de limpieza • Arreglo de Alcantarillas 	<ul style="list-style-type: none"> • SNGR • GAD Antonio Ante • EMAPA- • Unidad Municipal Gestión Riesgos • MSP
Chaltura	2840 habitantes			
Imbaya	1110 habitantes			
San Roque	8599 habitantes			

Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

En la Tabla 26 se observa los datos obtenidos del GAD de Antonio Ante, en la que presenta el resumen de ejecución de obras de prevención.

Tabla 26. Ejecución de obras de prevención en el cantón Antonio Ante.

OBRAS	INSTITUCIÓN COMPETENTE	DETALLE REQUERIMIENTO
Revisión de nivel de agua en acequias	GAD Antonio Ante	20 días
Limpieza de Alcantarillas-Zona Rural	Consejo Provincial de Imbabura	5 días
Limpieza de Alcantarillas Zona Urbana	EMAPA	8 días
Control de Tránsito	MOVILDELNOR	Permanente
Mingas de Limpieza	Junta Parroquial	Al menos 4 al año

Fuente: Autoría.

1.7.Capacidades, Talento Humano y Recursos Existentes.

La capacidad institucional de respuesta en cuanto a recursos materiales y económicos del GAD Antonio Ante, supera los límites de respuesta por lo que es necesario identificar a las instituciones públicas y privadas para apoyar y dar respuesta a las emergencias en el cantón, y sobre todo realizar obras para prevenir y aplicar en parte la llegada del fuerte temporal invernal, datos presentados en la Tabla 27.

Tabla 27. Talento Humano y Recursos Existentes.

INSTITUCION/COMUNIDAD	RECURSOS	RESPONSABLE
-----------------------	----------	-------------

GAD ANTONIO ANTE	Humanos, Económicos Maquinaria Logística Vehículo-Ambulancia	Alcalde
CCNA MIES INFA	Humanos Atención Humanitaria	Director
CENTRO DE SALUD DEL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	Humanos Vehículo-Ambulancia Fumigación SNEM Ejecutar plan contingencia mesa 2	Director.
SEGURO SOCIAL IESS	5 médicos Medicina stock	Director
JEFATURA POLITICA	Logístico 3 recurso Humano (Jefe Político Comisario y secretario)	Jefe Político

CUERPO DE BOMBEROS	12 humanos Logístico 1 moto bomba	Comandante
POLICIA NACIONAL	7 POLICIAS 1 PATRULLA 1 MOTO	JEFE DESTACAMENTO
VOLUNTARIOS DEL GAD ANTONIO ANTE.	20 voluntarios equipamiento básico 3 botiquines 2 camillas cuerdas	Líderes voluntarios

Fuente: GAD Municipal de Antonio Ante.

1.7.1. Acciones y coordinaciones.

El esquema de la Secretaria Nacional de Gestión del Riesgo tiene una estructura de funcionamiento en donde existe un COE Cantonal, Sala situacional, Mesas Técnicas.

1.7.1.1. Estructura Organizativa.

Está integrada por todos los actores locales del Cantón, según se detalla en la Figura 122 definiendo los roles y las funciones en la Gestión Local del Riesgo.

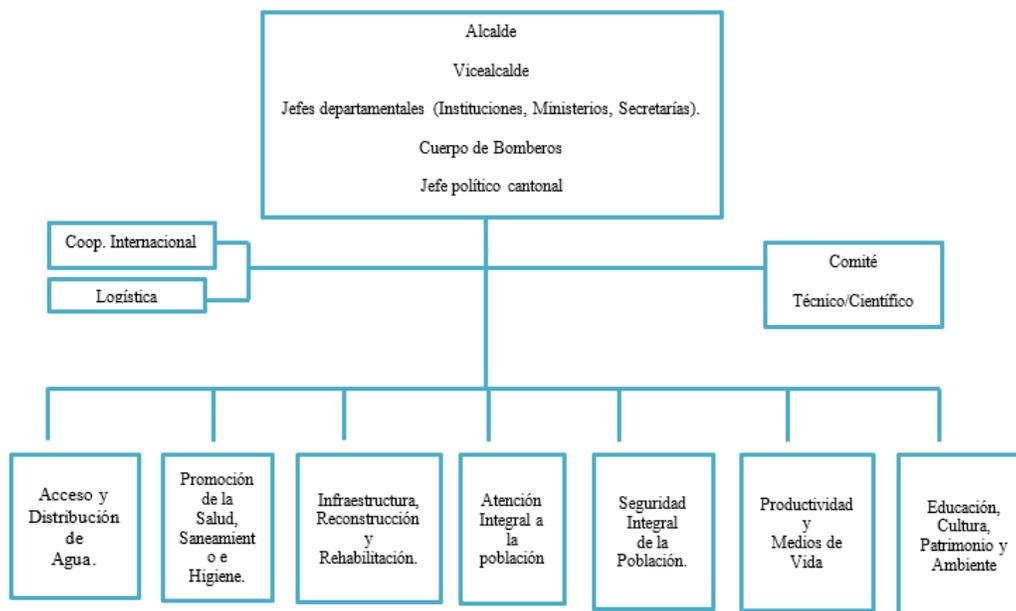


Figura 122. Estructura Organizativa Cantón Antonio Ante. Fuente: Autoría.

1.7.2. Comité de Operaciones de Emergencia Cantonal (COEC).

La Respuesta frente a emergencias y desastres será manejada a través de un conjunto articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos, protocolos territoriales (nacional, provincial, municipal y local), con la finalidad de controlar las operaciones de emergencia según su jurisdicción de manera efectiva, este mecanismo toma el nombre de COMITÉ DE OPERACIONES DE EMERGENCIA (COE). (SNGR, 2017)

El COE es la instancia interinstitucional que tiene la responsabilidad de coordinar las acciones de respuesta durante situaciones de emergencia o desastres en cada territorio.

Cuando hay situaciones de emergencia o de desastre, los COE se enfocan en la coordinación de la respuesta; cuando ese no es el caso, toman el nombre de Comité de Gestión de Riesgos (CGR) y se enfocan en la coordinación para el cumplimiento de acciones de reducción de riesgos, de recuperación y de desarrollo de las capacidades institucionales y sociales para la gestión de riesgos. (SNGR, 2017)

Además del COE nacional, existen comités provinciales, comités cantonales y comités parroquiales rurales de emergencia, cuya conformación y funcionamiento operan de acuerdo con el presente manual y bajo el principio de descentralización subsidiaria en los distintos territorios. Actuando según dicho principio, el COE nacional, el COE provincial, y la SNGR deben

intervenir en la gestión de recursos y apoyo a los esfuerzos cantonales y de ser los casos, parroquiales de respuesta ante una emergencia o un desastre.

1.7.2.1. Instalación y activación del comité de operaciones de emergencias (COE) y de las Mesas de Trabajo Técnico (MTT).

Una vez generada la alarma, las instituciones en el menor tiempo posible empiezan a sesionar, en el lugar designado para funcionamiento del COE y de las MMT, no sin antes verificar las condiciones del sitio y si se dispone de los elementos mínimos para el desarrollo de las actividades planificadas. Para esto se deben ejecutar las siguientes acciones:

Se activan simultáneamente las mesas de trabajo técnico. (MTT), aquellas que sean necesarias y que en base al evento adverso deban ser activadas, considerando la Institucionalidad presente en ese determinado nivel territorial. Cuando las informaciones lleguen al COE a través de canales de comunicación alternos, siempre se trasladarán al Plenario y a los representantes de las MTT, para su respectiva verificación y análisis, con lo cual se evita que se adelanten acciones al margen de la coordinación del COE. (SNGR, 2017)

Cada Mesa de trabajo Técnico (MTT), tiene responsabilidades específicas y estará bajo su dominio el procesamiento de la información que provenga de la zona de impacto y su remisión a las instancias correspondientes (coordinación general) para efectos de información o gestión. Las Salas de Situación (SS) deben guardar una estrecha comunicación con el Plenario del COE y con los coordinadores de las Mesas de Trabajo Técnico, para facilitar el análisis y la toma de decisiones de las acciones a ejecutarse. (SNGR, 2017) El modelo de funcionamiento del COE se basa en tres pasos que se muestran en la Figura 123.

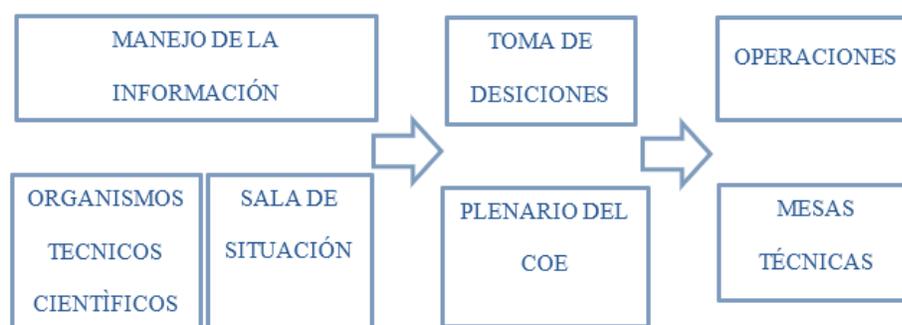


Figura 123. Modelo de funcionamiento del COE. Fuente: COE.

1.8. Protocolos y procedimientos complementarios al Plan a la respuesta.

Tomando en cuenta los escenarios de riesgo se establecen los protocolos complementarios al plan de respuesta ante la época Invernal y se contempla el monitoreo, declaratoria de alerta y las acciones del COE y del equipo técnico.

1.8.1. Monitoreo.

En la época de crisis como en la normalidad es necesario contar con un lugar que funcione como una red que permita la interconexión con todo el territorio nacional, con la finalidad de reunir y analizar información y datos que ayuden a la toma de decisiones del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos, este lugar será llamado Sala de Situación.

Las situaciones Cantonales dependen financiera y administrativamente de los gobiernos autónomos descentralizados municipales (GAD). En caso de existir salas de situación parroquiales, las mismas serán financiadas por la Junta Parroquial.

1.8.2. Funcionamiento en situaciones normales.

Se recopila información por varios medios como vía telefónica, mail, fax, internet, comunicación por radio, entre otros; con la finalidad de estar al tanto del estado de los cantones en cuanto a eventos naturales o antrópicos que se puedan presentar o que se encuentren desarrollándose.

Se coordina con instituciones involucradas en el plan de contingencia, para generar escenarios con la finalidad de obtener información sobre la población, albergues, zonas principales de riesgo, datos técnicos y científicos y capacidades del cantón. (SNGR, 2017)

En los formatos previamente establecidos, se llena la información recabada, misma que será enviada a la Sala de Situación Nacional y a las instancias superiores.

1.8.3. Funcionamiento en situaciones de emergencia y desastre.

En caso de estar ante una emergencia y casos de desastre, se deben llevar a cabo los siguientes procesos.

Receptar la mayor cantidad de información, validando que venga de una fuente confiable, permitir el análisis y sistematización de los datos recabados e identificar los posibles escenarios de riesgo basándose en el tipo de emergencia o desastre que se está enfrentando. Una

vez recabada la información, debe ser incluida en un informe final y ser enviada a la Sala de Situación Nacional. (SNGR, 2017)

1.8.4. Sistema de Monitoreo y Alerta.

En base a los procesos destacados en la elaboración del presente plan de contingencia, se hace la presentación del sistema activo en la parroquia de Andrade Marín, el sistema está habilitado en temporada de lluvia en la que sus resultados se basan en el código de colores que se presentarán en el apartado de Declaratoria de Alerta.

1.9. Declaratoria de Alerta.

Las declaratorias de alerta están sujetas a fenómenos de evolución lenta, mismos que pueden ser monitoreados por dispositivos de medición, en este caso el fenómeno que más afecta al cantón son las inundaciones y deslaves. Es responsabilidad del presidente del Comité Cantonal de Gestión de Riesgos y de la Mesa Técnica, decretar el estado de alerta.

1.10. Acciones de Respuesta según la Alerta.

El Comité Cantonal de Gestión del Riesgo, cuenta con un sistema de alarma que permita alertar a los habitantes del Cantón ante cualquier situación de emergencia o desastre que se genere, así como de una señal para activar la ejecución del Plan de Gestión del Riesgo del Cantón. Esta alerta será mostrada en la página de monitoreo del Cantón: www.lorainu.epizy.com con los siguientes indicadores mostrados en la Tabla 28.

Tabla 28. Plan de Gestión de Riesgo del cantón.

TIPO DE ALERTA	SITUACIÓN	PAUTAS PARA LA ACTIVACIÓN
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;">BLANCA</div>	La amenaza está identificada y en monitoreo.	El fenómeno de origen natural o antrópico ha provocado daños y pérdidas en el pasado, y es probable que un fenómeno similar vuelva a producir daños

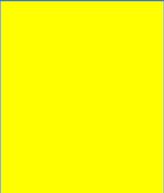
	<p>El monitoreo muestra que la amenaza se intensifica. (o en su defecto la amenaza decrece en su intensidad, es decir desciende de naranja a amarilla)</p>	<p>Se inician los preparativos de respuesta</p>
	<p>El evento se acelera. La ocurrencia del evento es inminente. (o en su defecto la amenaza decrece en su intensidad, es decir desciende de roja a naranja)</p>	<p>Se declara la situación de emergencia y se activan los preparativos de respuesta</p>
	<p>Peligro, El impacto del evento es inminente en la zona.</p>	<p>Se implementan los planes que correspondan.</p>

Fuente: Autoría.

1.10.1. Acciones del COE Cantonal.

El COE cantonal se activa si existe una alerta amarilla, naranja o roja y toma las acciones dependiendo de la situación que se encuentra en desarrollo, se presentan las acciones en la Tabla 29.

Tabla 29. Acciones del COE cantonal.

TIPO DE ALERTA	SITUACIÓN	ACCIONES POR DESARROLLAR
		<ol style="list-style-type: none"> 1. INSTITUCIONAL: se activa el COE y sus mesas y grupos especiales de trabajo que correspondan. 2. MONITOREO: La información generada por las instancias de ciencia y monitoreo fluye dentro del sistema según los protocolos.

	<p>Mantener informada a la población sobre los peligros que existen en su Cantón.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3. PLANES: se revisan y actualizan los planes de contingencias y los escenarios en función de la evolución del evento. Se actualiza el plan de evacuación. 4. AVISO: se anuncia a la población sobre la evolución del fenómeno, sobre cómo operarán los anuncios a la población y quienes serán los voceros oficiales, sobre cómo se operará en eventuales evacuaciones, y sobre las medidas básicas de seguridad personal y familiar. 5. AUTOPROTECCIÓN: se dispone la restricción de acceso a sitios de mayor peligro, uso de equipamiento específico como cascos, mascarillas, medios de comunicación especiales, etc. 6. ALISTAMIENTO DE ALBERGUES: se completan los preparativos de transporte y recepción a la población que requiere albergue.
	<p>Se declara la situación de emergencia y se activan los preparativos de respuesta.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. INSTITUCIONAL: El COE Cantonal entra en sesión permanente. Las instituciones de socorro se activan en modo de respuesta. 2. MONITOREO: las instancias de ciencia y monitoreo proporcionan información regular, indicando la evolución del fenómeno según los protocolos. 3. PLANES: se ponen en marcha todos los planes de gestión de riesgos (Contingencia, Evacuación, Respuesta, Rehabilitación y Reconstrucción emergente). 4. AVISO: Los presidentes de los CGR asumen su condición de voceros oficiales. El sistema de Sala de Situación emite boletines periódicos en la Web de la SNGR. 5. SEÑALIZACIÓN: Se actualizan y comunican las nuevas restricciones de acceso y movilización para zonas de mayor peligro potencial. 6. MOVILIZACIÓN DE LA POBLACIÓN: Se realiza la evacuación de la zona de mayor peligro, el sistema de Protección Civil de la SNGR, las entidades de ayuda humanitaria y los cuerpos de socorro realizan las acciones de atención.

	<p>Se implementan los planes que correspondan.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. INSTITUCIONAL: Los COE (Cantonal, Provincial, Nacional) se mantienen en sesión permanentemente. Las instituciones de socorro y de rehabilitación tienen prioridad operativa máxima durante el evento en curso. 2. MONITOREO: Las instancias de ciencia y monitoreo proporcionan información regular, indicando la evolución del fenómeno según los protocolos. 3. AVISO: los presidentes de los CGR siguen como voceros oficiales. El sistema de sala de situación emite boletines periódicos en la Web de la SNGR. 4. SEÑALIZACIÓN: se actualizan y comunican las nuevas restricciones de acceso para zonas de mayor peligro potencial. 5. PLANES: Se implementan los planes que correspondan en función de los sucesos. Operan los equipos EDAN. 6. MANEJO DE INCIDENTES: Las entidades de seguridad operan de acuerdo con el sistema de comando de incidentes (SCI). 7. AYUDA HUMANITARIA: El sistema de Protección Civil de la SNGR y las entidades de ayuda humanitaria atienden a la población en albergues.
--	----------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Autoría.

1.10.2. Acciones de respuesta Mesa de Acceso y distribución del agua.

En caso de una emergencia la mesa de respuesta debe garantizar que los ciudadanos reciban líquido vital de calidad y que no exista un desabastecimiento continuo de agua. A continuación, en la Tabla 30 se muestran los protocolos a seguir.

Tabla 30. Mesa de Acceso y distribución del agua.

ALERTA	SITUACIÓN	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
	Mantener informada a la población sobre los peligros que existen en su Cantón.	<ul style="list-style-type: none"> Implementar un plan de gestión de agua segura Garantizar el abastecimiento de agua para las situaciones de crisis. Vigilar la calidad de agua de consumo humano MSP Determinar las necesidades de agua para los centros de salud, albergues. Hacer un breve análisis de las condiciones en las que se encuentran las líneas vitales de los sistemas de conducción del agua. 		<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de informes. Inventario de Equipos. Mantenimiento de Equipos. Evaluación del operativo.
	Se declara la	<ul style="list-style-type: none"> Alertar a la Población si el consumo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> Evacuar zonas de alto riesgo. Habilitar los albergues. (abrigo, techo, 	

	situación de emergencia y se activan los preparativos de respuesta.	<p>es apto para la población.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparar los Albergues y entregar agua segura. • Reunir a los integrantes de la Mesa Técnica 	<p>alimentación, atención médica).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar y garantizar el suministro suficiente de agua a las familias. • Apoyar con recursos humano y logístico disponible para facilitar el transporte de agua. 	
	Se implementan los planes que correspondan.		<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar todas las zonas de riesgo. • Iniciar la atención de los evacuados. • Elaborar informes regulares. 	

Fuente: Autoría.

1.10.3. Acciones de respuesta Mesa de Salud, evaluación, evacuación, búsqueda y rescate.

Dependiendo de la alerta que sea emitida la mesa de salud, evaluación, evacuación, búsqueda y rescate debe garantizar que es personal que la conforma esté capacitado y logre la evacuación de la mayor cantidad de ciudadanos del sitio en el que se produzca la emergencia. A continuación, en la Tabla 31 se muestran los protocolos a seguir.

Tabla 31. Mesa de Salud, evaluación, evacuación, búsqueda y rescate.

ALERTA	SITUACIÓN ANTES	DURANTE	DESPUÉS
--------	-----------------	---------	---------

	<p>Mantener informada a la población sobre los peligros que existen en su Cantón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de los equipos de emergencia. • Mantenimiento del inventario de equipos. • Capacitación de los integrantes de la mesa técnica. (Ejercicios prácticos) • Establecer mecanismos de coordinación con el personal de Salud. • Alertar a los integrantes de la Brigada. • Informar y Alertar al personal de Salud. 		<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de informes. • Inventario de Equipos. • Mantenimiento de Equipos. • Evaluación del operativo.
	<p>Se declara la situación de emergencia y se activan los</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alertar a la población. • Reunir a los integrantes de la mesa técnica • Monitorear la amenaza con la sala situacional e informar al COEC. • Habilitar los puestos de salud y al personal de Salud para la atención de posibles heridos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar a la Evacuación de las zonas de alto riesgo. • Realizar la atención de los heridos que se presenten. • Trasladar a los heridos a los puestos de salud de ser necesario para que reciban atención. • Brindar atención a la 	

	preparativos de respuesta		población que se encuentre en los albergues.	
	Se implementan los planes que correspondan		<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar a la Evacuación de las zonas de riesgo y afectadas. • Realizar la atención de los heridos. • Trasladar a los heridos hospitales de ser necesario para que reciban atención. • Brindar atención a la población que se encuentre en los albergues. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de informes

Fuente: Autoría.

1.10.4. Acciones de respuesta Mesa de Seguridad.

La mesa de seguridad es la encargada de monitorear constantemente el sitio, enviar los informes pertinentes al COE Nacional y proporcionar seguridad en los albergues y puntos de encuentro establecidos. A continuación, en la Tabla 32 se muestran los protocolos a seguir.

Tabla 32. Acciones de respuesta Mesa de Seguridad.

ALERTA	SITUACIÓN	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
		<ul style="list-style-type: none"> • Organización de la mesa técnica con sus colaboradores. • Elaboración del 		<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de informes. • Mantenimiento de Equipos.

	<p>Mantener informada a la población sobre los peligros que existen en su Cantón.</p>	<p>plan y cronograma de actividades a ejecutar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los miembros de la mesa técnica • Realizar inventario de los recursos disponibles para las actividades de seguridad. • Alertar al presidente del COEC. • Alertar a los integrantes de la mesa técnica. • Coordinar con la institución encargada de la seguridad pública en la localidad. 		<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del operativo.
	<p>Se declara la situación de emergencia y se activan los preparativos de respuesta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alertar a la Población. • Reunir a los integrantes de las brigadas. • Monitorear la amenaza e informar al COE • Coordinar con la institución encargada de la seguridad pública en la localidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar seguridad a los grupos de evacuación, búsqueda y rescate en las zonas de impacto. • Establecer seguridad en los centros de recepción y distribución de ayuda humanitaria. • Informar de las acciones realizadas y por realizar a todo el Comité. 	

	Se implementan los planes que correspondan	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar seguridad a los grupos de evacuación, búsqueda y rescate en las zonas de impacto. • Establecer seguridad en los centros de recepción y distribución de ayuda humanitaria. • Informar de las acciones realizadas y por realizar a todo el Comité.
--	--------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Autoría.

1.11. Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades.

La Evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAN), es un punto sumamente importante ya que de esta se obtiene la información necesaria para determinar y cuantificar los daños producidos por un evento adverso en el cantón, a través de esta recopilación se determinan las necesidades prioritarias que deben ser solventadas, para garantizar la seguridad de la población afectada por una catástrofe. (SNGR, 2017)

Al generarse un escenario de riesgo que afecte a la población, los grupos EDAN deben dirigirse a la zona afectada con la finalidad de recabar información sobre el grado de afectación en las áreas de: salud, servicios básicos, daños a la población, daño en viviendas y establecimientos, daño al medio ambiente. Los miembros de este grupo se reunirán en un lugar establecido como COE, donde revisará la información y emitirá un informe en las primeras 8 horas de ocurrido el siniestro, este informe será enviado al COE cantonal, posterior a este se debe

enviar 72 horas después un informe más detallado y un informe final con detalle de los eventos ocurridos durante y después del desastre. (SNGR, 2017)

1.11.1. Habilitación de Albergues.

Se tendrá ubicado e identificado los sitios de albergue, para poder brindar protección física y emocional a las personas o familias afectadas, la administración de estos sitios estará a cargo de la Brigada de Albergues, en colaboración con las otras Brigadas.

1.11.1.1. Requisitos para habilitar albergues temporales.

Los albergues temporales deben estar ubicados fuera de la zona afectada y zonas de peligro, se debe verificar que conste con los servicios básicos necesarios como: baños y letrinas, agua, energía eléctrica, área de cocina y un espacio suficiente para dormitorio que sea de fácil acceso.

1.11.1.2. Principios y normas para habilitar albergues temporales.

Se debe alojar a las personas tan cerca como sea posible de sus viviendas, sitios de trabajo y sitios de unión social en lugares en los que se pueda evitar evacuaciones obligatorias a causa de la emergencia. Ya en el sitio se debe realizar un censo de las personas que se encuentran albergadas temporalmente, con la finalidad de facilitar las acciones de búsqueda y reunión de familiares, de esto se encargará el equipo responsable del Albergue Temporal.

1.11.1.3. Medidas a tomar para la apertura de un albergue temporal.

La apertura de Albergue Temporal será de acuerdo con la información del EDAN, previa autorización del presidente COEC y el encargado del lugar. Se debe verificar previamente las condiciones e infraestructura de las instalaciones que se identifican como albergues. Los albergues se aprecian en la Tabla 33 y Tabla 34.

Tabla 33. Medidas a tomar para la apertura de un albergue temporal en Andrade Marín.

Albergue	Recinto	Nombre albergue
No. 1	Santa Isabel	Casa comunal

No. 2	Producción agrícola	GAD	
No. 3	Zona urbana	Centro cultural	Fabrica Imbabura.

Fuente: Autoría.

Tabla 34. Medidas a tomar para la apertura de un albergue temporal en Andrade Marín.

Número	Recinto	Lugar
No. 1	Antonio Ante	Estadio de Antonio Ante
No. 2	Andrade Marín	Fabrica Imbabura
No. 3	Antonio Ante.	Parque central
No. 4	Antonio Ante	U.E. Alberto Enríquez

Fuente: Autoría.

1.11.2. Distribución de Asistencia Humanitaria.

Con la finalidad de efectivizar las distribuciones humanitarias es necesario establecer lugares para el almacenamiento de los productos en lugares previstos para la realización de distribuciones, se debe actualizar constantemente los censos poblacionales para agilizar las labores de asistencia y contar con personal capacitado para organizar a las familias. De la distribución se hará cargo la Junta Directiva.

1.11.2.1. Criterios para la distribución de ayuda humanitaria.

El manejo de los recursos debe garantizar las mejores condiciones de vida y la supervivencia de las víctimas de un desastre. Se debe mantener comunicación constante con la Brigada de Comunicaciones, con la finalidad de determinar la duración y abastecimiento de suministros en los sitios de distribución.

1.12. Seguimiento evaluación y actualización del Plan

Para el seguimiento del Plan se realizarán una serie de reuniones generales con los técnicos responsables de cada área de trabajo indicados en el Plan, así como aquellas de respuesta a tomar en cuenta en caso de que se presente un evento adverso que afecte a nuestro Cantón.

Para la evaluación cada técnico responsable de las Instituciones elaborará un informe final sobre la situación. Dicho informe deberá ser oficializado por el presidente del COE al término de la emergencia. (SNGR, 2017)

El informe debe contener los siguientes datos:

- Fecha y hora del suceso
- Fecha y hora de la notificación inicial a la persona responsable
- Fecha y hora de finalización de la emergencia
- Localización exacta de la emergencia
- Origen de la emergencia
- Causa de la emergencia
- Sectores afectados
- Infraestructura afectada
- Apoyo necesario (solicitado/obtenido)
- EDAN, Informe de alberges temporales, ETC. (SNGR, 2017)

El Comité actualizará la información contemplada en el Plan de Contingencia para la época invernal, por lo menos una vez al año, a través de una Asamblea General con los miembros del Cantón, para que se haga de manera participativa, se mantendrán todas aquellas acciones que estén pendientes de ejecutar y se incorporaran todas aquellas que no se hayan tomado en cuenta a la hora de su elaboración.

1.13. ANEXOS DE PLAN DE CONTINGENCIA.





1.14. GLOSARIO.

Alerta: Estado que se declara, con anterioridad a la manifestación de un fenómeno peligroso, con el fin de que los organismos operativos de emergencia activen procedimientos de acción preestablecidos y para que la población tome precauciones específicas debido a la inminente ocurrencia del evento previsible.

Amenaza/peligro: Probabilidad de que en determinado tiempo y territorio ocurra un Fenómeno potencialmente destructivo, natural, antrópico o artificial (esfera) probabilidad de que un fenómeno, de origen natural o humano, se produzca en un determinado tiempo y espacio. Peligro (potencial) de que las vidas o bienes materiales Humanos sufran un perjuicio.

Búsqueda y rescate: Conjunto de acciones que van desde la localización de personas, hasta la búsqueda, el rescate y el transporte de lesionados. Involucra grupos especializados, grupos intermedios y básicos de socorro y especialmente a la comunidad en general. Contempla el recurso humano, los recursos físicos como herramientas, equipos y vehículos, los estándares y procedimientos. (OFDA/USAID).

Capacidad: La capacidad son los recursos de los individuos, las familias y las comunidades para anticiparse, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza (PREDES).

Contingencia: “situación o evento específico previsible que puede ocurrir o no” (FICR). Situaciones potenciales específicas que se han identificado y que pueden suceder o no.

COE: Comité de operaciones de emergencia

COEC: Comité de operaciones de emergencia cantonal

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

MSP: Ministerio Salud Pública

CNA: Centro de atención de la Niñez y Adolescencia.

CGR: Comité de Gestión de Riesgos

Desastre: “un acontecimiento peligroso que causa pérdidas humanas y económicas y/o daños en el ambiente significativas que exige una respuesta a la crisis que sobrepasa las capacidades locales requiriendo recursos más allá de los disponibles localmente” (FICR).

Emergencia: Acontecimiento inesperado que pone en peligro la propiedad y la vida humana y requiere una respuesta inmediata con el uso de los recursos y los procedimientos rutinarios de la comunidad.

Escenario: Una suma de un suceso de eventos que pudieran tener lugar y Concepto Definiciones que forman la base de presunciones o hipótesis para planificar. (GUÍA PMA).

Evaluación de daños (EDAN): Identificación y registro cualitativo y cuantitativo, de la extensión, gravedad y localización de los efectos adversos. (OFDA/USAID).

MTT: Mesas de trabajo técnicas de los COE, realizan el procesamiento de la información que provenga de la zona de impacto y su remisión a las instancias correspondientes (coordinación general) para efectos de información o gestión.

10. Bibliografía

EcuRed. (Marzo de 2014). *Ecured*. Obtenido de EcuRed:

[https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Antonio_Ante_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Antonio_Ante_(Ecuador))

INAMHI. (2017). *INAMHI*. Obtenido de INAMHI: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

INEC. (Enero de 2015). *INEC*. Obtenido de INEC:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Imbabura/Fasciculo_Antonio_Ante.pdf

SNGR. (Abril de 2017). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de Secretaría

Nacional de Gestión de Riesgos: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Manual-del-COE.pdf>

wipo. (2010). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de Constitución de la

República del Ecuador: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>

Anexo 3. Código Puerta de enlace Dragino.

```

/*
SERVIDOR LoRa o puerta de enlace :

*/

//Producto: LG01.
#define BAUDRATE 115200
#include <Console.h>
#include <SPI.h>
#include <RH_RF95.h>
////////////////////librerias thingSpeak////////////////////////////////////
#include "ThingSpeak.h"
#include "YunClient.h"
YunClient client;
// Singleton instancia de los driver de Radio
RH_RF95 rf95;

float frequency = 915.0;
unsigned long myChannelNumber = 768558;
const char * myWriteAPIKey = "0ZS5IJGI6DXUJRUZ";
unsigned long myChannelNumber2 = 845750;
const char * myWriteAPIKey2 = "Q9W0096MMGHH6BJX";
unsigned long myChannelNumber3 = 845751;
const char * myWriteAPIKey3 = "C3L2EWIS8IKFR3AF";
unsigned long myChannelNumber4 = 845752;
const char * myWriteAPIKey4 = "TU5HDYLOOPIXO7DS";

void setup()
{

  Bridge.begin(BAUDRATE);

  ThingSpeak.begin(client);
  Console.begin();
  while (!Console) ; // Esperando a que el puerto de consola se habilite.
  Console.println("Inicia el programa");
  if (!rf95.init())
    Console.println("inicio fallido");
  // Configuración de la frecuencia ISM
  rf95.setFrequency(frequency);
  // Configuración de Potencia,dBm
  rf95.setTxPower(13);
}

```

```

// Configuración Factor de Propagación (6 ~ 12)
rf95.setSpreadingFactor(7);

// Configuración Ancho de Banda, opciones:
7800,10400,15600,20800,31200,41700,62500,125000,250000,500000
rf95.setSignalBandwidth(125000);

// Configuración de la tasa de Codificación:5(4/5),6(4/6),7(4/7),8(4/8)
rf95.setCodingRate4(5);

Console.print("Escuchando la Frecuencia: ");
Console.println(frequency);
}

void loop()
{
  if (rf95.available())
  {
    //Debemos recibir un mensaje de confirmación en este punto
    uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN];
    uint8_t len = sizeof(buf);
    if (rf95.recv(buf, &len))
    {
      if (buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] == 1) //toma los datos del nodo id 111
      {
        int newData[4] = {0, 0, 0, 0};
        for (int i = 0; i < 2; i++)
        {
          newData[i] = buf[i + 3];
        }
        newData[0];
        newData[1];
        Console.print("ID = 111 :");
        Console.print("Valor Sensor de Lluvia = ");
        Console.print(newData[0]);
        Console.print(" ");
        Console.print("Nivel de Agua = ");
        Console.print(newData[1]);
        Console.println(" ");
        Console.println(" ");
        // Enviar respuesta
        uint8_t data[] = "Dato recibido";
        rf95.send(data, sizeof(data));
        rf95.waitPacketSent();
        Serial.println("Se envió la respuesta");
        ThingSpeak.setField(1, newData[0]); //

```

```

    ThingSpeak.setField(2, newData[1]);
    ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
    delay(100);
  }
  if (buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] == 2) //toma los datos del nodo id 112
  {
    int newData[4] = {0, 0, 0, 0};
    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {
      newData[i] = buf[i + 3];
    }
    int a = newData[0];
    int b = newData[1];

    Console.print("ID = 112 :");
    Console.print("Valor Sensor de Lluvia = ");
    Console.print(a);
    Console.print("% ");
    Console.print("Nivel de agua = ");
    Console.print(b);
    Console.println("C ");
    Console.println(" ");
    // Enviar Respuesta
    uint8_t data[] = "Dato recibido";
    rf95.send(data, sizeof(data));
    rf95.waitPacketSent();
    Serial.println("Se envi3 la respuesta");
    ThingSpeak.setField(1, a); //
    ThingSpeak.setField(2, b);
    ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber2, myWriteAPIKey2);

  }

  if (buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] == 3) //toma los datos del nodo id 113
  {
    int newData[4] = {0, 0, 0, 0};
    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {
      newData[i] = buf[i + 3];
    }
    int a = newData[0];
    int b = newData[1];

    Console.print("ID = 113 :");
    Console.print("Valor Sensor de Lluvia = ");
    Console.print(a);

```

```

    Console.print("% ");
    Console.print("Nivel de agua = ");
    Console.print(b);
    Console.println("C ");
    Console.println(" ");
    // Envio de respuesta
    uint8_t data[] = "Dato recibido";
    rf95.send(data, sizeof(data));
    rf95.waitPacketSent();
    Serial.println("Se envió la respuesta");
    ThingSpeak.setField(1, a); //
    ThingSpeak.setField(2, b);
    ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber3, myWriteAPIKey3);

}

if (buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] == 4) //se toma los datos del nodo id 114
{
    int newData[4] = {0, 0, 0, 0};
    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {
        newData[i] = buf[i + 3];
    }
    int a = newData[0];
    int b = newData[1];

    Console.print("ID = 114 :");
    Console.print("Valor Sensor de Lluvia = ");
    Console.print(a);
    Console.print("% ");
    Console.print("Nivel de Agua = ");
    Console.print(b);
    Console.println("C ");
    Console.println(" ");
    // Envio de Respuesta
    uint8_t data[] = "Dato recibido";
    rf95.send(data, sizeof(data));
    rf95.waitPacketSent();
    Serial.println("Se envió la respuesta");
    ThingSpeak.setField(1, a); //
    ThingSpeak.setField(2, b);
    ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber4, myWriteAPIKey4);

}

}

```

```

else
{
  Console.println("Respuesta fallida");
}
}

```

Anexo 4. Código Nodo Recolector de Información.

```

#include <SPI.h>
#include <RH_RF95.h>

// Driver Raio
RH_RF95 rf95;
float frequency = 915.0;
const int sensorMin = 0; // valor minimo
const int sensorMax = 1024; // valor maximo
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  //while (!Serial) ; // esperar para la comunicacion Serial
  Serial.println("Inciando cliente LoRa");
  if (!rf95.init())
    Serial.println("Inicio Fallido");
  // ISM Frecuencia
  rf95.setFrequency(frequency);
  // Setup Power,dBm
  rf95.setTxPower(13);

  // Setup Spreading Factor (6 ~ 12)
  rf95.setSpreadingFactor(7);

  // Ancho de Banda, opcion:
  7800,10400,15600,20800,31200,41700,62500,125000,250000,500000
  //Menor Ancho de Banda mayor distancia
  rf95.setSignalBandwidth(125000);

  //tasa de codificación:5(4/5),6(4/6),7(4/7),8(4/8)
  rf95.setCodingRate4(5);
}

void loop()
{
  Serial.println("Llamndo al Servidor LoRa.");
  int lluvia = analogRead(A0);

```

```
int nivel = analogRead(A1);
if (lluvia <= 362 )
{
  Serial.println("Aguacero");
  Serial.println(lluvia);
}

else if (lluvia > 362 && lluvia <= 684 )
{
  Serial.println("Alerta de Lluvia");
  Serial.println(lluvia);
}
else if (lluvia > 684 && lluvia <= 1004 )
{
  Serial.println("Ilovizna");
  Serial.println(lluvia);
}
else if (lluvia > 1004 && lluvia <= 1023 )
{
  Serial.println("Ambiente Despejado");
  Serial.println(lluvia);
}

//////////niveles de agua //////////

if (nivel <= 50 )
{
  Serial.println("Niveles de agua Normales");
  Serial.println(nivel);
}
else if (nivel > 50 && nivel <= 200 )
{
  Serial.println("Niveles de agua subiendo");
  Serial.println(nivel);
}
else if (nivel > 200 && nivel <= 300 )
{
  Serial.println("Inundacion");
  Serial.println(nivel);
}
```

```

// Rango de Valores del sensor de lluvia:

uint8_t data[50] = {0} ;
data[0] = 1 ;
data[1] = 1 ;
data[2] = 1 ;// Usar Data [0].Data[1], Data[2] combinacion para ID
data[3] = lluvia ; // dato de sensor de lluvia
data[4] = nivel;// dato de sensor de nivel de agua
rf95.send(data, sizeof(data)); // enviar el ID y los valores del vector.

////////////////////////////////////

rf95.waitPacketSent();

// Si no hay respuesta del servidor no se envia el dato
uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN];
uint8_t len = sizeof(buf);

if (rf95.waitAvailableTimeout(3000))
{
  // mensaje de confirmación de comunicación con el servidor
  if (rf95.recv(buf, &len))
  {
    Serial.print("got reply: ");
    Serial.println((char*)buf);
    Serial.print("RSSI: ");
    Serial.println(rf95.lastRssi(), DEC);

  }
  else
  {
    Serial.println("recepción fallida");
  }
}
else
{
  Serial.println("NO hay respuesta, el Servidor este encendido?");
}
delay(5000);
}

```