



**Universidad
Israel**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"**

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería Industria y Construcción
Autor/a:
Vásquez Ramírez Alex Danilo
Tutor/a:
PhD. Maryory Urdaneta
Mg. Wilmer Albarracín

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, PhD. Maryory Urdaneta con C.I: 1759316126 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo.

Elaborado por: **Vasquez Ramírez Alex Danilo**, de C.I: 0503154858, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 21 Agosto del 2024



Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Mg. Wilmer Fabian Albarracín Guarochico, con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo.

Elaborado por: **Vasquez Ramírez Alex Danilo**, de C.I: 0503154858, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 21 Agosto del 2024

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Vásquez Ramírez Alex Danilo** con C.I: 0503154858, autor del proyecto de titulación denominado: Pasarela IOT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la ciudad de salcedo. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 21 de Agosto del 2024



Firmado electrónicamente por:
**ALEX DANILO VASQUEZ
RAMIREZ**

Firma

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	III
INFORMACIÓN GENERAL	8
CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA	8
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD Y BENEFICIARIOS DIRECTOS:	10
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN GENERAL DEL ESTADO DEL ARTE	11
1.2. PROCESO INVESTIGATIVO METODOLÓGICO	16
1.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
CAPITULO II: PROPUESTA	18
2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS APLICADOS	18
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	18
2.3. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	44
2.4. MATRIZ DE ARTICULACIÓN DE LA PROPUESTA	61
2.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: PROYECTOS LORA DESARROLLADOS EN EL ECUADOR	11
TABLA 2: PROYECTOS LORA DESARROLLADOS POR LA UNIVERSIDAD ISRAEL	12
TABLA 3: PROYECTOS LORA DESARROLLADOS POR VARIAS UNIVERSIDADES DEL ECUADOR	14
TABLA 4: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR YF-S201	45
TABLA 5: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 500 METROS CON SF7	48
TABLA 6: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 500 METROS CON SF12	49
TABLA 7: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 775.28 METROS CON SF7	52
TABLA 8: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 775.28 METROS CON SF12	53
TABLA 9: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 1000 METROS CON SF7	55
TABLA 10: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 1000 METROS CON SF12	56
TABLA 11: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 1500 METROS CON SF7	58
TABLA 12: PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN A 1500 METROS CON SF12	59
TABLA 13: MATRIZ DE ARTICULACIÓN	61

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: REPRESENTACIÓN DEL DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO	19
FIGURA 2: DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL INCLUYENDO EMISOR Y RECEPTOR	19
FIGURA 3: DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE CONEXIÓN DEL DISPOSITIVO EMISOR	20
FIGURA 4: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PCB DEL MÓDULO EMISOR	21
FIGURA 5: DISPOSITIVO EMISOR CULMINADO EN PCB	21
FIGURA 6: ELEMENTOS SOLDADOS Y CONECTADOS DEL MÓDULO EMISOR	22
FIGURA 7: SENSOR DE FLUJO MONTADO EN EL MÓDULO EMISOR	22
FIGURA 8: MÓDULO EMISOR	23
FIGURA 9: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DISPOSITIVO EMISOR	23
FIGURA 10: DIAGRAMA DE FLUJO DE MÓDULO EMISOR	25
FIGURA 11: DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL MÓDULO RECEPTOR	26
FIGURA 12: DIAGRAMA DE PISTAS PCB DEL MÓDULO RECEPTOR	27
FIGURA 13: DISPOSITIVO RECEPTOR (PLACA ELECTRÓNICA)	27
FIGURA 14: MÓDULO DE RECEPCIÓN	28
FIGURA 15: DIAGRAMA DE BLOQUES ELABORADO PARA EL MÓDULO RECEPTOR	28
FIGURA 16: DIAGRAMA DE FLUJO ELABORADO PARA EL MÓDULO RECEPTOR	29
FIGURA 17: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE PASARELA IOT	30
FIGURA 18: DIAGRAMA COMPLETO DEL MÓDULO RECEPTOR CON LA PASARELA IOT	31
FIGURA 19: DIAGRAMA DE BLOQUES GENERAL DE FUNCIONAMIENTO	31
FIGURA 20: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PASARELA IOT	33
FIGURA 21: LIBRERÍAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN DEL EMISOR	34
FIGURA 22: DEFINICIÓN DE FRECUENCIA Y PIN DE LECTURA DEL CAUDAL.	34
FIGURA 23: DEFINICIÓN DE VARIABLES PARA EL MÓDULO MEDIDOR DE CAUDAL YF-S201	35
FIGURA 24: VARIABLE TIPO CADENA PARA EL ENVÍO DE INFORMACIÓN	35
FIGURA 25: VARIABLES CREADAS PARA LA DIRECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	35
FIGURA 26: CONFIGURACIÓN DE TIEMPO DE ENVÍO DE MENSAJES	36
FIGURA 27: INICIALIZACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y ARRANQUE DEL PROGRAMA	36
FIGURA 28: FUNCIÓN QUE INCREMENTA LA CANTIDAD DE PULSOS PROVENIENTES DEL SENSOR YF-S201	36

FIGURA 29: CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE FLUJO DE CAUDAL	37
FIGURA 30: CREACIÓN DE LA CADENA QUE CONTIENE LOS VALORES DE CONSUMO DE AGUA	37
FIGURA 31: FUNCIÓN PARA EL ENVÍO DE DATOS LORA	38
FIGURA 32: LIBRERÍA Y FRECUENCIA UTILIZADA EN EL TRANSMISOR LORA	38
FIGURA 33: DIRECCIONES CONFIGURADAS EN EL RECEPTOR	39
FIGURA 34: INICIALIZACIÓN DE LA PLACA LORA.	39
FIGURA 35: FUNCIÓN ENCARGADA DE RECIBIR Y LEER EL MENSAJE LORA	39
FIGURA 36: LIBRERÍAS UTILIZADAS EN LA PASARELA IOT	40
FIGURA 37: INSTRUCCIONES PARA VERIFICAR EL PUERTO DE CONEXIÓN	40
FIGURA 38: CONSTRUCCIÓN DEL PAYLOAD DEL MENSAJE RECIBIDO	41
FIGURA 39: CREDENCIALES PARA LA CONEXIÓN CON UBIDOTS.	41
FIGURA 40: ENVÍO DE LA INFORMACIÓN A UBIDOTS	41
FIGURA 41: DIAGRAMA ELECTRÓNICO GENERAL DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN	42
FIGURA 42: DIAGRAMA ELECTRÓNICO GENERAL DEL GATEWAY LORA	43
FIGURA 43: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA PLATAFORMA IOT UBIDOTS	44
FIGURA 44: POSICIÓN DEL MÓDULO RECEPTOR	47
FIGURA 45: POSICIÓN DE DISPOSITIVO EMISOR 500 METROS	47
FIGURA 46: DISTANCIA PROPORCIONADA POR GOOGLE MAPS A 500 METROS	48
FIGURA 47: POSICIÓN DE DISPOSITIVO EMISOR 775 METROS	51
FIGURA 48: DISTANCIA PROPORCIONADA POR GOOGLE MAPS A 775 METROS	51
FIGURA 49: POSICIÓN DE DISPOSITIVO EMISOR 1000 METROS	54
FIGURA 50: DISTANCIA PROPORCIONADA POR GOOGLE MAPS A 1000 METROS	55
FIGURA 51: POSICIÓN DE DISPOSITIVO EMISOR 1500 METROS	57
FIGURA 52: DISTANCIA PROPORCIONADA POR GOOGLE MAPS A 1500 METROS	58
FIGURA 53: RSSI VS TIEMPO EN EL ESCENARIO CON SF7	63
FIGURA 54: RSSI VS DISTANCIA EN EL ESCENARIO SF7	64
FIGURA 55: SNR VS DISTANCIA EN EL ESCENARIO SF7	65
FIGURA 56: RSSI VS TIEMPO EN EL ESCENARIO CON SF12	66
FIGURA 57: RSSI VS DISTANCIA EN EL ESCENARIO SF12	67
FIGURA 58: SNR VS DISTANCIA EN EL ESCENARIO SF12	67
FIGURA 59: DASHBOARD UBIDOTS	68
FIGURA 60: DASHBOARD UBIDOTS	68

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	77
ANEXO 1: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA – ALEX CORREA	77
ANEXO 2: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA – ANABEL VELÁSQUEZ	80
ANEXO 2: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA – KARINA AGUAS	83

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

El agua potable es un recurso no renovable y de gran importancia para la vida. El 70% del planeta está cubierto por agua, pero en su totalidad es salado y no es apta para el consumo humano, animal y la agricultura. Por esta razón el agua potable es limitada y su cuidado debe ser una tarea de todos para evitar su desperdicio provocado por fugas, averías en las tuberías, y especialmente su mal uso.

Una alternativa para controlar el mal uso del agua y su desperdicio es mediante la lectura y monitoreo remoto de los medidores de consumo. Actualmente en el Ecuador la lectura de los medidores se realiza de forma manual y una vez por mes. En la ciudad de Salcedo en la provincia de Cotopaxi, al igual que en las grandes ciudades del Ecuador, durante el confinamiento por la emergencia sanitaria del año 2020 la toma de medidas de consumo de agua se detuvo y se realizaron cálculos de consumo basados en el promedio de los 6 meses anteriores.

Por esta razón el Municipio de Salcedo ha exhortado el cobro de intereses por el pago retrasado de las planillas de agua potable.

Los medidores inteligentes, en cambio, permiten realizar una lectura de forma permanente o en periodos de tiempo más cortos, permitiendo detectar consumos inusuales de los usuarios y fugas.

Los medidores inteligentes y la lectura remota de los mismos se realizan a través de una red de transmisión. Esta red debe ser robusta para evitar pérdida de paquetes, debe tener gran cobertura y distancias de transmisión y debe consumir baja potencia para evitar el cambio de baterías en los medidores. Todas las características antes mencionadas las reúnen las redes LPWAN, del acrónimo en inglés Low Power Wide Area Network, lo que en español significa Redes de Área Amplia de Baja Potencia. Dentro de estas redes se destaca la tecnología LoRa.

Problema de investigación

La manera tradicional de toma de lectura de agua potable en las ciudades del Ecuador y especialmente en las pequeñas ciudades como Salcedo ha generado problemas con las planillas de pago y está ocasionando un alto nivel de inconformidad en los usuarios finales. Los errores al momento de tomar la lectura pueden ser errores humanos y por el difícil acceso

a los medidores, incluso el deterioro por el tiempo de los mismos (pantallas rayadas u opacas), ocasiona que no se pueda realizar una correcta lectura del medidor por lo que la lectura remota de los mismos permitirá reducir el porcentaje de error. Para ello se propone el desarrollo de un medidor experimental para la lectura remota de consumo de agua basado en el Internet de las Cosas.

Las aplicaciones basadas en el Internet de las Cosas – IoT constan esencialmente de tres elementos: los sensores o nodos finales para adquirir datos, las pasarelas IoT o Gateways y las plataformas de visualización de los datos. Los Gateways permiten retransmitir los datos de los nodos a las plataformas de visualización. Estos dispositivos son los más costosos al momento de implementar soluciones IoT, sus precios oscilan entre los 300 y 800 dólares americanos en Estado Unidos y entre 400 y 1200 euros en España y el resto de Europa (Connected Things, 2021). Al ser un elemento de difícil acceso en el mercado ecuatoriano por sus características técnicas y al ser elementos de tecnología reciente en el Ecuador, representa un problema al momento de implementar soluciones basadas en IoT.

Como solución a este problema el presente trabajo de investigación pretende diseñar e implementar un Gateway de bajo costo haciendo uso de sistemas embebidos disponibles en el mercado ecuatoriano y considerando el uso de bandas libres en el país.

Con la implementación del medidor experimental de consumo de agua potable y de la Pasarela IoT-LoRa se pretende contribuir a la extensión de cobertura de aplicaciones LoRa y significativamente en soluciones IoT de bajos costos funcionales, escalables y sobre todo a bajo costo.

Objetivo general

Desarrollar una pasarela IoT – LoRa para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la ciudad de Salcedo provincia de Cotopaxi

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre IoT y la red LoRa
Diseñar la pasarela.
- Implementar el medidor de consumo de agua potable basado en microcontroladores.
- Diseñar una aplicación web en la plataforma Ubidots a la cual se le puedan enviar los datos adquiridos por medidor de agua potable y de la pasarela IoT implementada.

- Validar el funcionamiento del sistema a través de la aplicación de un protocolo de pruebas.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El presente proyecto consiste en implementar una red IoT con un nodo que permita la lectura de consumo de agua potable y que se comunique mediante protocolo LoRaWAN a través de una pasarela o Gateway LoRa de bajo costo con una plataforma web orientada a servicios de IoT. Este proyecto será implementado con el propósito de beneficiar a todos los habitantes de la ciudad de Salcedo parroquia Mulliquindil

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

En el Ecuador se han desarrollado e implementado proyectos de investigación con esta tecnología como los que se describen en la tabla 1

Tabla 1
Proyectos LoRa desarrollados en el Ecuador

Título del Proyecto	Objetivos	Hardware utilizado para sensado y transmisión de datos	Observaciones
<p>“Implementación de un sistema de monitoreo y control automático de riego para invernaderos mediante tecnología <i>lora</i> con ESP32” de Haro Iván – 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un sistema de riego compuesto por elementos electrónicos, eléctricos y de control. • Desarrollar un HMI para la visualización de parámetros de variables a ser monitoreadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • RN2483: módulo de <i>Tx/Rx LoRa</i>. • ESP32: microcontrolador Wifi para aplicaciones <i>IoT</i>. • SHT11: sensor de humedad relativa y temperatura. • Sensor de nivel de agua XKC-Y25-PNP. • Pantalla HMI <i>Nextion 3.2</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de <i>Tx/Rx</i>: 433 MHz. • 4 módulos: un módulo máster y tres esclavos. • Las variables monitoreadas son: humedad relativa y absoluta, temperatura del ambiente y nivel de agua del tanque de riego. • Los módulos esclavos se alimentan por paneles solares y baterías. • El monitoreo y visualización de datos se hace solamente de forma local mediante una HMI. No cuenta con un sistema de envío de datos a la nube o servidor web para monitoreo remoto.
<p>“Monitoreo de variables industriales basadas en protocolo de comunicación <i>LoRa</i>” de Diego Mogrovejo – 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el protocolo <i>lora</i> para determinar las características que debe cumplir el dispositivo para soportar el protocolo. • Desarrollar un prototipo que permita la 	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo <i>LoRa</i> RN2903: utilizado para la transmisión y recepción de datos. • Antena FW.95 para 915 MHz de 2.71 dBi. • Sensor LS-10. Es de 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de <i>Tx/Rx</i>: 920 MHz. • Se desarrollaron dos nodos. Un transmisor y otro receptor. • Se implementó una aplicación para la

	<p>comunicación inalámbrica y ofrece alta inmunidad a interferencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una HMI la cual permita la visualización de los valores enviados por los transductores. 	<p>versión estándar que trabaja con presiones de 860 a 1060 mbar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LCD 16x2. Dispositivo para la visualización de los datos censados y transmitidos. • PIC 16F871. Microcontrolador para el envío, recepción y gestión de los datos censados. 	<p>visualización de los datos desarrollada en <i>LabView</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El monitoreo y visualización de datos se hace solamente de forma local mediante una HMI. No cuenta con un sistema de envío de datos a la nube o servidor web para monitoreo remoto.
--	---	---	---

De la tabla 2 se puede concluir que los trabajos, realizados en la universidad, concentran la información de forma local, es decir, no hacen uso de servidores web o aplicaciones móviles para su gestión.

Tabla 2

Proyectos LoRa desarrollados por la UNIVERSIDAD ISRAEL

Título del Proyecto	Objetivos	Hardware utilizado para sensado y transmisión de datos	Observaciones
<p>"Implementación de un sistema de monitoreo y control automático de riego para invernaderos mediante tecnología <i>lora</i> con ESP32" de Haro Iván – 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un sistema de riego compuesto por elementos electrónicos, eléctricos y de control. • Desarrollar un HMI para la visualización de parámetros de variables a ser monitoreadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • RN2483: módulo de <i>Tx/Rx LoRa</i>. • ESP32: microcontrolador Wifi para aplicaciones <i>IoT</i>. • SHT11: sensor de humedad relativa y temperatura. • Sensor de nivel de agua XKC-Y25-PNP. • Pantalla HMI <i>Nextion 3.2</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de <i>Tx/Rx</i>: 433 MHz. • 4 módulos: un módulo máster y tres esclavos. • Las variables monitoreadas son: humedad relativa y absoluta, temperatura del ambiente y nivel de agua del tanque de riego. • Los módulos esclavos se alimentan por paneles solares y baterías. • El monitoreo y visualización de datos se hace solamente de forma local mediante una HMI. No cuenta con un sistema de

<p>“Monitoreo de variables industriales basadas en protocolo de comunicación <i>LoRa</i>” de Diego Mogrovejo – 2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Analizar el protocolo <i>lora</i> para determinar las características que debe cumplir el dispositivo para soportar el protocolo. ● Desarrollar un prototipo que permita la comunicación inalámbrica y ofrece alta inmunidad a interferencias. ● Diseñar una HMI la cual permita la visualización de los valores enviados por los transductores. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Módulo <i>LoRa</i> RN2903: utilizado para la transmisión y recepción de datos. ● Antena FW.95 para 915 MHz de 2.71 dBi. ● Sensor LS-10. Es de versión estándar que trabaja con presiones de 860 a 1060 mbar. ● LCD 16x2. Dispositivo para la visualización de los datos censados y transmitidos. ● PIC 16F871. Microcontrolador para el envío, recepción y gestión de los datos censados. 	<p>envío de datos a la nube o servidor web para monitoreo remoto.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencia de <i>Tx/Rx</i>: 920 MHz. ● Se desarrollaron dos nodos. Un transmisor y otro receptor. ● Se implementó una aplicación para la visualización de los datos desarrollada en <i>LabView</i>. ● El monitoreo y visualización de datos se hace solamente de forma local mediante una HMI. No cuenta con un sistema de envío de datos a la nube o servidor web para monitoreo remoto.
---	--	---	--

Existen trabajos desarrollados por otras universidades del país relacionados al uso y aplicación de la tecnología *LoRa*, en los cuales se hace uso de *Gateways LoRa* comerciales y disponibles en el mercado extranjero lo que aumenta significativamente el costo de implementación de los proyectos.

En la Tabla 3 se puede observar los modelos de *Gateways LoRa* utilizados en diferentes proyectos desarrollados.

Tabla 3

Proyectos LoRa desarrollados por varias universidades del Ecuador.

Título del Proyecto	Objetivos	Hardware utilizado para sensado y transmisión de datos	Observaciones
<p>“Diseño de una red de sensores inalámbricos LPWAN para el monitoreo de cultivos y materia orgánica en la granja experimental la pradera de la Universidad Técnica del Norte” – Héctor Cadena, Universidad Técnica del Norte - 2020</p> <p>“Desarrollo de una red de sensores inalámbricos utilizando tecnología LORA para el monitoreo de un sistema” – Michelle Ortiz, Universidad Politécnica Salesiana - 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar el hardware de monitoreo de los agentes implicados en agricultura de precisión de cultivo de alfalfa y la materia orgánica, mediante una red de sensores que permitan la recolección precisa de información de cada nodo. • Diseñar el software del sistema de monitoreo de los factores implicados tanto para la calidad del suelo y medio ambiente que influyen en el cultivo de alfalfa y materia orgánica utilizando software libre que permita almacenar y monitorear información enviada por los nodos. • Diseñar una red de sensores inalámbricos con Tecnología LoRa para el monitoreo de un sistema autónomo. • Implementar una red de sensores inalámbricos con tecnología LoRa, que permita una comunicación entre los dispositivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores de humedad relativa, temperatura ambiente, temperatura del suelo, humedad del suelo, PH, CO2. • Arduino UNO • Raspberry Pi 3. • Módulo LoRaWAN RN2483. • Módulo LoRa ESP32: utilizado para la transmisión y recepción de datos, utiliza el chip LoRa SX1276. • Gateway Dragino LoRa LG308. 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de trabajo 868 MHz • El trabajo se divide en dos zonas: la Zona 1 es para el área de cultivo y regadío automático y la zona 2 es destinada al control del riego. • Se utilizan redes neuronales para realizar una predicción del regadío en base a los parámetros obtenidos por los sensores. • No utiliza un Gateway • Frecuencia de Tx/Rx: 915 MHz. • Es un prototipo didáctico que simula el proceso real de una red de sensores implementada con tecnología LoRa. • El proyecto consiste en simular una planta clasificadora de materiales, donde contienen tres nodos clientes y un Gateway que se encargaran de intercambiar

<p>“Desarrollo de un prototipo de red LPWAN con tecnología <i>LoRa</i> para la detección de intrusos en las viviendas de una zona residencial” – Edwin Ávila, Escuela Politécnica Nacional – 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinar las prestaciones, ventajas y desventajas del uso de la tecnología <i>LoRa</i> en redes inalámbricas. ● Analizar y definir los requerimientos necesarios para el diseño de una red LPWAN usando tecnología <i>LoRa</i>. ● Diseñar un prototipo de red <i>LoRaWAN</i> que por medio de nodos <i>LoRa</i> detecte intrusos en las viviendas de una zona residencial, y que permita enviar mensajes de alerta tanto al personal que administra la aplicación web como a los usuarios que utilicen la aplicación móvil. ● Desarrollar una aplicación web que permita al personal de seguridad gestionar usuarios y monitorear el estado de los nodos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Placa Wifi <i>LoRa</i> 32: usa un chip SX1276, un microcontrolador ESP32, y una pantalla OLED de 0.96 pulgadas ● Gateway <i>LoRa</i> RAK7258: permite la transmisión de datos mediante Ethernet. Además, cuenta con conectividad Wifi y cuenta con un chip SX1301 de <i>Semtech LoRa</i>. posee una sensibilidad de recepción de -142 dBm junto con una potencia de transmisión de 27 dBm 	<p>información inalámbricamente mediante <i>LoRa</i>, en el proceso se va a detectar dos tipos de materiales, metales y no metales,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Utiliza un aplicativo web para monitorear las variables. ● El costo del Gateway en, Estado Unidos, oscila por los 220 dólares americanos. ● Prototipo de red LPWAN, que mediante el uso de las tecnologías <i>LoRa</i> y <i>LoRaWAN</i> combinadas con MQTT y una API REST. ● El personal de seguridad utiliza una aplicación web para gestionar la autenticación de usuarios y supervisar, dentro de un mapa en tiempo real, el estado de los nodos de cada residencia. ● Por otra parte, el propietario del inmueble puede manejar la activación y desactivación de los nodos a través de una aplicación móvil. ● El costo del <i>Gateway</i> en, Estados Unidos, oscila entre los 149 a los 220 dólares americanos dependiendo del modelo y prestaciones.
---	--	--	---

De la tabla 3 se puede observar que los proyectos utilizan *Gateways* comerciales y que son de fácil acceso en los Estados Unidos. El precio de estos oscila entre los 200 dólares americanos. En el país no se pueden encontrar *Gateways* comerciales e importar los existentes en el exterior encarece notablemente los precios de los proyectos. Cabe recalcar que los *Gateways* utilizados en los proyectos de las universidades son para uso en interiores.

Para que las redes de sensores puedan desplegar y sean cada vez una realidad en el país es necesario colocar *Gateways* y ampliar las zonas de cobertura. Pero esto es realmente difícil por el alto costo de los equipos.

1.2. Proceso investigativo metodológico

La metodología que permitirá cumplir con los objetivos planteados en el presente proyecto de investigación es una metodología del tipo mixta: teórico tipo cualitativa y experimental de tipo cuantitativa.

La primera se enfoca en la recopilación de información y estudio del estado del arte sobre sistemas de lectura remota de dispositivos de medición de servicios básicos y tecnología LoRa. También se realizará un análisis de los datos de consumo de agua potable promedio de una vivienda para dimensionar y seleccionar los componentes electrónicos que conformarán el prototipo propuesto.

La segunda parte consistirá en la implementación de un prototipo basado en sensores de corriente y voltaje, un Arduino, un módulo LoRa y un LoRa Gateway. Una vez realizada las respectivas conexiones físicas de los componentes electrónicos con el Arduino, se procede a programar el Arduino para que se encargue de la toma de mediciones de consumo de agua potable, y el envío de estos datos al LoRa Gateway implementado sobre un sistema embebido. Posteriormente se configura el LoRa Gateway diseñado para que los datos recibidos sean enviados a The Things Network y con la opción de integración que ofrece este servidor web, enviarlos a la plataforma de IoT llamada Ubidots. La plataforma Ubidots permitirá almacenar los datos y presentarlos mediante gráficas o indicadores en tiempo real.

Finalmente, con el prototipo enviando datos y recibéndolos en Ubidots se procederá a realizar pruebas de funcionamiento. Para ello se procederá a instalar el prototipo en una vivienda y ubicar el LoRa Gateway en un sector donde exista línea de vista entre prototipo y el Gateway. Las pruebas que se realizarán serán: área de cobertura, retardo de transmisión y precisión de la medición con la finalidad validar el funcionamiento del prototipo y obtener conclusiones generales sobre los beneficios que ofrece LoRa y el prototipo final.

1.3. Análisis de resultados

Como primer paso para alcanzar los objetivos del presente proyecto se realizaron los diagramas de flujo del funcionamiento de los dispositivos emisor y receptor *LoRa*. Con los diagramas de flujo se pudo tener una idea más clara de los elementos, estados y procesos que deben integrar los módulos para su correcto funcionamiento. Para una mejor comprensión se ha dividido el sistema en tres módulos: emisor, receptor y la pasarela *IoT*.

CAPITULO II: PROPUESTA

2.1. Fundamentos Teóricos aplicados

En este capítulo se presenta una descripción general del proyecto a través de diagramas de bloques y se enumeran cada uno de los componentes que conforman el sistema de medición de consumo de agua, así como los componentes que forman parte del *Gateway IoT*. Además, se presenta un análisis económico y se enumeran las ventajas de este sistema en comparación con otros existentes en el mercado.

2.1.1. Cálculo del consumo del agua

Dado que el módulo de medición de caudal de agua no arroja valores de pulsos estos deberán someterse a una serie de fórmulas matemáticas para poder obtener los resultados deseados y sean entendibles para todos los usuarios.

Para el cálculo del consumo de agua se usó la fórmula de la conversión de frecuencia a caudal.

$$f(Hz) = k * Q \left(\frac{L}{min} \right) \quad (1)$$

Donde k representa el factor de conversión y para el caso del sensor utilizado en este proyecto es igual a 7.5. Se debe aclarar que estos valores se encuentran dados por el fabricante del sensor. Adicional a este valor del factor de conversión, se da un valor de 452 pulsos por litro de agua. Con estos dos valores se puede determinar el valor del caudal que está circulando por el sensor.

Para el cálculo del volumen de agua consumido se hizo uso (2), dado que el caudal no es más que una variación del volumen con respecto al tiempo.

$$V = V_0 + Q\Delta t \quad (2)$$

Con los valores del factor de conversión y la frecuencia, y con las fórmulas se puede ya calcular por medio de software el consumo de agua.

2.2. Descripción de la propuesta

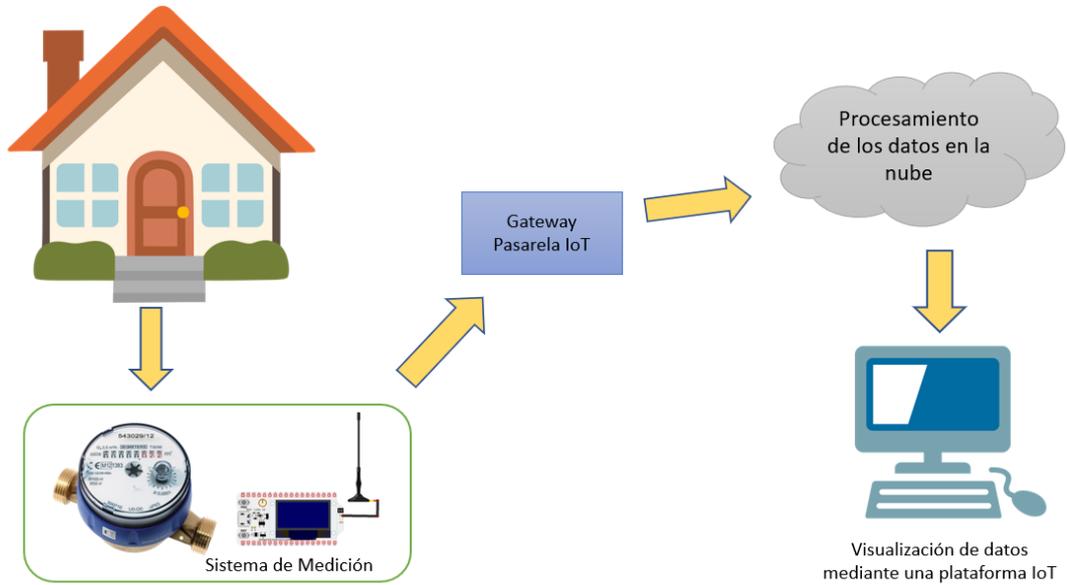
2.2.1. Estructura General

Para entender de mejor manera la solución del que se ha planteado para el proyecto es muy útil utilizar el diagrama de bloques de la Figura 1:

En esta figura se presenta una descripción general del proyecto a través de diagramas de bloques y se enumeran cada uno de los componentes que conforman el sistema de medición de consumo de agua, así como los componentes que forman parte del *Gateway IoT*.

Figura 1

Representación del diagrama de funcionamiento del proyecto



2.2.2. Explicación del aporte

2.2.2.1. Diagrama de bloques general del sistema

Para comprender de mejor manera el prototipo se realizó un diagrama de bloques general del mismo, el cual explica el funcionamiento de la etapa del emisor, así como del receptor y posterior a la pasarela IoT. La Figura 5 muestra el diagrama de bloques.

Figura 2

Diagrama de bloques general incluyendo emisor y receptor



Como se puede verificar en la **Figura 2** el prototipo cumple con las características principales de una red LoRaWAN, es decir constan de un nodo el cual es el encargado de captar los datos los mismos que se transmitirán a un Gateway que trabajará a una frecuencia

de 915 MHz respetando la regulación de frecuencias del país para después ser visualizados en una plataforma IoT.

2.2.3. Módulo emisor

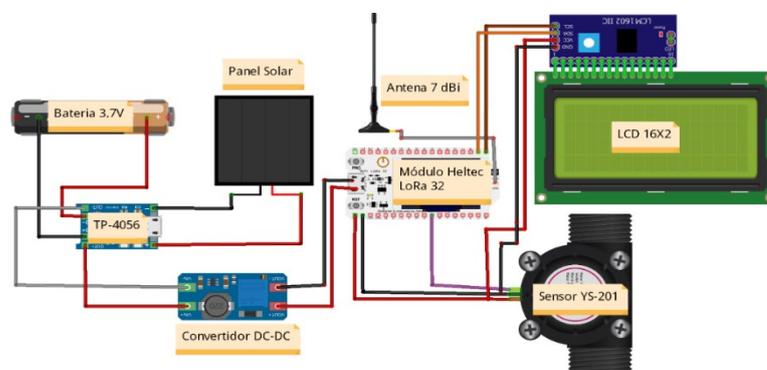
Este módulo es el encargado de la adquisición de los datos de consumo de agua potable y de enviarlos hacia el receptor utilizando la tecnología *LoRa*. Los elementos utilizados en la construcción de este módulo son:

- Sensor de flujo de agua YF-S201
- Tarjeta de adquisición *HELTEC LoRa 32 V2*.
- Módulo de carga TP4056
- Modulo convertidor DC-DC
- Panel solar
- Batería de 3.7 V
- LCD 16x2

La tarjeta de adquisición *Heltec* es el director de orquesta en este módulo ya que es el encargado de realizar el cálculo de consumo de agua a través del sensor de flujo de caudal, mediante la LCD 16x2 se muestra los datos de consumo de agua potable, realizar el empaquetamiento de la información y aplicación de parámetros básicos para su transmisión por medio de la tecnología *LoRa*. Para la alimentación de este circuito, se utiliza un sistema de carga el cual está energizado con una batería de litio de 3.7V con el respectivo convertidor DC-DC para que alimente a la placa, además de tener un panel solar el cual será gestionado por el módulo de carga TP4056 para así recargar la batería gradualmente mediante el panel solar. La Figura 6 muestra cómo están conectados cada uno de los elementos utilizados.

Figura 3

Diagrama electrónico de conexión del dispositivo emisor



Ya con el diagrama de conexión se procedió a desarrollar el diagrama de pistas en el Software *EasyEDA* para elaborar una placa para soldar los componentes y facilitar el montaje del transmisor *LoRa* y la conexión y desconexión de los diferentes elementos en caso de cambio por fallas a través de pines de embotamiento. La Figura 7 muestra el diagrama obtenido, y en la Figura 8 se puede observar ya el circuito transferido a la PCB.

Figura 4
Diagrama esquemático PCB del módulo emisor

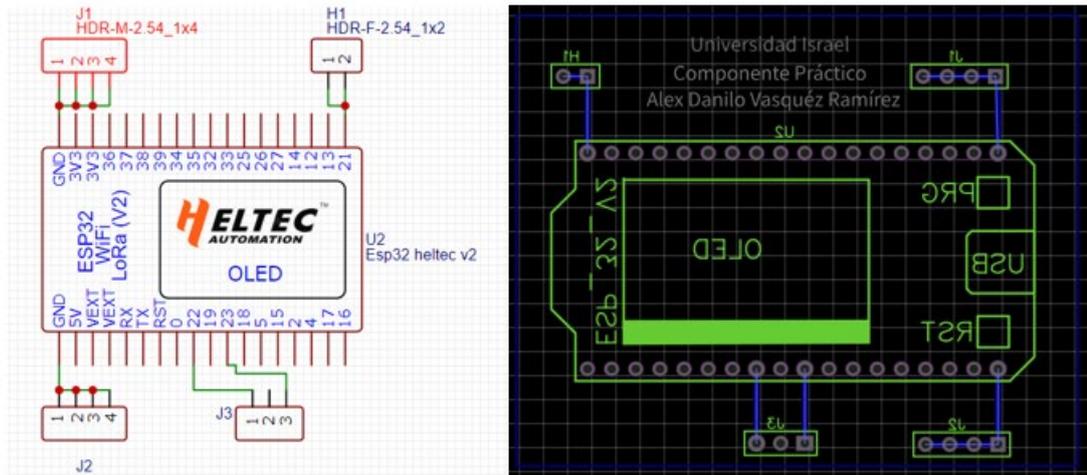
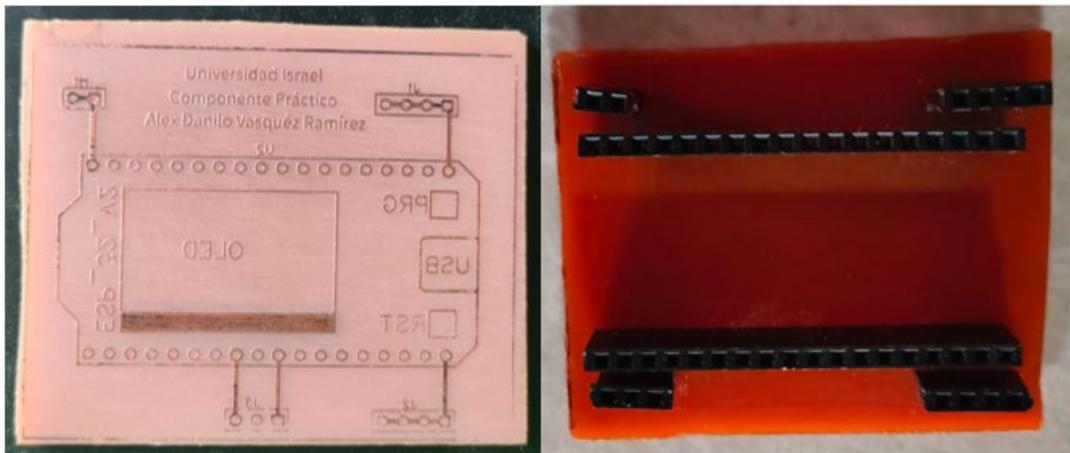


Figura 5
Dispositivo emisor culminado en PCB



Finalmente se realizó el montaje y soldadura de los elementos electrónicos a la placa diseñada. En las **Figura 6** y **Figura 17** se puede observar cómo están distribuidos los elementos en la caja que contendrá el medidor de consumo de agua potable.

Figura 6
Elementos soldados y conectados del módulo emisor

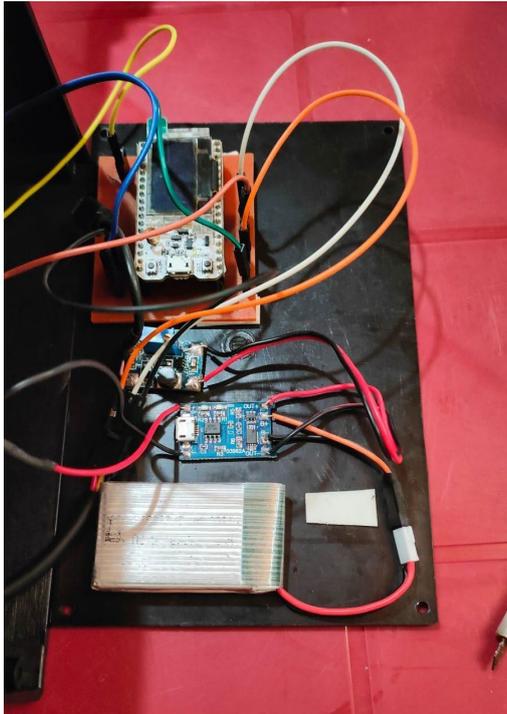
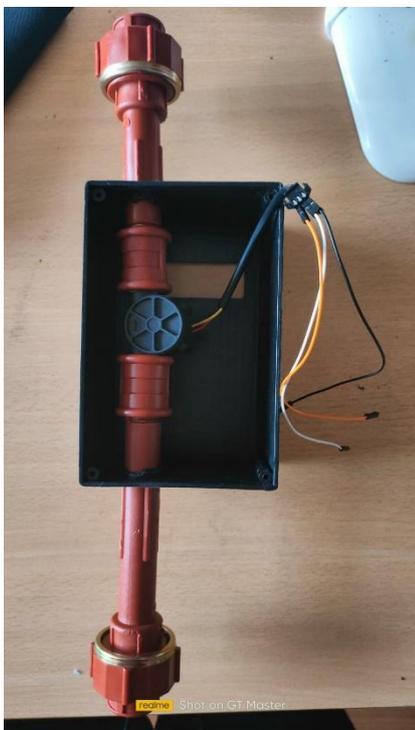


Figura 7
Sensor de flujo montado en el módulo emisor



En la **Figura 8** se puede observar cómo queda finalmente el módulo emisor ya montado todos los elementos.

Figura 8
Módulo emisor



Una vez se ha completado el montaje y configuración del hardware que compone el módulo emisor se realizó la programación de la placa de control y transmisión *Heltec LoRa*, para ello se realizó como primer paso el diagrama de bloques para después realizar el diagrama de flujo del funcionamiento del programa.

2.2.4. Diagrama de bloques del módulo emisor

Después de verificar los elementos que trabajarán en conjunto en el módulo emisor se realizó el diagrama de bloques de este el cual se describe en la **Figura 9**, a continuación, se describe cada uno de los bloques que conforman este.

Figura 9
Diagrama de bloques del dispositivo emisor



- El primer bloque será el encargado de recolectar los datos mediante el sensor medición de caudal YS-201 utilizado para obtener la frecuencia y realizar los procesos matemáticos para el cálculo del flujo y respectivo consumo.
- El segundo bloque se encarga en realizar el cálculo del consumo de agua con los datos que se obtendrán del primer bloque el cual corresponde a los valores de frecuencia.

- En el tercer bloque se almacenan los datos previamente manipulados matemáticamente para obtener el resultado deseado.
- En el cuarto bloque se toman los valores almacenados anteriormente descrito los cuales se encuentran en formato *Double* y serán convertidos a formato *String* para poder ser enviados al módulo receptor.
- En el quinto bloque se realiza la transmisión de los datos mediante el protocolo *LoRaWAN* con los parámetros establecidos.

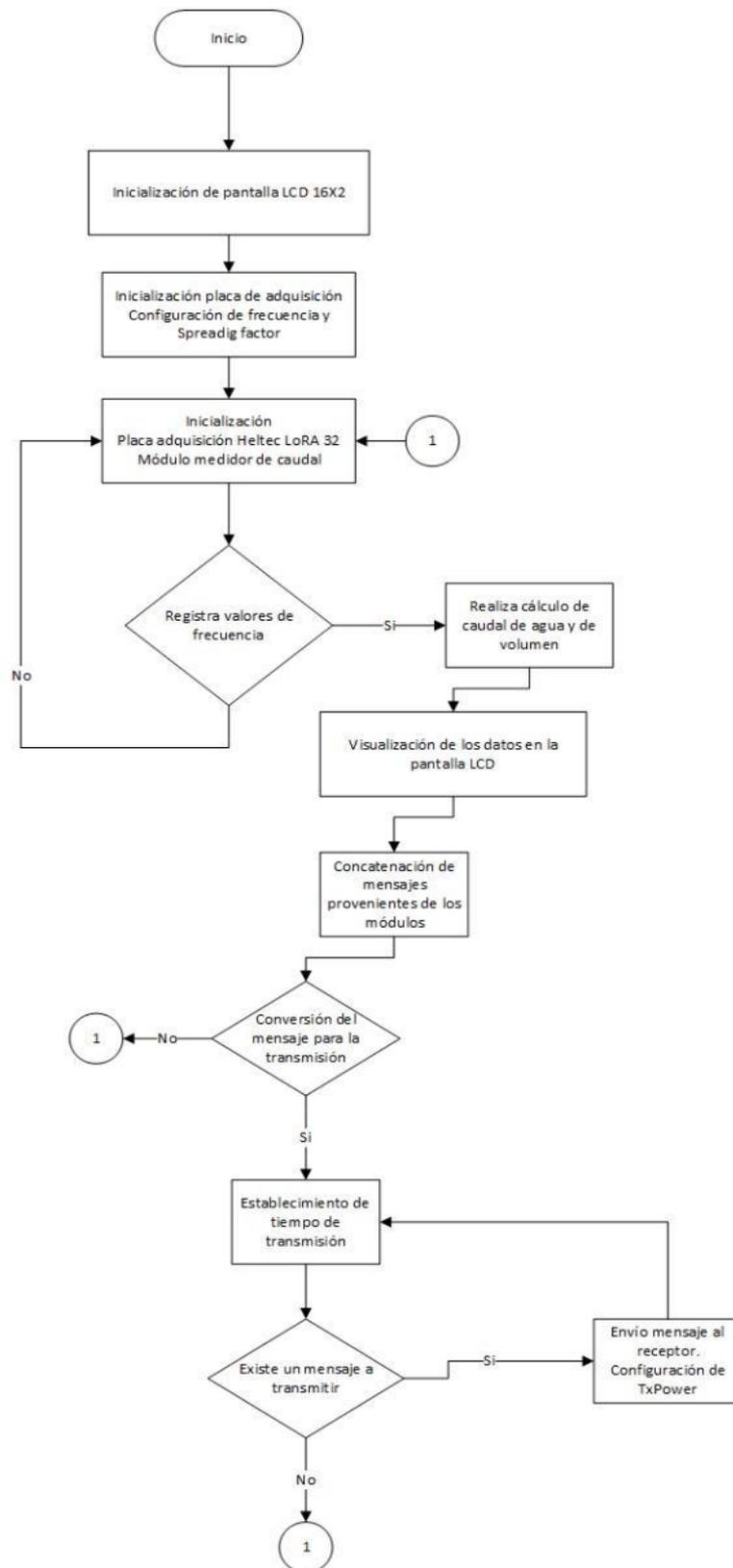
2.2.5. Diagrama de flujo del módulo emisor

Una vez que se desarrolló el diagrama de bloques el cual explica los procesos a realizar es fundamental describir el funcionamiento del software, teniendo esta premisa, se desarrolló el algoritmo en el IDE de Arduino el cual es basado en C++ y además tiene mucha versatilidad y escalabilidad en lenguaje de programación. La **Figura 10** describe el diagrama de flujo del módulo emisor.

A continuación, se presentan algunas consideraciones de programación:

- La inicialización de la placa *Heltec LoRa 32* y de los sensores se realizará cuando el dispositivo se encienda, las variables de los dispositivos serán inicializadas con valores establecidos por el administrador del sistema.
- Se registran los valores obtenidos por el sensor medidor de caudal es decir los pulsos emitidos, si no registra valores de pulsos el sensor permanecerá inicializado a la espera de datos.
- El tiempo de transmisión programada por el usuario será de 2 a 3 segundos en llegada al módulo emisor.
- Como método de verificación para que los mensajes lleguen a su destinatario y poder evidenciar los parámetros se utilizó las siguientes consideraciones:
 - Verificación de la longitud de mensaje tanto de los módulos emisor como receptor
 - Verificación de las direcciones de los módulos emisor y receptor

Figura 10
Diagrama de flujo de módulo emisor



2.2.6. Módulo receptor

Este módulo se encarga de recibir los mensajes provenientes del módulo receptor. Los mensajes que se reciban son procesados, es decir, se los descompone para obtener la información en su interior y poder enviarlos a la plataforma de visualización alojada en el internet. Los elementos que conforman este módulo son:

- Tarjeta *Heltec LoRa 32*
- Antena de 7dBi de ganancia y 915 MHz de frecuencia

Del mismo modo que en el dispositivo emisor, el coordinador de todo el trabajo es la tarjeta *Heltec LoRa 32V2* y sus parámetros de configuración son iguales a los del emisor, es decir, tiene un factor de ensanchamiento igual a 7 y frecuencia de 915 MHz. Si estos parámetros no son iguales no se podrá recibir ningún mensaje, del mismo modo, se debe considerar las direcciones establecidas en el emisor para el correcto funcionamiento.

Figura 11

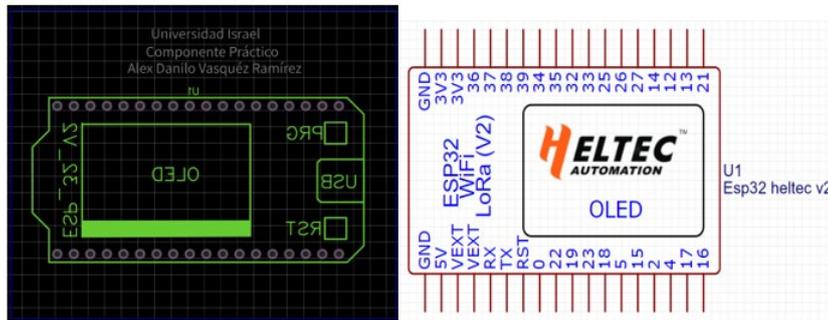
Diagrama electrónico del módulo receptor



De igual manera que en el módulo emisor se desarrolló el diagrama de pistas en el software *EasyEDA*, como se puede observar en la **Figura 15**, para este diseño se realizó un mapeo de los pines de la tarjeta *Heltec LoRa 32* dado que no tendrá ningún otro componente puesto que será el encargado exclusivamente de recibir los mensajes diseñado de tal forma que el montaje de la tarjeta sea de fácil acceso.

Figura 12

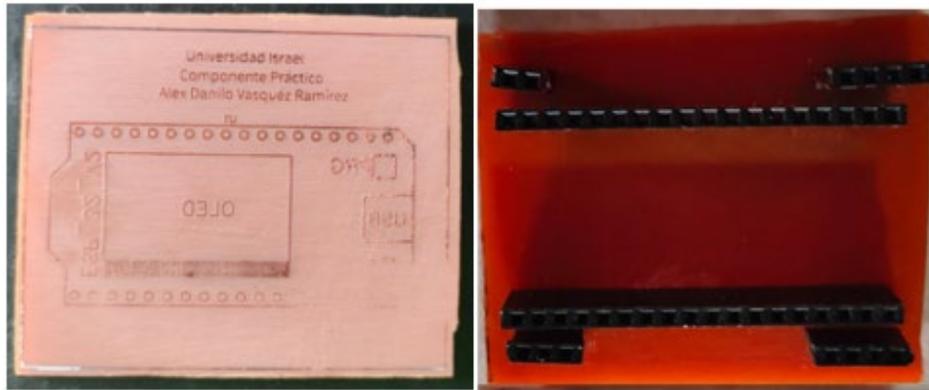
Diagrama de pistas PCB del módulo receptor



Mientras que en la **Figura 16** se puede observar la placa electrónica soldada y además el sistema de embotamiento de la tarjeta *Heltec LoRa 32*.

Figura 13

Dispositivo receptor (Placa electrónica)



Posteriormente se montó la tarjeta *Heltec LoRa 32 V2* en la PCB junto con la antena de 7dBi en una caja de proyectos como se muestra en la **Figura 14**.

Figura 14
Módulo de recepción



2.2.7. Diagrama de bloques del módulo receptor

Una vez que ya se tienen todos los elementos del módulo receptor se procede a realizar un diagrama de bloques de este, para poder evidenciar y poder describir los procesos a realizar. La **Figura 15** muestra el diagrama de bloques realizado para el módulo receptor.

Figura 15
Diagrama de bloques elaborado para el módulo receptor



- En el primer bloque será el encargado de la recepción de los datos que emite el sensor de caudal de agua el mismo que llegará en una sola variable de tipo String la cual es admitida en el módulo receptor para la comunicación.
- En el segundo bloque se encarga de tratar y procesar la información y transformarlos a datos que sean admitidos por el *Gateway*.
- El tercer bloque será el encargado de tener preparados los datos divididos en los parámetros a mostrar en la página de visualización posteriormente.

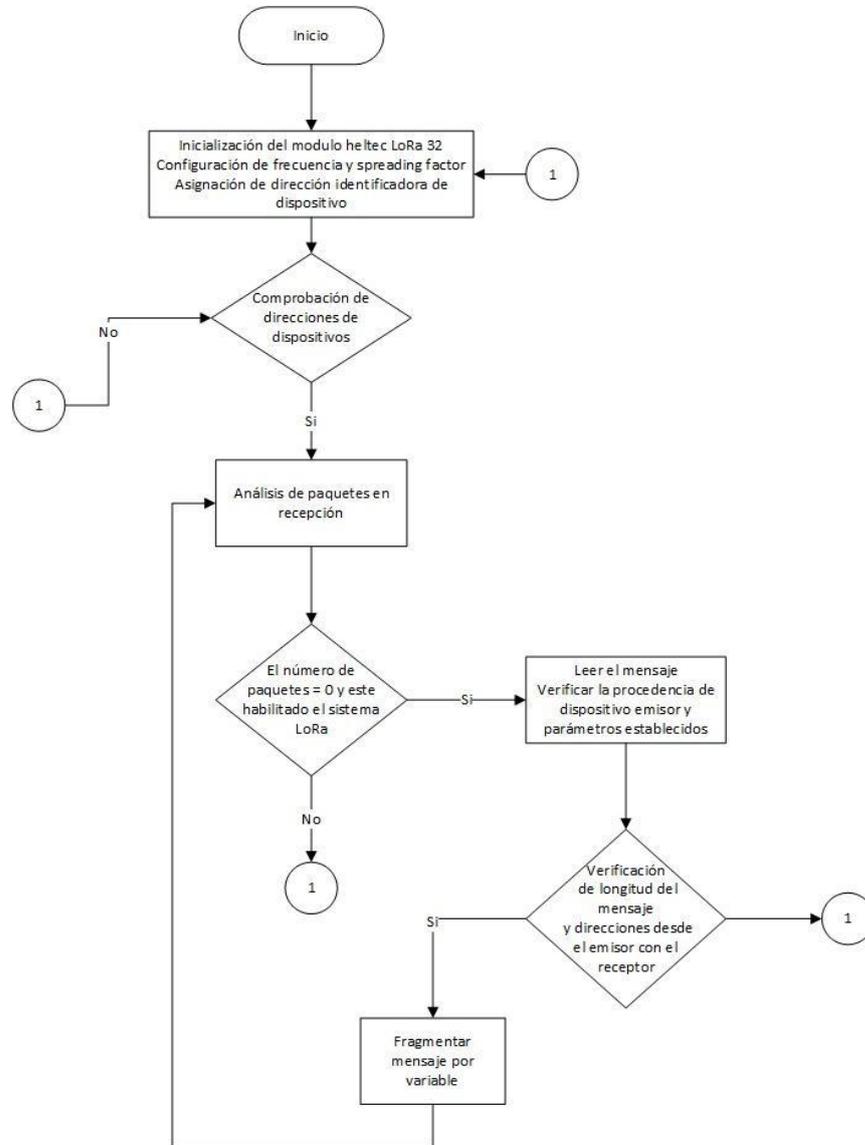
2.2.7.1. Diagrama de flujo del módulo receptor

Una vez realizado el diagrama de bloques del módulo receptor es importante realizar la parte del software y programación de este, por ello se realizó el diagrama de flujo con la

intención de facilitar el proceso de programación de igual manera la parte de programación se la realizó en la interfaz de Arduino IDE. La **Figura 19** muestra el diagrama de flujo realizado.

Figura 16

Diagrama de flujo elaborado para el módulo receptor



A continuación, se presentan algunas consideraciones de programación:

- La inicialización de la tarjeta se realiza en el momento de encender el dispositivo con la configuración de principales de comunicación de datos.
- Se comprobará las direcciones de los módulos tanto emisor, así como del receptor para la correcta comunicación y priorizar la mínima pérdida de paquetes.

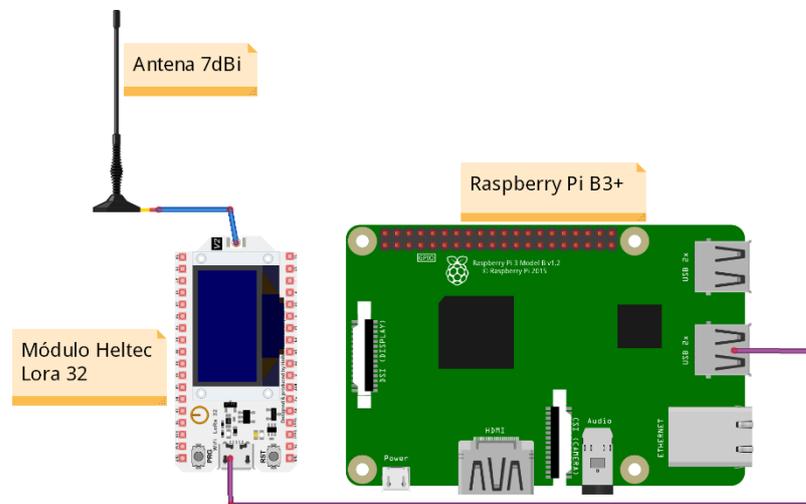
- Si el número de paquetes en la recepción es cero el módulo no realizará ninguna interacción el prototipo.
- Se comprobará la longitud del mensaje como otro mecanismo de verificación de los paquetes.

2.2.8. Pasarela IoT

La pasarela de datos está conformada por una Raspberry Pi 3 B+ la cual recibe los datos codificados del receptor por medio de una comunicación serial como se muestra en el diagrama de conexión de la **Figura 17**.

Figura 17

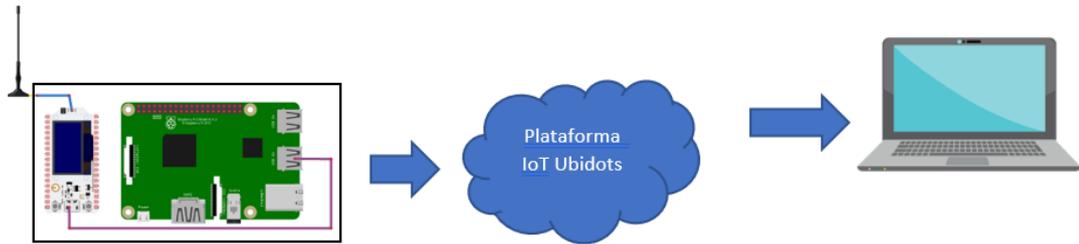
Diagrama de conexión de pasarela IoT



Una vez que se detalló los elementos que tendrá la pasarela *Gateway* es importante tener una visión en conjunto con el módulo receptor dado que trabajarán en conjunto y mediante el esquema de conexión total mostrado en la **Figura 18** se puede visualizar de mejor manera su comportamiento. Así como de su conexión con el usuario final mediante la plataforma *IoT Ubidots* escogida para el presente proyecto.

Figura 18

Diagrama completo del módulo receptor con la pasarela IoT

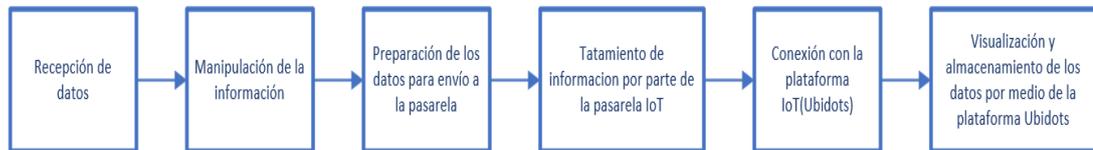


2.2.8.1. Diagrama de bloques de la pasarela IoT

Teniendo claro el diagrama de conexiones y los dispositivos que se utilizarán en la pasarela se elaboró un diagrama de bloques, el cual será añadido al módulo receptor dado que parte del proceso realizado es compartido por medio de su puerto UART. En la **Figura 19** se muestra el diagrama de bloques general de funcionamiento.

Figura 19

Diagrama de bloques General de funcionamiento



Los bloques correspondientes a la pasarela en el diagrama de la **Figura 19** serán los bloques:

- En el bloque cuatro el principal participante del tratamiento de la información será la Raspberry Pi B3+ la cual se encargará de dar formato admitido en el lenguaje de programación con las respectivas premisas de la comunicación UART.
- En el bloque 5 se realizará la conexión mediante claves provenientes de la plataforma *IoT Ubidots* para la conexión respectiva con el dispositivo.
- En el bloque 6 se presentan los datos de manera gráfica y entendible para que el usuario final lo pueda interpretar sin necesidad de un conocimiento anterior al tema.

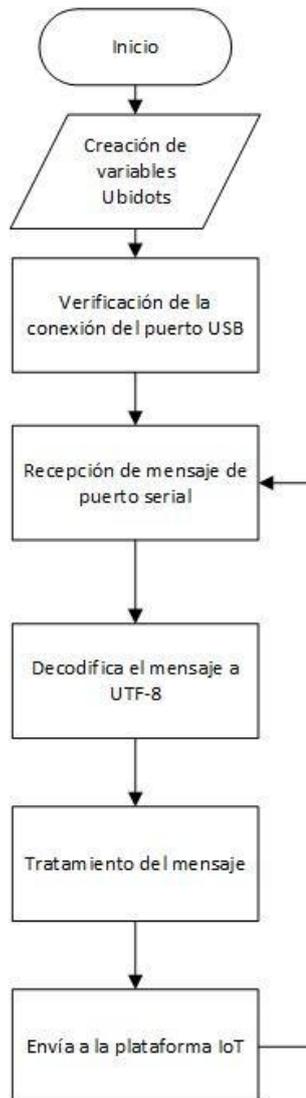
2.2.8.2. Diagrama de flujo de la Pasarela IoT

Una vez realizado el diagrama de bloques tanto del módulo receptor como de la pasarela y revisando la función de cada uno por separado, así como en conjunto se puede desarrollar un diagrama de flujo el cual ayude con la programación del algoritmo de la pasarela la cual fue desarrollado en el lenguaje de programación Python. La **Figura 20** muestra el diagrama de flujo correspondiente a la pasarela *IoT*. Para el diagrama se consideró lo siguiente:

- Verificar el puerto de comunicación entre la placa *LoRa* y la Raspberry Pi.
- Se leerá e imprimirá los mensajes siempre y cuando la Raspberry se encuentre conectada a un monitor. Esta condición se ha tomado en cuenta para poder hacer un monitoreo local del funcionamiento del sistema.
- El mensaje se decodifica en UTF-8 para tener compatibilidad con la plataforma *Ubidots*.
- Se debe fraccionar el mensaje para asignar a diferentes variables en la programación en Python.

Figura 20

Diagrama de flujo de la pasarela IoT



Para la implementación del dispositivo se lo hizo en dos partes. La primera consistió en el montaje de cada uno de los módulos emisor, receptor, pasarela IoT y configuración de la plataforma IoT – Ubidots, y el montaje general del sistema antes de su puesta en marcha.

En esta fase se realizó la programación de los módulos considerando los puntos tratados en la Sección 2.2 de la propuesta. De esta forma los algoritmos se describen a continuación

2.2.9. Algoritmo del módulo emisor

Para el desarrollo de los algoritmos se utilizó el software de programación IDE de Arduino ya que la tarjeta de adquisición *Heltec LoRa* tienen como base un ESP32 y es compatible con las librerías que otorga el microcontrolador en la **Figura 21** se detallan las librerías utilizadas.

Figura 21

Librerías utilizadas en la programación del emisor

```
#include <stdlib.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "heltec.h"
```

La librería *heltec.h* se utilizó para el envío de datos *LoRa* y para ajustar los parámetros del protocolo de comunicación, para el control de la pantalla LCD se utiliza la librería *LiquidCrystal_I2C.h* y una de las librerías importantes es *Wire.h* para la comunicación de pines de la ESP32.

En la **Figura 22** se muestra cómo se definen los pines para la lectura de los pulsos el cual se definió como el pin 23 de la tarjeta *Heltec LoRa 32 V2* y además se define la frecuencia a trabajar que será de 915Mhz la cual corresponde a la región de trabajo.

Figura 22

Definición de frecuencia y pin de lectura del caudal.

```
#define sensorPin 23
#define BAND      915E6
```

Además, se definieron constantes para el tratamiento de los pulsos, así como las inicializaciones de estas, se configuró la constante conocida como factor K que indica el fabricante del módulo para las transformaciones posteriores como se muestra en la **Figura 23**.

Figura 23

Definición de variables para el módulo medidor de caudal YF-S201

```
const int measureInterval = 2500;
volatile int pulseConter;
float volumen=0;
long dt=0; //variación de tiempo por cada bucle
long t0=0; //millis() del bucle anterior
// YF-S201
const float factorK = 7.11;
```

Después de ello se creó una variable de tipo *String* en donde se almacenará el mensaje que se enviará al receptor. Este mensaje es el que contiene el identificador del medidor y el dato de consumo de agua potable como se muestra en la **Figura 24**.

Figura 24

Variable tipo cadena para el envío de información

```
String mensaje_saliente;
```

Tanto el emisor como el receptor tendrán su dirección propia la cual se definió como una variable *byte*, para que así exista una mejor comunicación, mejor envío y recepción de paquetes, las direcciones asignadas se muestran en la **Figura 25**.

Figura 25

Variables creadas para la dirección de los dispositivos

```
byte direccionLocal = 0xBB;
byte destinoAdrr = 0xFD;
```

Un aspecto importante para el envío de mensajes es el tiempo de transmisión, el cual se configurará mediante software para ello se definió el envío en un rango de 2 a 3 segundos para así evitar la pérdida de paquetes en la **Figura 26** se muestra la declaración de constante y el tratamiento de estos.

Figura 26

Configuración de tiempo de envío de mensajes

```
byte contmensaje = 0;
long tiempultimomens = 0;
int intervalo = 1000;
```

```
tiempultimomens = millis();
intervalo = random(1000) + 1000;
```

Una vez que se definieron las constantes para la inicialización del emisor, así como la frecuencia de trabajo se define un valor de *Spreading Factor* para el dispositivo y además se inicializa la pantalla LCD, así como también del módulo medidor de caudal como se puede evidenciar en la **Figura 27**.

Figura 27

Inicialización de la tarjeta de adquisición y arranque del programa

```
void setup()
{
  //WIFI Kit series V1 not support Vext control
  Heltec.begin(false /*DisplayEnable Enable*/, true /*Heltec.LoRa Enable*/, true /*Serial Enable*/,
  true /*PABOOST Enable*/, BAND /*long BAND*/);
  LoRa.setSpreadingFactor(7);
  // Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), ISRCountPulse, RISING);
  t0 = millis();
  //Inicio LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" BIENVENIDO");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Esperando datos");
  delay(1500);
}
```

De la **Figura 28** se puede observar que se llama a la función *ISRCountPulse*, la misma que incrementa el contador de pulsos cada que se genera una interrupción de flanco ascendente en el pin 23 de la tarjeta.

Figura 28

Función que incrementa la cantidad de pulsos provenientes del sensor YF-S201

```
void ISRCountPulse()
{
  pulseConter++;
}
```

Con los pulsos provenientes del sensor y su acumulación se pudo calcular la frecuencia de conversión, es decir, se puede ya tener un cálculo aproximado de la cantidad de pulsos provenientes de el sensor que se dan en un litro de agua y calcular cuantos litros de agua circulan en un minuto. Para ello se utiliza la función que se muestra en la Figura 29.

Figura 29

Cálculo de la frecuencia de flujo de caudal

```
float GetFrequency()
{
    pulseConter = 0;

    interrupts ();
    delay (measureInterval);
    noInterrupts ();

    return (float)pulseConter * 1000 / measureInterval;
}
```

Como los datos provenientes de la **Figura 29** son de tipo *double*, para la transmisión de datos mediante los dispositivos se los debe realizar mediante cadenas de caracteres por lo que se procedió a realizar una conversión de tipo *float* a *string* con el comando *dtostrf* como se muestra en la **Figura 30**.

Figura 30

Creación de la cadena que contiene los valores de consumo de agua

```
float Dato2 = volumen;
char vol[20];
dtostrf (volumen, 3, 1, vol);
String volumenS (vol);
```

Una vez que el mensaje ya tuvo su tratamiento se iniciará el envío de la información para ello se utiliza comandos de la librería *Heltec.h* para especificar potencia de transmisión como de direcciones de dispositivos e información adicional mediante el sufijo *LoRa* como se muestra en la **Figura 31**.

Figura 31

Función para el envío de datos LoRa

```
void envioMensaje(String mensaje_saliente)
{
  LoRa.beginPacket(); // start packet

  LoRa.setTxPower(20, RF_PACONFIG_PASELECT_PABOOST);

  LoRa.write(destinoAdrr);
  LoRa.write(direccionLocal);
  LoRa.write(contmensaje);
  LoRa.write(mensaje_saliente.length());
  LoRa.print(mensaje_saliente);
  LoRa.endPacket();
  contmensaje++;
}
```

2.2.10. Algoritmo del módulo receptor

Con el diagrama de flujo y el diseño electrónico se procedió a desarrollar el algoritmo para la recepción de los mensajes *LoRa*. La programación se la hizo en el IDE de Arduino por las librerías disponibles y por la facilidad para programar. A continuación, se realiza una explicación del código utilizado.

En primer lugar, se realiza la importación de la librería *heltec.h* para poder usar todas las funciones de la tarjeta, así como la frecuencia de trabajo. Cabe recalcar que el emisor y el receptor deben estar configurados en la misma frecuencia para que puedan comunicarse sin inconvenientes.

Figura 32

Librería y frecuencia utilizada en el transmisor LoRa

```
#include "heltec.h"
#define BAND 915E6
```

A continuación, se definieron las direcciones de origen y destino de los mensajes. Esto se hace para identificar el mensaje proveniente del medidor de agua y evitar otros mensajes que pueden emitir otros sensores *LoRa* que no sean de la red de este proyecto. Las direcciones de origen y destino serán las contrarias a las del emisor como se puede evidenciar

en la **Figura 33**, es decir, la dirección de destino para el emisor será la dirección local para el receptor y viceversa.

Figura 33

Direcciones configuradas en el receptor

```
byte direccionLocal = 0xFD;  
byte destinoAdrr = 0xBB;
```

Ya con las direcciones y parámetros configurados se procede a inicializar el módulo. La inicialización se hace dentro de la función *setup* como se muestra en la **Figura 34**.

Figura 34

Inicialización de la placa LoRa.

```
void setup()  
{  
  Heltec.begin(false /*DisplayEnable Enable*/, true /*Heltec.LoRa Enable*/, true /*Serial Enable*/,  
  true /*PABOOST Enable*/, BAND /*long BAND*/);  
  LoRa.setSpreadingFactor(7);  
}
```

Para la recepción del mensaje se usó la función *OnRecive* como se muestra en la **Figura 35**. En esta función se verifica, en primer lugar, que el número de paquetes recibidos sea mayor a cero para continuar con el proceso de envío de los datos además en el cual se leen los datos provenientes del emisor, caso contrario finaliza la función. Dentro de esta función se ha creado un ciclo *while* para comprobar la dirección de origen y destino de los mensajes, y su longitud

Figura 35

Función encargada de recibir y leer el mensaje LoRa

```
void onReceive(int packetSize)  
{  
  if (packetSize == 0) return;  
  int receptor = LoRa.read();  
  byte emisor = LoRa.read();  
  byte mensajeId = LoRa.read();  
  byte mensajeLon = LoRa.read();  
  
  String mensaje = "";  
  int validacion = LoRa.available();  
  while (LoRa.available())  
  {  
    mensaje += (char)LoRa.read();  
  }  
  if (mensajeLon != mensaje.length())  
  {  
    Serial.println("Error: No coincide la longitud del mensaje.");  
    return;  
  }  
  if (receptor != direccionLocal && receptor != 0xFF) {  
    Serial.println("Mensaje equivocado.");  
    return;  
  }  
}
```

2.2.11. Algoritmo de la pasarela IoT

A diferencia de los algoritmos de los dos módulos anteriores, este fue desarrollado y escrito en Python debido a que es un lenguaje de programación admitido con Raspberry Pi y a la extensa información disponible en la red. Las librerías utilizadas en este programa fueron *serial*, *request* y *time* como se muestra en la **Figura 36**.

Figura 36

Librerías utilizadas en la Pasarela IoT

```
import time
import requests
import serial
```

Como se mencionó en la Sección 2.2.4.2, la comunicación se realizará por comunicación serial por lo que se utilizó las instrucciones mostradas en la **Figura 37** para la comunicación del módulo receptor *LoRa* y la Raspberry Pi. Previamente se debe revisar el puerto de conexión y velocidad de este para no tener inconvenientes de comunicación.

Figura 37

Instrucciones para verificar el puerto de conexión

```
ser= serial.Serial('/dev/ttyUSB1',115200)
ser.flushInput()
```

Para la visualización de los datos o variables monitoreadas (consumo de agua) es necesario manipular el mensaje. Para la manipulación se debe reconstruir en primera instancia el *payload*, decodificarlo a un formato legible para el usuario final para luego poder dividirlo como se muestra en la **Figura 38**. Este paso es importante ya que con el mismo se puede visualizar mediante un monitor conectado directamente a la Raspberry Pi.

Figura 38

Construcción del payload del mensaje recibido

```
def build_payload(variable_1, variable_2, variable_3):
    # Creates two random values for sending data

    packet1 = ser.readline()
    packet1 = packet1.decode("utf-8")
    text1=packet1.split(' ')

    CaudalA = text1[0]
    RSSI = text1[1]
    SNR = text1[2]
    value_1 = float(CaudalA)
    value_2 = float(RSSI)
    value_3 = float(SNR)
    print(value_1)

    print(value_2)

    print(value_3)
```

Una vez que ya se tiene el mensaje con su respectivo tratamiento, es necesario realizar la conexión con *Ubidots* para que pueda realizar el acceso a la red y el uso de la plataforma. Para ello se utiliza el token el cual provee la plataforma el cual es un identificador único, lo antes descrito se muestra en la **Figura 39**.

Figura 39

Credenciales para la conexión con Ubidots.

```
TOKEN = "BBFF-18FB3dK0gLMdxFwzTNbHuQWvGgr2XF" # Put your TOKEN here
DEVICE_LABEL = "Raspberry" # Put your device label here
VARIABLE_LABEL_1 = "Caudal de agua" # Put your first variable label her
VARIABLE_LABEL_3 = "RSSI" # Put your first variable label her
VARIABLE_LABEL_2 = "SNR" # Put your first variable label her
```

Finalmente se envía el mensaje a la página de *Ubidots* como se muestra en la **Figura 40**

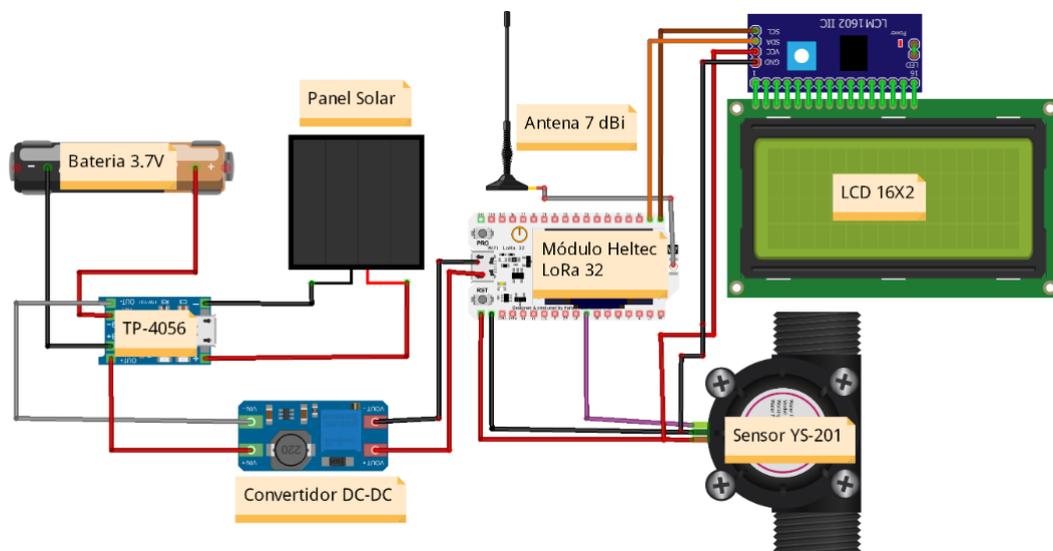
Figura 40

Envío de la información a Ubidots

```
# Creates the headers for the HTTP requests
url = "http://industrial.api.ubidots.com"
url = "{} /api/v1.6/devices/{}".format(url, DEVICE_LABEL)
headers = {"X-Auth-Token": TOKEN, "Content-Type": "application/json"}
```

Medidor de agua potable: Para el medidor remoto de agua potable se utilizó un módulo *Heltec LoRa 32* y una antena de 7dBi para la comunicación con el *Gateway* a una frecuencia de 915 MHz la cual se escogió bajo la regulación de frecuencias vigente en el país, un sensor de flujo de agua YF-S201 de media pulgada para que se pueda acoplar fácilmente a la tubería interna del domicilio, y para la alimentación de los módulos se implementó una panel solar con su respectiva batería y módulo de carga que garantice el funcionamiento continuo del medidor. En la **Figura 41** se muestra un diagrama general de los elementos que conforman esta etapa.

Figura 41
Diagrama electrónico general del prototipo de medición

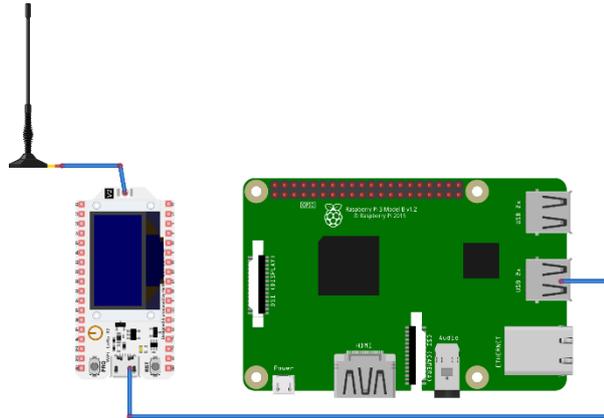


Pasarela IoT-LoRa: En esta fase se desarrolló el *Gateway* o puerta de enlace para poder transmitir la información proveniente del sensor de medidor de caudal de agua hacia el servidor web para la visualización de los datos.

Este *Gateway* se implementó con una Raspberry Pi 3B+, un módulo *Heltec LoRa 32 V2* basado en ESP32 a 915 MHz y una antena de 7dBi como se observa en la Figura 42.

Figura 42

Diagrama electrónico general del Gateway LoRa

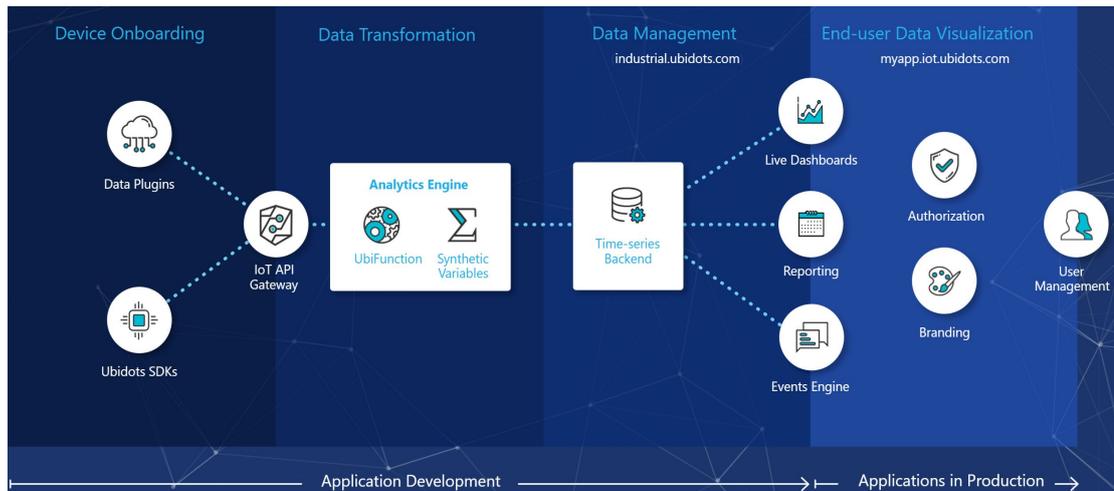


Plataforma web de visualización: Una de las herramientas muy importantes al trabajar con soluciones para el Internet de las cosas (*IoT*), ciudades inteligentes y telemetría es la plataforma de visualización de la información. Hoy en día existen soluciones libres, gratuitas y de paga para poder integrarlas con soluciones particulares y demostrar el funcionamiento de los prototipos o demostrar la prueba de concepto antes de llevarla a la producción e implementación final.

Ubidots es una de las herramientas que mejores prestaciones provee para trabajar en la visualización de la información. Esta plataforma permite el tratamiento de los datos bidireccional es decir puede recibir y enviar datos hacia el nodo final en su forma gratuita teniendo como limitación el número de mensajes recibidos por año, así como la creación de eventos específicos.

Figura 43

Estructura organizacional de la plataforma IoT Ubidots



Nota: La figura presenta la estructura organizacional de la plataforma Ubidots con todas sus variantes. Obtenido de (Ubidots, 2021)

2.2.12. Estrategias y/o técnicas

Para la programación de los dispositivos se utilizaron los lenguajes de programación Python para la Raspberry y C++ para el módulo *LoRa*. Para comunicar los diferentes dispositivos se utilizó la comunicación UART tanto de la Raspberry Pi como la placa *Heltec LoRa 32 V2*, de esta forma el módulo *LoRa* envía de forma serial los datos a la Raspberry para que él a su vez envíe los datos al servidor web a través de una comunicación inalámbrica Wifi y también por el puerto ethernet que nos provee la Raspberry Pi 3B+.

La comunicación entre el *Gateway* y la plataforma de visualización se realiza mediante el estándar Wifi, aunque se puede utilizar la interfaz Ethernet de la Raspberry para este mismo propósito. La programación de los módulos y la configuración de la plataforma se describen en el siguiente capítulo.

2.3. Validación de la propuesta

Haciendo un análisis a los resultados obtenidos mediante evaluación de cada punto propuesto por parte de los validadores muestra la validación y respaldo hacia el proyecto. Se puede apreciar que el proyecto se percibe como satisfactorio para los especialistas que han aportado su conocimiento al proyecto.

Los resultados sugieren que se considera al proyecto como un impacto significativo para la población, esto debido a que el proyecto aborda un problema importante para la parroquia Mulliquindil

y tiene el potencial de generar cambios significativos o contribuir de manera al cambio o uso de las nuevas tecnologías.

Se observa mediante la validación que la idea del proyecto está clara, bien definida y fundamentada teóricamente, es decir, el proyecto está bien conceptualizado, y además actualizado y relevante en el momento presente.

Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se dividieron en las siguientes partes:

- Funcionamiento del módulo YS-201
- Funcionamiento de cobertura
- Consumo de energía

2.3.1. Funcionamiento de módulo YS-201

Para las pruebas de funcionamiento del módulo central se realizó toma de lecturas definidas para así poder verificar la cantidad de litros que ingresará por la válvula para el posterior cálculo del caudal.

Para las pruebas se tomó un recipiente de un volumen determinado como lo es de 1L para medir el volumen el cual irá incrementando hasta llegar a los 20L.

Los datos obtenidos de la prueba mencionada son los que se encuentran en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Pruebas de funcionamiento del sensor YF-S201

Volumen teórico (ml)	Volumen experimental (ml)	ERROR (%)
1	0,95	5,0
2	1,92	4,0
3	2,87	4,3
4	3,83	4,3
5	4,95	1,0
6	5,75	4,2
7	6,89	1,6

8	7,9	1,3
9	8,95	0,6
10	9,86	1,4
11	10,91	0,8
12	11,97	0,2
13	12,87	1,0
14	13,96	0,3
15	14,85	1,0
16	15,75	1,6
17	16,98	0,1
18	17,95	0,3
19	18,94	0,3
20	19,98	0,1

Como se puede evidenciar en la **Tabla 4** se tomó los valores de volumen teórico y experimentales los cuales fueron tomados mediante el mismo algoritmo de toma de datos de los valores del sensor de medición de caudal del cual se pudo obtener un valor de error porcentual, el cual tiene como promedio de la muestra de un error de 1.7%, el cual es un valor aceptable el cual ingresa en el rango de 5% de la toma de muestras, por lo que el sensor YF-S201da buenos resultados al momento de realizar las mediciones.

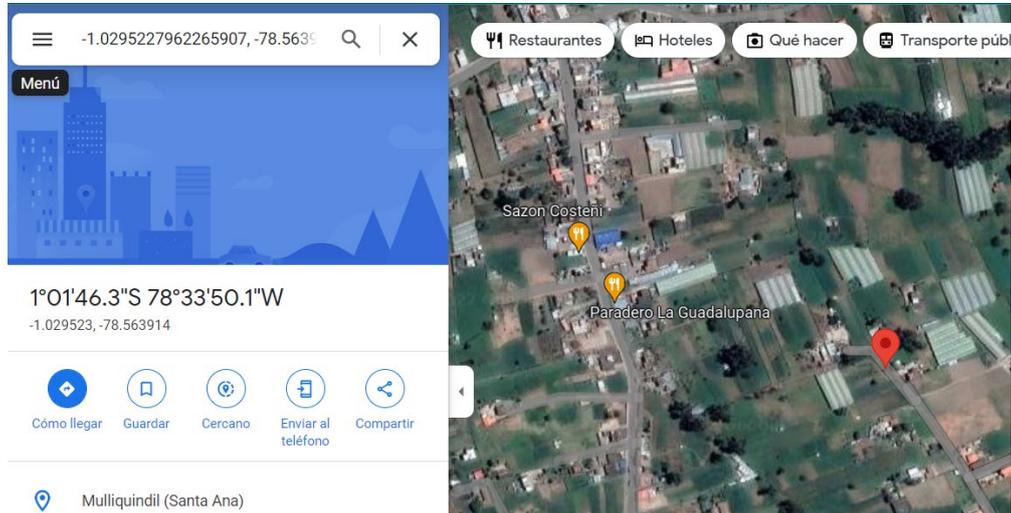
2.3.1.1. Pruebas de cobertura

En cuanto a las pruebas de cobertura se las realizaron en un rango de 500 a 2400 metros teniendo en cuenta varios aspectos como es la posición del dispositivo emisor que se colocó a 2 metros de altura mientras que el dispositivo receptor se encontrará a 6 metros además de las previas configuraciones como es la potencia de transmisión de 20 dB y un *Spreading Factor* de 7 y 12 respectivamente.

Para las distancias descritas anteriormente se colocó el receptor en una misma ubicación como se indica en la **Figura 44** mientras que el dispositivo emisor se ira variando de acuerdo con la posición.

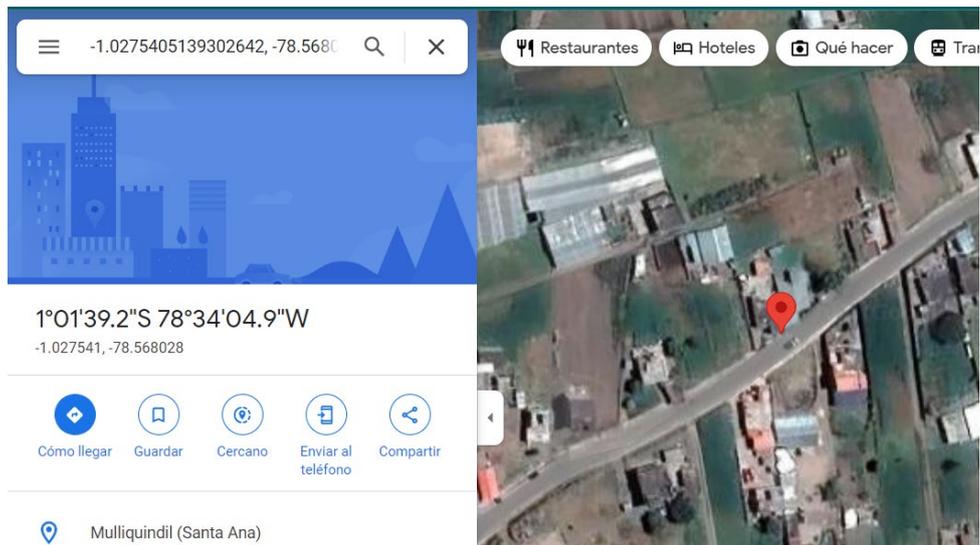
Se utilizó la herramienta *Google maps* la cual mediante la posición nos permite visualizar la distancia de una manera lineal.

Figura 44
Posición del módulo receptor



La posición entre el dispositivo emisor y receptor para la distancia de los 500 metros de distancia se muestra en la **Figura 45**.

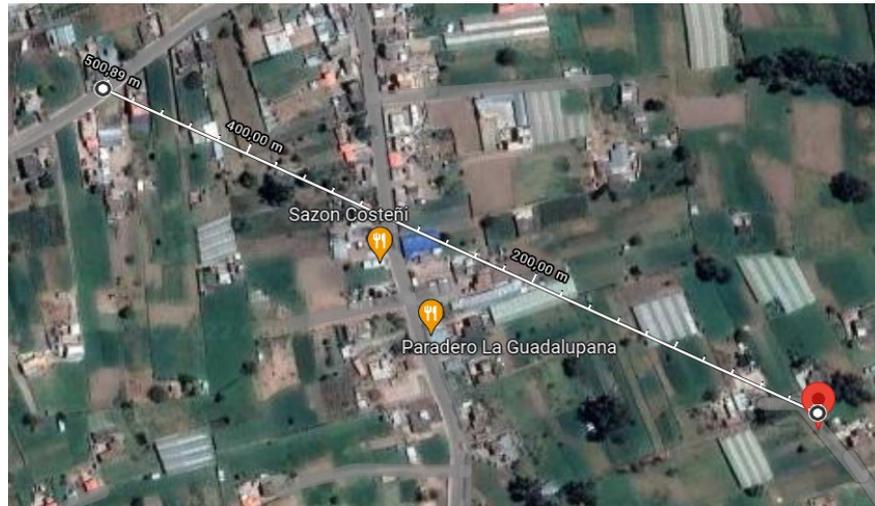
Figura 45
Posición de dispositivo emisor 500 metros



En la **Figura 46** se muestra la distancia medida con ayuda de la herramienta *Google maps*.

Figura 46

Distancia proporcionada por Google maps a 500 metros



La Tabla 5 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF7 tomados a una distancia de 500 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

Tabla 5

Parámetros de comunicación a 500 metros con SF7

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
20	8	-100	8,50
21	10	-101	9,25
22	9	-107	8,75
23	9	-105	9,25
24	9	-104	8,50
25	10	-104	9,25
26	10	-109	9,25

27	10	-100	8,75
28	10	-105	8,50
29	10	-101	9,75
30	10	-100	9,50
31	10	-100	9,99
32	11	-100	8,25
33	11	-103	9,50
34	11	-103	8,75
35	11	-102	8,00
36	11	-100	8,75
37	11	-100	9,75
38	11	-104	8,25
39	10	-109	9,00

La Tabla 6 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF12 tomados a una distancia de 500 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

Tabla 6

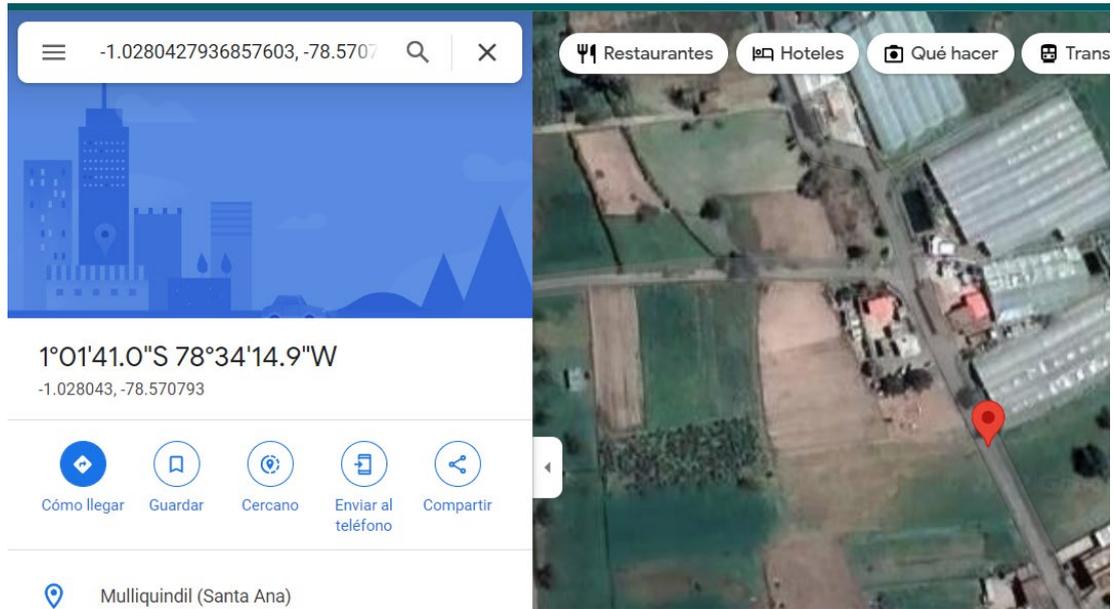
Parámetros de comunicación a 500 metros con SF12

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
163	8	-119	7,50

167	9	-115	8,25
170	9	-115	8,75
171	10	-119	8,00
172	10	-120	8,50
173	10	-116	9,25
175	10	-118	8,75
176	10	-118	7,25
182	10	-115	8,00
183	10	-114	8,00
185	10	-114	7,25
188	10	-120	6,75
191	11	-117	8,00
193	11	-117	8,50
197	11	-119	7,25

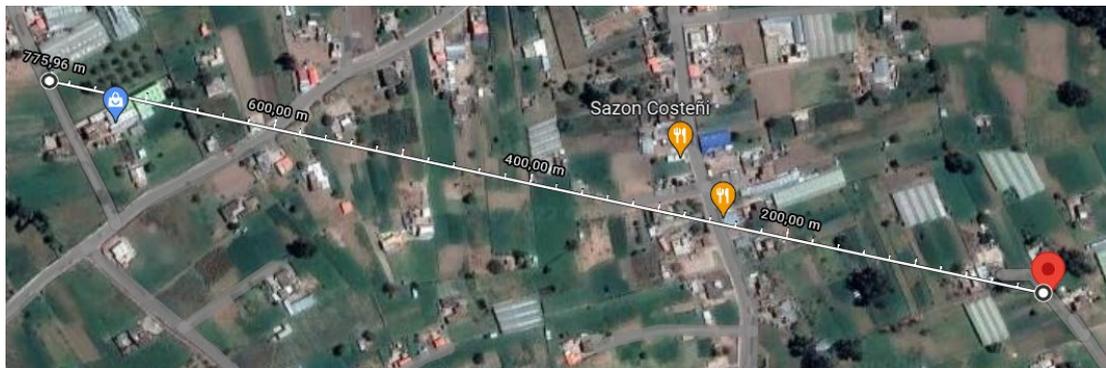
La posición entre el dispositivo emisor y receptor de los 500 metros de distancia se muestra en la **Figura 47**.

Figura 47
Posición de dispositivo emisor 775 metros



En la **Figura 48** se muestra la distancia medida con ayuda de la herramienta *Google maps*.

Figura 48
Distancia proporcionada por Google maps a 775 metros



La Tabla 7 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF7 tomados a una distancia de 775 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

Tabla 7*Parámetros de comunicación a 775.28 metros con SF7*

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
103	8	-95	9,25
104	10	-98	6,50
105	9	-98	8,25
106	9	-95	8,50
107	9	-95	7,75
108	10	-97	7,25
109	10	-97	6,50
110	10	-100	7,25
111	10	-98	6,50
112	10	-100	9,75
113	10	-97	8,70
114	10	-102	8,50
115	11	-101	8,00
116	11	-96	9,15
117	11	-105	6,75
118	11	-104	7,25
119	11	-107	7,50
120	11	-102	6,50

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
121	11	-95	9,00
122	10	-101	6,75

La Tabla 8 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF12 tomados a una distancia de 775 metros.

Tabla 8

Parámetros de comunicación a 775.28 metros con SF12

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
10	11	-102	7,50
11	11	-100	8,75
12	10	-104	6,50
13	10	-107	6,00
14	10	-106	7,85
17	10	-108	7,25
22	10	-107	8,75
23	10	-101	8,00
26	10	-103	7,25
27	10	-108	6,50
28	10	-110	6,25
36	10	-110	8,25

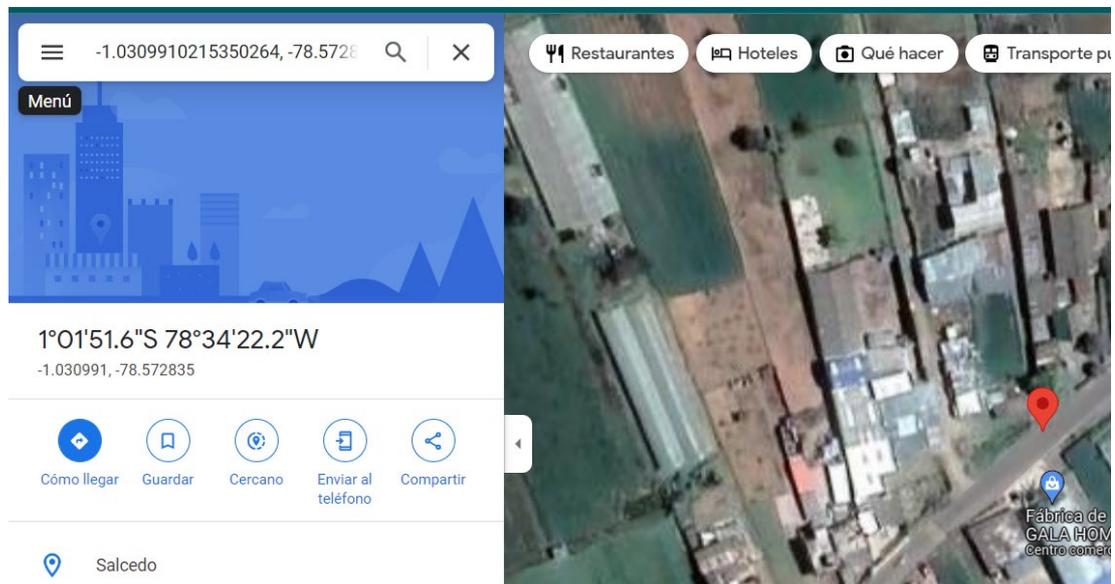
39	11	-100	7,00
40	11	-104	8,25
41	11	-103	9,25
42	11	-104	8,50
43	11	-108	7,75

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

La posición entre el dispositivo emisor y receptor de los 1000 metros de distancia se muestra en la **Figura 49**.

Figura 49

Posición de dispositivo emisor 1000 metros



En la **Figura 50** se muestra la distancia medida con ayuda de la herramienta *Google maps*.

Figura 50

Distancia proporcionada por Google maps a 1000 metros



La Tabla 9 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF7 tomados a una distancia de 1000 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

Tabla 9

Parámetros de comunicación a 1000 metros con SF7

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
53	8	-120	7,25
54	10	-121	8,50
55	9	-124	7,75
56	9	-124	7,50
58	9	-122	8,50
59	10	-121	9,75
60	10	-128	9,25
61	10	-126	8,75
62	10	-125	7,50
64	10	-122	8,00
69	10	-124	6,75
70	10	-126	8,50
71	11	-127	8,75
72	11	-128	9,75
73	11	-128	8,50
74	11	-126	7,25
81	11	-125	8,00

88	11	-124	9,25
92	11	-124	9,00
93	10	-124	8,75

La Tabla 10 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF12 tomados a una distancia de 1000 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

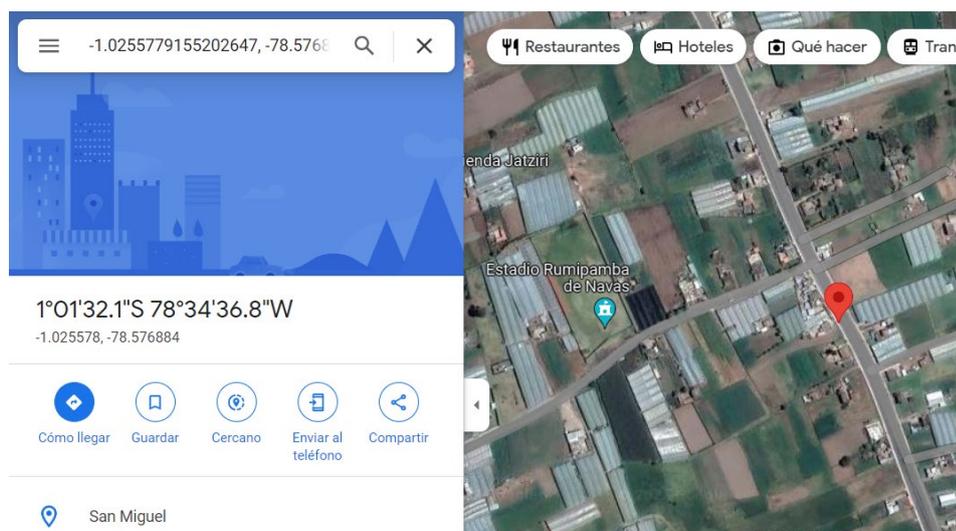
Tabla 10
Parámetros de comunicación a 1000 metros con SF12

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
97	8	-127	7,00
98	10	-129	6,25
100	9	-129	8,75
103	9	-125	7,50
109	9	-125	9,25
111	10	-126	9,50
112	10	-127	7,75
113	10	-129	8,00
115	10	-129	6,50
116	10	-128	8,25
117	10	-127	7,25
118	10	-129	9,75
120	10	-125	8,50

121	10	-125	8,75
123	9	-123	7,75
124	9	-128	9,75
128	9	-125	7,50
129	10	-125	9,50
130	11	-127	7,75

La posición entre el dispositivo emisor y receptor de los 1500 metros de distancia se muestra en la **Figura 51**.

Figura 51
Posición de dispositivo emisor 1500 metros



En la **Figura 52** se muestra la distancia medida con ayuda de la herramienta *Google maps*.

Figura 52

Distancia proporcionada por Google maps a 1500 metros



La Tabla 11 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF7 tomados a una distancia de 1500 metros.

Teniendo en cuenta que la dirección de envío es FD y de recepción BB, los dos valores hexadecimales.

Tabla 11

Parámetros de comunicación a 1500 metros con SF7

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
31	8	-98	7,50
32	10	-97	9,50
33	9	-100	7,00
34	9	-99	9,25
35	9	-97	8,50
36	10	-97	7,75
37	10	-97	8,50
38	10	-97	9,50
39	10	-96	7,50

40	10	-98	8,50
41	10	-97	9,75
42	10	-99	7,25
43	11	-100	8,00
44	11	-100	8,50
45	11	-100	9,00
46	11	-101	8,25
47	11	-97	7,50
48	11	-100	10,00
49	11	-101	7,50
50	10	-99	9,25

La Tabla 12 muestra los resultados de las pruebas con el parámetro SF12 tomados a una distancia de 1500 metros.

Tabla 12

Parámetros de comunicación a 1500 metros con SF12

Num mensaje	Num Paquetes	RSSI (dBm)	SNR (dB)
188	8	-105	7,75
191	10	-104	8,25
193	9	-105	7,25
197	9	-105	8,25

200	9	-105	7,75
205	10	-106	9,25
212	10	-106	8,75
213	10	-107	7,00
216	10	-108	8,25
217	10	-100	7,25
218	10	-102	6,75
222	10	-105	9,00

2.4. Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 13

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Definición: de los elementos electrónicos, de control de aplicación de programación, de comunicaciones, variables de entrada a monitorear, variables de salida a controlar, etc.	1.1. Tablas comparativas de elementos 1.2. Análisis de costos y factibilidad 1.3. Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios.	Internet de las Cosas Comunicaciones Inalámbricas Visión por Computador Machine Learning	Relacionar las herramientas que se aplicaron para cada parte y por qué se aplicaron las mismas
2 Diseño: de circuitos electrónicos, de control, aplicación, programación, cálculos simulaciones, etc.	2.1. Tarjeta electrónica basada en microcontrolador 2.2. Circuito electrónico de potencia 2.3. Radioenlace de microondas 2.4 Anillo de fibra óptica 2.5 Aplicación en Open CV o Matlab	Programación de microcontroladores Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos (Proteus, Isis, Ares) Arduino, Airlinks Matlab, Python, Packet Tracer, Autocad.	Relacionar las herramientas que se aplicaron para cada parte y por qué se aplicaron las mismas

3	Implementación: cableado, sistemas electromecánicos, de control, de comunicaciones, aplicaciones IoT, bases de datos, programación, estructuras físicas, políticas de seguridad informáticas, etc.	3.2. Antenas, transmisores y receptores de comunicaciones 3.3. Aplicaciones de programación o bases de datos 3.4. Instalaciones electrónicas de comunicaciones	Sistemas de comunicaciones Desarrollo de bases de datos Protocolos de comunicación	Relacionar las herramientas que se aplicaron para cada parte y por qué se aplicaron las mismas
---	--	--	--	--

2.5. Análisis de Resultados Presentación y Discusión

Como se evidencio en la sección anterior se describieron los resultados, los cuales fueron tomados en diferentes escenarios de pruebas, en esta sección se detalla el análisis de estos mediante gráficos y comparativas.

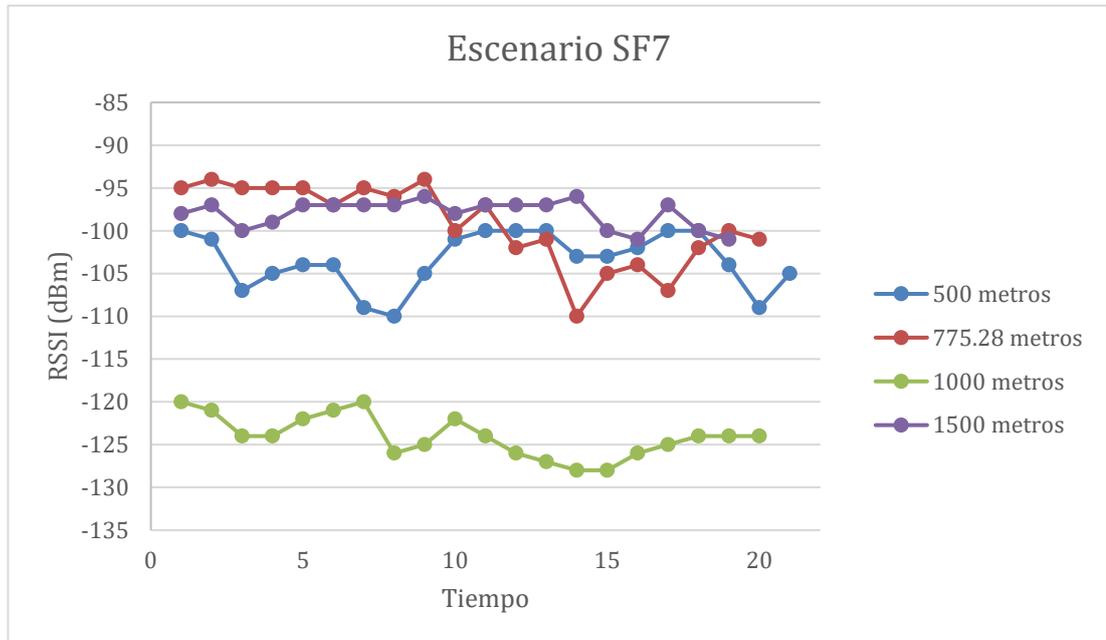
2.5.1. Parámetros de comunicación del sistema

2.5.1.1. Escenario configuración SF7

Los datos que fueron captados en la sección anterior corresponden a RSSI, distancia y SNR respectivamente, la Figura 53 muestra la gráfica de RSSI y el tiempo en que los mensajes fueron transmitidos para las 4 distancias planteadas en el presente proyecto.

Figura 53

RSSI vs Tiempo en el escenario con SF7



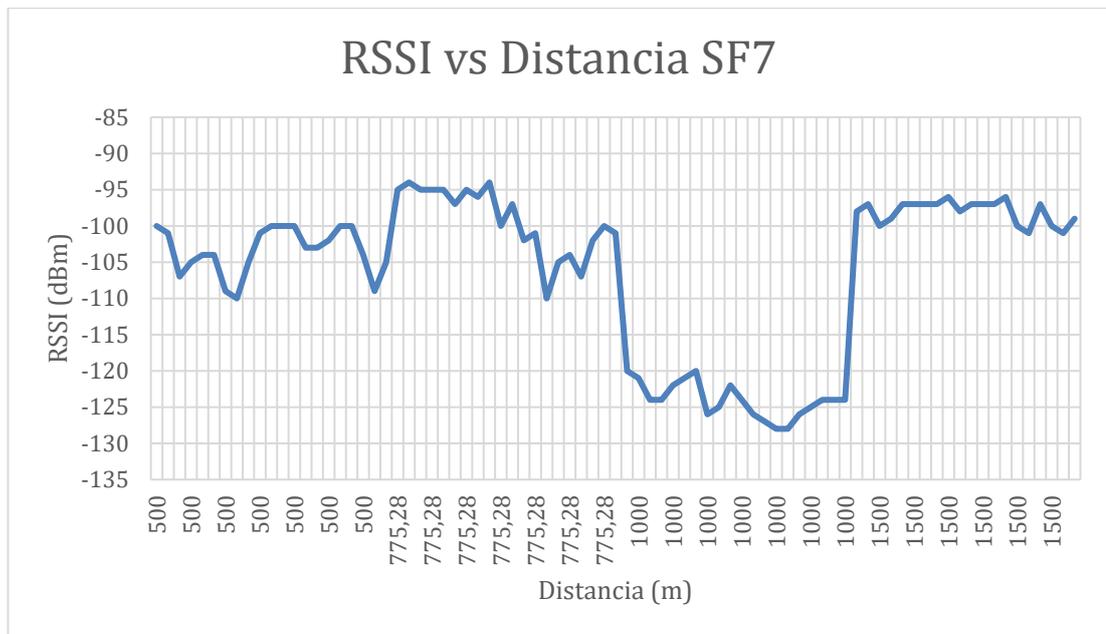
En la Figura 53 se muestran los resultados del parámetro de configuración RSSI; tomados en una línea de tiempo para las tres distancias que se establecieron previamente, como se puede observar los mejores valores para RSSI se presentaron en el caso de 775.28 metros obteniendo su mejor RSSI de -94.

Se presentó los datos de RSSI que corresponde a la distancia de 1500 metros con la característica que tiene mejores índices de RSSI, siendo la de mayor distancia de los

parámetros de prueba esto se debe a un factor importante que es la línea de vista de los dispositivos; al ubicar los dispositivos en lugares con mayores obstáculos a medida que la distancia aumenta las condiciones de transmisión presentaran variaciones por ello, los valores de RSSI para los 1000 metros tienen peores valores de RSSI.

Figura 54

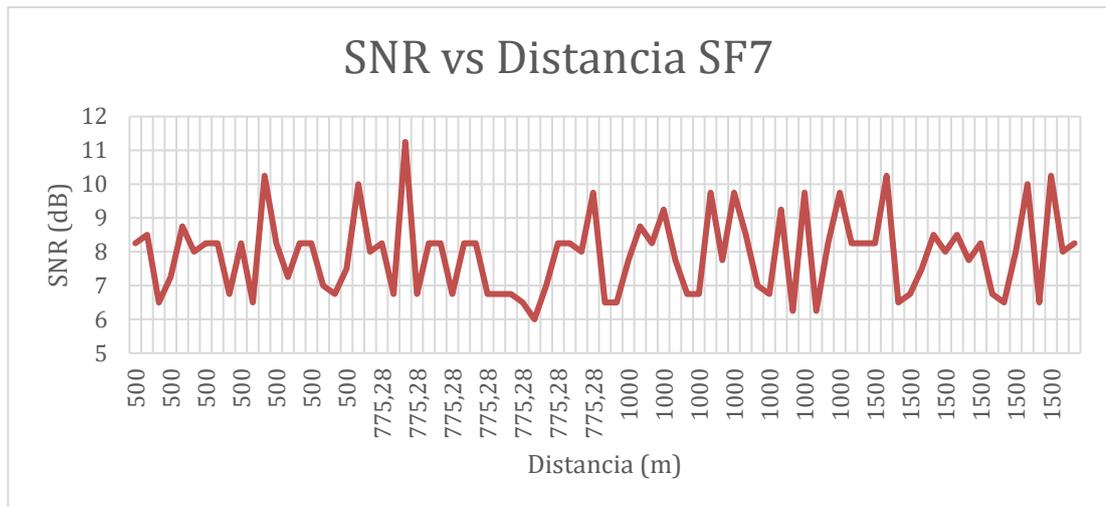
RSSI vs Distancia en el escenario SF7



En la Figura 54 se evidenció una caída de los valores de RSSI para la distancia de los 1000 metros esta anomalía se dio por la posición de los dispositivos, el entorno y obstáculos que presentó este escenario, el mismo que provocó una mínima inestabilidad de la conexión la cual no presentó ninguna pérdida de paquetes de datos y no impidió que estos lleguen a la plataforma IoT; así teniendo como resultado que a menor distancia se tendrá mejores valores de RSSI es así que se determinó un factor importante como lo es la línea de vista de los equipos.

Para el análisis de la comunicación es importante conocer los valores de RSSI, así como de SNR con respecto a la distancia y así evidenciar el cambio que existirá en el transcurso de este.

Figura 55
SNR vs Distancia en el escenario SF7



Como se observa en la figura 55. Para el análisis de la comunicación es importante conocer los valores de RSSI, así como de SNR con respecto a la distancia y así evidenciar el cambio que existirá en el transcurso de este.

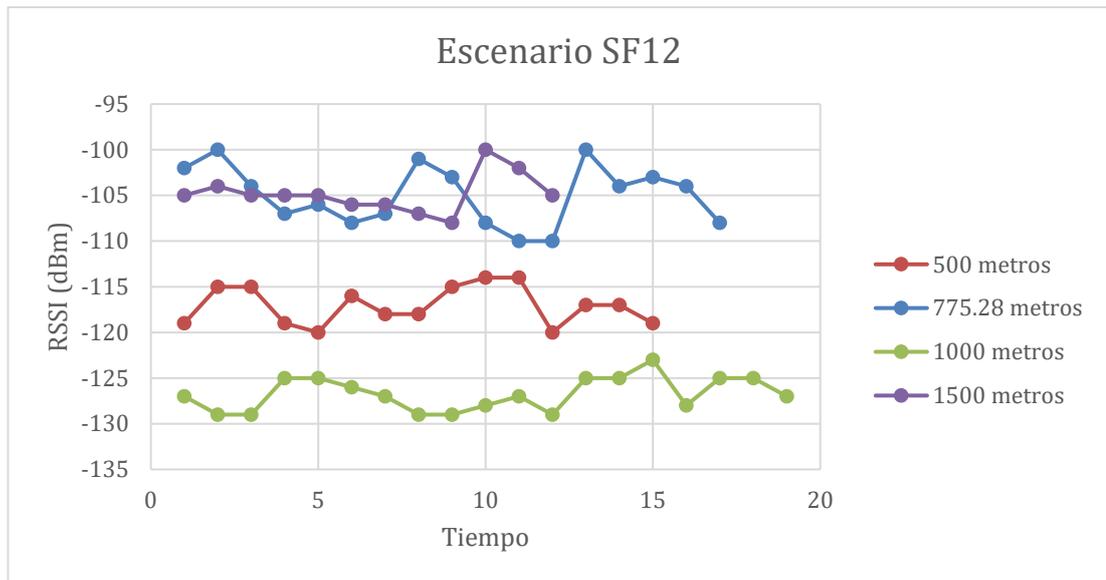
Figura 55 los valores de SNR oscilan entre 6 a 11 estos permitieron verificar que la señal no se encuentra dañada, y así no perderá la información ni paquetes así se pueda realizar la conexión en cada interacción de mensajes para que no ocurra una desconexión en medio de la transmisión.

2.5.1.2. Escenario configuración SF12

Se implementaron dos escenarios de comunicación el anterior descrito configurado con un SF7 y el presente con SF12.

En la Figura 13 se presentan los valores de RSSI con respecto al tiempo tomando cuatro distancias similares al escenario de SF7 en la cual se puede evidenciar que a menor distancia se obtendrán mejores valores de RSSI al igual que con SF12, pero con una peculiaridad, que con esta configuración la llegada de mensajes no será exitosa en todo momento pero tendrá una mayor cobertura esto es una característica de esta configuración, el mejor valor de RSSI se presentó a distancia de 500 y 775.28 metros, teniendo como premisa la ubicación de los equipos así como de la línea de vista de los mismos así como de la configuración de SF12.

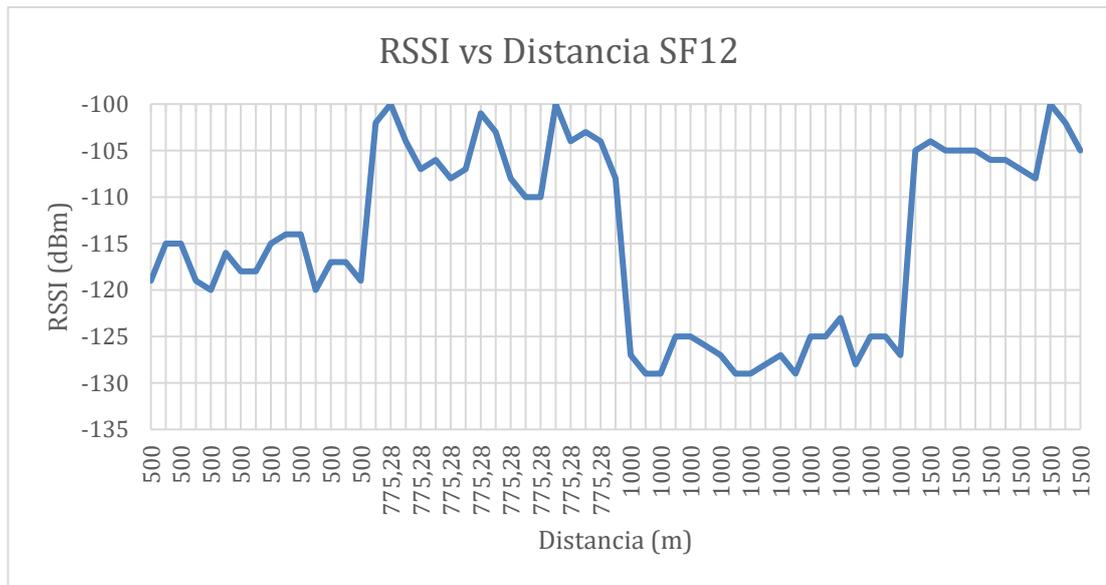
Figura 56
RSSI vs Tiempo en el escenario con SF12



En la Figura 57, se puede evidenciar la gráfica con la modificación de SF igual a 55 por lo que sigue teniendo la tendencia de la Figura 54 obteniendo mejores y peores valores de RSSI en las distancias que se utilizaron de prueba, teniendo los mejores valores en los 775.28 metros y, mejores características en ciertos casos las pérdidas mínimas de paquetes y demora de los mismos a diferencia de la configuración de SF7.

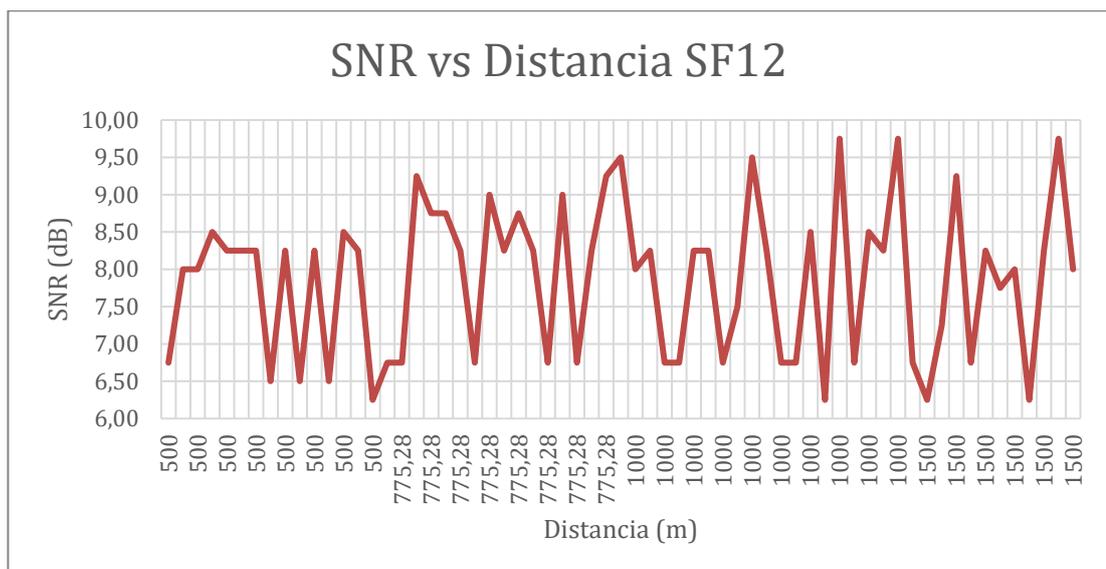
Para el análisis de la comunicación es importante conocer los valores de RSSI, así como de SNR con respecto a la distancia y así evidenciar el cambio que existirá en el transcurso de este.

Figura 57
RSSI vs Distancia en el escenario SF12



En la Figura 58 se muestran los valores de SNR obtenido en el escenario de SF12, valores entre 6 a 11 en el cual hay una comunicación aceptable, y no existe pérdida de información en cada mensaje afirmando las características de la tecnología LPWAN, por lo que los paquetes llegan sin ningún inconveniente a su destino con este escenario.

Figura 58
SNR vs Distancia en el escenario SF12



2.5.1.3. Muestra de datos en plataforma Ubidots

En la **Figura 59** se muestra el *Dashboard* trabajando con los dispositivos y el *Gateway* implementado.

Como se puede observar en las Figura 16 y Figura 17 se corrobora la información de los sensores, de igual manera estos valores pueden ser tratados en sus widgets además de poderlos descargar para el posterior análisis.

Figura 59
Dashboard Ubidots

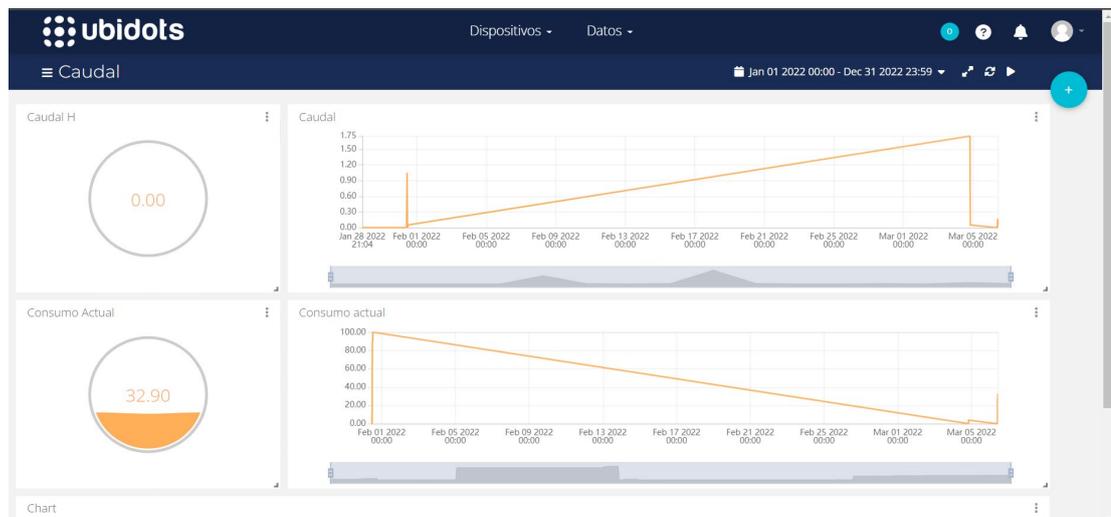


Figura 60
Dashboard Ubidots



CONCLUSIONES

Se definieron todas las herramientas para la construcción de la red *LoRa* tanto hardware como software realizando el respectivo estado del arte.

Se determinó los elementos necesarios para la implementación de una red completa de tecnología *LoRa*, tanto así, como el dispositivo emisor, receptor y elaboración de la pasarela de comunicación *Gateway*.

Se desarrolló un medidor de agua mediante elementos de fácil acceso en el mercado y de una buena exactitud para la lectura de los parámetros establecidos utilizando una placa de adquisición *Heltec LoRa 32* la cual está fabricada en base a un ESP32 y, será programa en lenguaje C++ en la plataforma de Arduino IDE.

La gestión de la pasarela IoT la cual está conformada por una Raspberry Pi es muy útil dado a las actualizaciones que sufrió la plataforma que normalmente se utiliza para la interconexión de los nodos, *Gateway* con la red que es TTN (*The Things Network*) y a su vez problemas de conectividad con ciertos dispositivos del mercado siendo así una alternativa viable y económica la pasarela IoT gestionada por una Raspberry Pi.

La utilización de una plataforma IoT como un medio de visualización de datos cumple con todos los requisitos para la generación de un histórico y monitorización de las variables en tiempo real cumpliendo con la normativa de frecuencias establecidas en el país, así como la medición del caudal y posterior cálculo del volumen, siendo variables importantes para verificar el consumo de agua potable y así en el futuro no tener mediciones erróneas por el factor humano o de hardware.

El parámetro SNR se midió para verificar la eficiencia de la comunicación, a diferencia de otras tecnologías de comunicación esta se la puede tomar por medio de software dado que la placa de adquisición nos permite evidenciar este valor siendo así un punto importante para verificar el estado de los equipos y posterior comunicación teniendo como promedio en el presente promedio de 9dB hasta la distancia máxima siendo así un valor aceptable para poder deducir que la señal sea aceptable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar materiales aislantes para el prototipo y protegerlo de posibles fugas de la tubería ya que estará expuesto a exteriores, así como la lluvia, el sol, etc. Siendo así una de las partes más importantes la impermeabilización del sistema eléctrico.

Se recomienda el uso de paneles solares para tener energizado el dispositivo la mayoría de tiempo y que tenga un sistema de carga autónomo siendo así un elemento principal el módulo de carga TP4056 como administrador de carga para así proteger la batería y su tiempo de vida de esta.

Se recomienda verificar el diagrama de pistas antes de realizar las perforaciones de los puntos para así a futuro no tener problemas en las pistas ni de soldaduras y evitar mal funcionamiento del prototipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alldatasheet. (2021). *US-100 Datasheet (PDF) - List of Unclassified Manufacturers*. (ETC1, Editor) Alldatasheet: <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1283987/ETC1/US-100.html>
- Almada, A. (12 de 2020). *Estación Meteorológica Anemómetro y Pluviómetro*. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar de Plata: <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/469>
- Arduino. (11 de 2021). *What is Arduino?* Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Baldo Souto, G. A., Correa Brun, J. A., y Rodríguez Martínez, F. (30 de 11 de 2020). *Telemetría de luminarias en aeropuertos utilizando LoRaWAN*. Repositorio Universidad Católica de Uruguay: <https://liberi.ucu.edu.uy/xmlui/handle/10895/1507>
- Carreño, E. Y., y Montañez, E. G. (2017). *Análisis y diseño de un sistema domótico para climatización e iluminación inteligente. Caso de Uso: ABCELL Comunicaciones Fase 1*. Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia: <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/1649/1/TrabajodeGradoFase1.pdf>
- Cava, M. M. (10 de 2020). *Sistema de Monitorización para Elementos Móviles IoT Mediante Redes LPWAN*. Repositorio Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/0fe2043d-7a52-4e74-b077-d828821611bd/content>
- Connected Things. (2021). *Indoor LoRaWAN Gateways*. Connected Things: <https://connectedthings.store/gb/lorawan-gateways/indoor-lorawan-gateways/>
- Connected Things. (2021). *Outdoor LoRaWAN Gateways*. Connected Things: <https://connectedthings.store/gb/lorawan-gateways/outdoor-lorawan-gateways/>
- Corrales, M. A. (2020). *Analizar el uso de la domótica y su influencia en la comodidad de los hogares arequipeños*. Repositorio Universidad Continental: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8068/2/IV_FIN_10_8_TI_Paz_Corrales_2020.pdf

- Datasheetspdf. (11 de 2021). *Distance sensor. HY-SRF05 Datasheet*. (ETC, Editor) Datasheetspdf: <https://datasheetspdf.com/pdf-down/H/Y/-/HY-SRF05-ETC.pdf>
- Domínguez, M. F. (2016). *Estudio y Diseño de Domótica para el Conjunto Villa Navarra*. Repositorio Pontificia Universidad Católica del Ecuador: <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a4c92c36-c512-4caa-89a7-f773dcd09de9/content>
- ECU911. (2019). *Servicio de Seguridad Integrado de Seguridad ECU911. (28 de Noviembre de 2020)*. Servicio de Seguridad Integrado de Seguridad ECU911. Pagina del Gobierno Nacional: <https://www.ecu911.gob.ec/en-2020-el-ecu-911-ha-coordinado-la-atencion-de-378-emergencias-por-lluvias-en-pichincha-napo-y-orellana/>
- El Comercio. (29 de 09 de 2020). *23 llamadas de emergencia se registran en el valle de Los Chillos y el sur de Quito, tras la intensa lluvia*. El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/emergencias-valle-chillos-quito-lluvias.html>
- Fernández, L., Müller, M., Ivulich, S., Reina Kiperman, G. J., y Zitelli, M. (2017). *Módulos basados en IoT para una Estación Meteorológica*. Repositorio Instituto Tecnológico de Buenos Aires: <https://ri.itba.edu.ar/server/api/core/bitstreams/38d71c48-bc1b-45b7-8fa1-0c74f2d3b8a3/content>
- Galdame, E. E. (2020). *Metodología para la Selección de Tecnologías LPWAN para diversas Aplicaciones de Internet de las Cosas*. Repositorio Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/179720/Metodologia-para-seleccion-de-tecnologias-LPWAN-para-diversas-aplicaciones-de-internet-de-las-cosas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GSMA. (2014). *Understanding the Internet of Things (IoT)*. GSMA Training: [https://www.gsmatraining.com/course/internet-of-things/#:~:text=Internet%20of%20Things%20\(IoT\)%20involves,humans%2C%20applications%20and%20each%20other.](https://www.gsmatraining.com/course/internet-of-things/#:~:text=Internet%20of%20Things%20(IoT)%20involves,humans%2C%20applications%20and%20each%20other.)
- Heltec Automation. (2018). *WiFi LoRa 32(V3)*. Heltec Automation - LoRa Node: <https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/>

- Heredia, E., y Aracely, S. (24 de 02 de 2017). *Análisis de la variabilidad climática de la ciudad de Quito en un período de 100 años de datos (estación Quito observatorio astronómico M054) asociada a procesos océano-atmosférico regionales*. Repositorio Universidad Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17068>
- Huaranga, J. D. (2021). *Sistema de Transmisión de Datos Adquiridos de Pluviómetros Hobo RG3 Basados en LoRa para Zonas Remotas*. Repositorio Universidad de Ingeniería y Tecnología: <https://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/234?mode=full>
- INEC. (2021). *Tecnologías de la Información y Comunicación*. INEC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- ITU. (2012). *Infraestructura Mundial de la Información, Aspectos del Protocolo Internet y Redes de la Próxima Generación*. ITU: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y/s>
- Keyence. (22 de 11 de 2021). *Fundamentos del Sensor*. Keyence: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>
- LoRa Alliance. (2015). *LoraWan, What is it?* LoRa Alliance: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/what-is-lorawan.pdf>
- LoRa Alliance. (2020). *RP002-1.0.2 LoraWAN Regional Parameters*. LoRa Alliance: <https://resources.lora-alliance.org/technical-specifications/rp2-1-0-2-lorawan-regional-parameters>
- LoRa Alliance. (2021). *What is LoRaWAN®?* LoRa Alliance Official Page: <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>
- Macías, J. G., y Marcillo, C. D. (2017). *Sistema Domótico Mediante Smartphone*. Repositorio Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/664/1/TC116.pdf>
- Martínez, P. N., y Castro, M. M. (2021). *Estudio Comparativo de Plataformas Cloud que Ofrecen Servicio IoT*. Repositorio Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33347/2021pedronelmartinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Medina, G. I. (04 de 2012). *Sistema Domótico con Tecnología Eibkonnex para la automatización de servicios, confort y seguridad en la empresa SISTELDATA S.A.* Repositorio Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2339/1/Tesis_t690ec.pdf
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., y Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1). Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>
- Miranda, J. S. (06 de 2019). *Estudio en Detalle de NB-IoT. Comparación con otras Tecnologías LPWAN Considerando Diferentes Patrones de Tráfico.* Universidad Oberta de Catalunya: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/94946/6/jsaizmiTFM0619memoria.pdf>
- Monfort, I. O. (2017). *Estudio de la Arquitectura y el nivel de desarrollo de la red LoRaWAN y de los dispositivos LoRa.* Repositorio Universidad Oberta de Catalunya: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/64365/6/iordonezTFM0617memòria.pdf>
- Moreno, F. J. (30 de 08 de 2019). *Diseño e Implementación de un Sistema de Alarma IoT Basada en Tecnologías Open Source.* Repositorio Universidad Politécnica de Cartagena: <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/0193e0d7-ccad-49eb-87bc-9ad628a1aa11/content>
- Naylamp Mechatronics. (s.f.). *TUTORIAL SENSOR DE FLUJO DE AGUA.* Naylamp Mechatronics: https://naylampmechatronics.com/blog/47_tutorial-sensor-de-flujo-de-agua.html
- Placencia, J. L. (28 de 06 de 2021). *Las mejores fuentes de alimentación de respaldo para computadora.* Digital Trends: <https://es.digitaltrends.com/computadoras/fuentes-de-alimentacion-de-respaldo/#:~:text=Cuando%20hay%20un%20corte%20de,electrónico%20sensible%20conectado%20al%20dispositivo>
- PNUMA. (2011). *Perspectivas del Ambiente y Cambio climático en el medio Urbano: ECCO Distrito metropolitano de Quito.* (F. Ecuador, Editor, y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)) Fondo Bibliográfico de FLACSO Ecuador y otras instituciones: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/124087-opac>

- Raspberry. (11 de 2021). *Descripción de Raspberry Pi*. Raspberry Pi: <https://raspberrypi.cl/raspberry/>
- Raspberry. (20 de 11 de 2021). *Raspberry Pi 3B*. Pagina Oficial de Raspberry: <https://raspberrypi.cl/raspberry-pi-3b/>
- Rodas, A. V., Salinas, F. A., y Minchala, L. I. (2020). *Aplicación de Tecnologías Inalámbricas al Monitoreo Climático en la Cuenca del Río Pute*. Repositorio Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36916/1/documento.pdf>
- Romero Escobedo, L. B. (2020). *Monitoreo de Indicadores Durante el Transporte de un Tanque de Leche con Comunidades Altoandinas Aplicando Redes LPWAN*. Repositorio Universidad Mayor de San Marcos: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/625e9330-5d72-4bdf-aca9-3b0ecb243f0f>
- Romero, D. S. (2020). *Retos en la Seguridad de Dispositivos para el Internet de las Cosas (IoT)*. Repositorio Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/35737/5/camirandac.docx.pdf>
- Sánchez, D. S., y Ramos, C. C. (2019). *PLUVIÓMETRO DIGITAL – SISTEMA DE MONITOREO*. Repositorio Instituto Metropolitano Tecnológico: https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1506/Rep_ltm_pre_Sanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sosa, M. G. (02 de 2020). *Desarrollo de una Red de Sensores Inalámbricos Utilizando Tecnología LoRa para el Monitoreo de un Sistema*. Repositorio Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18469/1/UPS%20-%20ST004461.pdf>
- SP. (15 de 10 de 2018). *Sensores de movimiento: cómo funcionan y aplicaciones más frecuentes*. Solerplau: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensores-movimiento/>
- Torres, D. A., y Hurtado, J. I. (2020). *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo en Tiempo Real de Sensores de Temperatura, Turbidez, TDS y PF para la Calidad de Agua Utilizando la Tecnología LORAWAN*. Repositorio Universidad

Politécnica

Salesiana:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19627/1/UPS-GT003087.pdf>

- Ubidots. (2021). *Estructura organizacional de la plataforma IoT Ubidots*. Ubidots: <https://ubidots.com/platform/>
- Ubidots. (2021). *Página de Inicio*. Página Oficial de Ubidots: <https://ubidots.com/>
- Vera, L. A., y Soledispa, B. E. (2018). *Diseño de una red LPWAN basada en tecnología LoRa para las estaciones hidrometeorológicas*. Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/47558/1/D-CD106675.pdf>
- Zambrano, D. R. (03 de 2015). *Diseño de una Estación Meteorológica Autónoma con Comunicación a una Computadora Personal*. Repositorio Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/9332/PG-1453-Huanca%20Zambrana%2c%20Diego%20Rafael.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1: Validación de la propuesta – Alex Correa



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido digital “Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo”. Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide que brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: Ing. Alex Daniel Correa Mollocana
Título obtenido: Master en Electromecánica
C.I.: 1722693403
E-mail: alex.correa@sertecpet.net
Institución de Trabajo: SERTECPET
Cargo: Ingeniero de diseño señor de Instrumentación y Control
Años de experiencia en el área: 11 años

Tema: Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo

Indicadores	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Pertinencia	X				
Aplicabilidad	X				
Factibilidad	X				
Novedad	X				
Fundamentación pedagógica	X				
Fundamentación tecnológica	X				
Indicaciones para su uso	X				
TOTAL	35				

Observaciones:.....
.....
.....

Recomendaciones:.....
.....
.....

Lugar, fecha de validación: Quito, 30 de agosto de 2024

AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

La Universidad Tecnológica Israel con domicilio en Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, Quito – Ecuador y dirección electrónica de contacto protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec es la entidad responsable del tratamiento de sus datos personales, cumple con informar que la gestión de sus datos personales es con la finalidad de registrar el instrumento de validación de propuesta de la Maestría en Electrónica y Automatización, como requisito de titulación para los cursantes del programa de posgrados. Como consecuencia de este tratamiento sus datos estarán públicos en el repositorio donde reposan los trabajos de titulación.

La base legal para realizar dicho tratamiento es su consentimiento otorgado en este documento, el mismo que puede revocarlo en cualquier momento.

Los datos personales se publicarán en el repositorio de trabajos de titulación, no se comunicarán a terceros con otra finalidad distinta a la recogida, salvo cuando exista una obligación legal, orden judicial, de agencia o entidad gubernamental con facultades comprobadas, o de autoridad competente.



**Universidad
Israel**

ESPOG | Escuela de
Posgrados

En algunos casos este tratamiento puede implicar transferencias internacionales de datos, para lo cual garantizamos el cumplimiento de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y el Reglamento a la ley. La UISRAEL conservará sus datos durante el tiempo necesario para que se cumpla la finalidad indicada, mientras se mantenga la relación comercial o contractual, Ud. no revoque su consentimiento o durante el tiempo necesario que resulten de aplicación por plazos legales de prescripción.

La UISRAEL ha adoptado diversas medidas organizativas, legales y tecnológicas para proteger sus datos personales. Estas medidas están diseñadas para garantizar un nivel razonable de seguridad y cumplir con las exigencias conforme a la normativa aplicable en materia de protección de datos personales.

La UISRAEL le informa que tiene derechos sobre sus datos personales conforme lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, para su ejercicio puede hacerlo mediante envío de una solicitud al correo protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec.

Para obtener más detalles de cómo se manejan sus datos personales, la UISRAEL pone a su disposición la política de Privacidad y Protección de Datos Personales disponible en el siguiente link: [Política de Protección de Datos Personales | UISRAEL](#)

Por lo expuesto, declaro haber sido informado sobre el tratamiento de los datos personales que he entregado a la UISRAEL.



ALFONSO MANCUELO
ALEX DANIEL CORREA
MOLLOCANA

Firma del especialista
Ing. Alex Daniel Correa Mollocana MSc

Anexo 2: Validación de la propuesta – Anabel Velásquez



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido digital “Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo”. Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide que brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: Ing. Anabel de los Ángeles Velásquez Vivas
Título obtenido: Ingeniera en Electrónica y Control
C.I.:1716295652
E-mail: anabel.velasquez@sertecpet.net
Institución de Trabajo: SERTECPET
Cargo: Líder de disciplina Instrumentación y Control
Años de experiencia en el área: 12 años



**Universidad
Israel**

ESPOG | Escuela de
Posgrados

Tema: Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo

Indicadores	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Pertinencia	X				
Aplicabilidad	X				
Factibilidad	X				
Novedad	X				
Fundamentación pedagógica	X				
Fundamentación tecnológica	X				
Indicaciones para su uso	X				
TOTAL	35				

Observaciones:.....
.....
.....

Recomendaciones:.....
.....
.....

Lugar, fecha de validación: Quito, 30 de agosto de 2024

AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

La Universidad Tecnológica Israel con domicilio en Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, Quito – Ecuador y dirección electrónica de contacto protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec es la entidad responsable del tratamiento de sus datos personales, cumple con informar que la gestión de sus datos personales es con la finalidad de registrar el instrumento de validación de propuesta de la Maestría en Electrónica y Automatización, como requisito de titulación para los cursantes del programa de posgrados. Como consecuencia de este tratamiento sus datos estarán públicos en el repositorio donde reposan los trabajos de titulación.

La base legal para realizar dicho tratamiento es su consentimiento otorgado en este documento, el mismo que puede revocarlo en cualquier momento.

Los datos personales se publicarán en el repositorio de trabajos de titulación, no se comunicarán a terceros con otra finalidad distinta a la recogida, salvo cuando exista una obligación legal, orden judicial, de agencia o entidad gubernamental con facultades comprobadas, o de autoridad competente.

En algunos casos este tratamiento puede implicar transferencias internacionales de datos, para lo cual garantizamos el cumplimiento de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y el Reglamento a la ley. La UISRAEL conservará sus datos durante el tiempo necesario para que se cumpla la finalidad indicada, mientras se mantenga la relación comercial o contractual, Ud. no revoque su consentimiento o durante el tiempo necesario que resulten de aplicación por plazos legales de prescripción.

La UISRAEL ha adoptado diversas medidas organizativas, legales y tecnológicas para proteger sus datos personales. Estas medidas están diseñadas para garantizar un nivel razonable de seguridad y cumplir con las exigencias conforme a la normativa aplicable en materia de protección de datos personales.

La UISRAEL le informa que tiene derechos sobre sus datos personales conforme lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, para su ejercicio puede hacerlo mediante envío de una solicitud al correo protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec.

Para obtener más detalles de cómo se manejan sus datos personales, la UISRAEL pone a su disposición la política de Privacidad y Protección de Datos Personales disponible en el siguiente link: [Política de Protección de Datos Personales | UISRAEL](#)

Por lo expuesto, declaro haber sido informado sobre el tratamiento de los datos personales que he entregado a la UISRAEL.



Firma del especialista
Ing. Anabel de los Ángeles Velásquez Vivas



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Estimado colega:

Se solicita su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido digital “Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo”. Sus criterios son de suma importancia para la realización de este trabajo, por lo que se le pide que brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Validado por: Ing. Karina Elizabeth Aguas Mosquera
Título obtenido: Ing. Mecánica
C.I.: 1718979584
E-mail: Karina.aguas.m@gmail.com
Institución de Trabajo: Construcciones y Prestaciones Petroleras
Cargo: Jefe de Ingeniería
Años de experiencia en el área: 11 años

Tema: Pasarela IoT – Lora para la medición remota de consumo doméstico de agua potable en la Ciudad de Salcedo

Indicadores	Muy adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
Pertinencia	X				
Aplicabilidad	X				
Factibilidad	X				
Novedad	X				
Fundamentación pedagógica	X				
Fundamentación tecnológica	X				
Indicaciones para su uso	X				
TOTAL	35				

Observaciones:.....
.....
.....

Recomendaciones:.....
.....
.....

Lugar, fecha de validación: Quito, 30 de agosto de 2024

AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES

La Universidad Tecnológica Israel con domicilio en Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, Quito – Ecuador y dirección electrónica de contacto protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec es la entidad responsable del tratamiento de sus datos personales, cumple con informar que la gestión de sus datos personales es con la finalidad de registrar el instrumento de validación de propuesta de la Maestría en Electrónica y Automatización, como requisito de titulación para los cursantes del programa de posgrados. Como consecuencia de este tratamiento sus datos estarán públicos en el repositorio donde reposan los trabajos de titulación.

La base legal para realizar dicho tratamiento es su consentimiento otorgado en este documento, el mismo que puede revocarlo en cualquier momento.

Los datos personales se publicarán en el repositorio de trabajos de titulación, no se comunicarán a terceros con otra finalidad distinta a la recogida, salvo cuando exista una obligación legal, orden judicial, de agencia o entidad gubernamental con facultades comprobadas, o de autoridad competente.

En algunos casos este tratamiento puede implicar transferencias internacionales de datos, para lo cual garantizamos el cumplimiento de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y el Reglamento a la ley. La UISRAEL conservará sus datos durante el tiempo necesario para que se cumpla la finalidad indicada, mientras se mantenga la relación comercial o contractual, Ud. no revoque su consentimiento o durante el tiempo necesario que resulten de aplicación por plazos legales de prescripción.

La UISRAEL ha adoptado diversas medidas organizativas, legales y tecnológicas para proteger sus datos personales. Estas medidas están diseñadas para garantizar un nivel razonable de seguridad y cumplir con las exigencias conforme a la normativa aplicable en materia de protección de datos personales.

La UISRAEL le informa que tiene derechos sobre sus datos personales conforme lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, para su ejercicio puede hacerlo mediante envío de una solicitud al correo protecciondatospersonales@uisrael.edu.ec.

Para obtener más detalles de cómo se manejan sus datos personales, la UISRAEL pone a su disposición la política de Privacidad y Protección de Datos Personales disponible en el siguiente link: [Política de Protección de Datos Personales | UISRAEL](#)

Por lo expuesto, declaro haber sido informado sobre el tratamiento de los datos personales que he entregado a la UISRAEL.

KARINA ELIZABETH
AGUAS
MOSQUERA

Creando digitalmente por KARINA
AGUAS MOSQUERA
Número de escritura pública: 7580
C.I. KARINA ELIZABETH AGUAS MOSQUERA
Cédula Profesional: 1307752001, con EFECTOS
DE TITULO Y ACCION DE RECONOCIMIENTO
en UNIVERSIDAD ISRAEL S.A. S.p.A.
Fecha: 2024/08/20 11:37:58 -0500

Firma del especialista
Ing. Karina Elizabeth Aguas Mosquera MSc