



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACION

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA DE RASTREO Y
SEGURIDAD DE GANADO EN ZONAS RURALES VIA LORA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniería Electrónica

AUTOR: PETER JOEL PAZ LEÓN

DOVER JUSETH YAGUAL ESTACIO

TUTOR: ING. RAFAEL PEREZ ORDOÑEZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Dover Juseth Yagual Estacio con documento de identificación N°0804593945 y Peter Joel Paz León con documento de identificación N°0950652826 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana puede usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Dover Juseth Yagual Estacio

Ci: 0930491147



Peter Joel Paz León

Ci: 0950652826

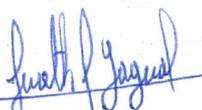
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Dover Juseth Yagual Estacio con documento de identificación No.0804593945 y Peter Joel Paz León con documento de identificación No. 0950652826 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyectos técnicos: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE RASTREO Y SEGURIDAD DE GANADO EN ZONAS RURALES VIA LORA”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

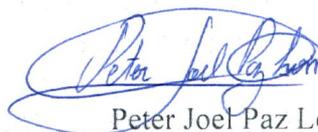
Guayaquil, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Dover Juseth Yagual Estacio

Ci: 0930491147



Peter Joel Paz León

Ci: 0950652826

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rafael Enrique Pérez Ordoñez con documento de identificación N° 0916275076, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE RASTREO Y SEGURIDAD DE GANADO EN ZONAS RURALES VIA LORA, realizado por Dover Juseth Yagual Estacio con documento de identificación N°0804593945 y por Peter Joel Paz León con documento de identificación N°0950652826, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyectos técnicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Rafael Enrique Pérez Ordoñez

CI: 0916275076

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Con gratitud en mi corazón, elevo mi voz para agradecer a Dios, quien ha iluminado mi camino y me ha brindado la oportunidad de emprender este viaje de aprendizaje. A mis amados padres, mi roca inquebrantable, les dedico un profundo agradecimiento por su amor incansable, su apoyo desinteresado y sus sacrificios silenciosos que han hecho posible este logro. A medida que cierro este capítulo académico, miro hacia adelante con emoción y gratitud. A todos los que han formado parte de mi viaje, les extiendo mi sincero agradecimiento. Que este logro sea un recordatorio de que, con fe, determinación y amor, podemos superar cualquier obstáculo y alcanzar las estrellas.

Juseth Yagual

A todos lo que creyeron en mí y me acompañaron en el camino, gracias a mi familia por su apoyo inquebrantable y sus palabras de aliento, gracias a los tropiezos que me hicieron aprender de mis errores y a todos los que influyeron en mi camino académico.

¡Gracias totales!

Peter Paz

Resumen

La tecnología IoT ha demostrado ser altamente beneficiosa en zonas rurales, y el presente proyecto aprovecha estas ventajas. Utilizando dispositivos como las placas de desarrollo Lilygo y una Orange Pi, se ha creado un tracker que permite monitorear el ganado en un espacio limitado. Esta solución ofrece numerosas ventajas al simplificar los gastos en una finca, ya que requiere menos personal y registra toda la información en una base de datos. En resumen, este proyecto destaca las ventajas de la tecnología IoT en entornos rurales al utilizar dispositivos como las placas de desarrollo Lilygo y una Orange Pi para crear un tracker que monitorea el ganado, simplificando los gastos y registrando datos de manera eficiente.

Palabras Claves:

Tecnología IoT, zonas rurales, dispositivos, placas de desarrollo, Lilygo, Orange Pi, tracker, monitorear ganado, base de datos, firmware, Baud Rate, demodular

ABSTRACT

IoT technology has proven to be highly beneficial in rural areas, and the present project takes advantage of these advantages. Using devices such as Lilygo development boards and an Orange Pi, a tracker has been created that allows monitoring of livestock in a limited space. This solution offers numerous advantages by simplifying farm expenses, since it requires less staff and records all the information in a database. In summary, this project highlights the advantages of IoT technology in rural environments by using devices such as Lilygo development boards and an Orange Pi to create a tracker that monitors livestock, simplifying expenses and efficiently recording data.

KEYWORDS

IoT technology, rurales áreas, devices, development boards, Lilygo, Orange Pi, tracker, monitor cattle, data base, firmware, Baud Rate, demodulate.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
PROBLEMA	10
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
METODOLOGIA	29
RESULTADOS	35
CRONOGRAMA	39
PRESUPUESTO	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAICAS	44
ANEXOS.....	46

INTRODUCCIÓN

Se plantea el desarrollo e implementación de un dispositivo de seguridad innovador diseñado para el ganado, que permita llevar a cabo un monitoreo preciso y en tiempo real de la ubicación de los animales. El proyecto se llevará a cabo en una finca ubicada en la zona norte de Esmeraldas, la cual carece de acceso a la energía eléctrica convencional. En su lugar, se reforzará con baterías para alimentar el prototipo, asegurando así un funcionamiento sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

La implementación de un sistema que permita rastrear y supervisar la ubicación de los animales en tiempo real resulta crucial para los propietarios y cuidadores del ganado, Para esto se ayudarán con las IoT que en la actualidad representan un papel clave en el desarrollo de la tecnología, mediante los dos módulos TTGO T-Beam v1.1 que funcionan como maestro y esclavo. El esclavo será el encargado de obtener la ubicación en tiempo real, para después ser enviado mediante el protocolo de comunicación LoRa hacia el maestro que subirá los datos hacia un servidor web con la ayuda de un miniordenador para luego ser mostrado mediante una aplicación móvil.

PROBLEMA

En los últimos dos años, la finca ubicada en el cantón Rocafuerte, provincia de Esmeraldas, ha sido víctima de hurto de ganado. Durante este periodo, se estima que aproximadamente 10 cabezas de ganado bovino han sido sustraídas de la finca. Este problema se agrava debido a las amplias extensiones de terreno en la finca, lo que dificulta la supervisión constante del ganado. Incluso durante el día, la caseta del trabajador se encuentra a una gran distancia de las áreas donde pastan los animales, lo que complica aún más su vigilancia. Dado que la actividad principal de la finca es la recolección de leche, la pérdida de ganado representa un problema económico significativo para los propietarios. Esta situación ha llevado a la necesidad de buscar una solución efectiva que permita monitorear la ubicación permanente del ganado y detectar cualquier intento de salida del perímetro de la finca, con el objetivo de prevenir futuros robos y salvaguardar la seguridad del ganado y los intereses económicos de los dueños de la finca.

En el transcurso de los años en el país el delito de robo ha dejado muchas pérdidas a los ganaderos del país se estima que las pérdidas suman entre \$13 millones a \$30 millones teniendo en cuenta lo invertido por el ganadero hasta la edad de aprovechamiento del ganadero aproximadamente 3 años.

Se busca con este proyecto beneficiar a dueños de finca que posean ganado o se encuentren en zonas de difícil acceso en las cuales no cuenten con servicios de telecomunicaciones. Debido a esto en el presente proyecto se busca diseñar, desarrollar e implementar una herramienta de rastreo para el rastreo de ganado mediante el protocolo de comunicación LoRa

La finca donde se va a implementar esta tecnología está ubicada en la zona norte de la ciudad de Esmeraldas, está a unos 10 minutos en lancha del cantón Rocafuerte, el problema que existe en la finca es que sufre de robo de su ganado bovino dado que los animales están ubicados a una gran distancia de donde vive el trabajador.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una herramienta de rastreo y seguridad para ganado en zonas rurales mediante tecnología de Lora

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar la Infraestructura tecnológica (Hardware y software) del dispositivo
- Implementar un prototipo de GPS tracker con IoT vía LoRa, para la obtención de parámetros de forma remota que se visualizarán en la interfaz gráfica de la nube
- Analizar los costos de la implementación de la red IoT con tecnología LoRa en zonas rurales
- Analizar la máxima distancia que nuestro sistema puede enviar/recibir los datos correctamente

MARCO TEORICO.

IoT

Las de sus siglas el internet de las cosas a simple rasgos varios autores la denominan la interconexión digital de objetos con el internet, esto facilita al usuario la monitorización y operación capturando datos en tiempo real indispensable sobre su uso y rendimiento. En la actualidad gracias al crecimiento exponencial que ha tenido las tecnologías son muchas las aplicaciones que se les puede dar a las IoT, en diversas áreas de aplicaciones, dentro de estas áreas tenemos la domótica e inmótica, la conectividad entre ciudades, ciberseguridad aplicada en dispositivos de rastreo, salud aplicada en la telemedicina y la industria aplicada en el monitoreo y control de la producción.

Considerando que uno de los problemas habituales en el ámbito de Internet de las Cosas (IoT) es la dificultad para establecer conexiones sólidas con las redes infraestructurales, el factor determinante resulta ser la capacidad de transmisión, ya que a medida que incrementamos la cantidad de dispositivos en un proyecto de implementación, se genera un aumento significativo en el volumen de información que la red existente deberá manejar.

La privacidad y seguridad de los datos procesados también representa un problema, esto en cuestión de vulnerabilidad ya que estos dispositivos recopilan gran información de datos, ya sean personales, de seguridad o útiles para la industria

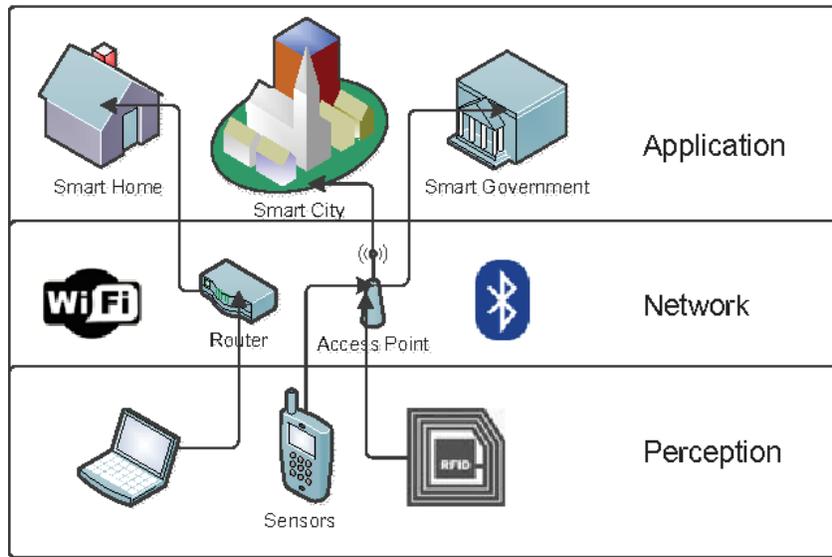


Ilustración 1 Arquitectura de las IoT

Jecrespom. (2018, 11 noviembre). *Arquitecturas IoT – Aprendiendo Arduino*. Aprendiendo Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/arquitecturas-iot/>

LoRa

Se entiende como LoRa o Long Range a una tecnología de comunicación inalámbrica de largo alcance ágil mente utilizada en zonas rurales y urbanas diseñada para aplicaciones que requieran la transmisión ocasional de pequeñas cantidades de datos. Fue desarrollada y patentada por la compañía Semtech en el año 2012 y ha ganado popularidad dentro de las IoT varias características que tenga a su favor dentro de ellas es su largo alcance pudiendo alcanzar decenas de kilómetros dentro de las áreas rurales tanto como urbanas, su bajo consumo de energía que permite su operación con uso de batería por tiempos prolongados, su tecnología demodulación llamada CSS que mejora la transmisión de datos dando resistencia al ruido e interferencia y su baja tasa de transferencia en comparación a otras tecnologías inalámbricas como el Wi-Fi o el Bluetooth.

Siendo LoRa y LoRaWan conceptos similares hay que separarlos, se puede definir a LoRa como a la forma en que los datos se transfieren de un punto a otro mediante señales de radio y a LoRaWan a como los datos se enrutan a través de un protocolo red proporcionando una arquitectura red para llegar a aplicaciones finales.

En la comunicación se cuentan con dos parámetros importantes el SRRI que ayuda a determinar si la señal es lo suficientemente fuerte para obtener una buena transmisión de datos mientras este valor se acerque más a 0 mejor será la transmisión de los datos.

Un aspecto a considerar es el SNR (relación señal-ruido), el cual proporciona información acerca de la calidad de la señal recibida. Aquí se presentan dos puntos de referencia. Si el SNR es negativo, señala que la potencia de la señal es menor que la potencia de transmisión; en cambio, si es positivo, indica que la potencia de transmisión supera la potencia del ruido. Es relevante destacar que cuando el SNR es positivo, la señal se vuelve más fácil de modular.

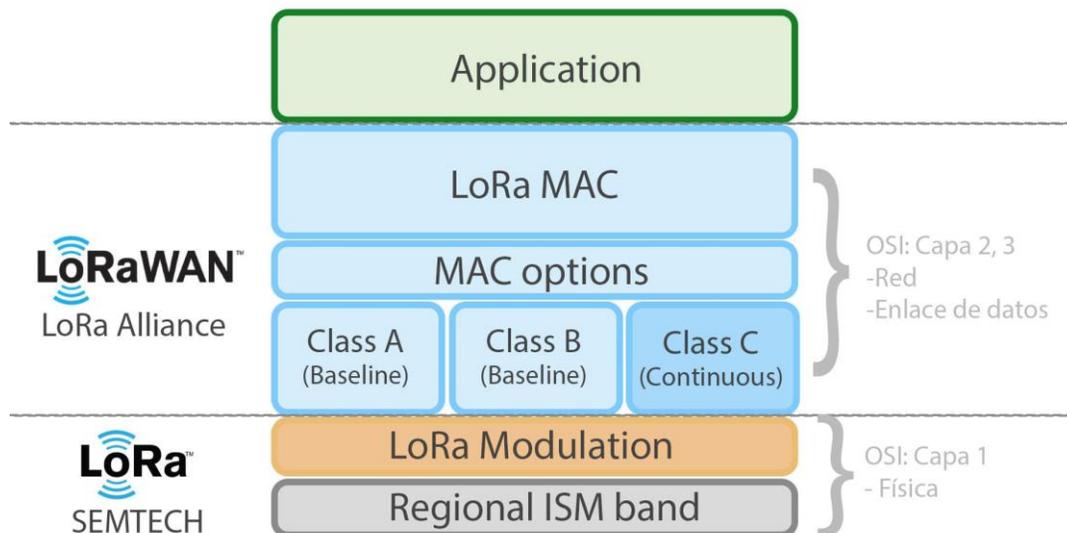


Ilustración 2 Diferencias entre LoRa y LoRaWAN

Conceptos básicos que te ayudarán a entender LORA y LORAWAN en minutos. (2023, 27 abril). Becolve digital. <https://becolve.com/blog/conceptos-tecnicos-basicos-que-te-ayudaran-a-entender-lora-y-lorawan-low-power-wide-area-network-en-pocos-minutos/>

Ventajas del módulo Lora

Desventajas del módulo Lora

<i>Conexiones bidireccionales seguras mediante encriptación de extremo a extremo</i>	Es necesario crear una nueva red. Lora usa un segmento de espectro libre. Actualmente, la estación base del operador admite señales Lora. El diseño de Lora requiere la construcción de una torre de señales., estación base y puerta de enlace.
<i>Bajo consumo de energía (duración de las pilas hasta 10 años)</i>	La tecnología está demasiado concentrada. Las tecnologías centrales de Lora están en manos de Semtech, y los chips Lora solo pueden ser producidos por Semtech. Este entorno ecológico cerrado no es propicio para el desarrollo de la industria Lora.
<i>Largo alcance de comunicación (10 - 20 km)</i>	La tecnología está demasiado concentrada. Las tecnologías centrales de Lora están en manos de Semtech, y los chips Lora solo pueden ser producidos por Semtech. Este entorno ecológico cerrado no es propicio para el desarrollo de la industria Lora
<i>Baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización.</i>	
<i>Conexión de infinidad de sensores y equipos a redes públicas o privadas (hasta 1 millón de nodos en red)</i>	Bajas velocidades de datos,

Tabla 1 Ventajas y desventajas del LoRa

LoRaWan

Entonces se define a LoRaWan del acrónimo Long Range Wide Área Network es una herramienta para conectar dispositivos IoT a través de una infraestructura red específicamente la estrella donde los dispositivos se comunican con bases o también llamadas gateways que son los encargados de retransmitir los datos hacia un servidor o también llamado network server que procesa los datos que son mostrados en las aplicaciones y/o servicios correspondientes a implementar. Con respecto a la seguridad el protocolo LoRaWan implementa varias medidas de seguridad entre ellas los cifrados de extremo a extremo y la autenticación de dispositivos así previniendo y asegurando la privacidad de las comunicaciones a realizar.

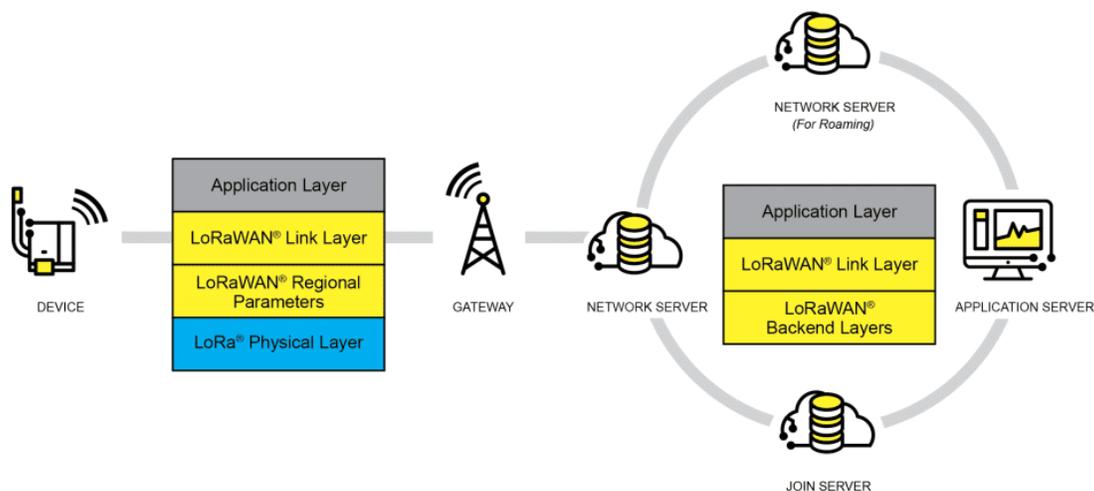


Ilustración 3 Arquitectura de LoRaWAN

Rcarrillo. (2022). Qué es LoRA, cómo funciona y características principales. *Venco Electrónica*. <https://www.vencoel.com/que-es-lora-como-functiona-y-caracteristicas-principales/>

LORA

LORA WAN

<i>Lora es una tecnología inalámbrica similar a Wifi, Bluetooth o LTE, que se usa comúnmente</i>	Es un protocolo de red de punto a multipunto
<i>Podemos usar Lora para conectar sensores y dispositivos de monitoreo de forma inalámbrica a la nube.</i>	Es un protocolo de capa de control de acceso medio (MAC) con algunos componentes de capa de red.

Tabla 2 Diferencias entre el LoRa y LoRaWAN

<i>Clase A</i>	<i>Clase B</i>	<i>Clase C</i>
<i>Son los mas comunes en LoRaWAN, poseen un esquema de comunicación asimétrico, son los más eficientes energéticamente</i>	Poseen las características de la Clase A, poseen una ventana de recepción programadas de forma sincronizada esto implica que el objetivo escucha de forma periódica la señal de la red, permite flexibilidad en una comunicación bidireccional	Poseen una mayor disponibilidad de recepción, pero con un mayor consumo de energía debida a las ventanas de recepción constantemente abiertas

Tabla 3 Diferentes tipos de dispositivos LoRaWAN

GPS

De sus siglas Sistema de Posicionamiento Global es una herramienta que nos ayuda a determinar nuestra posición en cualquier parte del mundo y en cualquier momento del día, independiente de la condición del clima. El GPS cuenta con un grupo de 31 satélites que rodean la tierra, estos dispositivos utilizan frecuencias de radio para determinar la posición, para su funcionamiento se basa en el principio matemático de trilateración, obteniendo la distancia entre el satélite y el dispositivo mediante el tiempo que transcurre esta comunicación. Para su correcto funcionamiento una unidad debe estar en contacto con al menos cuatro satélites ya que la posición es dada por la intersección donde se cruzan estas comunicaciones así obteniendo una precisión entre diez y veinte metros.

El sistema global de posicionamiento tiene tres etapas: los satélites orbitando la Tierra, las estaciones de seguimiento, ubicadas en la Tierra, y los receptores propiedad del usuario.

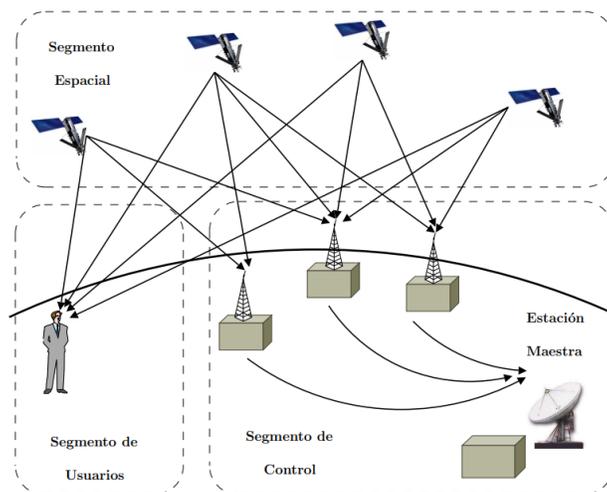


Ilustración 4 Funcionamiento del GPS

Figura 4.1: Funcionamiento del sistema GPS. (s. f.). ResearchGate.
https://www.researchgate.net/figure/Figura-41-Funcionamiento-del-sistema-GPS_fig2_277115957

ESP32 TTGO T-Beam V1.1

Para el proyecto se utilizará la placa de desarrollo Lilygo la versión específica a utilizar sea la ESP32 TTGO T-Beam V1.1, la cual está equipada con un Esp32, un módulo LoRa, Bluetooth y un módulo GPS. Esta placa es compatible con frecuencias de operación de 433MHz, 915MHz y 868MHz.

En la Figura se detallan los pines y conexiones de la placa Lilygo, proporcionando información sobre cómo se pueden interconectar los distintos componentes. También se pueden identificar los pines específicos para la comunicación con el módulo Lora, el módulo GPS, la pantalla y la batería.

Estas características y diagramas son útiles para comprender la disposición y las capacidades de la placa, lo que permitirá su utilización de manera adecuada en el proyecto de rastreo.

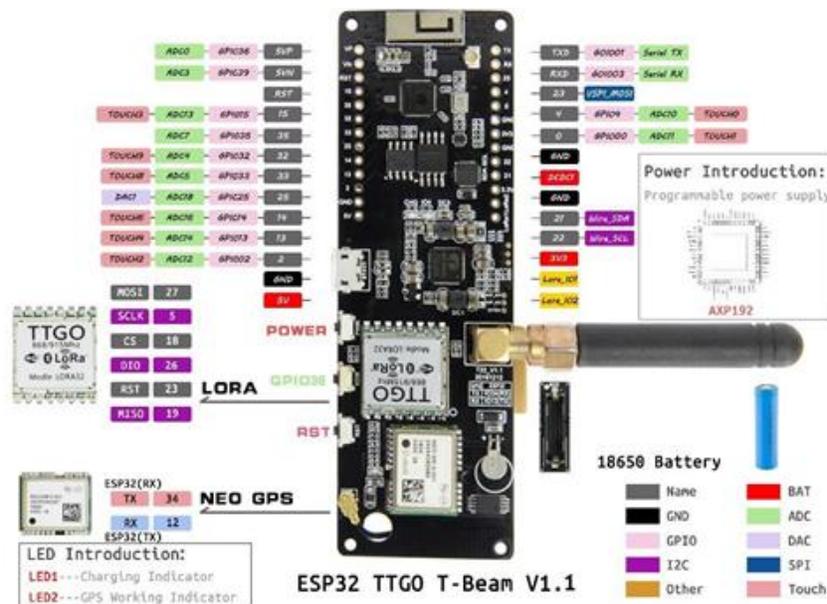


Ilustración 5 Modulo TTGO T-Beam v1.1

MÓDULO LORA TTGO T-BEAM 915MHZ ESP32 y GPS y ANTENA – Grupo ElectroStore. (s. f.). <https://gruoelectrostore.com/shop/modulos-y-shields/rf-radio-frecuencia/modulo-lora-ttgo-t-beam-915mhz-esp32-y-gps-y-antena/>

Modulo ESP32

Es un Microcontrolador ampliamente utilizado en el área industrial como educativo debido a su versatilidad, capacidades, características y conectividad ya que cuentan con Wi-Fi y Bluetooth. Posee un doble núcleo que opera hasta 240MHz, lo que le permite realizar tareas intensivas eficientes, en cuestión de su entorno de programación es bastante flexible, pero el más común es en Arduino. Debido a su gran utilidad sus opciones de aplicaciones son bastante extensas como son la domótica e inmótica, sistemas de control y monitoreo en la industria, proyectos de robótica, sistemas de adquisición de datos y para proyectos IoT.



Ilustración 6 Modulo ESP32

MÓDULO ESP32 ESP-32 WIFI BLUETOOTH – Grupo Electrostore. (s. f.).
<https://grupoelectrostore.com/shop/placas-para-programacion/esp/modulo-esp32-esp-32-wifi-bluetooth/>

Modulo GPS NEO-6M

La placa de desarrollo que vamos a emplear utiliza el chip GPS NEO-M. Este chip se basa en el sistema de satélites GPS para determinar la ubicación geográfica, altitud y hora exacta. Funciona como receptor GPS, opera con una alimentación que va desde 3.3V hasta 5V, y

presenta una variedad de aplicaciones que incluyen navegación, seguimiento en tiempo real y geolocalización, entre otras posibilidades.



Ilustración 7 Modulo GPS

Módulo GPS. (s. f.). Electrónica Steren México. <https://www.steren.com.ec/modulo-gps.html>

Chip SX1276

Se trata de un transceptor que opera en la tecnología de comunicación inalámbrica LoRa. Entre sus propiedades destacan su amplio alcance y su eficiente consumo energético. Otras características incluyen su frecuencia de operación, trabajando en las bandas ISM (acrónimo de Industrial, Scientific and Medical) de 433 MHz, 868 MHz y 915 MHz. Sus aplicaciones abarcan el monitoreo y control remoto, sistemas de alarma, seguimiento de objetos, sensores agrícolas, entre otras posibilidades.

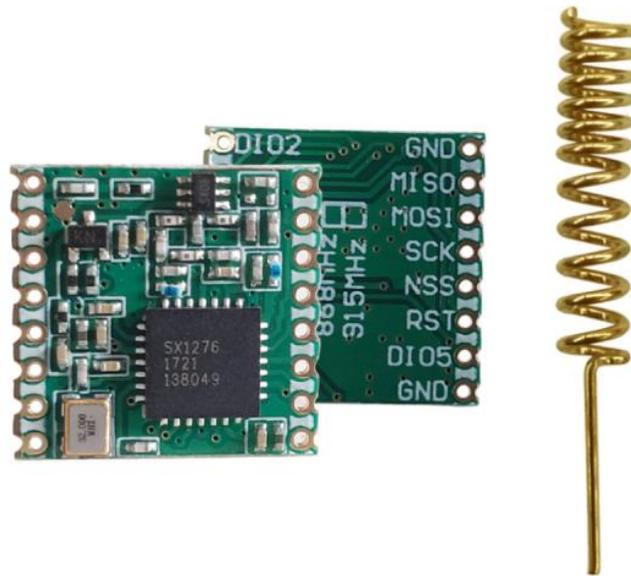


Ilustración 8 Chip LoRa SX1276

ThinkRobotics.com. (s. f.). *Super Low Power RF LORA Module SX1276 868MHz - ThinkRobotics*. <https://thinkrobotics.com/products/super-low-power-rf-lora-module-sx1276-868mhz>

Arduino IDE

Es una herramienta de programación utilizada para la programación de microcontroladores, Se maneja un entorno de programación amigable que permite compilar, escribir y cargar códigos a un gran número de placas incluidas las del fabricante, para después ser usadas en diferentes proyectos y prototipos electrónicos.

Debido a sus atributos, es necesario que cuente con un lenguaje de programación simple basado en C y C++, diseñado para ser amigable tanto para principiantes como para aquellos sin experiencia en programación. Además, viene acompañado de una amplia colección de librerías y ejemplos predefinidos, que se pueden incorporar al entorno de programación, simplificando la incorporación de nuevos periféricos, como placas de desarrollo.

Librería <lora.h>

Librería utilizada para el control de módulos lora en plataformas de programación, que permite la configuración y el control de la comunicación entre dispositivos LoRa. Entre los aspectos que se puede configurar están la frecuencia de operación, la potencia de transmisión, la velocidad de transmisión (baud rate), el envío y recepción de datos mediante las placas LoRa, y la gestión de datos.

Librería <TinyGPS++.h>

Es una librería utilizada para la procesión de datos obtenidos de los módulos GPS, que nos permite la visualización de los datos útiles como longitud, latitud, altitud y velocidad; esta librería además tiene más utilidades como el cálculo de distancia de dos puntos geográficos, la conversión de coordenadas en grados decimales a grados, minutos y segundo, y en cuestión de implementación se las puede utilizar con varios fines como es el rastreo de objetos, la navegación vehicular, sistemas de tracker entre otros.

Librería <U8g2lib.h>

De sus siglas Universal Graphics Library for 8 bit Embedded Systems es una librería de código abierto gran popularidad hecha para el control de pantallas LCD y OLED en microcontroladores y diferentes placas de desarrollo de 8 bits, esta librería nos ayuda a mostrar gráficas, textos, figura e incluso animaciones mediante matrices de puntos

Modulo GSM

Dispositivo que permite comunicar redes de telefonía móvil o GSM, como recibir mensajes de texto o SMS e incluso usar datos móviles. Otras utilidades que posee es el poder conectarse a la red GPRS o General Packet Radio Service para la trasmisión de datos. Trabaja en un voltaje de operación entre 3.4v a 4.4v y para la obtención correcta de las señales es necesario una antena externa para mantener su calidad y confiabilidad; Su uso se ve frecuente para la

implementación de proyectos en los cuales se necesita la implementación de red y donde debido a la intemperie de la localización sea escasa o nula el acceso a internet mediante proveedores.



Ilustración 9 Modulo GSM SIM800C

*Amazon.com: Teyleten Robot SIM800C USB GSM GPRS módulo inalámbrico Quad-Band, 850/900/1800/1900MHz, CH340T USB Chip soporte 2G 3G 4G tarjeta SIM USB comunicación SMS transmisión de datos con antena : electrónica. (s. f.).
<https://www.amazon.com/-/es/Teyleten-Inal%C3%A1mbrico-Quad-Band-Comunicaci%C3%B3n-Transmisi%C3%B3n/dp/B087Z6F953>*

Orange Pi 3

Es una placa desarrollada por la empresa china Shenzhen Xulong Software Co., es de tipo SBC (Single Board Computer) que funciona bajo múltiples sistemas operativos como Android, Linux, Debian entre otros, siendo una alternativa de bajo costo en el mercado comparado con la competencia que es la marca Raspberry Pi, se centra en ser una placa versátil para la implementación de diversos proyectos de electrónica, estudiantiles, E incluso en la actualidad aplicado en las IoT.

Dentro de las características principales de los complementos que lleva la placa tenemos que la placa posee un procesador de cuatro núcleos que funciona a velocidades de hasta 1.8 GHz que adicionalmente tiene la capacidad de procesamiento grafico (GPU), Posee hasta 2gb de memoria RAM y en almacenamiento viene con ranura microSD que permite la fácil carga de datos y sistemas operativos.

Hablando de conectividad y periféricos cuenta con una gran cantidad, posee una amplia gama de puertos como un Gigabit Ethernet, Conexión de Wi-Fi, Bluetooth 4.1, puertos USB3.0 y USB 2.0, puertos HDMI que permite una resolución de hasta 4k, salida de audio, cámara, micrófono, infrarrojo.

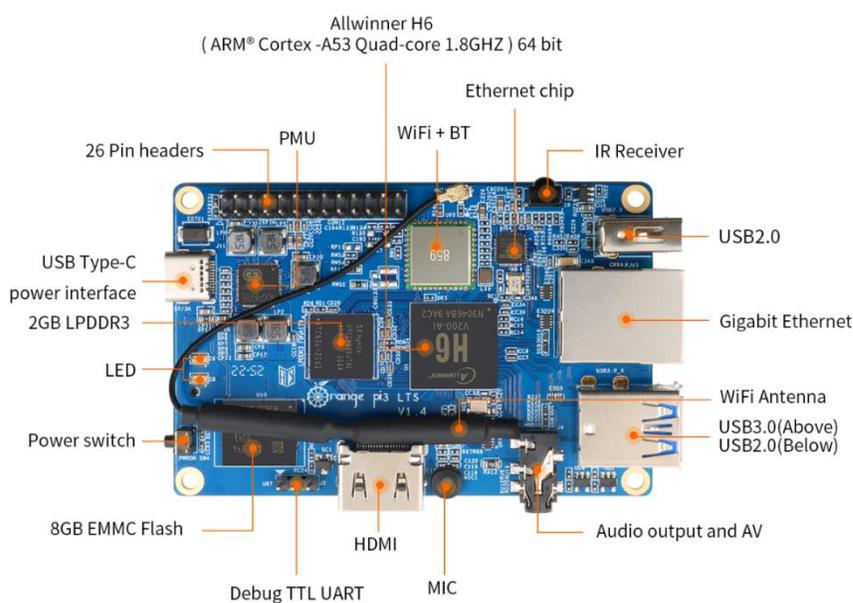


Ilustración 10 Detalles de los componentes del miniordenador Orange PI

Orange pi - orangepi. (s. f.).

<http://www.orangepi.org/html/hardWare/computerAndMicrocontrollers/details/orange-pi-3-LTS.html>

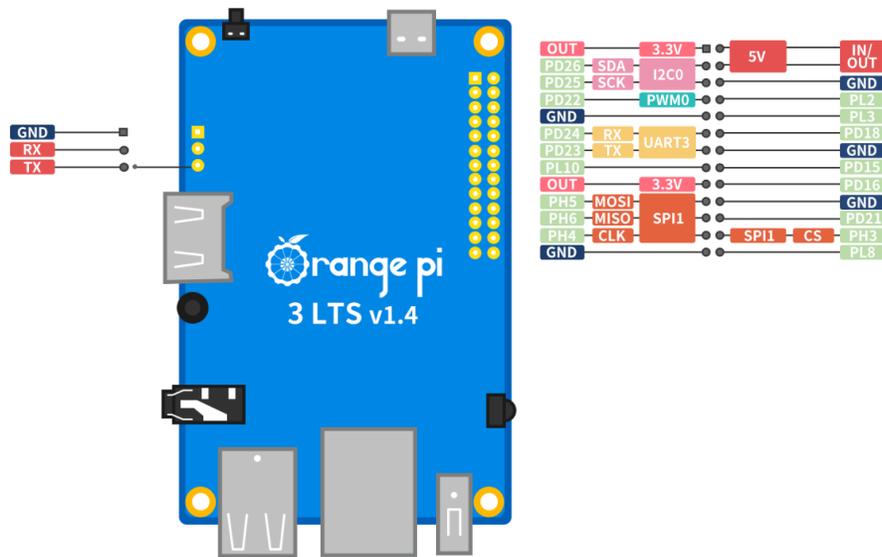


Ilustración 11 Detalles de los puertos del miniordenador Orange PI

Orange pi - orangepi. (s. f.).

<http://www.orangepi.org/html/hardWare/computerAndMicrocontrollers/details/orange-pi-3-LTS.html>

Ubuntu

Se trata de un sistema operativo basado en Linux creado por la empresa Canonical Ltd. con sede en Reino Unido, este es de código abierto y es muy popular y ampliamente utilizado por su fácil uso, la seguridad que posee y la comunidad de múltiples usuarios a nivel mundial que ayudan con su desarrollo, foros cooperativos y mejoras, además de que la empresa constantemente mantiene enviando versiones de seguridad y nuevas implementaciones como lo son las IoT, nubes y servidores en línea

Node-red

Se trata de una plataforma de código abierto con un desarrollo visual enfocada en la conexión de dispositivos, servicios y aplicaciones de una forma sencilla. En primera instancia fue creado por la compañía IBM, para luego ser mantenido por la comunidad como un proyecto de código abierto.

Se centra en la programación por nodos predefinidos para la creación de flujos de trabajo, muy útil para las automatizaciones de proyectos, en la actualidad está tomando fuerza en el ámbito de las IoT, debido a que su comunidad ha desarrollado una amplia gama de nodos con gran funcionalidad y conectividad

La Batería

La batería por usar en el proyecto posee las siguientes características, es una batería de 12v 7A/20H estas especificaciones indican que es una batería recargable, comúnmente es usado para sistemas de respaldo o sistemas de alimentación de placas de control, este tipo de batería es de Plomo-acido, se usará como fuente de alimentación principal en el proyecto para el control de nuestro pequeño servidor y se mantendrá con una carga periódica para su perfecto funcionamiento



Ilustración 12 Batería a usar en el proyecto

MediaPrice. (2023, 4 agosto). *Bateria 12V 7 AH Forza FUB 1270 por solo \$28.14* · MediaPrice Ecuador. https://www.mediaprice.com.ec/producto/bateria-12v-7-ah-forza-fub-1270/?gclid=CjwKCAjw5_GmBhBIEiwA5QSMxGrVtQhd3Xfy-w_YZf6C3dWeyMHcVN4xsBvFpEtQ2dBaUztetzWS2BoCukUQAvD_BwE

METODOLOGIA

Para el presente proyecto se planea el diseño de un dispositivo de rastreo móvil, se plantea ubicarlo como forma de collar en el cuello de la cabeza de ganado que permitirá obtener su posicionamiento en tiempo real para luego ser enviado mediante el protocolo de comunicación LoRa hacia un maestro que servirá como Gateway para procesar la información hacia un miniordenador, para luego subirlo a internet hacia una nube y que puede ser visualizado y monitoreado mediante un servidor web.



Ilustración 13 Diseño y funcionamiento del Proyecto

Soluciones LORA para agricultura inteligente - CatSensors. (s. f).

<https://www.catsensors.com/es/catsensors/catnews/soluciones-lora-para-agricultura-inteligente#!>

En el desarrollo del proyecto, se contó con el respaldo de plataformas de código abierto como GitHub y foros de Arduino. Estas herramientas fueron fundamentales para obtener el conocimiento necesario y facilitar la colaboración en el proceso de creación. en los cuales se encuentran herramientas útiles como, firmwares a actualizar, ejemplos varios de diferentes aplicaciones y respuesta a errores comunes entre usuarios.

Para la programación de los módulos LoRa es necesario hacer un flasheo de los firmwares de los diferentes chips que poseemos en la placa TTGO TBEAM V1.1 como son el módulo GPS NEO-6M, el chip ESP32, el chip de comunicación LoRa SX1276 y el chip AXP192. Para poder hacerlo necesitaremos de un programa externo y los firmwares proporcionados por la misma empresa de los fabricantes del chip

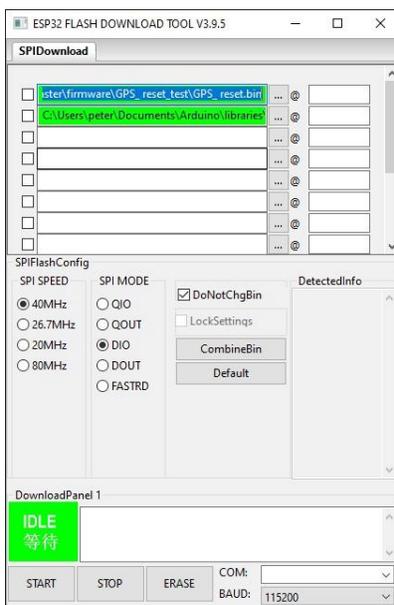


Ilustración 14 Flasheo del Firmware y prueba de los componentes de los módulos a utilizar

Como determina el fabricante, antes de comenzar con algún proyecto, para evitar errores es preferible realizar un chequeo completo del hardware para verificar que todas las funciones operen de manera correcta

Después de la verificación se procede a la programación tanto del esclavo que será el encargado de la adquisición de las coordenadas en latitud y longitud para después ser enviadas por el módulo LoRa integrado en la placa de desarrollo TTGO T-Beam v1.1

```
initBoard
Started OLED
LoRa Sender
Location: -2.220526,-79.887488
Location: -2.220526,-79.887488
Location: -2.220526,-79.887488
Location: -2.220526,-79.887488
Location: -2.220526,-79.887488
Sending packet: -2.22
-79.89
```

Ilustración 15 Envío de coordenadas Mediante LoRa visualizadas desde Arduino IDE

Seguidamente de la programación del maestro que será la encargada de recibir el dato mediante LoRa para después comunicarlo vía serial hacia el miniordenador para después ser enviado a la nube y ser procesado a una base de datos

```
initBoard
Started OLED
-2.220482-79.887209
-2.220482-79.887209
```

Ilustración 16 Maestro recibe coordenadas visualizadas desde Arduino IDE

Para la creación del servidor web, como ya se detalló anteriormente se utilizará el miniordenador Orange pi para su utilización se tendrá que descargar el sistema operativo, en el presente proyecto se usará Ubuntu que está disponible desde la página web del fabricante, se procede a instalar a la última versión y se lo instala mediante

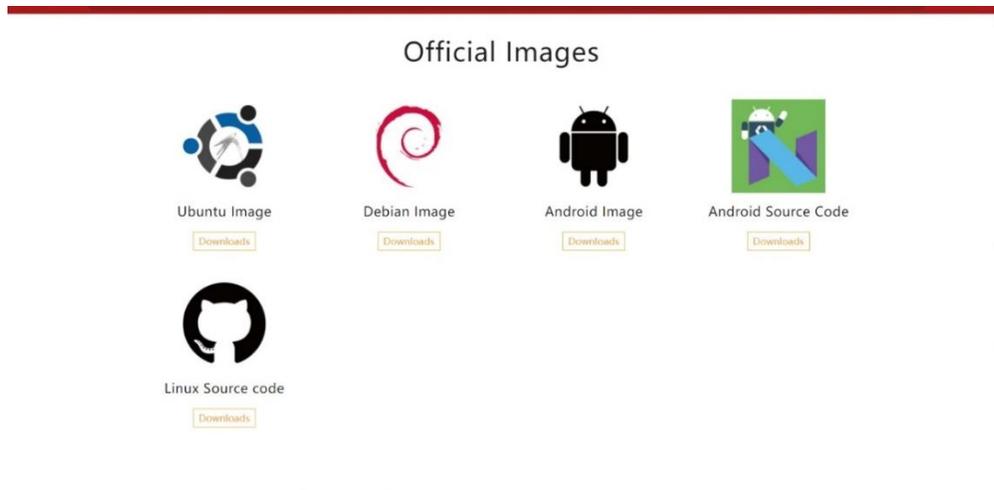


Ilustración 17 Instalación del sistema operativo

Con el miniordenador ya con el sistema operativo funcionando correctamente, se procede con la instalación del programa Node-RED que será la encargada de llevar el procesamiento de los datos obtenidos para los cuales se cuentan con varios bloques de función que nos ayudan el proceso de separar las coordenadas enviadas por LoRa, después se procede con la visualización en un mapa y como tracker, además de ser enviados al usuario a un Bot de Telegram.

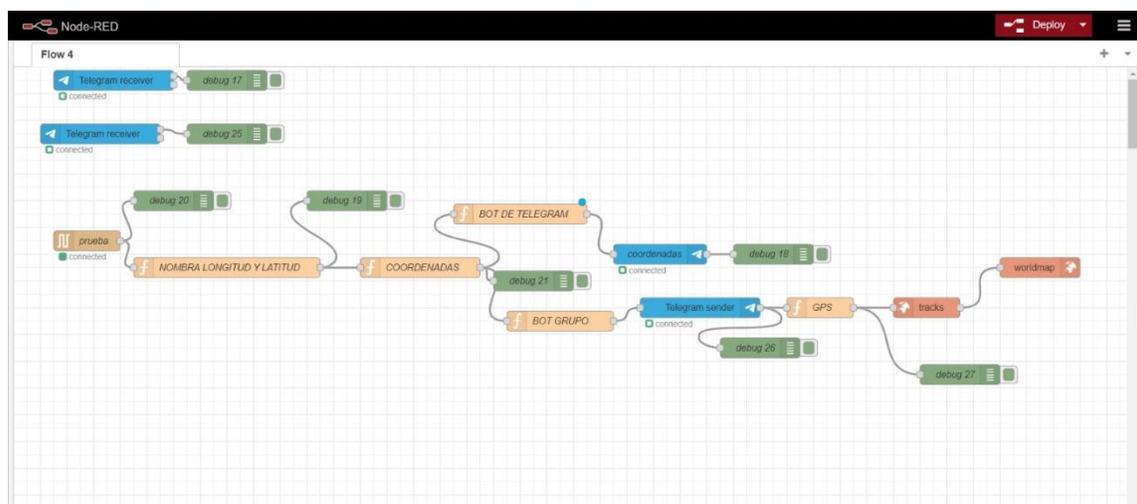


Ilustración 18 Nodos para el procesamiento de la información y creación del Bot de Telegram

Se podrá visualizar de dos formas la ubicación obtenida, desde el Node-RED mediante un mapa propio de la aplicación o desde las coordenadas enviadas por el Bot de Telegram.

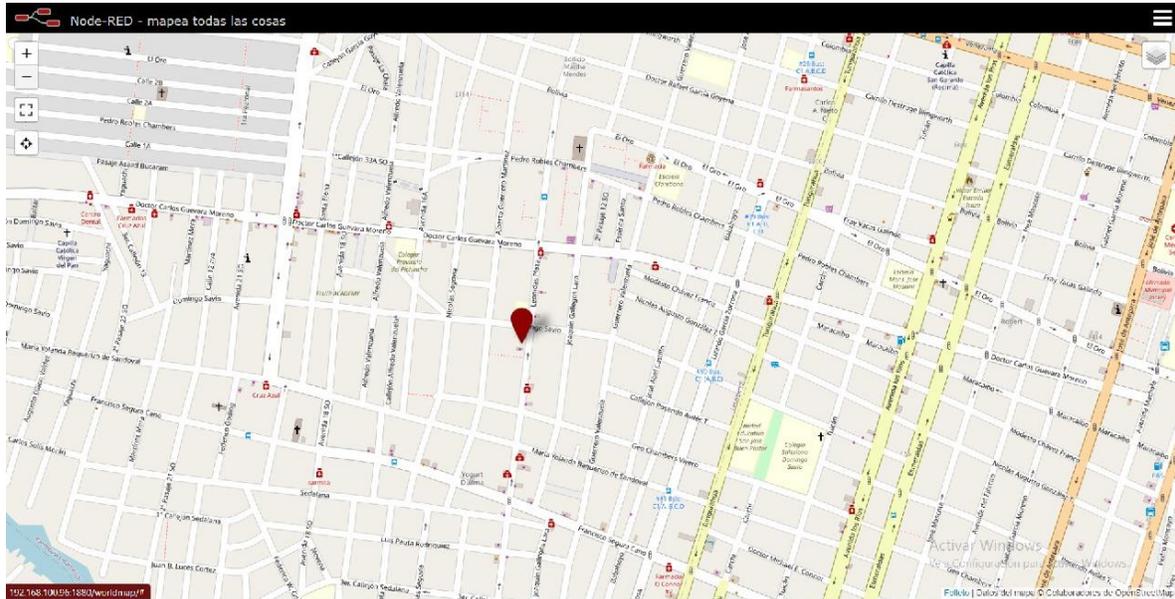


Ilustración 19 Ubicación obtenida visualizada por el Node-RED

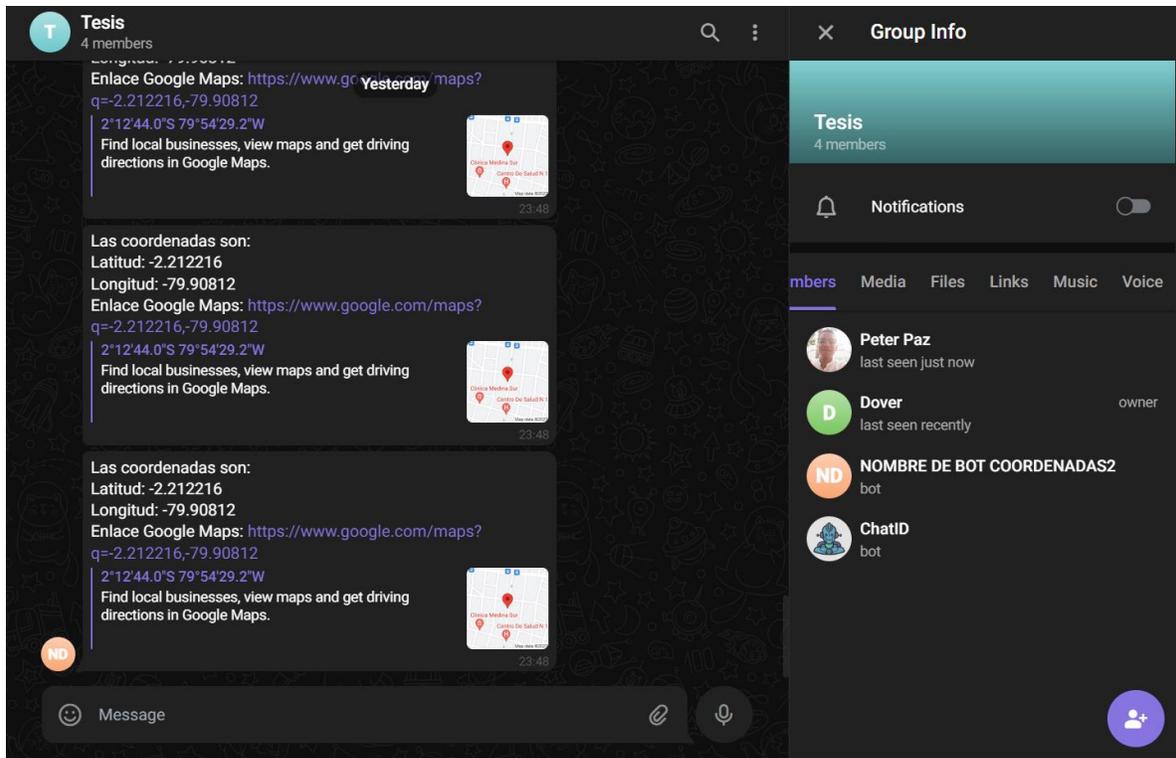


Ilustración 20 Coordenadas enviadas por el Bot de Telegram

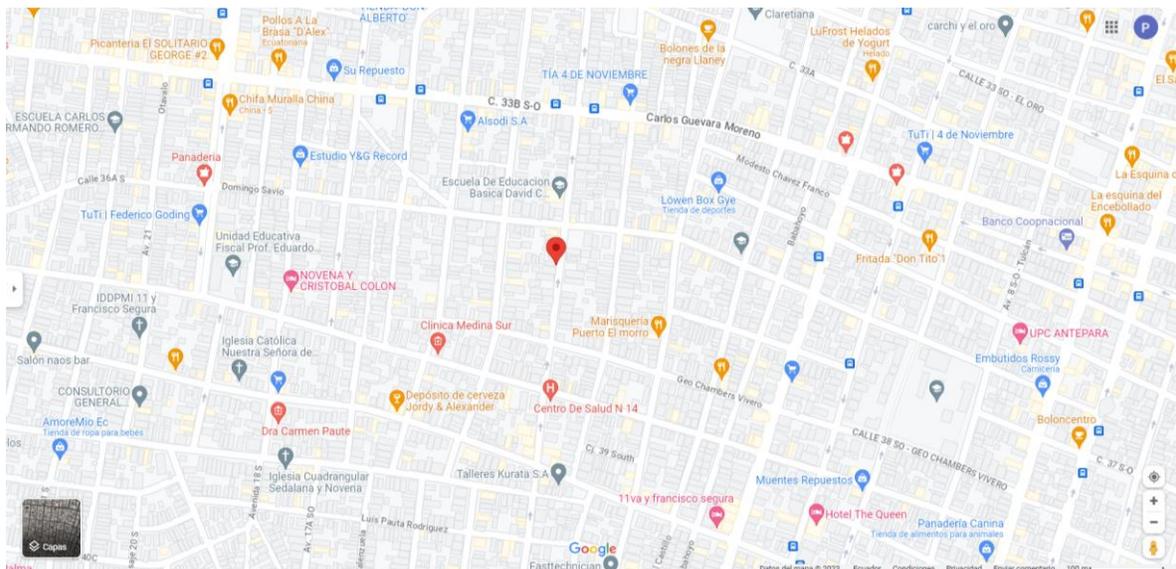


Ilustración 21 Ubicación visualizada desde Google Maps mediante los datos enviados por Telegram

RESULTADOS

Se procede al análisis del hardware y software del proyecto a implementar, en la parte de hardware se analizó los componentes, especificaciones, frecuencias y rangos de operación del módulo TTGO T-Beam v1.1, además de la elaboración de cases para su protección. También entro en análisis el miniordenador a utilizar que fue el Orange pi 3, la cual ha tenido un gran rendimiento sin presentar fallas a lo largo de la implementación del proyecto; por la parte del software para la programación del módulo T-Beam se utilizó el entorno de programación Arduino IDE y para el miniordenador el sistema operativo que se uso fue el Ubuntu.

En la implantación de del GPS tracker se usó una función de dentro del Node-RED que nos permite visualizar el recorrido efectuado del objeto mediante las coordenadas enviadas por el esclavo hacia el maestro mediante LoRa.

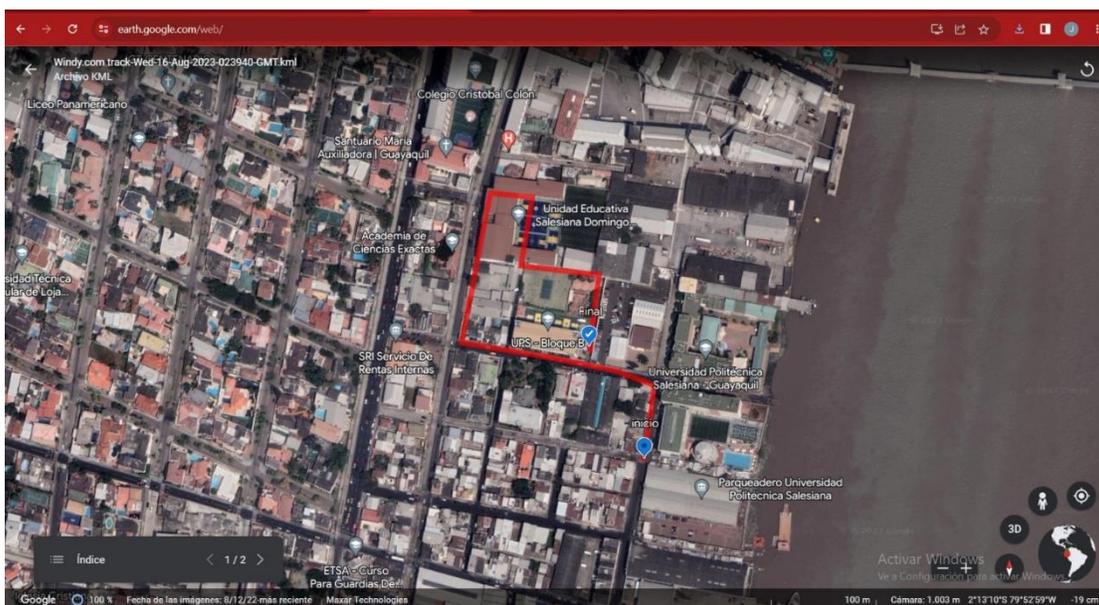


Ilustración 22 Sistema de tracker probado en la UPS

Además de la visualización desde el Node-RED, se agregó un bot gestiona los datos de las coordenadas para luego ser enviadas como mensaje y un enlace de la ubicación en Google Maps, para la facilidad de visualización del usuario

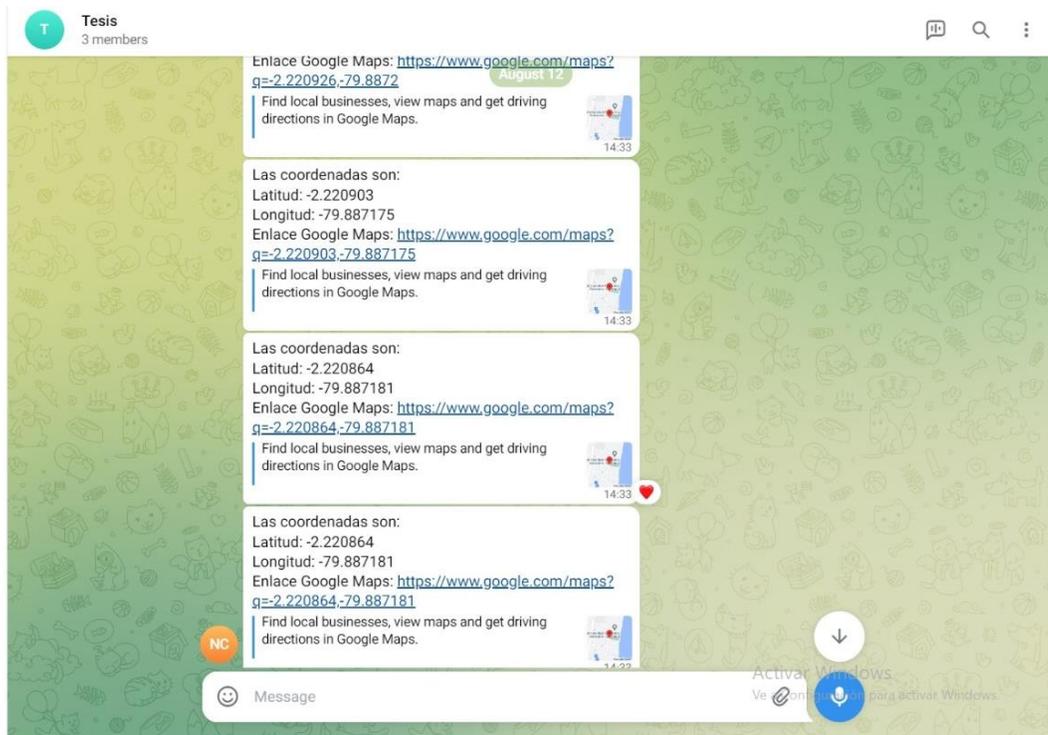


Ilustración 23 Coordenadas y enlace enviado por el Bot de Telegram

Unos de los factores claves en el proyecto era analizar la máxima distancia que el sistema puede enviar y recibir los datos correctamente lo cual tenemos dos factores claves a analizar, la precisión de la ubicación obtenida, y la calidad del mensaje enviado por LoRa.

En el análisis de la precisión del GPS, se encontró una problemática, mientras más estructuras haya en el lugar menos preciso será la ubicación obtenida, esto debido al efecto multi trayecto que nos indica que la señal rebotara en estructuras cercanas al receptor, estas pueden ser edificios, torres de telefonía, casas, esto tendrá la repercusión que recibirá dos señales diferentes haciendo que la ubicación tenga una variación de metros

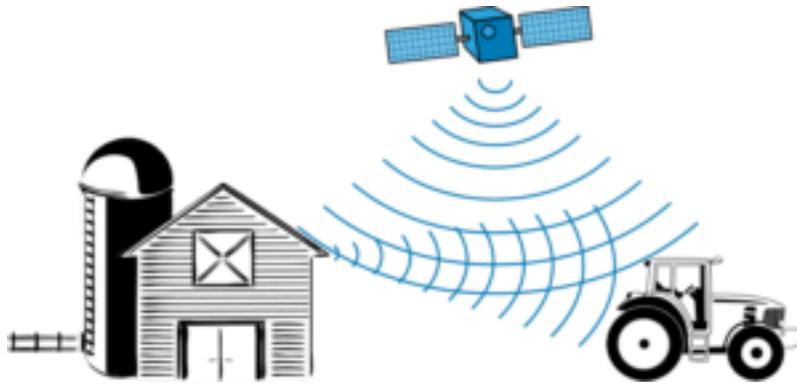


Ilustración 24 Efecto Multi trayecto

Vector de efecto multitrayecto GPS para descargar gratis. (s. f.). FreeImages.

<https://www.freeimages.com/es/vector/gps-multipath-effect-4806815>

Con respecto a la distancia en la cual el sistema puede enviar y recibir datos correctamente dependerá de algunos factores, pero el principal es el nivel de interferencia que se encuentre en la vía del dispositivo, como son edificios, vegetación, vehículos, en pruebas realizadas en terreno sin muchas estructuras alcanzamos una distancia máxima de hasta 800m y en la ciudad la comunicación disminuye aproximadamente 150m

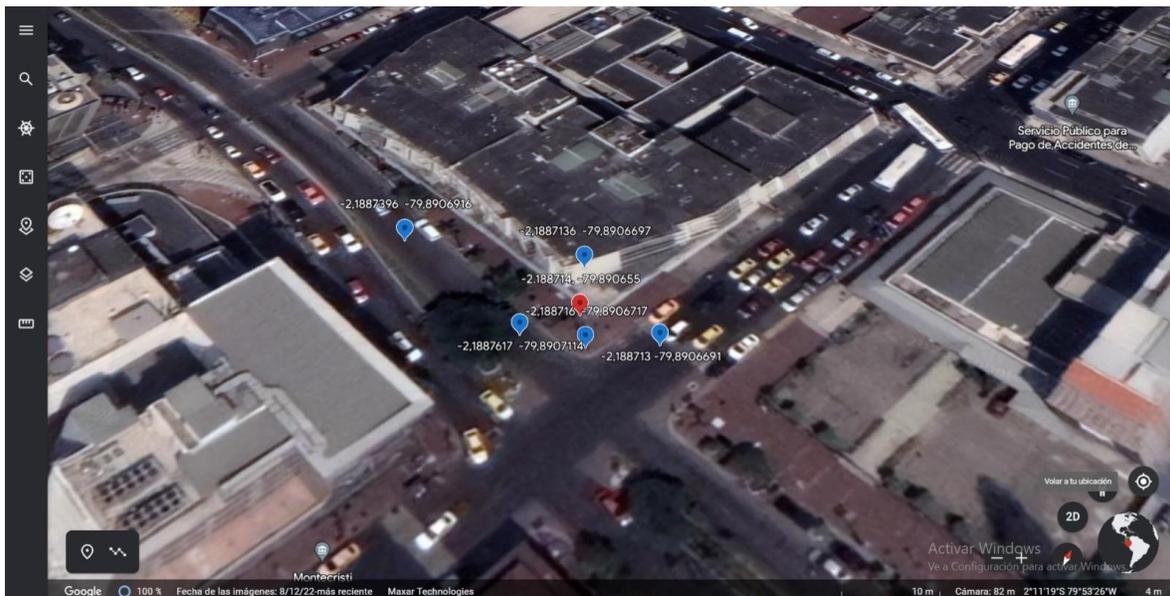


Ilustración 25 Pruebas en el centro de la ciudad

Para comprobar la variación de la ubicación en lugares donde haya mucha interferencia de edificios y de cuánto puede ser el error en la medición realizamos pruebas en una cafetería en el centro de la ciudad, donde se puede apreciar siendo el punto rojo el lugar donde sería nuestra posición real podemos observar que la posición varía entre 5 a 20 metros de nuestra posición real

Como contraparte se encuentra la precisión cuando no hay mucha interferencia en entorno la posición es más exacta, para esta prueba se decidió ir a un malecón en el cantón Duran, que carece de edificios que representa menos interferencia en la señal GPS optimizando los resultados en cuestión de la ubicación



Ilustración 26 Pruebas en malecón de Duran

Estos resultados demuestran que este tipo de proyecto con estos componentes está pensado para zonas rurales donde no hay interferencia de construcciones ni ruido de señales que puedan repercutir en los resultados deseados y que si implementación en la ciudad representa varios problemas.

CRONOGRAMA

CRONOGRAMA PARA EL PROYECTO

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA DE RASTREO Y SEGURIDAD DE GANADO EN ZONAS RURALES VIA LORA”

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	ABR IL	MAY O	JUNI O	JUL IO	AGOS TO	SEPTIEM BRE
Organizar reuniones con tutores para proponer sugerencias e ideas para el proyecto	■					
Obtención y revisión de los módulos a utilizar	■	■	■	■	■	■
Programación de los modulo TTGO T- Beam v1.1 para la obtención de coordenadas y enviarlas mediante LoRa		■	■	■		
Programación de la Base de datos dentro del Orange Pi3	■	■	■	■	■	■
Almacenar los datos en la nube para la visualización del proyecto				■		
Integración de los dispositivos para la consolidación del proyecto	■	■	■	■	■	■
Montaje del tablero					■	
Desarrollo de la memoria técnica	■	■	■		■	■
Sustentación de la tesis						■

Tabla 4 Cronograma del Proyecto

PRESUPUESTO

Un presupuesto de trabajo permitirá a los miembros de esta propuesta realizar toda la recopilación de información, el análisis de datos y las conclusiones basadas en resultados que se utilizarán para lograr el objetivo principal del proyecto.

PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA HERRAMIENTA DE RASTREO Y SEGURIDAD DE GANADO EN ZONAS RURALES VIA LORA”

<i>DESCRIPCIÓN</i>	CANTIDAD	VALOR
		TOTAL
<i>Orange Pi 3lts</i>	2	\$100
<i>Modulo LM2596</i>	1	\$5
<i>Modulo TTGO T- Beam v1.1</i>	3	\$150
<i>Modulo GSM 800c</i>	1	\$20
<i>Tablero eléctrico 25x25*15</i>	1	\$20
<i>Case de Orange Pi</i>	1	\$12
<i>Case para Modulo TTGO T- Beam v1.1</i>	2	\$20
<i>Batería First Power 12V/7Ah/20Hr</i>	1	\$23
<i>Baterías de Liteo 3.3V</i>	2	\$5
<i>Varios</i>	1	\$50
<i>TOTAL</i>		\$405

Tabla 5 Presupuesto del Proyecto

Se recalca que la implementación del proyecto es para el rastreo de un cabeza de ganado, para la implementación total de una finca con x número de ganado el valor subiría en un promedio entre \$60 y \$70 por cabeza de ganado adicional en la compra de otro modulo TTGO T-Beam v1.1

Este proyecto se puede optimizar más, armando los módulos a mano, comprando al mayor los chips LoRa y los chips GPS así poder armar una PCB la cual optimizaría el espacio y el dinero en la creación de los esclavos para que la ampliación del proyecto sea más viable.

CONCLUSIONES

La precisión con la que los módulos GPS dan la localización del objeto a rastrear es bastante precisa y el error es de aproximadamente entre 5 metros a 10 metros, teniendo en cuenta que para pruebas de funcionamiento se envía cada 5 segundos la cual son mostrados mediante el Node-Red en un mapa en tiempo real, de la misma forma es graficado como tracker para poder detectar el recorrido que ha hecho durante un prolongado que dependerá de la frecuencia con la que enviemos la ubicación.

Cabe recalcar que la comunicación de los módulos mediante LoRa para estos dispositivos está diseñada para lugares abiertos sin mucha interferencia lo que conlleva que en la ciudad tengamos un índice SRRI no próximo a 0 y un índice SNR negativo, lo que nos impedirá la correcta descompresión de los datos enviados por LoRa en la ciudad. Mediante pruebas hechas la distancia depende de las construcciones que haya en el lugar ya que sirven de interferencia, pero hemos podido enviar datos correctamente hasta 1km de distancia en la ciudad.

Para la obtención de datos se concluyó que la opción más viable sea el Node-Red y para la visualización de las coordenadas como un factor adicional y global creamos un Bot de Telegram que es el encargado de enviarlas para su visualización ya que para la visualización del mapa se tendrá que está conectado en la misma red que el miniordenador

RECOMENDACIONES

Fundamentalmente se recomienda el uso de módulos conocidos ya sea para el miniordenador en este caso usamos el Orange Pi 3 la cual al momento no cuenta con una comunidad extensa en la cual apoyarse en los proyectos y en la adaptación de nuevas aplicaciones a diferencia de las Raspberry que ya lleva años consolidado en el mercado.

Se recomienda a futuros estudiantes de proyectos similares a la inmersión de otros sistemas operativos como lo es Linux ya que por costumbre se usan los mismo que son Windows o iOS, generando gran impacto al momento de comenzar con el proyecto.

Otro problema es la compra de los módulos, es más rápido y sencillo la compra de módulos prefabricados, los cuales ya integran todos los chips que se usaran en el proyecto lo cual es una ventaja en cuestión de optimización de tiempo; la desventaja es que al momento de programar hay que hacer un análisis profundo ya que no cuentan con mucha información brindada por el fabricante en cuestión de conexiones internas de la PCB y hacerlo de forma correcta conlleva tiempo el entendimiento de la placa.

Se recomienda confiar y utilizar más los foros relacionados a los entornos a utilizar a basarse en ejemplos compartidos por internautas para poder tener referencias.

En las ciudades para lograr mayor alcance de transmisión LoRa si no se cuenta con dispositivos de mayor potencia, es recomendable ubicar el maestro en sitios altos como terrazas para que la señal pueda ser recibida con mayor exactitud

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Elcomercio.com. Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/robo-ganado-perdidas-litoral-produccion.html>

Kranz, M. (2016). *Building the internet of things: Implement new business models, disrupt competitors, transform your industry*. John Wiley & Sons.

Sepulveda Mora, S. B., Castro Correa, J. A., Medina Delgado, B., Guevara Ibarra, D., & Lopez Bustamente, O. A. (2019). Sistema de Geolocalización de Vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino. *Revista EIA*, 16(31), 145–157. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1269>

Vargas, J. (2022, junio 14). *Conceptos básicos que te ayudarán a entender LoRa y LoRaWAN en minutos*. M2M - Logitek. <https://www.m2mlogitek.com/conceptos-tecnicosbasicos-que-te-ayudaran-a-entender-lora-y-lorawan-low-power-wide-area-network-enpocos-minutos/>

Tecnología LoRA y LoRAWAN. (s/f). Catsensors.com. Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan> Mokolora.com. Recuperado el 1 de febrero de 2023, de <https://www.mokolora.com/es/what-is-a-loramodule/>

Bianciotto, C. (2019, febrero 22). *Conectar un sensor LoRaWAN desde cero*. iAguá. <https://www.iagua.es/blogs/carles-bianciotto/conectar-sensor-lorawan-cero>

Tutoriales, C. (s/f). *Rastreador o Tracker GPS sin red celular con módulo LORA – RogerBit*. Rogerbit.com. Recuperado el 15 de febrero de 2023, de <https://rogerbit.com/wprb/2020/12/rastreador-o-tracker-gps-sin-red-celular-con-modulolora/>

Garzón, W. L., & López, J. C. (2019). Tecnología internet of things (IoT) y el big data. *Mare Ingenii*, 1(1), 73-79.

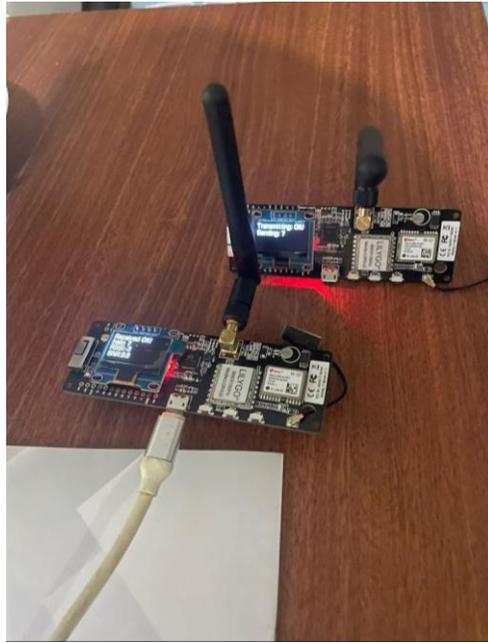
Centenaro, M., Vangelista, L., Zanella, A., & Zorzi, M. (2016). Long-range communications in unlicensed bands: The rising stars in the IoT and smart city scenarios. *IEEE Wireless Communications*, 23(5), 60-67.

Letham, L. (2001). *GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global* (Vol. 67). Editorial Paidotribo.

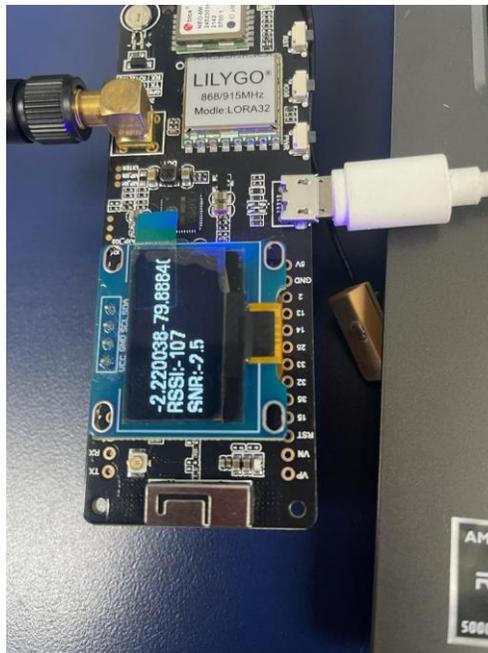
Espressif Systems. (2023). ESP32. Recuperado de <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

Love, T. S., Tomlinson, J., & Dunn, D. (2016). The orange pi: Integrating programming through electronic technology. *Technology and Engineering Teacher*, 76(2), 24.

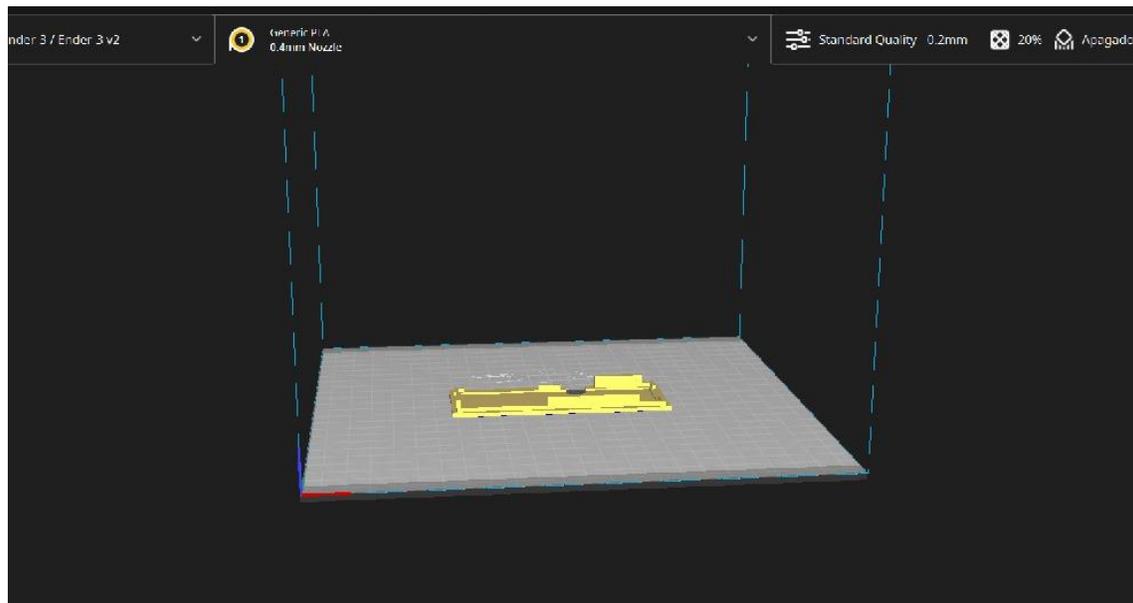
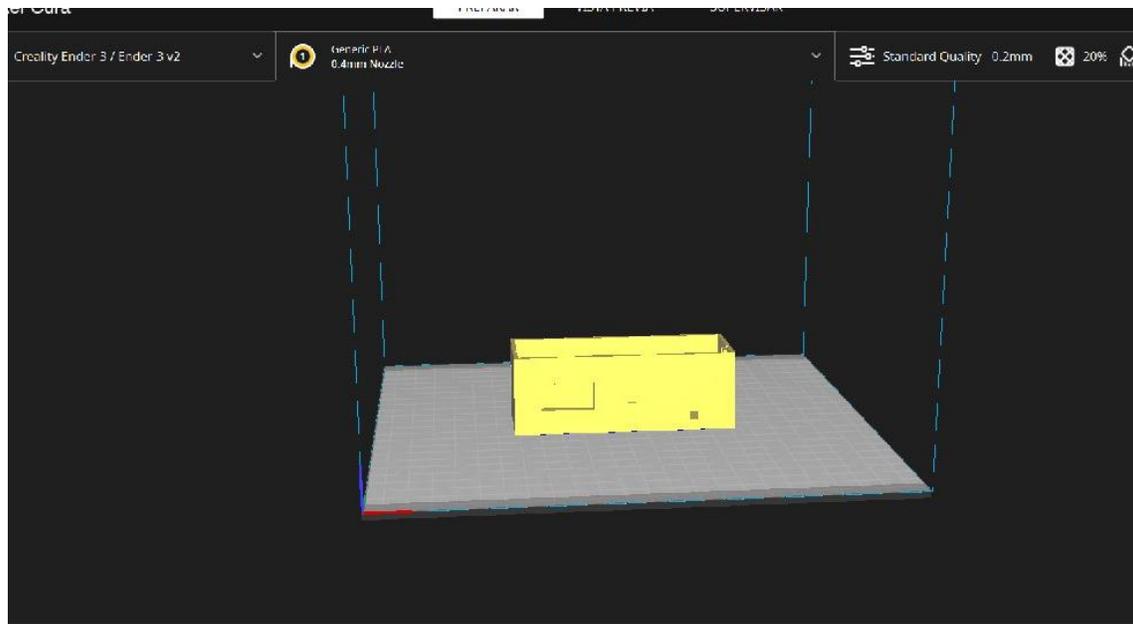
ANEXOS



Anexo 1 Primera prueba de comunicación LoRa



Anexo 2 Prueba de Obtención de coordenadas y enviarlas mediante LoRa



Anexo 3 Diseño de case para la placa TTGO T-Beam v1.1

```

//Se declaran los pines del modelo como el Baud rate del GPS y la frecuencia
deoperacion
//del modulo LoRa(868GHz)

#pragma once

#define LILYGO_TBeam_V1_X

#define LoRa_frequency      868E6

#define UNUSE_PIN           (0)

#elif defined(LILYGO_TBeam_V1_X)

#define GPS_RX_PIN         34
#define GPS_TX_PIN         12
#define BUTTON_PIN         38
#define BUTTON_PIN_MASK   GPIO_SEL_38
#define I2C_SDA             21
#define I2C_SCL             22
#define PMU_IRQ             35

#define RADIO_SCLK_PIN     5
#define RADIO_MISO_PIN     19
#define RADIO_MOSI_PIN     27
#define RADIO_CS_PIN       18
#define RADIO_DIO0_PIN     26
#define RADIO_RST_PIN      23
#define RADIO_DIO1_PIN     33
#define RADIO_BUSY_PIN     32

#define BOARD_LED          4
#define LED_ON              LOW
#define LED_OFF             HIGH

#define GPS_BAUD_RATE      9600
#define HAS_GPS
#define HAS_DISPLAY        //Optional, bring your own board, no OLED !!

#else
#error "For the first use, please define the board version and model in <utilities. h>"
#endif

```

Anexo 4 Código de programación que detalla los Pines a usar en el modulo

```

#include <LoRa.h> //Libreria para comunicacion LoRa
#include <TinyGPS++.h>
#include "boards.h" //Archivo donde se detalla las operaciones basicas del programa

TinyGPSPlus gps;
int counter = 0; //Se declara la variable contador como int y se le da un valor de 0

void displayInfo();

void setup()
{
  initBoard(); // Se da un tiempo despues d encender el equipo
  delay(1500);

  Serial.println("LoRa Slave");
  LoRa.setPins(RADIO_CS_PIN, RADIO_RST_PIN, RADIO_DIO0_PIN); // Se delaran los pines
de operacion de LoRa
  if (!LoRa.begin(LoRa_frequency)) { //Se define la frecuencia de operacion
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
}

void loop()
{
  while (Serial1.available() > 0)
    if (gps.encode(Serial1.read())) // Comienza a detectar la ubicacion el modulo GPS
      displayInfo();

  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10) {
    Serial.println(F("No GPS detected: check wiring."));
    while (true);
  }

  Serial.print("Sending packet: ");
  Serial.println(gps.location.lat()); //Se Obtiene el valor de Latitud
  Serial.println(gps.location.lng()); //Se obtiene el valor de Longitud
  Serial.println(counter); //Aqui definimos de forma visual el numero de veces que se
han enviado datos

  // send packet
  LoRa.beginPacket(); //Se inicia la comunicacion
  LoRa.print(gps.location.lat(), 6); //Se envia la informacion de Latitud por LoRa
  LoRa.print(gps.location.lng(), 6); //Se envia la informacion de Longitud por LoRa
  LoRa.endPacket(); // Se termina la comunicacion

#ifdef HAS_DISPLAY
  if (u8g2) {
    char buf[256];
    u8g2->clearBuffer();
    u8g2->drawStr(0, 12, "Transmitting: OK!");
    snprintf(buf, sizeof(buf), "Sending: %d", counter);
    u8g2->drawStr(0, 30, buf);
    u8g2->sendBuffer();
  }
#endif
  counter++; // el contador incrementa cada vez que envia un dato con exito
  delay(5000);
}

void displayInfo() // en este segmento verificamos que se han enviado las coordenadas
desde Arduino ID
{
  Serial.print(F("Location: "));
  if (gps.location.isValid()) {
    Serial.print(gps.location.lat(), 6);
    Serial.print(F(", "));
    Serial.print(gps.location.lng(), 6);
  } else { // de no tener Coordenadas se declara con invalido
    Serial.print(F("INVALID"));
  }
  Serial.println();
}

```

Anexo 5 Código que detalla la programación del Esclavo

```

#include <LoRa.h> // Librería para comunicación LoRa
#include "boards.h" // Librería para comunicación LoRa

void setup()
{
    initBoard(); // Se da un tiempo después de encender el equipo
    delay(1500);

    Serial.println("LoRa Receiver");

    LoRa.setPins(RADIO_CS_PIN, RADIO_RST_PIN, RADIO_DIO0_PIN); // Se declaran los pines de
operación de LoRa
    if (!LoRa.begin(LoRa_frequency)) { // Se define la frecuencia de operación
        Serial.println("Starting LoRa failed!");
        while (1);
    }
}

void loop()
{
    int packetSize = LoRa.parsePacket(); // Analiza si ha recibido un paquete
    if (packetSize) {
        Serial.print("Received packet "); // Paquete recibido

        String recv = ""; // se crea una variable vacía de característica String
        // read packet
        while (LoRa.available()) {
            recv += (char)LoRa.read(); // se agrega el mensaje recibido a la variable
creada
        }

        Serial.println(recv); // Se muestra la variable recibida

        // print RSSI of packet
        Serial.print(" with RSSI ");
        Serial.println(LoRa.packetRssi());
#ifdef HAS_DISPLAY // Se muestra las coordenadas en la pantalla OLED integrada en el
módulo
        if (u8g2) {
            u8g2->clearBuffer();
            char buf[256];
            u8g2->drawStr(0, 12, "Received OK!");
            u8g2->drawStr(0, 26, recv.c_str()); // se muestra las coordenadas en la
pantalla

            //snprintf(buf, sizeof(buf), "RSSI:%i", LoRa.packetRssi());
            //u8g2->drawStr(0, 40, buf);
            //snprintf(buf, sizeof(buf), "SNR:%.1f", LoRa.packetSNR());
            //u8g2->drawStr(0, 56, buf);
            //u8g2->sendBuffer();
        }
#endif
    }
}

```

Anexo 6 Código que detalla la programación del maestro

```

// Lee los datos recibidos
var datos = msg.payload;

// Busca los índices de inicio y fin de latitud y longitud
var inicioLatitud = datos.indexOf('-');
var finLatitud = datos.indexOf('-', inicioLatitud + 1);
var inicioLongitud = finLatitud;

// Extrae las subcadenas de latitud y longitud
var latitudStr = datos.substring(inicioLatitud, finLatitud + 1);
var longitudStr = datos.substring(inicioLongitud);

// Convierte las cadenas a números
var latitud = parseFloat(latitudStr);
var longitud = parseFloat(longitudStr);

// Etiqueta los datos como latitud y longitud
msg.payload = {
  latitud: latitud,
  longitud: longitud
};

return msg;

```

Anexo 7 Código del bloque de función en Node-RED para separar el mensaje enviado por LoRa en Longitud y Latitud

```

// Obtener las coordenadas desde el mensaje de entrada (payload)
var longitud = msg.payload.longitud; // Reemplaza 'longitud' con el campo correcto en tus datos
var latitud = msg.payload.latitud; // Reemplaza 'latitud' con el campo correcto en tus datos

// Almacenar las coordenadas en el mensaje
msg.coordinates = {
  longitud: longitud,
  latitud: latitud
};

return msg;

```

Anexo 8 Código del bloque de función en Node-RED para declarar las coordenadas



Anexo 9 Tablero del proyecto