



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Construcción de un Dispositivo IoT para Servicios de Posicionamiento Global con un Sistema de Recomendación de Lugares Peligrosos basado en Mapas de Calor y Web Scraping.

Carrera de Tecnologías de la Información

TEMA: Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención de título de Ingeniero/a en Tecnologías de la Información

AUTOR: Barragan Montero Steven Fernando y López García Melany Carolina

TUTOR: Ing. German Eduardo Rodriguez Galan

Santo Domingo, 01 de marzo de 2024

Reporte de verificación de contenido



Plagiarism and AI Content Detection Report

UIC Barragan-Lopez.docx

Scan details

Scan time: March 11th, 2024 at 15:36 UTC
Total Pages: 63
Total Words: 15614

Plagiarism Detection



| Types of plagiarism | | Words |
|---------------------|------|-------|
| Identical | 1.8% | 283 |
| Minor Changes | 0.6% | 96 |
| Paraphrased | 4.1% | 646 |
| Omitted Words | 7.5% | 1170 |

AI Content Detection



| Text coverage | | Words |
|---------------|-------|-------|
| AI text | 4.2% | 646 |
| Human text | 95.8% | 13798 |

[Learn more](#)

Alerts: (1)

Cross Language: Same Document Language

Submitted language and cross-language text are the same language. No credits were used.

2/5 Severity



Firma:



Firmado electrónicamente por:
GERMÁN EDUARDO
RODRIGUEZ GALÁN

.....

Ing. Rodríguez Galán, Germán Eduardo, Mgtr

C.C: 0603431685



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseñar y construir un dispositivo IOT para servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping”** fue realizado por los señores **Steven Fernando Barragan Montero y Melany Carolina López García**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 01 de marzo de 2024

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**GERMÁN EDUARDO
RODRIGUEZ GALÁN**

.....

Ing. Rodríguez Galán, Germán Eduardo, Mgtr

C.C: 0603431685



Departamento de Ciencias de la Computación
Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Barragan Montero Steven Fernando**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 2300031867 y **López García Melany Carolina**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 2350369662, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Construcción de un Dispositivo IoT para Servicios de Posicionamiento Global con un Sistema de Recomendación de Lugares Peligrosos basado en Mapas de Calor y Web Scraping** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 01 de marzo de 2024

Firma

.....
Barragan Montero, Steven Fernando
C.C.: 2300031867

Firma

.....
López García Melany Carolina
C.C.: 2350369662



Departamento de Ciencias de la Computación
Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Autorización de Publicación

Nosotros **Barragan Montero Steven Fernando**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 2300031867 y **López García Melany Carolina**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 2350369662, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Construcción de un Dispositivo IoT para Servicios de Posicionamiento Global con un Sistema de Recomendación de Lugares Peligrosos basado en Mapas de Calor y Web Scraping** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 01 de marzo de 2024

Firma

.....
Barragan Montero, Steven Fernando
C.C.: 2300031867

Firma

.....
López García Melany Carolina
C.C.: 2350369662

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a mi familia, por su amor incondicional y constante apoyo. Han sido mi roca en momentos difíciles y mi mayor motivación en cada paso que he dado durante mi vida personal y académica. A mis hermanos, les agradezco su compañía y apoyo inquebrantable, que me han ayudado a no rendirme a lo largo de este camino. A mi tutor de tesis, expreso mi más sincero agradecimiento por su guía, conocimiento y confianza durante el desarrollo de este trabajo. A cada uno de ellos, les dedico este logro como un pequeño tributo a su influencia en mi vida y un profundo agradecimiento por haberme acompañado en este viaje de aprendizaje y crecimiento. Sin su apoyo y estímulo, este trabajo no habría sido posible.

Steven Fernando Barragan Montero

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a Dios por brindarme salud, y a mis padres por ser el pilar fundamental en cada momento de mi vida. Con su amor, apoyo y sacrificio, me han impulsado a cumplir cada una de mis metas y me han ayudado a crecer como persona. A mis hermanos, Joel López y Katheryn López, les agradezco por acompañarme durante esta travesía, brindándome sus consejos, apoyo y paciencia. A mi buen amigo Steven Barragan, le expreso mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional y conocimiento durante la realización de este proyecto. Gracias por ser mi sostén en los momentos más difíciles y desafiantes. Estoy profundamente agradecida y gracias por ser parte de este viaje.

Melany Carolina López García

Agradecimiento

Quiero comenzar expresando mi profundo agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por haberme brindado la oportunidad de formar parte de su comunidad académica. Esta institución no solo me proporcionó conocimientos, sino también experiencias valiosas que contribuyeron significativamente a mi desarrollo profesional.

Además, deseo expresar mi sincero reconocimiento a mi tutor de tesis, el Ingeniero Germán Rodríguez, cuya labor como guía y mentor fue invaluable durante todo el proceso. Su vasto conocimiento y empatía fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos. No puedo dejar de agradecer a mi familia por su inquebrantable apoyo, comprensión y aliento a lo largo de esta travesía académica. Su amor incondicional ha sido mi mayor motivación para superar los desafíos y perseverar en la consecución de mis metas.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi gratitud a mis amigos por su constante ánimo y apoyo, así como a los docentes por compartir su invaluable conocimiento. Sin el respaldo incondicional de todos ustedes, este logro no habría sido posible. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento por haber sido parte fundamental de mi camino hacia el éxito académico y profesional.

Steven Fernando Barragan Montero

Agradecimiento

Principalmente, me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ingeniero Germán Rodríguez, cuyos conocimientos, orientación, paciencia y motivación fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. Además, quiero agradecer sinceramente a mis amigos y compañeros de clase por su colaboración y aliento mutuo. Su apoyo fue esencial para llevar a cabo de manera más efectiva nuestra vida académica.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a los numerosos docentes que han sido parte fundamental de mi trayectoria universitaria. A cada uno de ellos, les estoy agradecido por su dedicación y por transmitirme los conocimientos necesarios que me han permitido alcanzar este momento. Sin su guía y enseñanzas, no estaría aquí hoy. Gracias por su invaluable contribución a mi formación académica y profesional.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a la universidad que, aunque exigente, me ha brindado la oportunidad de adquirir un conocimiento invaluable. Reconozco el esfuerzo y la gestión de cada uno de los directivos, ya que, sin su labor, no se habrían sentado las bases ni se habrían creado las condiciones necesarias para adquirir estos conocimientos. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Su contribución ha sido fundamental en el éxito de este proyecto y en mi crecimiento como profesional. Sin su ayuda y apoyo, este logro no habría sido posible.

Melany Carolina López García

Índice

| | |
|---|-----|
| Dedicatoria | I |
| Agradecimiento | III |
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| 1. Introducción | 3 |
| 1.1. Estado del Arte | 4 |
| 1.2. Alcance | 7 |
| 2. Justificación | 9 |
| 3. Objetivos | 10 |
| 3.1. Objetivo General | 10 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 10 |
| 4. Marco Teórico | 11 |
| 4.1. Importancia del IoT en el rastreo de objetos y/o personas | 11 |
| 4.2. Dispositivos IoT utilizados para sistemas de rastreo y localización | 11 |
| 4.2.1. Módulo Sim800I V2.0 GSM/GPRS | 11 |
| 4.2.2. Módulo GPS Ublox Neo-6m-v2 | 12 |
| 4.2.3. Esp 32 módulo Wifi-Bluetooth Esp32 30 pines Devkit | 12 |
| 4.2.4. Arduino | 13 |
| 4.3. Servicios de posicionamiento global en dispositivos IoT | 13 |
| 4.3.1. Rastreo Satelital | 13 |
| 4.3.2. GPS | 14 |
| 4.3.3. Traccar | 14 |
| 4.4. Frameworks para el diseño de sistemas móviles/web e integración con dispositivos IoT | 15 |
| 4.4.1. Spring Boot | 15 |
| 4.4.2. Flutter | 15 |
| 4.4.3. WebSockets | 15 |
| 4.4.4. MySQL | 16 |
| 4.5. Web Scraping | 16 |
| 4.5.1. Herramientas y técnicas para realizar web scraping | 16 |
| 4.5.2. Consideraciones éticas y legales en el uso de web scraping | 16 |
| 4.5.3. Interacción de GPS, Mapas de Calor y Web Scraping en Dispositivos IoT | 17 |
| 4.5.4. Sistemas de Recomendación de Lugares Peligrosos | 17 |
| 4.5.5. Definición y propósito de los sistemas de recomendación | 17 |
| 4.5.6. Métodos y técnicas empleadas en los sistemas de recomendación | 18 |
| 4.5.7. Aplicaciones de los mapas de calor en dispositivos IoT | 18 |
| 4.5.8. Ventajas y limitaciones de los mapas de calor en el contexto IoT | 19 |
| 5. Diseño e Implementación de la propuesta | 20 |
| 5.1. Propuesta metodológica: | 20 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2. | Configuración de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar | 20 |
| 5.3. | Evaluación y selección de los componentes que integrarán el dispositivo IoT | 27 |
| 5.4. | Análisis económico de los componentes mínimos para el funcionamiento de un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global. | 33 |
| 5.5. | Armado del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global. | 34 |
| 5.6. | Extracción de datos para diseñar un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping. | 38 |
| 5.6.1. | Análisis del marco referencial entre BeautifulSoup Vs Selenium Vs Scrapy. | 39 |
| 5.7. | Pruebas de integración y comunicación entre el dispositivo IoT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar. | 41 |
| 5.8. | Pruebas de usabilidad. | 45 |
| 5.9. | Problemas de conexión de los módulos GPS y GSM/GPRS | 45 |
| 6. | Resultados | 47 |
| 6.1. | Resultados en el proceso de Armado del dispositivo IoT para Servicios de posicionamiento global. | 47 |
| 6.2. | Resultados de la extracción de datos para diseñar un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping. | 48 |
| 6.3. | Resultados de pruebas de integración y comunicación entre el dispositivo IoT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar. | 49 |
| 6.3.1. | Prueba de funcionamiento en ambiente Urbano-Rural | 51 |
| 6.3.2. | Prueba de funcionamiento en Ambiente urbano | 53 |
| 7. | Conclusiones y recomendaciones | 56 |
| 7.1. | Conclusiones | 56 |
| 7.2. | Recomendaciones | 57 |
| 7.3. | Trabajo futuro | 57 |
| 8. | Referencias bibliográficas | 59 |

Índice de tablas

| | |
|-----------------|----|
| Tabla I..... | 6 |
| Tabla II..... | 21 |
| Tabla III..... | 23 |
| Tabla IV..... | 24 |
| Tabla V..... | 28 |
| Tabla VI..... | 29 |
| Tabla VII..... | 30 |
| Tabla VIII..... | 33 |
| Tabla IX..... | 39 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Fig. 1. Módulo Sim800I V2.0 GSM/GPRS..... | 12 |
| Fig. 3. Módulo GPS Ublox Neo-6m-v2..... | 12 |
| Fig. 4. Módulo microcontrolador ESP32 de 30 pines con propiedades de conexión Bluetooth y Wi-Fi..... | 13 |
| Fig. 5. Vista previa del módulo microcontrolador Arduino Uno..... | 13 |
| Fig. 6. Propuesta metodológica para cumplir con el objetivo principal de la propuesta..... | 20 |
| Fig. 7. Archivo de configuración utilizado para despliegue del contenedor de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar..... | 26 |
| Fig. 8. Comando utilizado para desplegar el contenedor de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar..... | 26 |
| Fig. 9. Página principal de la aplicación web de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar..... | 27 |
| Fig. 10. Mapa de cobertura 2G de Movistar en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas..... | 32 |
| Fig. 11. Mapa de cobertura 2G de CNT en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas..... | 32 |
| Fig. 12. Mapa de cobertura 2G de Claro en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas..... | 33 |
| Fig. 13. Diagrama de componentes básicos para el armado del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 34 |
| Fig. 14. Componentes del dispositivo de IoT para servicios de posicionamiento global..... | 35 |
| Fig. 15. Descripción de los pines de entrada/salida para el microcontrolador ESP32 DOIT DEV KIT v1..... | 35 |
| Fig. 16. Descripción de los pines de entrada/salida para el Módulo ublox NEO-6M GPS..... | 36 |
| Fig. 17. Descripción de los pines de entrada/salida para el Módulo SIM800..... | 36 |
| Fig. 18. Conexión del Módulo de fuente de alimentación STEP UP SX1308..... | 37 |
| Fig. 19. Vista posterior del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 37 |
| Fig. 20. Vista frontal del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 38 |
| Fig. 21. Modelo 3D de la caja que contiene el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 38 |
| Fig. 22. Barrios de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas identificados como zonas de peligro..... | 41 |
| Fig. 23. Estructura de la data del cuerpo de la petición tipo POST a la API de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar..... | 42 |
| Fig. 24. Zonas de peligro identificadas mediante web scraping..... | 42 |
| Fig. 25. Registro de dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global en la plataforma Traccar..... | 43 |
| Fig. 26. Integración y comunicación entre el dispositivo IOT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar..... | 43 |
| Fig. 27. Visualización del mapa con zonas de peligro y dispositivos en la aplicación móvil..... | 44 |
| Fig. 28. Visualización de los mensajes de alerta al ingresar a una zona de peligro..... | 44 |
| Fig. 29. Visualización del dispositivo IoT y las zonas de peligro desde la aplicación móvil..... | 45 |
| Fig. 30. Mensaje de alerta que muestra el estado de desconexión del dispositivo con el servidor..... | 46 |
| Fig. 31. Dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 47 |
| Fig. 32. Datos recopilados mediante web scraping..... | 48 |
| Fig. 33. Datos utilizados para obtener las zonas de peligro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas..... | 49 |
| Fig. 34. Servidor básico de 2 VCPUs y 2 GB de memoria RAM..... | 50 |
| Fig. 35. Consumo de recursos del servidor actualizado de 4 VCPUs y 6 GB de memoria RAM..... | 50 |
| Fig. 36. Colocación del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global en el vehículo..... | 51 |
| Fig. 37. Dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 51 |
| Fig. 38. Inicio del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 52 |
| Fig. 39. Fin del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global..... | 52 |
| Fig. 40. Tramo sin conexión del dispositivo IoT visualizado en el mapa de cobertura 2G de la operadora móvil Claro..... | 53 |
| Fig. 41. Inicio del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global (Ambiente Urbano)..... | 54 |
| Fig. 42. Fin del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global (Ambiente Urbano)..... | 54 |
| Fig. 43. Alerta de ingreso a una zona de peligro durante la prueba en ambiente urbano..... | 55 |
| Fig. 44. Mapa de cobertura 2G claro, para tramo recorrido en un ambiente urbano..... | 55 |

Resumen

En la actualidad, la creciente preocupación por la seguridad de las personas y el avance tecnológico vigente tiene un gran impacto a nivel social. El desarrollo de dispositivos IoT ha permitido explorar nuevas posibilidades para mejorar la seguridad mediante la recopilación y análisis de datos en tiempo real. Este proyecto se enfoca en diseñar y construir un dispositivo IoT innovador que combine servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos, utilizando tecnologías avanzadas como GPS, mapas de calor y técnicas de web scraping. El principal objetivo de este proyecto es desarrollar un dispositivo IoT capaz de proporcionar recomendaciones en tiempo real sobre lugares peligrosos cercanos a la ubicación del usuario, con el fin de mejorar la seguridad personal. El diseño y ejecución de este proyecto se basa en la investigación y análisis de web scraping, el diseño de dispositivos IoT en conjunto con la implementación de un sistema de recomendación en donde se desarrollará un algoritmo de procesamiento de datos para el análisis respectivo de la información recopilada y generar recomendaciones sobre los sitios alternos que no representen peligro. La integración del sistema de recomendaciones se refleja en un mapa de calor que por medio de una aplicación móvil podrá facilitar al usuario visualizar de forma intuitiva los puntos peligrosos de Santo Domingo. Se espera obtener como resultado un dispositivo IoT funcional que sea capaz de recopilar datos de posicionamiento global, analizar la información en tiempo real y proporcionar recomendaciones sobre lugares peligrosos de Santo Domingo.

Palabras clave: Web scraping, dispositivos IoT, GPS, traccar, mapas de calor.

Abstract

Nowadays, the growing concern for people's security and the current technological advancement has a great impact on a social level. The development of IoT devices has allowed exploring new possibilities to improve security by collecting and analyzing data in real time. This project focuses on designing and building an innovative IoT device that combines global positioning services with a system for recommending dangerous places, using advanced technologies such as GPS, heat maps and web scraping techniques. The main objective of this project is to develop an IoT device capable of providing real-time recommendations about dangerous places near the user's location, in order to improve personal safety. The design and execution of this project is based on the research and analysis of web scraping, the design of IoT devices in conjunction with the implementation of a recommendation system where a data processing algorithm will be developed for the respective analysis of the information collected and generate recommendations on alternative sites that do not represent danger. The integration of the recommendation system is reflected in a heat map that, through a mobile application, will allow the user to intuitively visualize the dangerous spots in Santo Domingo. The expected result is a functional IoT device capable of collecting global positioning data, analyzing the information in real time and providing recommendations on dangerous places in Santo Domingo.

Keywords: Web scraping, IoT devices, GPS, traccar, heat maps.

1. Introducción

La presente tesis tiene la finalidad de construir un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping.

En la actualidad, los sistemas de rastreo satelital, independientemente del proveedor, presentan similitudes importantes. Entre ellas, se encuentra una plataforma de monitoreo que permite visualizar en tiempo real la ubicación del vehículo y su historial de recorrido. Sin embargo, estas plataformas no van más allá de estas funcionalidades y carecen de un sistema de recomendaciones que alerte al usuario sobre los riesgos existentes en las áreas por las que el vehículo se desplaza.

La elección de investigar y desarrollar una tesis sobre la construcción de un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global con sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping, surge de la necesidad de abordar esta brecha en las funcionalidades existentes. Es fundamental contar con un sistema de recomendaciones de seguridad que utilice la información recolectada por el dispositivo de rastreo satelital para advertir a los usuarios sobre los posibles riesgos en las áreas por las que se desplazan los vehículos, permitiendo al usuario una toma de decisiones más informada, contribuyendo a la prevención de incidentes y la protección de las personas y los activos.

El documento consta de 5 capítulos estructurados de la siguiente forma: El capítulo I se planteó una breve introducción sobre el contenido del proyecto, en conjunto al alcance del proyecto y el estado del arte. En el capítulo II se plantea la justificación del porqué se realiza este proyecto. En el capítulo III se plantean los objetivos que se pretende alcanzar. En el capítulo IV se presenta el marco teórico que abarca información sobre las herramientas que ayudan en la construcción de un dispositivo IoT, y la elaboración de un sistema de recomendación de lugares peligrosos. En el capítulo V se describe la metodología, que incluye la selección de componentes, integración del dispositivo, extracción de datos, y pruebas de integración y comunicación.

En el capítulo IV, se demuestran los resultados de la implementación del dispositivo en conjunto a la implementación del sistema de recomendación. En el último capítulo se evidencia las conclusiones y recomendaciones obtenidas mediante el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

1.1. Estado del Arte

En esta sección, se exponen los proyectos relacionados con el diseño y construcción de dispositivos para Internet de las Cosas (IoT) destinados a ofrecer servicios de posicionamiento global, se evaluaron características como métodos, herramientas, dispositivos y tecnología usada, además se evaluó si las propuestas presentaban algún método relacionado con sistemas de recomendación de lugares peligrosos usando mapas de calor y/o web scraping. Se ejecutó una revisión de literatura apoyados de las directrices de Barbara Kitchenham [4], mediante la planificación, ejecución y documentación detallada de la revisión para elaborar el estado actual del conocimiento. Los proyectos de interés para nuestro análisis se centraron en la integración de tecnologías orientadas a la implementación de dispositivos/sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de recomendación.

La necesidad de realizar una revisión de literatura surge ante la falta de estudios y propuestas que aborden de manera integral y actualizada la construcción de dispositivos IoT para ofrecer servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping. El aumento en la dependencia de la tecnología IoT en la sociedad y su papel crucial en la optimización de servicios, requiere una comprensión profunda y actualizada del diseño de este tipo de dispositivos. Además, la inclusión de un sistema de recomendación de lugares peligrosos introduce una dimensión crítica de seguridad, ya que se trata de mitigar riesgos y proteger a los usuarios.

Hemos planteado la siguiente hipótesis: La integración de servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos, empleando mapas de calor y técnicas de web scraping, aumentará la capacidad de los usuarios para evitar áreas de riesgo potencial, mejorando su seguridad y experiencia de navegación urbana.

IoT, GPS, sistemas de recomendación y web scraping, fueron las palabras claves o términos que empleamos para realizar la búsqueda de proyectos relacionados. Se analizaron trabajos dentro del periodo 2018 a 2023, que hayan sido escritos en español, que presentaron una metodología clara y con resultados, y, cuyo enfoque haya sido la integración de sistemas de recomendación en sistemas de posicionamiento global. Por otro lado, se excluyeron propuestas que no presentaron una metodología clara, que no hayan presentado resultados concretos, o que no se hayan relacionado con sistemas de posicionamiento global.

Como resultado de este análisis, se obtuvo que, el trabajo de Nirit Datta y sus colaboradores [5], han introducido una forma de implementación de sistemas GPS, GSM, sensores de movimiento y servicios en la nube, para rastrear una computadora portátil robada.

Con la implementación de IoT, el propietario tiene conocimiento de la ubicación de su computadora a través de una aplicación móvil instalada en su teléfono móvil, comunicándose con los módulos GPS y GSM integrados en la computadora portátil. Permitiéndole activar una alarma que hará un ruido audible hasta 10 metros, brindando una forma de intimidar al ladrón y ubicar de forma sencilla el computador.

De acuerdo al trabajo presentado por Baksi y su equipo [6], han proporcionado una explicación clara de la situación del tráfico pesado, en zonas pobladas del mundo, el cual provoca interferencia con las actividades de los vehículos de emergencia como lo son los servicios de paramédicos. Para reducir la tasa de este problema, en este trabajo se ha planteado la implementación de IoT, integrando a cada ambulancia un dispositivo GPS y un módem GSM, el cual enviará las coordenadas GPS a un servidor en la nube. Para el desarrollo de este proyecto se han utilizado componentes como el módulo GSM SIM900A junto con Arduino UNO, y cloud computing para la implementación del servidor.

Conforme a la investigación realizada por Nadhim Ameen y su equipo [7] la viabilidad económica de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y de Comunicaciones Móviles (GSM) que integran el envío de coordenadas vía SMS, dependen principalmente del coste total de los mensajes SMS utilizados. En este artículo, los autores han propuesto un esquema de análisis económico para reducir el costo de seguimiento, el cual se basa en el envío de SMS con información significativa. Reduciendo costos al no enviar actualizaciones de ubicación mediante SMS si la posición registrada por el dispositivo no ha cambiado, al igual que reducir el tiempo de envío de los mensajes en función de la distancia recorrida por el objeto que está siendo rastreado.

El trabajo de Valen Crisgar y sus colaboradores [8] han introducido el esquema de funcionamiento de un sistema de detección de robo y seguimiento de vehículos basado en GPS, en el que se ha implementado detección de movimiento y monitoreo del motor del vehículo. Para la interacción de los dispositivos IoT, se envían los datos y la telemetría a través de internet mediante redes celulares.

El estudio de Irvin Dongo, Yudith Cardinale, Ana Aguilera, Fabiola Martinez, Yuni Quintero y Sergio Barrios [9] ha proporcionado una comparativa entre la API de la red social X (antes Twitter) y el Web Scraping, obteniendo así una propuesta para extraer datos de dicho análisis. Los autores han evaluado las ventajas y desventajas que poseen ambas técnicas para analizar el desempeño y comportamiento y así, obtener la veracidad del contenido publicado en la WEB en tiempo real.

El estudio de Fahad Alsuliman y sus colaboradores [10] se ha orientado en el análisis cruzado entre las redes sociales y las plataformas de noticias para detectar noticias erróneas/falsas por medio de web scraping. La mayoría de las plataformas o redes sociales que difunden información no poseen la veracidad correspondiente para impartir información a la sociedad impactando negativamente a la toma de decisiones de los usuarios que consumen dicha información. Este trabajo ha mostrado una metodología experimental para detectar noticias falsas por medio de técnicas de minería de datos y procesamiento de lenguaje natural, pasando este proceso por cuatro fases: agregación de noticias, recopilación de publicaciones, análisis de datos y la comparación de resultados.

Tabla I.

Análisis de los proyectos relacionados con el diseño y construcción de dispositivos para Internet de las Cosas (IoT).

| Referencia | Objetivo | Se relaciona con GPS | Se relaciona con Web Scraping |
|-------------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|
| [5] | El trabajo de Nirit Datta y sus colaboradores, tiene el objetivo de implementar GPS, GSM, sensores de movimiento y servicios en la nube, para rastrear una computadora portátil robada. | SI | NO |
| [6] | Basándose en el cuerpo de investigación delineado por Baksi y su equipo, tienen como objetivo la implementación de IoT, integrando a cada ambulancia con GPS y un módem GSM, el cual enviará las coordenadas GPS al servidor en la nube. | SI | NO |
| [7] | Conforme a las investigaciones realizadas por Nadhim Ameen y su equipo, tienen el objetivo de proponer un esquema de seguimiento económico para reducir el costo de seguimiento, el cual se basa en el envío de SMS con información significativa. | SI | NO |
| [8] | El trabajo de Valen Crisgar y sus colaboradores, tienen el objetivo de introducir un esquema de funcionamiento de un sistema de detección de robo y seguimiento de vehículos basado en GPS, en el cual se implementa detección de movimiento y monitoreo del motor del vehículo. | SI | NO |

Tabla II.

Continuación

Análisis de los proyectos relacionados con el diseño y construcción de dispositivos para Internet de las Cosas (IoT).

| Referencia | Objetivo | Se relaciona con GPS | Se relaciona con Web Scraping |
|------------|---|----------------------|-------------------------------|
| [9] | El presente estudio de Irvin Dongo, Yudith Cardinale, Ana Aguilera, Fabiola Martinez, Yuni Quintero y Sergio Barrios, proporcionan una comparativa entre la API de Twitter Web Scraping, obteniendo así una propuesta para extraer datos de dicho análisis. | NO | SI |
| [10] | El estudio de Fahad Alsuliman y sus colaboradores, reside en el análisis cruzado entre las redes sociales y las plataformas de noticias orientado para la detección de noticias erróneas por medio de web scraping. | NO | SI |

La Tabla I se presenta un análisis de varios proyectos recolectados que poseen relación con el diseño y construcción de dispositivos IoT, extracción de datos de redes sociales y plataformas de noticias, así mismo se planteó el objetivo de cada proyecto visualizado y se analizó si poseen relación con GPS o Web Scraping. Se llegó a la conclusión de que los proyectos analizados se centran netamente en el uso de GPS, mientras que otros se centran solo en Web Scraping y ninguno de ellos tiene la combinación de ambas tecnologías.

En consecuencia, basándonos en esta necesidad se tomó como punto de partida implementar la combinación de GPS en conjunto a Web Scraping para corroborar que si se puede trabajar con ambas tecnologías y obtener un resultado óptimo y eficiente de dicha implementación.

1.2. Alcance

El alcance del presente trabajo de integración curricular se fundamenta en la construcción de un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento Global y la integración de un sistema de recomendaciones de lugares peligrosos, con la finalidad de alertar a los usuarios y monitorear las rutas tomadas por el usuario. Se integró el dispositivo de IoT y el sistema de recomendaciones con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar, la cual permitirá monitorizar el dispositivo y notificar al usuario si se encuentra en una zona de peligro a través una aplicación móvil.

El dispositivo IoT tendrá la capacidad de conectarse y utilizar el sistema de posicionamiento global (GPS) y estará equipado con la capacidad de conectarse a redes GSM (Global System for Mobile Communications) y GPRS (General Packet Radio Service), lo que permite la transmisión de datos hacia la plataforma de seguimiento.

El sistema de recomendaciones integrará información útil de lugares considerados peligrosos de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, recopilados de la red social Twitter. La información será presentada al usuario mediante una aplicación móvil que se comunique con la plataforma de rastreo.

Una vez diseñado el producto se evaluará el rendimiento y estabilidad de la comunicación entre el dispositivo IoT, la plataforma de seguimiento y la aplicación móvil con el sistema de recomendaciones mediante un recorrido en un ambiente urbano-rural y un recorrido en un ambiente urbano.

2. Justificación

La elección de investigar y desarrollar una tesis sobre la construcción de un dispositivo IOT para servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping, surge de la necesidad de abordar una brecha en las funcionalidades existentes de las plataformas de seguimiento por GPS actuales. Con el incremento de la delincuencia en las ciudades de Ecuador es interesante contar con un sistema de recomendaciones de seguridad, que utilice la información recolectada de redes sociales para advertir a los usuarios sobre los posibles riesgos en las áreas por las que se desplazan con sus vehículos, permitiendo al usuario tomar de decisiones teniendo a su disposición más información, contribuyendo a la prevención de incidentes y la protección de personas y los bienes materiales.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Construir un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global con sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping.

3.2. Objetivos Específicos

Diseñar, construir y evaluar un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

Diseñar e implementar el sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping.

4. Marco Teórico

4.1. Importancia del IoT en el rastreo de objetos y/o personas

Los dispositivos de internet de las cosas (IoT) son objetos físicos que se encuentran enlazados por medio de internet, poseen la capacidad de recopilar y transmitir datos, cabe destacar que, estos dispositivos están diseñados para facilitar la interconexión y la comunicación entre objetos físicos y sistemas digitales mejorando la eficiencia y calidad de vida. El objetivo principal de los dispositivos IoT es facilitar la recopilación de datos en tiempo real, la automatización de procesos y la toma de decisiones basada en información precisa. La tecnología IoT ha transformado en gran medida la forma en que se interactúa con el mundo que nos rodea, modificando la forma en que vivimos y trabajamos [11].

El Internet de las Cosas desempeña un papel fundamental en el rastreo y la localización de objetos y personas debido a su capacidad para conectar dispositivos y recopilar datos en tiempo real. Esta tecnología ha revolucionado la forma en que interactuamos con nuestro entorno al permitir la monitorización y gestión remota de una amplia variedad de dispositivos y sensores.

El IoT permite la implementación de sistemas de seguimiento y localización que pueden mejorar la seguridad de las personas y los activos. Por ejemplo, en entornos industriales o de salud, los dispositivos IoT pueden utilizarse para monitorear la ubicación de los trabajadores o pacientes y responder rápidamente en caso de emergencia.

4.2. Dispositivos IoT utilizados para sistemas de rastreo y localización

4.2.1. Módulo Sim800I V2.0 GSM/GPRS

El módulo SIM800I V2.0 SIM8001 GSM GPRS para arduino es un dispositivo de comunicación que combina las capacidades de un módulo de sistema global para comunicaciones por sus siglas GSM, y un módulo de servicio general de radio por paquetes por sus siglas GPRS [12]. Su diseño facilita la comunicación inalámbrica por medio de redes móviles, permitiendo en sí a los proyectos en arduino enviar y recibir mensajes SMS, realizar llamadas telefónicas y tener acceso a internet por medio de la tecnología GPRS.

Este módulo permite establecer de forma genuina la comunicación remota y la transferencia de datos en tiempo real, ampliando las posibilidades de implementación de aplicaciones que requieren conectividad móvil.



Fig. 1. Modulo Sim800I V2.0 GSM/GPRS.

4.2.2. Módulo GPS Ublox Neo-6m-v2

El módulo GPS Ublox Neo-6m-v2 es un módulo GPS de gran desempeño utilizado en diversos proyectos de Arduino y Raspberry Pi, el cual es utilizado para obtener información de posicionamiento global [13].



Fig. 2. Módulo GPS Ublox Neo-6m-v2.

4.2.3. Esp 32 módulo Wifi-Bluetooth Esp32 30 pines Devkit

El módulo ESP32 Wifi-Bluetooth ESP32 30 pines Devkit es un dispositivo de desarrollo basado en el microcontrolador ESP32. Este módulo combina conectividad Wifi y Bluetooth en un solo chip facilitando la transferencia de datos y la comunicación remota, el microcontrolador ESP32 proporciona un rendimiento alto y una amplia gama de funciones para proyectos de IoT y automatización del hogar [14].

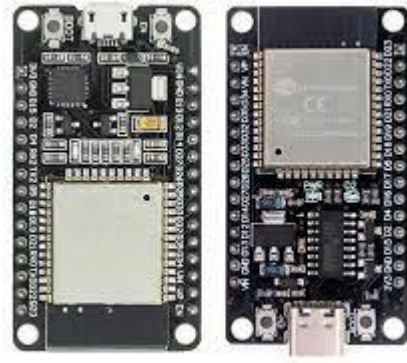


Fig. 3. Módulo microcontrolador ESP32 de 30 pines con propiedades de conexión Bluetooth y Wi-Fi.

4.2.4. Arduino

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto diseñada para facilitar la creación de proyectos electrónicos interactivos. Consiste en una placa de desarrollo con un microcontrolador y un entorno de programación que permite a los usuarios escribir y cargar código en la placa para controlar y comunicarse con diferentes componentes electrónicos [15].

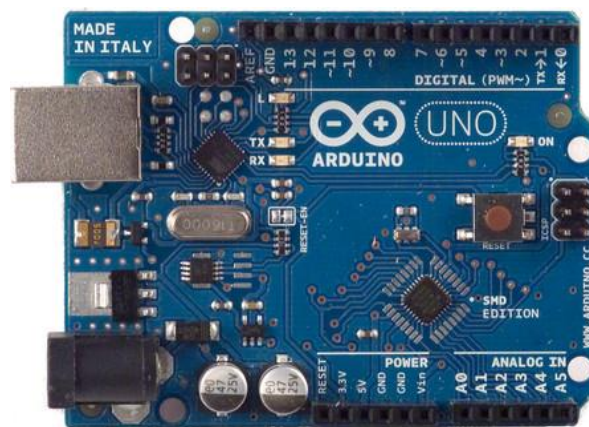


Fig. 4. Vista previa del módulo microcontrolador Arduino Uno.

4.3. Servicios de posicionamiento global en dispositivos IoT

4.3.1. Rastreo Satelital

El rastreo satelital es una tecnología que facilita localizar y monitorear objetos, vehículos o personas en tiempo real por medio de satélites. El objetivo principal de esta tecnología es proporcionar información precisa y actualizada sobre la ubicación de los activos, facilitando mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad y optimizar la toma de decisiones. Cabe destacar que, al hacer uso de satélites en órbita, se puede tener información

global en tiempo real sobre la posición y el movimiento de los objetos rastreados, además, de recopilar datos históricos y generar informes detallados para el análisis y la mejora continua de las operaciones [16]. Esta tecnología es una herramienta de gran utilidad en varios campos, la capacidad de obtener información actualizada y a nivel global ha influido en gran medida en la forma en que las organizaciones gestionan sus operaciones y toman decisiones, desde la optimización de rutas, mejora de la seguridad y respuesta ante incidentes proporcionando soluciones inmediatas y eficientes.

4.3.2. GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de navegación por satélite que facilita determinar la ubicación y la velocidad de un receptor en cualquier parte del mundo. GPS utiliza una red de satélites en órbita para transmitir señales que son receptadas y procesadas por dispositivos receptores. El objetivo principal del GPS es generar un ubicación precisa y confiable en tiempo real, revolucionando la capacidad de navegar y rastrear objetos en todo el mundo [17].

La precisión que contienen los GPS, facilita la obtención de coordenadas más exactas sin ninguna restricción geográfica, cabe destacar que posee una gran variedad en usabilidad, como lo es la navegación, la determinación de ubicación, seguimiento de vehículos, aplicaciones de mapas, servicios de emergencias, siendo así una herramienta importante en el ámbito tecnológico.

4.3.3. Traccar

Traccar es una plataforma de seguimiento y localización de código abierto que hace uso de la tecnología de GPS y comunicación por satélite para rastrear y monitorear vehículos y dispositivos en tiempo real [18]. El objetivo principal de Traccar es proporcionar una plataforma segura para el seguimiento de activos, es decir, proporciona a las empresas tener un control sobre sus vehículos en tiempo real favoreciendo tanto en eficiencia como la optimización de rutas y la seguridad de los conductores.

Traccar también facilita seguridad de datos, es decir proporciona restricciones de acceso y cifrado de datos para mantener los datos íntegros sin alteración alguna. En consecuencia, genera alertas en tiempo real en caso de sustracción o movimiento no autorizado generando así una respuesta inmediata y eficiente.

4.4. Frameworks para el diseño de sistemas móviles/web e integración con dispositivos IoT

4.4.1. Spring Boot

Spring Boot es un framework de desarrollo de aplicaciones Java, fue creado por el equipo de Spring Framework y se basa en el principio de "opinión sobre configuración", haciendo referencia a que proporciona una configuración predeterminada inteligente y convenciones para desarrollar rápidamente aplicaciones robustas [19].

Spring Boot permite a los desarrolladores crear aplicaciones Java de manera rápida y sencilla, eliminando gran parte de la configuración manual y la complejidad asociada con el desarrollo de aplicaciones empresariales. Spring Boot se centra en la productividad y la facilidad de uso al proporcionar una configuración automática y una integración perfecta con otros componentes de Spring Framework.

4.4.2. Flutter

Flutter es un framework de código abierto desarrollado por Google que permite crear aplicaciones nativas para múltiples plataformas, como iOS, Android, web y escritorio, utilizando un solo código base. Flutter utiliza el lenguaje de programación Dart y se destaca por su enfoque en la creación de interfaces de usuario atractivas y de alto rendimiento. Proporciona a los desarrolladores una forma eficiente de crear aplicaciones multiplataforma con una experiencia de usuario nativa. Flutter se basa en el concepto de "pintar" la interfaz de usuario en lugar de utilizar componentes nativos, lo que permite un mayor control y personalización de la apariencia y el comportamiento de la aplicación en diferentes plataformas [20].

4.4.3. WebSockets

Websockets es un protocolo de comunicación bidireccional y en tiempo real entre un servidor y un cliente por medio de una conexión TCP. En lugar de enviar solicitudes HTTP simultáneamente para actualizar la información, los WebSockets facilitan que el servidor envíe datos al cliente y viceversa de forma simultánea y eficiente [21].

Algunos de las áreas en los cuales se maneja websockets son en las aplicaciones móviles ya que éstas requieren interacción en tiempo real, como lo son los chats en línea y las actualizaciones de aplicaciones en tiempo real.

4.4.4. MySQL

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS), fue desarrollado por Oracle Corporation y proporciona una solución de base de datos eficiente que permite a los usuarios almacenar, administrar y acceder a grandes volúmenes de datos de manera segura [22]. MySQL se basa en el modelo de bases de datos relacionales, donde los datos se organizan en tablas con relaciones definidas entre ellas. Esto facilita la gestión de datos estructurados y la ejecución de consultas complejas para extraer información específica de la base de datos.

4.5. Web Scraping

4.5.1. Herramientas y técnicas para realizar web scraping

Según la investigación de Richard Lawson [23] Web Scraping es un proceso de extracción de datos de sitios web, es decir, obtiene de forma automática páginas web, determina el sitio web de donde se requiere extraer datos, posteriormente, inspecciona el sitio web por medio de las herramientas del navegador web para la respectiva inspección de la estructura HTML o XML de la página web e identificar los datos que se requieren para la extracción [24]. Al trabajar con web scraping se requiere de herramientas o librerías de Python como BeautifulSoup y Scrapy, así como herramientas como Selenium, Puppeteer y Octoparse. El uso del web scraping se enfoca comúnmente en la minería de datos, la investigación de mercado, el análisis de competidores y la agregación de competidores.

4.5.2. Consideraciones éticas y legales en el uso de web scraping

El uso de la técnica de extracción de datos denominada web scraping posee consideraciones éticas y legales, las cuales se desglosan en las siguientes [25]:

Consideraciones éticas:

- Una de las consideraciones éticas primordiales son el respeto de los términos de servicio del sitio web del cual se va a scrapear, ya que, algunos sitios poseen sus propias normas que no permiten realizar extracción de datos.
- Se debe limitar el uso de scraping masivo para no saturar los servidores.
- Al momento de recolectar datos de sitios web, se debe tener cuidado con la información privada de los usuarios.

Consideraciones legales:

- Derechos de autor y derechos de propiedad intelectual, al momento de realizar web scraping se debe corroborar los derechos legales de extracción y uso de datos para evitar problemas legales.
- La extracción de datos se debe acoplar a las leyes que se encuentran regulando la recopilación de información personal.

4.5.3. Interacción de GPS, Mapas de Calor y Web Scraping en Dispositivos IoT

La integración de un sistema de ubicación geográfica (GPS) en un dispositivo facilitará la obtención de información de ubicación en tiempo real. Al integrarlo con mapas de calor facilita la visualización de patrones de actividad en tiempo real o históricos y esto se logra conseguir gracias a que los mapas de calor proporcionan las representaciones visuales de datos basándose en eventos o variables de un área geográfica. Al incluir web scraping a un GPS y mapas de calor se puede obtener datos meteorológicos de un sitio web de pronóstico del tiempo y por ende proporcionar información sobre eventos de los sitios web, y esto se logra, ya que web scraping recopila datos de páginas o sitios web [26].

4.5.4. Sistemas de Recomendación de Lugares Peligrosos

Los sistemas de recomendación de lugares peligrosos se basan en la recopilación de datos relacionados con crímenes, incidentes y opiniones que proporcionan los usuarios para determinar qué área es peligrosa. Tomando como referencia los lugares peligrosos de Santo Domingo de los Tsáchilas, se determinaron los puntos con alta tasa de peligro en relación con las bases de datos existentes de crímenes reportados o registros policiales y por medio de dicha información se aplican algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones en los datos para predecir áreas peligrosas en función a las variables obtenidas [23].

4.5.5. Definición y propósito de los sistemas de recomendación

Los sistemas de recomendación son herramientas que ayudan a los usuarios a conocer opciones o elementos de interés para mejorar la experiencia del usuario. Estas recomendaciones se realizan en relación con un conjunto de criterios y valoraciones sobre los datos que se recolectan de los usuarios para realizar predicciones según ellos [27].

Los sistemas de recomendación son herramientas que ayudan a los usuarios a conocer opciones o elementos de interés para mejorar la experiencia del usuario. Estas recomendaciones

se realizan en relación con un conjunto de criterios y valoraciones sobre los datos que se recolectan de los usuarios para realizar predicciones según ellos.

Algunas de las valoraciones en las que se enfocan los sistemas de recomendación son las recomendaciones personalizadas, como películas que el usuario haya visualizado, productos que observó, o compras de algún producto que realizó, y basándose en ello proporcionan listas coincidentes proporcionando una mejor interacción y un fácil descubrimiento de contenido que le resulte atractivo al usuario.

4.5.6. Métodos y técnicas empleadas en los sistemas de recomendación

Los métodos y técnicas en las que se basan los sistemas de recomendación son los siguientes [28]:

- Filtrado colaborativo, existen dos tipos los cuales son el filtrado que se enfoca en el usuario el cual proporciona sugerencias de elementos coincidentes que prefiere el usuario y el que se basa en elementos el cual es aquel que recomienda elementos con similitud que el usuario ha observado en el pasado.
- El filtrado basado en contenido, utiliza técnicas de procesamiento de lenguaje natural o análisis de texto en donde realiza un análisis de características o atributos de los elementos y por medio de esto realiza la respectiva recomendación.
- Filtrado demográfico, sus recomendaciones se basan en características de los usuarios para realizar las respectivas recomendaciones.
- Método híbrido, este es una combinación del filtrado colaborativo y el filtrado basado en contenido, proporcionando así una recomendación más exacta.

4.5.7. Aplicaciones de los mapas de calor en dispositivos IoT

Los mapas de calor en dispositivos IoT, proporciona información visual de los datos en relación con datos recopilados, los mapas de calor suelen implementarse mediante sensores de temperatura para identificar patrones, detectar anomalías y tomar decisiones [29].

Algunas de las áreas en las cuales se implementan mapas de calor haciendo uso de dispositivos IoT son, en el monitoreo de tráfico, donde se utilizan los mapas de calor para el respectivo análisis de patrones de tráfico para así mejorar la movilidad vehicular. Para el control ambiental, es decir, por medio de los mapas de calor, se puede identificar zonas con niveles altos de contaminación.

En el ámbito de la agricultura, se pueden implementar mapas de calor para recolectar datos sobre la humedad del suelo, así como la temperatura para lograr obtener una producción en óptimas condiciones.

4.5.8. Ventajas y limitaciones de los mapas de calor en el contexto IoT

Los mapas de calor en contexto de IoT poseen varias ventajas y limitaciones, las cuales son [30]:

Ventajas:

- La representación visual de la distribución espacial de los datos facilita a los usuarios una comprensión más práctica de los mapas de calor.
- La visualización de datos facilita la toma de decisiones informada al proporcionar información visual sobre áreas de interés, concentración de datos o puntos críticos que pueden necesitar atención o acción.
- La visualización de datos permite la detección temprana de problemas o anomalías al mostrar áreas con cambios significativos en la distribución de datos, lo que puede ayudar a prevenir incidentes o tomar medidas preventivas.

Limitaciones:

- Las precisiones de los datos en los mapas de calor dependen en gran magnitud de la calidad y la exactitud de los datos recopilados por los dispositivos IoT.
- La interpretación de los mapas de calor puede ser subjetiva y estar sujeta a sesgos individuales, lo que puede llevar a conclusiones erróneas o decisiones inadecuadas si no se tiene en cuenta el contexto adecuado.
- La implementación de sistemas IoT para recopilar datos y generar mapas de calor puede ser costosa y compleja, por ende, su adquisición no es muy accesible.

5. Diseño e Implementación de la propuesta

5.1. Propuesta metodológica:

Se ha propuesto la metodología de la Fig. 5, que inició desde la evaluación y selección de los componentes que integran el dispositivo IoT, el armado del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global, la extracción de datos para diseñar un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping, se realizará pruebas de integración y comunicación entre el dispositivo IoT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar para finalmente realizar pruebas de usabilidad en casos reales.

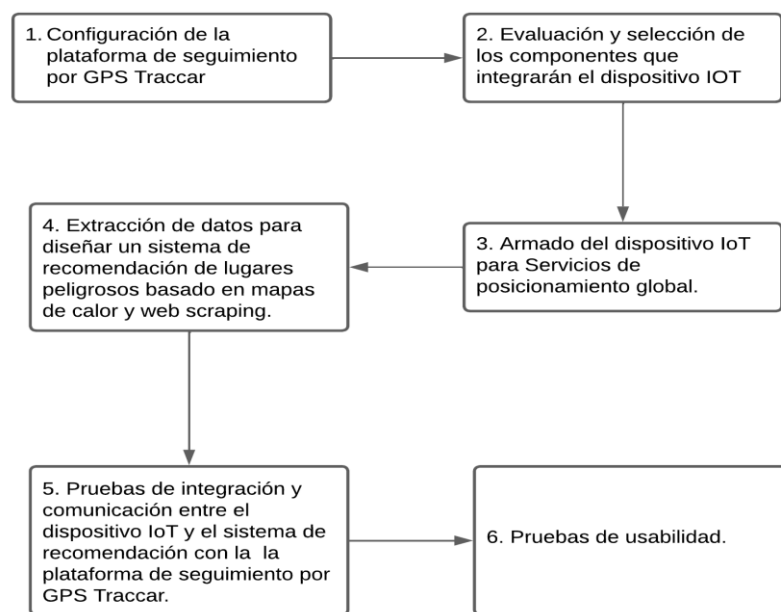


Fig. 5. Propuesta metodológica para cumplir con el objetivo principal de la propuesta

5.2. Configuración de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar

Para la configuración de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar, se evaluó diferentes opciones de servidores en la nube, los cuales pudieran alojar dicha plataforma. Unas de las opciones que se consideraron para este fin fueron Amazon Web Services (AWS), Reder, Namecheap y Digital Ocean. Considerando que cada uno de los proveedores de servicios de alojamiento en la nube, disponen de gran potencia y funcionalidades, se realizó una comparación objetiva entre ellos, para seleccionar el adecuado. Un resumen de esta comparación se observa en la Tabla III. En la cual se evaluaron aspectos como tipo de servicio, flexibilidad, precio, nivel de soporte, escalabilidad, facilidad de uso y la ubicación de los data centers. Con esta comparación se aprecia que Namecheap a pesar de no tener una infraestructura o una amplia gama de servicios en la nube en comparación con otros proveedores como AWS,

Namecheap ofrece precios competitivos para el alojamiento de servidores web, dispone de una interfaz intuitiva y fácil de usar, siendo esta una característica importante para principiantes que desean gestionar sus dominios y sitios web de manera eficiente. Aunque el soporte técnico de Namecheap puede no ser tan extenso como el de algunos otros proveedores como AWS, aún ofrecen asistencia técnica básica. Además, cuentan con una amplia base de conocimientos y recursos en línea para ayudar a los usuarios con cualquier problema que puedan enfrentar.

Tabla III.

Evaluación de las características técnicas de los proveedores de servicios en la nube AWS, Render, Namecheap y Digital Ocean.

| Aspecto | Amazon Web Services (AWS) | Reder | Namecheap | DigitalOcean |
|-------------------|--|---|--|--|
| Tipo de servicios | Amplia gama de servicios en la nube, incluyendo cómputo, almacenamiento, bases de datos, inteligencia artificial, entre otros. | Ofrece principalmente servicios de alojamiento web compartido y VPS (Servidor Privado Virtual). | Principalmente un registrador de dominios con servicios de alojamiento web, servidores dedicados y VPS. | Ofrece principalmente servidores virtuales (VPS) y servicios de alojamiento en la nube. |
| Flexibilidad | Altamente configurable y escalable, adecuado para empresas de todos los tamaños con necesidades variadas. | Ofrece opciones de configuración, pero no tan amplias como AWS. Adecuado para pequeñas y medianas empresas. | Menos opciones de configuración en comparación con AWS, pero suficiente para la mayoría de las necesidades de alojamiento web. | Ofrece una buena flexibilidad, especialmente para desarrolladores y pequeñas empresas. |
| Precio | Ofrece opciones de precios variables, con modelos de pago por uso y descuentos por compromisos a largo plazo. Puede ser costoso para cargas de trabajo intensivas. | Ofrece planes de precios más simples y económicos, adecuados para usuarios con presupuestos ajustados. | Ofrece precios competitivos, especialmente para nombres de dominio. Sus servicios de alojamiento también son asequibles. | Ofrece precios transparentes y competitivos, con opciones de pago por hora o mensualmente. Es conocido por ser más asequible para cargas de trabajo de tamaño medio. |

Tabla IV.

Continuación

Evaluación de las características técnicas de los proveedores de servicios en la nube AWS, Render, Namecheap y Digital Ocean.

| Aspecto | Amazon Web Services (AWS) | Reder | Namecheap | DigitalOcean |
|------------------|--|--|--|--|
| Nivel de soporte | Ofrece múltiples niveles de soporte, desde gratuito hasta premium. El soporte premium incluye asistencia técnica 24/7. | El soporte puede variar dependiendo del plan de hosting. Los planes más caros suelen incluir soporte técnico avanzado. | Ofrece soporte técnico básico para sus servicios de alojamiento web y dominios. | Ofrece soporte técnico 24/7 a través de tickets de soporte y una amplia base de conocimientos. |
| Escalabilidad | Altamente escalable, con capacidad para manejar desde pequeñas aplicaciones hasta cargas de trabajo empresariales de alta demanda. | Ofrece cierta escalabilidad, pero puede tener limitaciones en comparación con AWS para cargas de trabajo muy exigentes. | Ofrece una buena escalabilidad para la mayoría de los sitios web y aplicaciones, pero puede ser limitado en comparación con AWS para escenarios empresariales complejos. | Ofrece una buena escalabilidad para la mayoría de las aplicaciones y sitios web. Puede no ser tan escalable como AWS para grandes cargas de trabajo empresariales. |
| Facilidad de uso | Ofrece una amplia gama de servicios con una curva de aprendizaje empinada. Es más adecuado para usuarios técnicos y empresas con experiencia en la nube. | Interfaz fácil de usar, especialmente para usuarios principiantes. La configuración y gestión son relativamente sencillas. | Interfaz de usuario intuitiva y fácil de navegar. Adecuado para principiantes y usuarios intermedios. | Interfaz de usuario sencilla y amigable. Es conocido por su facilidad de uso, especialmente para desarrolladores. |

Tabla V.

Continuación

Evaluación de las características técnicas de los proveedores de servicios en la nube AWS, Render, Namecheap y Digital Ocean.

| Aspecto | Amazon Web Services (AWS) | Reder | Namecheap | DigitalOcean |
|-----------------------------|---|---|--|--|
| Ubicaciones de Data Centers | Tiene una amplia red global de centros de datos en todo el mundo, lo que permite una distribución geográfica óptima de las cargas de trabajo. | Los centros de datos pueden estar limitados en comparación con AWS, pero aún ofrecen una cobertura decente. | Depende de socios de centros de datos, por lo que la cobertura puede variar. | Tiene una red global de centros de datos, lo que permite una distribución geográfica eficiente de las cargas de trabajo. |

Una vez se seleccionó el proveedor de servicios en la nube, fue necesario realizar un análisis de las ofertas de servicios de Hosting VPS que disponía Namecheap. Considerando que cada plan promocionado dispone características de recursos de funcionamiento diferentes como se resume en la Tabla III, en la cual se evalúan características como número de VCPUs, cantidad de memoria RAM, almacenamiento, ancho de banda y precio. Después de este análisis, se optó por utilizar un servidor con 2 VCPUs y 2 GB de memoria RAM como recursos de funcionamiento.

Tabla VI

Evaluación de las características técnicas de los planes promocionados por Namecheap, para Hosting VPS en noviembre de 2023.

| Característica | Plan Pulsar | Plan Quasar | Plan Magnetar |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Numero de VCPUs | 2 núcleos de VCPU | 4 núcleos de VCPU | 8 núcleos de VCPU |
| Memoria RAM | 2 GB RAM | 6 GB RAM | 12 GB RAM |
| Almacenamiento | 40 GB SSD RAID 10 | 120 GB SSD RAID 10 | 240 GB SSD RAID 10 |
| Ancho de banda | 1000 GB ancho de banda | 3000 GB ancho de banda | 6000 GB ancho de banda |
| Precio | \$ 9.88 / mes | \$ 15.88 / mes | \$ 28.88 / mes |

La base de datos es uno de los componentes más importantes para el funcionamiento de Traccar, debido a que, este será el lugar donde se almacenará toda la información recopilada de los dispositivos GPS conectados a la plataforma de seguimiento, por esta razón Traccar proporciona almacenamiento de datos en tres diferentes motores de bases de datos MySQL, Microsoft SQL Server y PostgreSQL. Considerando que cada uno de los motores de bases de datos mencionados disponen de gran potencia y funcionalidades, se realizó una comparación objetiva entre ellas, para seleccionar la adecuada. Un resumen de esta comparación se observa en la Tabla II, en la cual se evaluaron especificaciones como última versión, almacenamiento de datos, soporte de funciones y procedimientos almacenados, tipos de datos, desencadenantes, disponibilidad y replicación, optimización y rendimiento, seguridad, escalabilidad, compatibilidad con estándares, gestión de transacciones, soporte JSON, herramientas de administración, costo, sistema operativo y lenguaje soportado. Con esta comparación se aprecia que MySQL a pesar de considerarse limitado por sus funciones en procedimientos almacenados proporciona beneficios considerables como su facilidad de uso, una amplia comunidad activa, una amplia escalabilidad, buen rendimiento, costo y su compatibilidad con diferentes sistemas operativos.

Tabla VII.

Evaluación de las características técnicas de los motores de bases de datos MySQL, Microsoft SQL Server y PostgreSQL

| Aspecto Técnico | MySQL | Microsoft SQL Server | PostgreSQL |
|---|--|--|--|
| Última versión | MySQL 8.0 | SQL Server 2019 | PostgreSQL 13 |
| Almacenamiento de datos | InnoDB, MyISAM, MEMORY, CSV, etc. | Principalmente en el motor de almacenamiento SQL Server | PostgreSQL Engine |
| Soporte de funciones y procedimientos almacenados | Limitado (principalmente procedimientos almacenados) | Excelente (Procedimientos almacenados, funciones definidas por el usuario, etc.) | Excelente (Procedimientos almacenados, funciones definidas por el usuario, etc.) |

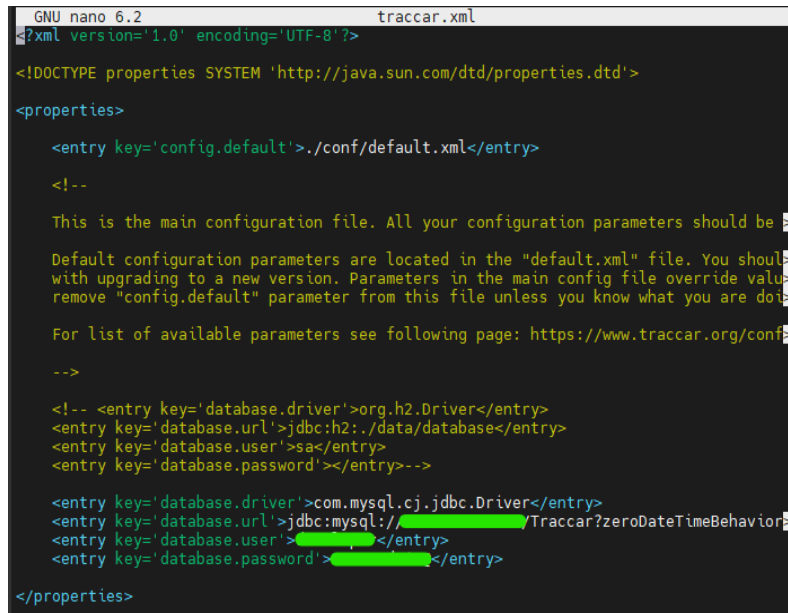
Tabla VIII.

Continuación

Evaluación de las características técnicas de los motores de bases de datos MySQL, Microsoft SQL Server y PostgreSQL

| Aspecto Técnico | MySQL | Microsoft SQL Server | PostgreSQL |
|--------------------------------|---|--|---|
| Tipos de datos | Tipos de datos comunes (VARCHAR, INTEGER, etc.) | Amplia gama de tipos de datos, incluyendo tipos de datos especializados | Amplia gama de tipos de datos, incluyendo tipos de datos especializados |
| Desencadenantes | Sí | Sí | Sí |
| Disponibilidad y Replicación | MySQL Replication (Síncrona y asíncrona), Group Replication, MySQL InnoDB Cluster | Always On Availability Groups, Failover Clustering | Streaming Replication, Logical Replication |
| Optimización y rendimiento | Índices, Optimizador de Consultas | Índices, Planes de Ejecución, Optimizador de Consultas | Índices, Estadísticas, Planificador de Consultas |
| Seguridad | Autenticación y Autorización basadas en roles | Autenticación y Autorización basadas en roles, Transparent Data Encryption | Autenticación y Autorización basadas en roles, SSL, GSSAPI, SCRAM-SHA-256 |
| Gestión de Transacciones | ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento, Durabilidad) | ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento, Durabilidad) | ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento, Durabilidad) |
| Soporte JSON | Sí | Sí | Sí |
| Herramientas de Administración | MySQL Workbench, phpMyAdmin, etc. | SQL Server Management Studio (SSMS), SQL Server Data Tools (SSDT), etc. | pgAdmin, psql, etc. |

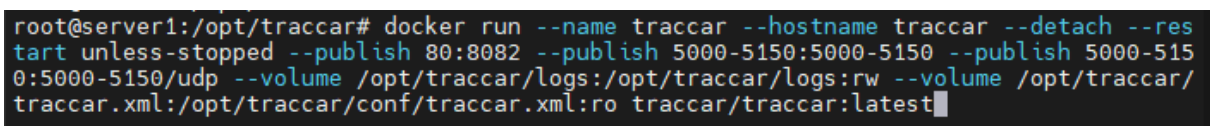
Traccar dispone de un despliegue rápido mediante la utilización de contenedores y para utilizar esta funcionalidad, se necesitó definir un archivo de configuración, en el cual se definió atributos como las credenciales de acceso y conexión al motor de base de datos como se observa en la Fig. 6.



```
GNU nano 6.2 traccar.xml
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!DOCTYPE properties SYSTEM 'http://java.sun.com/dtd/properties.dtd'>
<properties>
  <entry key='config.default'>./conf/default.xml</entry>
  <!--
  This is the main configuration file. All your configuration parameters should be
  Default configuration parameters are located in the "default.xml" file. You should
  with upgrading to a new version. Parameters in the main config file override values
  remove "config.default" parameter from this file unless you know what you are doing.
  For list of available parameters see following page: https://www.traccar.org/config/
  -->
  <!-- <entry key='database.driver'>org.h2.Driver</entry>
  <entry key='database.url'>jdbc:h2:./data/database</entry>
  <entry key='database.user'>sa</entry>
  <entry key='database.password'></entry>-->
  <entry key='database.driver'>com.mysql.cj.jdbc.Driver</entry>
  <entry key='database.url'>jdbc:mysql://[redacted]/Traccar?zeroDateTimeBehavior=
  <entry key='database.user'>[redacted]</entry>
  <entry key='database.password'>[redacted]</entry>
</properties>
```

Fig. 6. Archivo de configuración utilizado para despliegue del contenedor de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Una vez el archivo de configuración se encuentra listo, se procedió a ejecutar el comando (Obsérvese la Fig. 7) para desplegar el contenedor con las configuraciones proporcionadas en el archivo de configuración, dejando disponibles los puertos 5000 al 5150 que son los puertos por los cuales recibe información de los dispositivos GPS a través del protocolo UDP.



```
root@server1:/opt/traccar# docker run --name traccar --hostname traccar --detach --res
tart unless-stopped --publish 80:8082 --publish 5000-5150:5000-5150 --publish 5000-515
0:5000-5150/udp --volume /opt/traccar/logs:/opt/traccar/logs:rw --volume /opt/traccar/
traccar.xml:/opt/traccar/conf/traccar.xml:ro traccar/traccar:latest
```

Fig. 7. Comando utilizado para desplegar el contenedor de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Una vez el contenedor se encontró desplegado se obtuvo acceso a la aplicación web de Traccar como se observa en la Fig. 8, confirmando de esta manera que la plataforma de seguimiento por GPS se encontraba en funcionamiento de manera correcta.

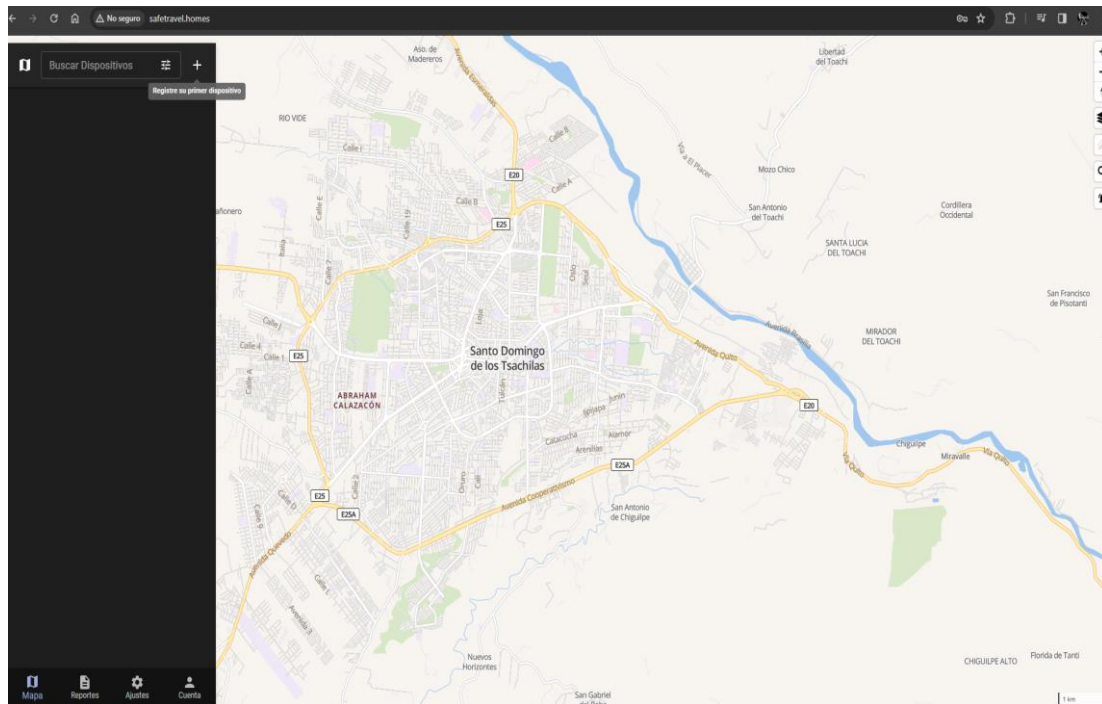


Fig. 8. Página principal de la aplicación web de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

5.3. Evaluación y selección de los componentes que integrarán el dispositivo IoT

Se analizaron y evaluaron algunos componentes como microcontroladores, módulos GPS y módulos GSM/GPRS.

Entre los microcontroladores se evaluaron opciones como Arduino Uno, Raspberry Pi, ESP8266 y ESP32. Considerando que se construyó un dispositivo diseñado para ser pequeño y discreto, que pueda ser fácilmente ocultado dentro de cualquier vehículo, las dos primeras opciones (Arduino Uno y Raspberry Pi) no fueron consideradas por su tamaño, por otro lado, tanto los microcontroladores ESP8266 y ESP32 por su tamaño idóneo, fueron considerados como posibles opciones potenciales para asumir el rol central en el funcionamiento del dispositivo.

Para seleccionar la mejor opción, tomamos en cuenta las fichas técnicas de los dispositivos ESP8266 y ESP32, para realizar una comparación objetiva. Un resumen de esta comparación se observa en la Tabla III, en donde se evaluaron especificaciones como procesador, conectividad inalámbrica, Pines de entrada/salida (E/S), consumo de energía, tamaño de antenas, capacidad de almacenamiento, modos de bajo consumo de energía y costo. Con esta comparación se aprecia que, a pesar de que el microcontrolador ESP32 posee un precio más elevado, proporciona beneficios considerables, como la cantidad de pines programables disponibles, la velocidad de procesamiento del procesador y la cantidad de memoria RAM disponible.

Tabla IX.

Evaluación de las características técnicas de los microcontroladores ESP32 y ESP8266.

| Especificación | ESP32 | ESP8266 |
|----------------------------------|--|--|
| Procesador | Doble núcleo Xtensa LX6 a 240 MHz | Núcleo único Xtensa LX106 a 80 MHz |
| Conectividad Inalámbrica | Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth, BLE | Wi-Fi 802.11 b/g/n |
| Pines de E/S | 36 pines de E/S programables | 17 pines de E/S programables |
| Consumo de Energía | Modos de bajo consumo disponibles | Eficiente en consumo de energía, aunque menor capacidad de modos de bajo consumo |
| Antenas | Internas para Wi-Fi y Bluetooth | Puede tener antenas internas o externas |
| Capacidad de Almacenamiento | Flash de hasta 16 MB, 520 KB de RAM | Flash de hasta 16 MB, 80 KB de RAM |
| Modos de bajo consumo de energía | Varios modos de bajo consumo | Modos de bajo consumo disponibles |
| Costo | Puede tener un costo ligeramente superior \$9.95 USD | Económico \$6.90 USD |

El módulo GPS desempeñó un papel importante porque siempre debía marcar la posición del dispositivo. Entre las opciones consideradas, se evaluaron los módulos Adafruit Ultimate GPS, GlobalTop FGPMOPA6H GPS, Quectel L76 GPS y Ublox Neo-6m-v2. En la Tabla IV, se aprecia la evaluación de las características operativas de cada uno de los módulos GPS especificados, tomando como principal opción el módulo u-blox NEO-6M-V2 por su precisión en la recepción de señales GPS, su soporte para múltiples sistemas de posicionamiento satelital, su tamaño compacto, consumo de energía y factibilidad de integración, ajustándose a las necesidades del dispositivo IoT que se construyó.

Tabla X.

Tabla comparativa entre módulos GPS Adafruit Ultimate GPS, GlobalTop FGPMOPA6H GPS, Quectel L76 GPS y u-blox NEO-6M-V2.

| Característica | Adafruit Ultimate GPS (MTK3339) | GlobalTop FGPMOPA6H GPS | Quectel L76 GPS | u-blox NEO-6M-V2 |
|--|--|--------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Fabricante | Adafruit | GlobalTop | Quectel | u-blox |
| Chip GPS | MTK3339 | MT 3339 | No especificado | u-blox 6 |
| Frecuencia de actualización | Hasta 10 Hz | 1.57542 GHz | 1.57542 GHz | Hasta 5 Hz |
| Canales de seguimiento | 22 canales | 50 canales | 33 canales | 50 canales |
| Sensibilidad | -165 dBm | -148 dBm | - 148 dBm | -160 dBm |
| Protocolos de comunicación | NMEA, RTCM | NMEA | NMEA, PMTK | NMEA, UBX |
| Precisión | 2.5 metros (CEP50) | No especificado | No especificado | 2.5 metros (CEP50) |
| Voltaje de operación | 3.3-5.5 VDC | 3.3-4.3 VDC | 2.8-4.3 VDC | 3.3 VDC |
| Corriente de operación | 20 mA (con antena activa) | 24 mA típico | 25 mA típico | 45 mA típico |
| Interfaz de comunicación | UART | UART | UART | UART, I2C |
| Temperatura de operación | -40 °C a +85 °C | -40 °C a +85 °C | -40 °C a +85 °C | -40 °C a +85 °C |
| Dimensiones | 28 mm x 25 mm x 8 mm | 16 mm x 16 mm x 6.45 mm | 16 mm x 16 mm x 6.2 mm | 16 mm x 12.2 mm x 2.4 mm |
| Antena | Antena activa incorporada | Antena integrada | Antena integrada | Antena cerámica integrada |
| Baudios predeterminados para UART | 9600 bps | 9600 bps | 9600 bps | 9600 bps (configurable) |

Tabla XI.

Continuación
 Tabla comparativa entre módulos GPS Adafruit Ultimate GPS, GlobalTop FGPMOPA6H GPS, Quectel L76 GPS y u-blox NEO-6M-V2.

| Característica | Adafruit Ultimate GPS (MTK3339) | GlobalTop FGPMOPA6H GPS | Quectel L76 GPS | u-blox NEO-6M-V2 |
|-------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Niveles de salida UART | TTL (3.3 V) | TTL (3.3 V) | TTL (2.8 V) | TTL (3.3 V) |

Por otro lado, el módulo GSM/GPRS fue esencial para el envío de datos desde el dispositivo hacia la plataforma de seguimiento por GPS Traccar, los módulos evaluados previamente para ser integrados en el dispositivo fueron el SIM800 y SIM900, que poseen especificaciones técnicas muy similares, siendo el costo, disponibilidad y documentación, los motivos que nos llevaron a decantarnos por el módulo SIM800, los detalles de la comparativa realizada se pueden apreciar en la Tabla VI.

Tabla XII.

Tabla comparativa entre los módulos GSM/GPRS SIM800 y SIM900.

| Característica | SIM800 | SIM900 |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Dimensiones | 24 x 24 x 3 mm | 24 x 24 x 3 mm |
| Frecuencias soportadas | Quad-band 850/900/1800/1900 MHz | Quad-band 850/900/1800/1900 MHz |
| Tecnología | GSM/GPRS/EDGE | GSM/GPRS/EDGE |
| Interfaces | UART, SPI, I2C, GPIO | UART, SPI, I2C, GPIO |
| Consumo de energía | Menos de 1.5mA (modo de reposo) | Menos de 1.5mA (modo de reposo) |
| Potencia de salida RF | Hasta 2W (GSM) / 0.5W (EDGE) | Hasta 2W (GSM) / 0.5W (EDGE) |
| GNSS (GPS) | Opcional | No |

Tabla XIII.

Continuación
 Tabla comparativa entre los módulos GSM/GPRS SIM800 y SIM900.

| Característica | SIM800 | SIM900 |
|--|---|---|
| Antena | Antena interna | Antena interna |
| Protocolos de datos | TCP/IP, HTTP, FTP, SMTP, MQTT | TCP/IP, HTTP, FTP, SMTP, MQTT |
| Almacenamiento SMS | 50 mensajes | 50 mensajes |
| Interfaces de audio | Analógico (entrada/salida) | Analógico (entrada/salida) |
| Temperatura de operación | -40°C to +85°C | -40°C to +85°C |
| Consumo de energía (llamada de voz) | 500mA (transmisión), 260mA (recepción) | 500mA (transmisión), 260mA (recepción) |
| Certificaciones | CE, FCC, RoHS | CE, FCC, RoHS |
| Soporte de red | 2G (GSM/GPRS) | 2G (GSM/GPRS) |
| Precio | \$16,50 USD | \$25,00 USD |

El módulo SIM800 se comunicará con el servidor a través de internet, el cual debe ser proporcionado por una tarjeta SIM de una empresa telefónica de Ecuador, por lo cual es necesaria realizar un análisis de los mapas de cobertura 2G de las tres principales empresas de telecomunicaciones (Claro, Movistar y CNT) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

En la Fig. 9, se aprecia la zona de cobertura de la empresa de telecomunicaciones Movistar con su red 2G, en el cual se observa que la cobertura dentro de la ciudad es excelente, sin embargo, deja muchas zonas rurales sin una muy buena cobertura afectando el envío de coordenadas hacia el servidor.

En la Fig. 10, se visualiza el mapa de cobertura 2G de la empresa de telecomunicaciones CNT, la cual no posee suficiente información sobre su cobertura en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, haciendo esta una opción no viable al no tener las garantías de que se obtendrá una conexión estable para el envío de los datos al servidor de seguimiento por GPS Traccar.

En la Fig. 11, podemos visualizar el mapa de cobertura 2G de la empresa de telecomunicaciones Claro, en este caso encontramos que existe una mayor zona de cobertura a lo largo de toda la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, siendo la operadora con mejor cobertura, haciéndola la ideal para ser utilizada en el dispositivo.

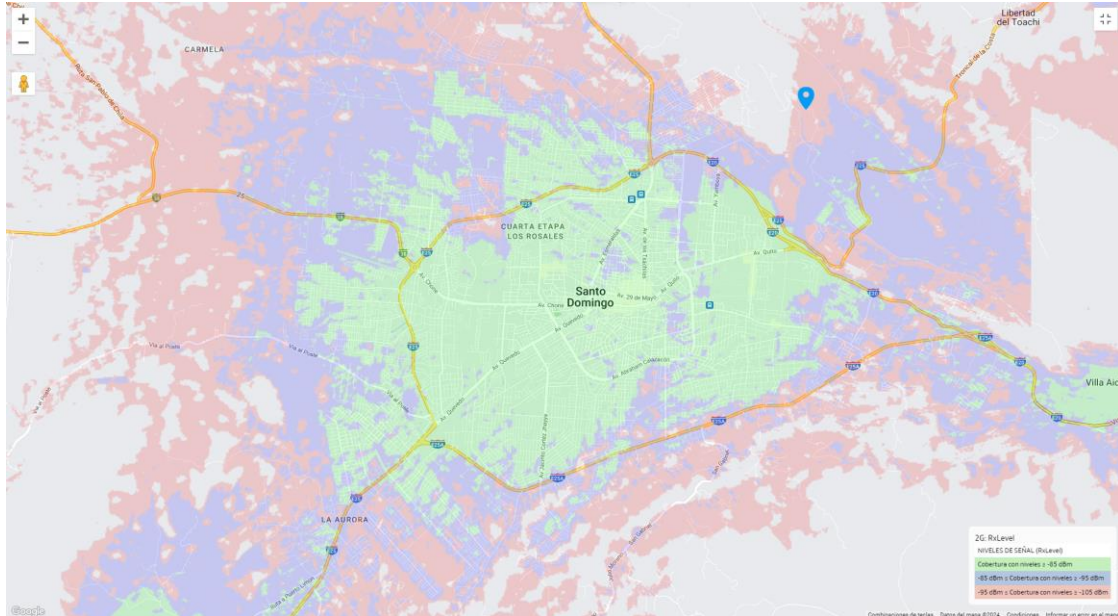


Fig. 9. Mapa de cobertura 2G de Movistar en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas [25].

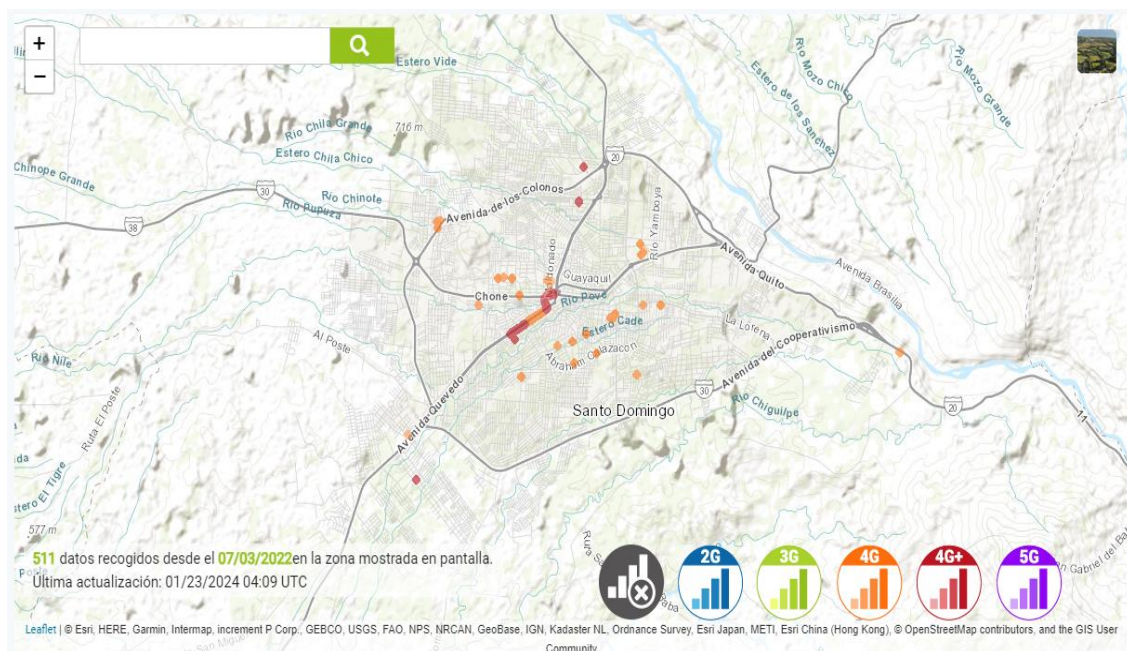


Fig. 10. Mapa de cobertura 2G de CNT en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas [26].

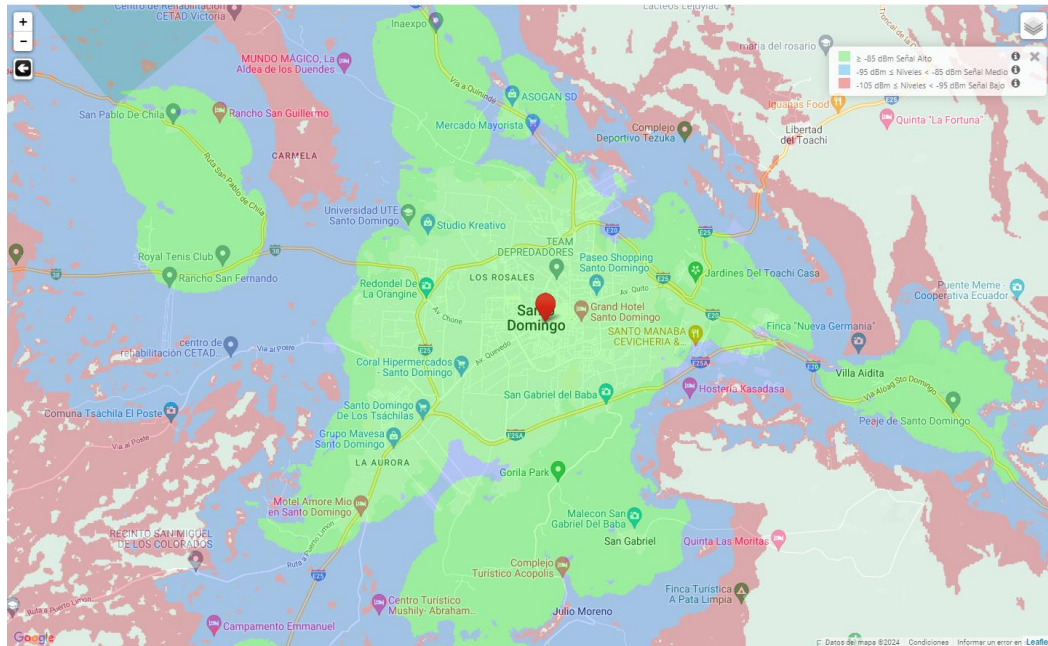


Fig. 11. Mapa de cobertura 2G de Claro en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas [27].

5.4. Análisis económico de los componentes mínimos para el funcionamiento de un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

Tabla XIV.

Componentes mínimos para el funcionamiento de un dispositivo IOT para servicios de posicionamiento global.

| Componente | Tipo | Descripción | Precio (USD) | Cantidad |
|---|-----------------------------|---|-----------------|----------|
| ESP32 | Microcontrolador | Cerebro del dispositivo, comunica los componentes y envía la información al servidor. | \$15.00 | 1 |
| u-blox NEO-6M-V2 | GPS | Obtiene la posición en tiempo real del dispositivo | \$9.00 | 1 |
| SIM800 | GSM/GPRS | Se conecta con los servicios de red móvil para hacer posible que el microcontrolador envíe los datos al servidor. | \$12.79 | 1 |
| Batería de 3.7V | Batería | Proporcionará energía a todo el dispositivo | \$9.50 | 1 |
| Módulo de fuente de alimentación STEP UP SX1308 | Convertidor de alimentación | Ayudará a elevar los 3.7V a 5.12V, para que los dispositivos funcionen correctamente. | \$2.00 | 1 |
| Total | | | \$ 48.29 | |

En la Tabla VI se presentan los distintos componentes requeridos para armar un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global, cada uno desempeña funciones específicas para lograr una que el seguimiento sea lo más óptimo posible.

5.5. Armado del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

Para proceder con el ensamblaje del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global, es esencial familiarizarse con los componentes fundamentales que la componen. La Fig. 12. presenta un diagrama que ilustra los elementos más básicos para la operación del dispositivo, entre los cuales se encuentran: el microcontrolador, el módulo GPS, el módulo GSM/GPRS, su convertidor de alimentación y batería.

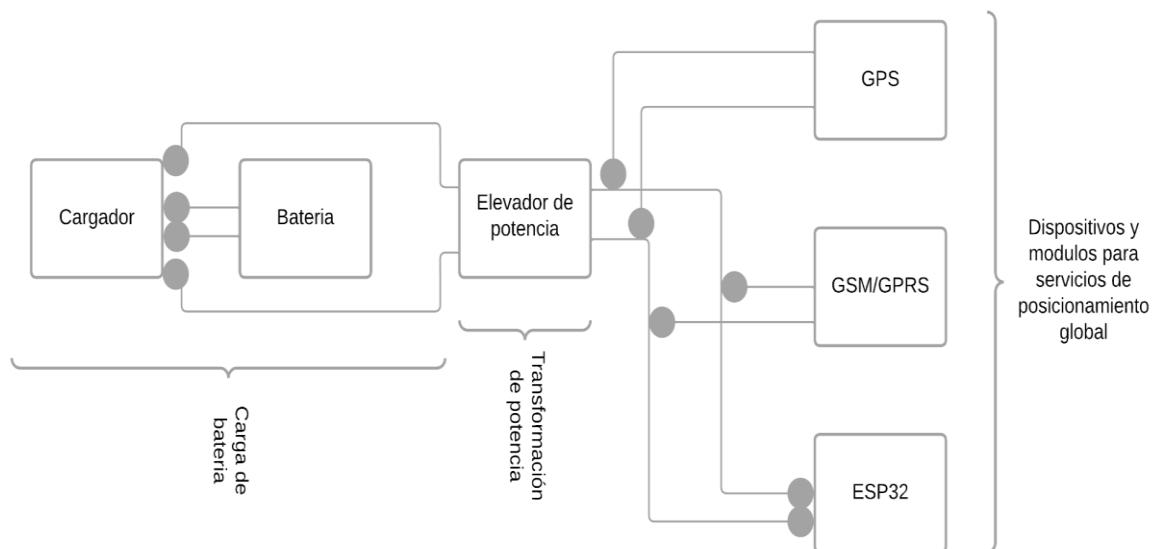


Fig. 12. Diagrama de componentes básicos para el armado del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

La Fig. 13 presenta una vista completa de los componentes que se utilizaron para integrar el dispositivo IoT entre ellos tenemos un microcontrolador DOIT ESP32 DEV KIT, un módulo SIM800 L, un módulo GPS u-blox NEO-6M-V2, módulo de fuente de alimentación STEP UP SX1308 (2V-24V a 2V-28V 2A) y una batería de 3.7v.

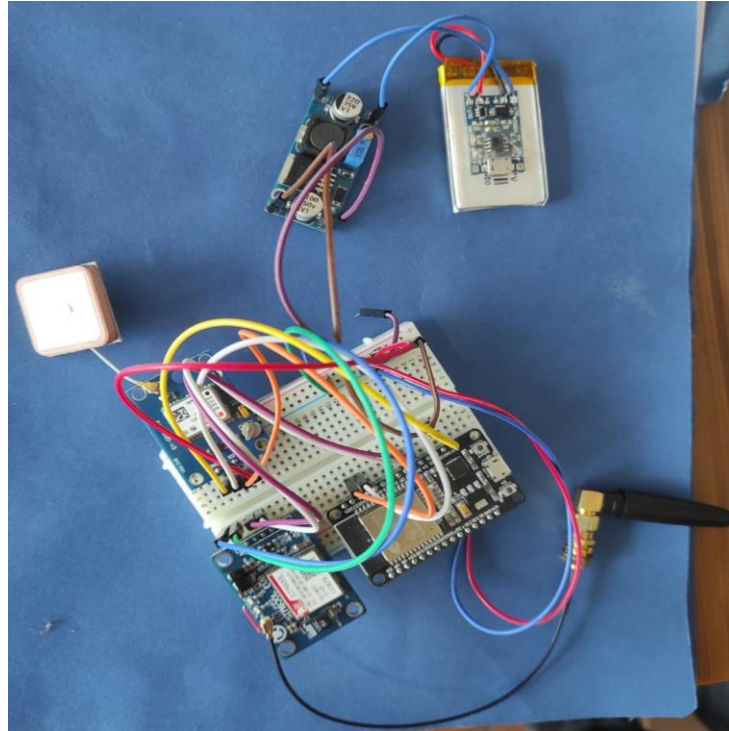


Fig. 13. Componentes del dispositivo de IoT para servicios de posicionamiento global.

Para dar inicio al procedimiento de ensamblaje del dispositivo, es necesario establecer la conexión entre los módulos GSM/GPRS y GPS con el microcontrolador. Lo primero que se necesita, es revisar la hoja de datos de estos tres elementos y para identificar la posición y funcionamiento de cada uno de los pines con los que cuenta cada uno.

En la Fig. 14 se puede observar los pines del microcontrolador, de los cuales nos interesan el pin 41 (TX0), el pin 40 (RX0), el pin 27 (TX0) y el pin 25 (RX0), estos pines permitirán el envío de datos desde los módulos GPS y GSM/GPRS hacia el ESP32.

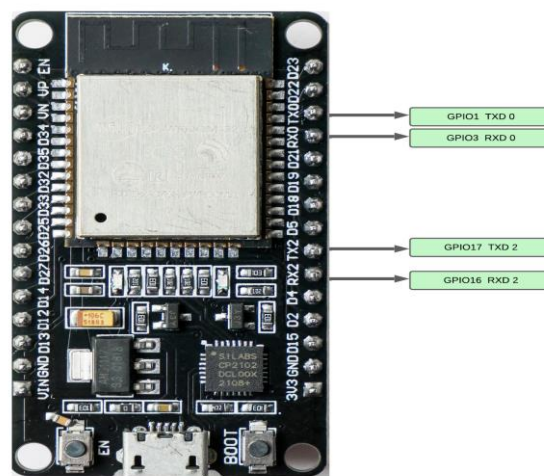


Fig. 14. Descripción de los pines de entrada/salida para el microcontrolador ESP32 DOIT DEV KIT v1.

Para saber cómo conectar el módulo GPS con el microcontrolador ESP32, se necesita conocer la funcionalidad de los pines con los que dispone dicho módulo, por ello si observamos la Fig. 15 podemos identificar con facilidad los pines RX y TX. Una vez identificados los pines necesarios, se debe conectar el pin RX del módulo GPS con el pin 41 (TX) del microcontrolador y el pin TX del módulo GPS con el pin 40 (RX) del microcontrolador.

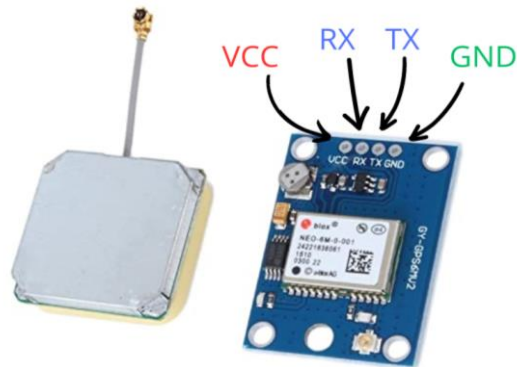


Fig. 15. Descripción de los pines de entrada/salida para el Módulo ublox NEO-6M GPS.

Para conectar el módulo GSM/GPRS se necesita identificar los pines TX y RX, para ello se puede usar como guía la Fig. 16, la cual muestra un esquema de los pines de salida del módulo. La conexión de este módulo con el microcontrolador se debe realizar contando el pin TX del módulo GPS con el pin 25 (RX) del microcontrolador y el pin RX del módulo GPS con el pin 27 (TX)

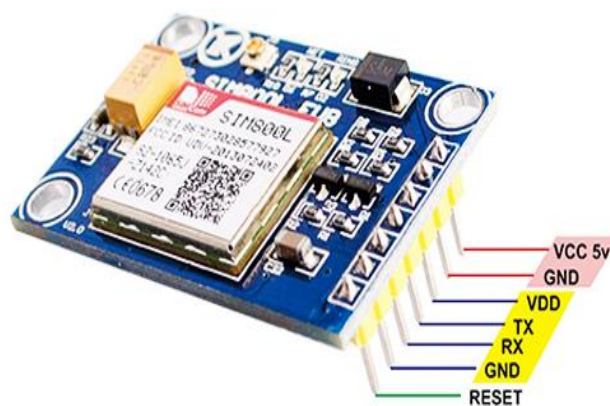


Fig. 16. Descripción de los pines de entrada/salida para el Módulo SIM800 [27].

Una vez conectados los pines de datos nos queda pendiente el conectar los diferentes pines a el voltaje necesario, en este caso con ayuda del elevador de potencia mantendremos un voltaje continuo de 5.12v para que los módulos y el microcontrolador obtengan el voltaje necesario para su funcionamiento. Para ello conectaremos la batería a su módulo de carga y utilizaremos los puertos de salida de energía para conectar el elevador de potencia como se observa en la Fig. 17.

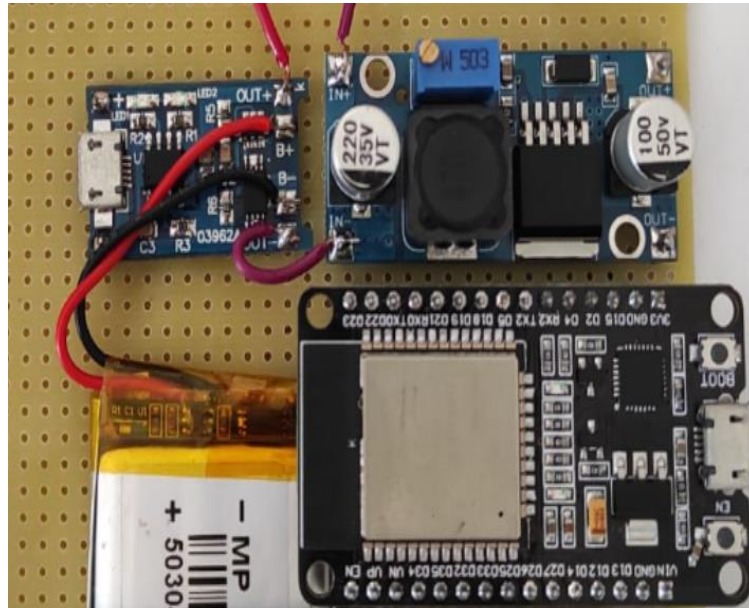


Fig. 17. Conexión del Módulo de fuente de alimentación STEP UP SX1308.

Considerando que este dispositivo será ocultado dentro de un vehículo, se necesita soldar todos los componentes en una placa para hacerlo más fácil de manipular, para lo cual se mantienen las conexiones de los pines de datos y se conectó voltaje y tierra a las salidas del elevador de potencia como se observa en la Fig. 18, también podemos tener una vista frontal del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global en la Fig. 19.

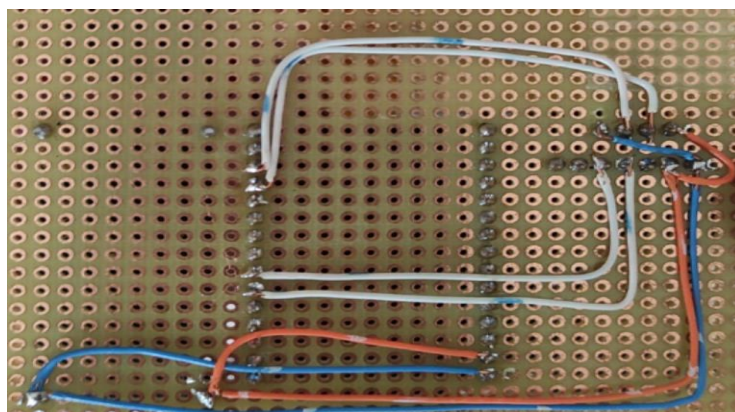


Fig. 18. Vista posterior del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

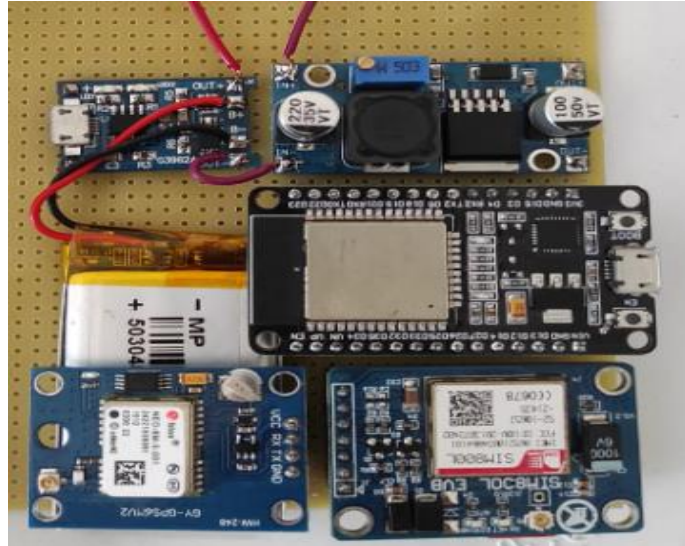


Fig. 19. Vista frontal del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global

Otro detalle a tomar en cuenta es que se necesitará diseñar una caja especial para contener el dispositivo y que los componentes no queden expuestos para ser manipulados por otras personas, para ello se consideró diseñar e imprimir esta caja en una impresora 3D, siendo un diseño sencillo pero funcional que protegerá el dispositivo, el diseño se puede observar en la Fig. 20.

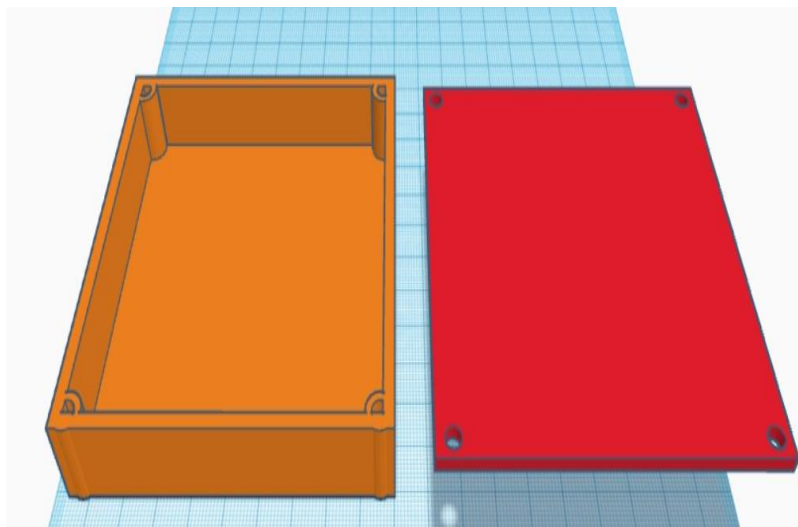


Fig. 20. Modelo 3D de la caja que contiene el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

5.6. Extracción de datos para diseñar un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping.

Para la recopilación y extracción de datos sobre lugares peligrosos de Santo Domingo, Ecuador, en primer lugar, se identificaron diversas páginas web y redes sociales, que sirvieron como fuente de información para ejecutar el scraping. En este caso se extrajo información de Twitter enfocándonos en páginas de noticias y publicaciones que proporcionan noticias de actos

delictivos en Santo Domingo de los Tsáchilas, para ello se realizó una investigación y análisis de la página de twitter y se identificó los patrones de los datos que se extraerán.

Para que se pueda realizar el raspado y extracción de información en la web, se utilizaron técnicas para web scraping como BeautifulSoup, Selenium y Scrapy.

5.6.1. Análisis del marco referencial entre BeautifulSoup Vs Selenium Vs Scrapy.

Tabla XV.

Análisis comparativo de las herramientas disponibles para realizar web scraping

| Atributos evaluados | BeautifulSoup | Scrapy | Selenium |
|-----------------------------------|---|--|---|
| Flexibilidad | Ideal para scraping de páginas estáticas y análisis de documentos HTML/XML. | Menos flexible que BeautifulSoup pero proporciona un marco robusto para proyectos de scraping más grandes y complejos. | Ideal para el scraping de páginas web dinámicas que requieren interacción con elementos de la página, como hacer clic en botones o completar formularios. |
| Velocidad | Rápido para páginas estáticas. | Moderadamente rápido. | Puede ser más lento debido a la necesidad de controlar un navegador real y ejecutar JavaScript. |
| Capacidad de Escalabilidad | Adecuado para proyectos más pequeños o tareas de scraping simples. | Ideal para proyectos grandes y complejos que involucran la extracción de datos de múltiples páginas web. | Adecuado para proyectos que requieren interacción dinámica con páginas web y scraping de páginas complejas con contenido generado dinámicamente. |
| Facilidad de Uso | Fácil de aprender y usar. | Tiene una curva de aprendizaje más empinada, pero proporciona más funcionalidades. | Relativamente fácil de usar, pero puede requerir un conocimiento más profundo para casos de uso más avanzados. |

Tabla XVI.

Continuación
Análisis comparativo de las herramientas disponibles para realizar web scraping

| Atributos evaluados | BeautifulSoup | Scrapy | Selenium |
|-----------------------------|--|---|---|
| Soporte JavaScript | No compatible con JavaScript. | No compatible con JavaScript (sin embargo, puede combinarse con herramientas como Splash para el scraping de páginas web que requieren JavaScript). | Compatible con JavaScript, lo que permite interactuar con elementos de la página y manejar páginas web dinámicas. |
| Casos de Uso Comunes | Extracción de datos de páginas web estáticas, análisis de documentos HTML/XML. | Scraping de páginas web grandes y complejas, extracción de datos de múltiples páginas web. | Scraping de páginas web dinámicas que requieren interacción con elementos de la página, como hacer clic en botones o completar formularios. |

Con la información proporcionada en la Tabla V, podemos determinar que para realizar scraping en una red social, la cual involucra el simular acciones como dar clic o realizar búsquedas personalizadas, además de requerir que la página tenga un desplazamiento hacia abajo constante, optamos por utilizar Selenium, la cual facilita en gran medida la extracción de datos y la identificación de elementos dentro de la página web con la ayuda de JavaScript.

Para obtener las zonas de peligro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, se generó un dataset con 85 de los principales barrios de la provincia, junto con sus coordenadas, para poder ser graficados en el mapa de forma sencilla. Posteriormente, iniciamos con el proceso de recolección de datos de la red social, con ayuda de Selenium se inicializa una nueva instancia de navegador, se simula el inicio de sesión y se realiza una búsqueda mediante palabras claves como (“noticias santo domingo ecuador”, “diario centro StoDgo”, “última hora santo domingo”, “accidentes Santo Domingo”, “Delincuencia en Santo Domingo”, “Asaltos en Santo Domingo”, entre otros), mediante este proceso de recopilación de datos se recolectaron 260 tweets relevantes que proporcionaban información de delitos reportados.

Una vez se dispone de la información necesaria tanto de los barrios como de las noticias publicadas, se realiza una comparación para verificar si los barrios registrados son nombrados dentro del contenido de los tweets e identificarlos como zonas de peligro que deben ser graficadas, lo cual se realiza mediante el consumo de una API que se encarga de registrar dicha zona de peligro y mostrarla en el mapa, para esto cabe mencionar que se obtuvieron 28 lugares reconocidos como peligrosos por el hecho de que se han cometido crímenes en esa zona como se observa en la Fig. 21.

```
In [157]: def coincide_con_twitter(barrio):
          return data_twitter["Tweets"].str.contains(barrio).any()

          # Aplicar la función a cada elemento en 'datos_excel.Barrio'
          datos_excel['Coincide'] = datos_excel['Barrio'].apply(coincide_con_twitter)

          # Filtrar las filas en 'datos_excel' donde 'Coincide' es True
          fila_coincidencia = datos_excel[datos_excel['Coincide']]

          # Imprimir el nuevo dataframe con la información del dataframe 2
          print(fila_coincidencia)
```

| | Barrio | Latitud | Longitud | Coincide |
|----|-----------------------------------|-----------|------------|----------|
| 0 | 10 de Agosto | -0.261734 | -79.165624 | True |
| 3 | 3 de Julio | -0.254401 | -79.172761 | True |
| 5 | Abraham Calazacón | -0.249009 | -79.163293 | True |
| 14 | Barrio Zaracay | -0.241888 | -79.157342 | True |
| 15 | Bellavista | -0.238911 | -79.152541 | True |
| 36 | Cooperativa El Proletariado | -0.281661 | -79.212044 | True |
| 41 | Cooperativa Montoneros de Alfaro | -0.243238 | -79.207694 | True |
| 42 | Cooperativa Nueva Aurora | -0.252167 | -79.188046 | True |
| 45 | Cooperativa Santa Martha Sector 1 | -0.253702 | -79.176288 | True |
| 51 | El Cisne | -0.250269 | -79.366728 | True |
| 53 | El Dorado | -0.261159 | -79.128163 | True |
| 56 | El Paraiso | -0.253897 | -79.121474 | True |
| 59 | El Porvenir de Toachi | -0.157161 | -79.151703 | True |
| 62 | El Sueño de Bolívar | -0.223122 | -79.161584 | True |
| 66 | Gran Colombia | -0.252097 | -79.188110 | True |
| 68 | Concordia | -0.263495 | -79.196539 | True |
| 69 | Los Rosales 4ta Etapa | -0.253702 | -79.176320 | True |
| 70 | Aloag | -0.270490 | -79.094363 | True |

Fig. 21. Barrios de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas identificados como zonas de peligro.

5.7. Pruebas de integración y comunicación entre el dispositivo IoT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Para la integración de las zonas de peligro obtenidas mediante el web scraping, Traccar proporciona dos maneras de hacerlo, mediante su interfaz gráfica o mediante la utilización de una de las Apis proporcionadas.

Para el consumo de la API antes mencionada se requirió definir la estructura correcta de los datos para que el cuerpo de la petición se adapte a lo que necesitamos, debido a que la plataforma de rastreo admite geozonas circulares, poligonales y lineales, en este caso optamos por la implementación de geozonas circulares, ya que se dispone únicamente de las coordenadas de un punto. La estructura de la data para definir una geozona circular requiere adicional a las coordenadas del punto de origen el valor del radio, por ende, definimos un radio de 200 metros que delimita la zona de peligro como se observa en la Fig. 22.

```

# Iterar sobre cada fila del DataFrame
for index, fila in fila_coincidencia.iterrows():
    # Construir el objeto JSON para cada fila
    objeto_json = {
        "name": fila['Barrio'],
        "description": "Zona de Peligro",
        "area": f"CIRCLE({fila['Latitud']} {fila['Longitud']}, 200)",
        "calendarId": 0,
        "attributes": {}
    }
    # Agregar el objeto JSON a la Lista de resultados
    resultados.append(objeto_json)
    respuesta = consumir_api_post(objeto_json)
    print(respuesta)

```

Fig. 22. Estructura de la data del cuerpo de la petición tipo POST a la API de la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Una vez definida la estructura de los datos y enviada la información a través de la API de creación de geozonas, podemos visualizar en la Fig. 23 cómo se crearon las geozonas o zonas de peligro obtenidas mediante la verificación del contenido de los tweets recolectados.

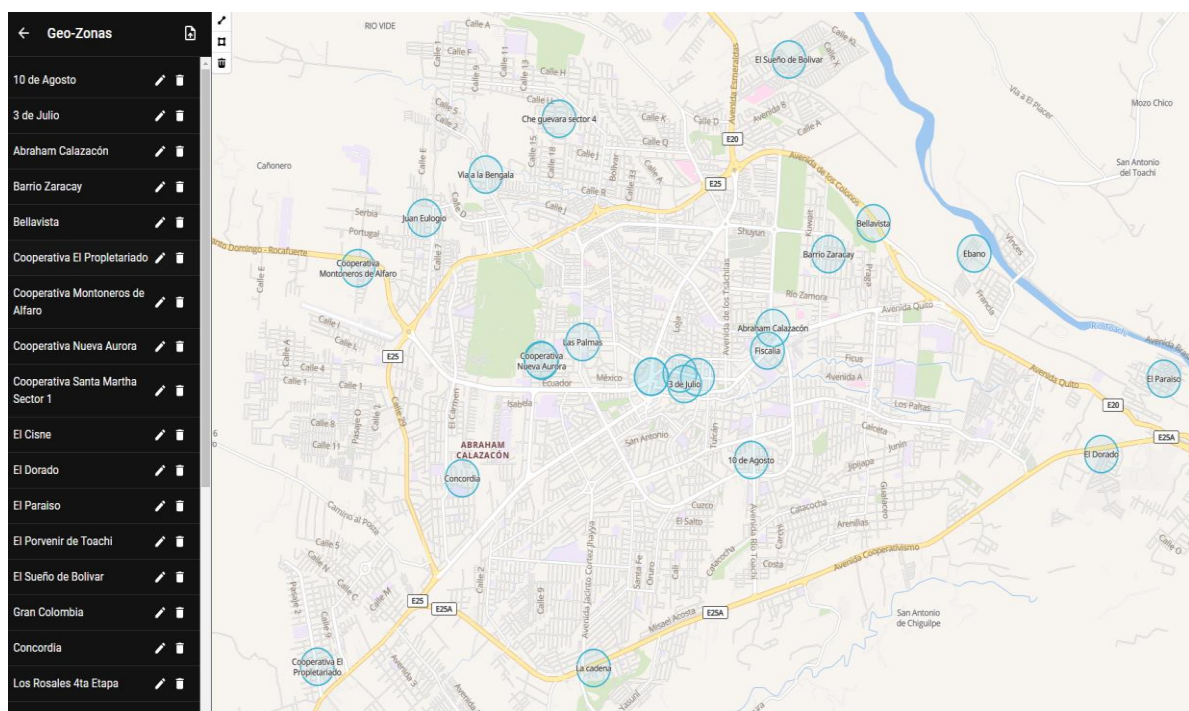


Fig. 23. Zonas de peligro identificadas mediante web scraping.

Para que el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global, sea visible desde Traccar, se debe utilizar el identificador del dispositivo, el cual debe ser un identificador único y debe coincidir con el identificador que envía el dispositivo hacia el servidor como se puede observar en la Fig. 24.



Fig. 24. Registro de dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global en la plataforma Traccar.

Una vez se han registrado las zonas de peligro y el dispositivo IoT, estos se mostrarán en el mapa como se observa en la Fig. 25, en este punto en que ya tenemos una visualización completa tanto del dispositivo IoT como de las zonas de peligro podemos indicar que la integración ha tenido éxito.

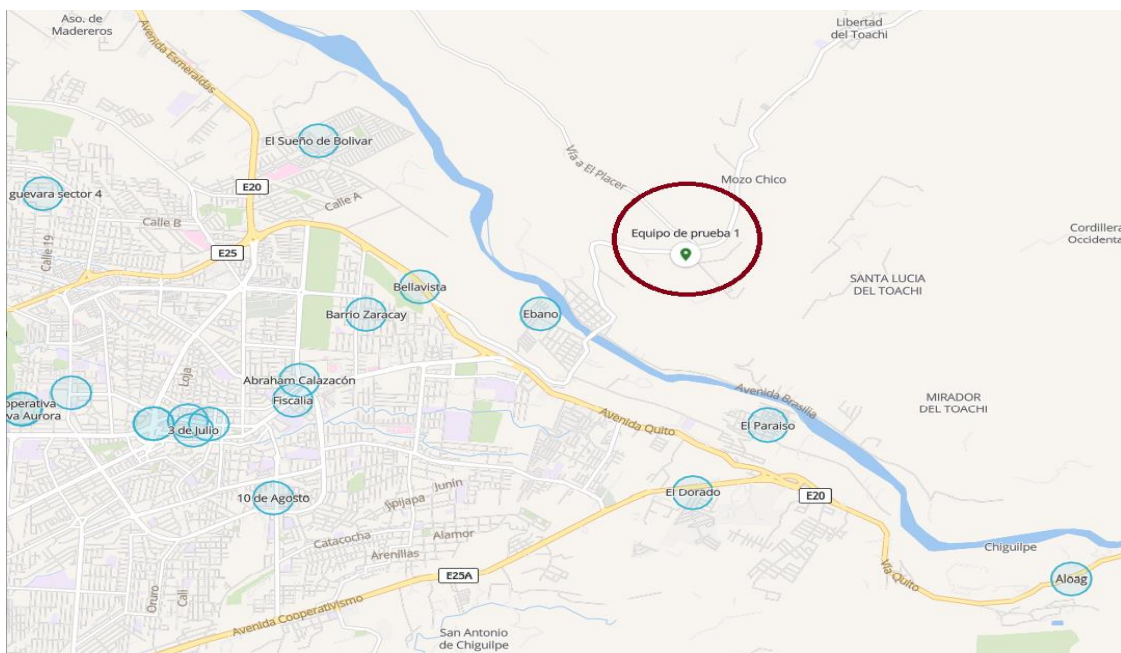


Fig. 25. Integración y comunicación entre el dispositivo IOT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Para facilitar el uso de la plataforma de seguimiento mediante GPS, se optó por diseñar una aplicación móvil, a la cual los usuarios tendrán acceso y podrán conocer dónde se encuentra el dispositivo, las zonas de peligro en el mapa y recibir alertas en caso de ingresar en una zona de peligro, estas Funcionalidades pueden observarse en la Fig. 26 y la Fig. 27.

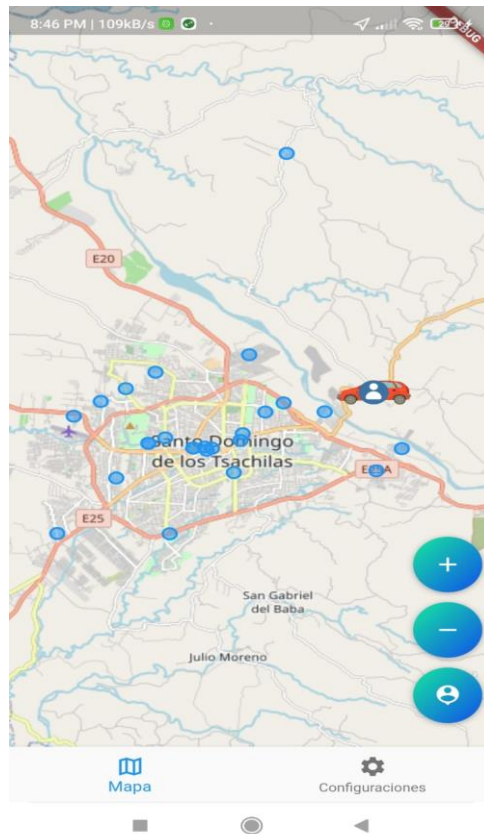


Fig. 26. Visualización del mapa con zonas de peligro y dispositivos en la aplicación móvil.

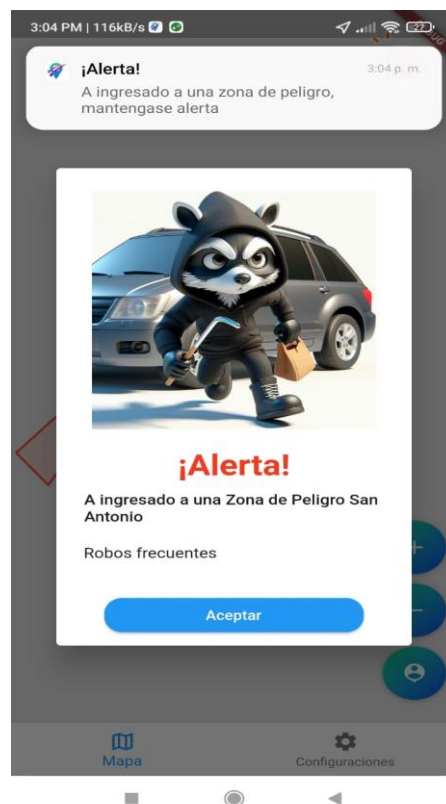


Fig. 27. Visualización de los mensajes de alerta al ingresar a una zona de peligro.

5.8. Pruebas de usabilidad.

Después de la ejecución de todas las pruebas de integración, se observó que se puede obtener con precisión la ubicación del dispositivo y se puede visualizar claramente las zonas de peligro en el mapa desde la aplicación móvil. En la Fig. 28 se presenta una visualización de cómo el dispositivo IoT es visualizado dentro de la aplicación y cómo se visualizan las zonas de peligro recopiladas mediante web scraping, demostrando la viabilidad de la implementación y uso del dispositivo IoT para conocer la ubicación en tiempo real de un vehículo y percatarse de los peligros latentes en la ruta tomada.

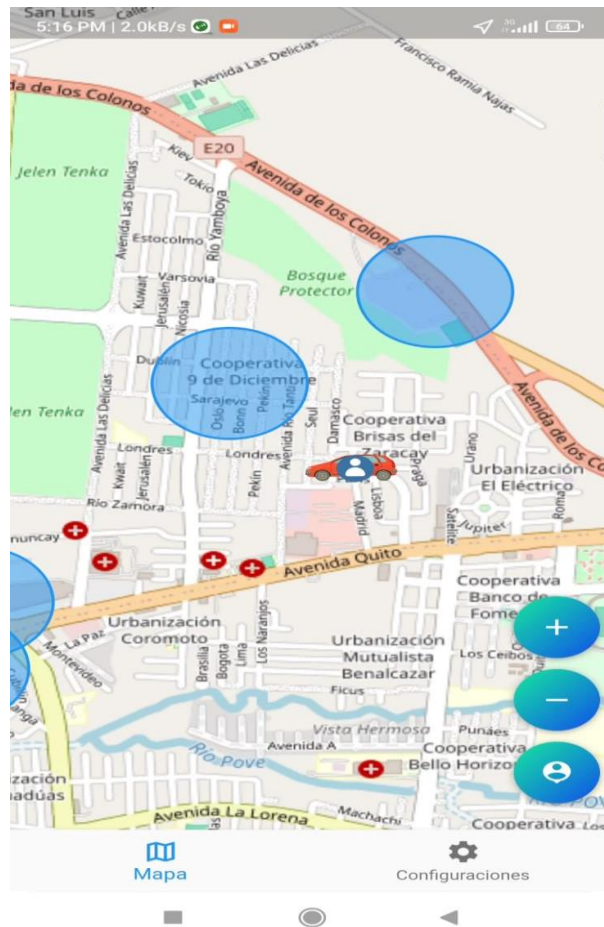


Fig. 28. Visualización del dispositivo IoT y las zonas de peligro desde la aplicación móvil.

5.9. Problemas de conexión de los módulos GPS y GSM/GPRS

Los módulos GPS y GSM/GPRS que incorpora el dispositivo IoT, son dispositivos con una potencia reducida que requiere que el mismo se encuentre en una zona abierta, debido a que el módulo GPS necesita conectarse a los satélites para proporcionar la información de su posición en tiempo real y el módulo GSM/GPRS necesita conectarse a la red móvil para proporcionar internet al dispositivo y que este se comunique con el servidor de Traccar para

visualizar el dispositivo, dentro de lugares cerrados como una casa estas conexiones son débiles y provocan que el dispositivo pierda la conexión con el servidor y el dispositivo no sea rastreado (Obsérvese la Fig. 29).

Para solucionar este problema, se requiere implementar módulos más potentes que sean capaces de proporcionar una conexión dentro de una casa o un edificio. Sin embargo, considerando que el dispositivo está diseñado para ser llevado dentro de un vehículo, este problema pierde relevancia debido a que los vehículos se desplazan por carreteras, las cuales son consideradas lugares abiertos y no existe problemas de conexión con los satélites.

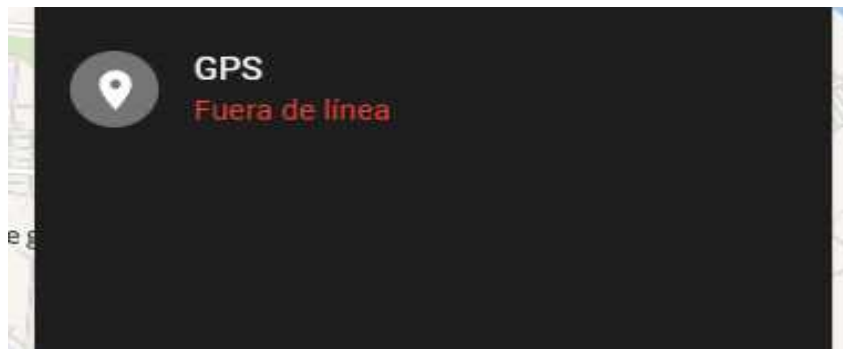


Fig. 29. Mensaje de alerta que muestra el estado de desconexión del dispositivo con el servidor.

6. Resultados

6.1. Resultados en el proceso de Armado del dispositivo IoT para Servicios de posicionamiento global.

En el inicio del proceso de diseño y armado del dispositivo, debido a la falta de experiencia con el manejo de módulos GPS y módulos GSM/GPRS, se pensaba que los módulos no funcionaban correctamente, al no establecer conexión con los satélites correspondientes. Este inconveniente nos llevó a investigar más acerca de los módulos usados, después de una serie de pruebas y optimizaciones, se llegó al entendimiento de que las potencias manejadas por estos equipos no son lo suficientemente potentes para establecer sus conexiones en lugares cerrados como casas o edificios, estos dispositivos requieren estar en un lugar abierto, lo cual no es un inconveniente analizando que el dispositivo está diseñado y pensado para ser ocultado en un vehículo. La Fig. 30 presenta una imagen del dispositivo IoT con sus leds encendidos, indicando que se ha establecido conexión con los satélites de servicio de GPS y las antenas de la operadora de la red móvil, el establecimiento de la conexión de los dispositivos es necesario tanto para obtener la posición del dispositivo como para enviar los datos a la plataforma de seguimiento.

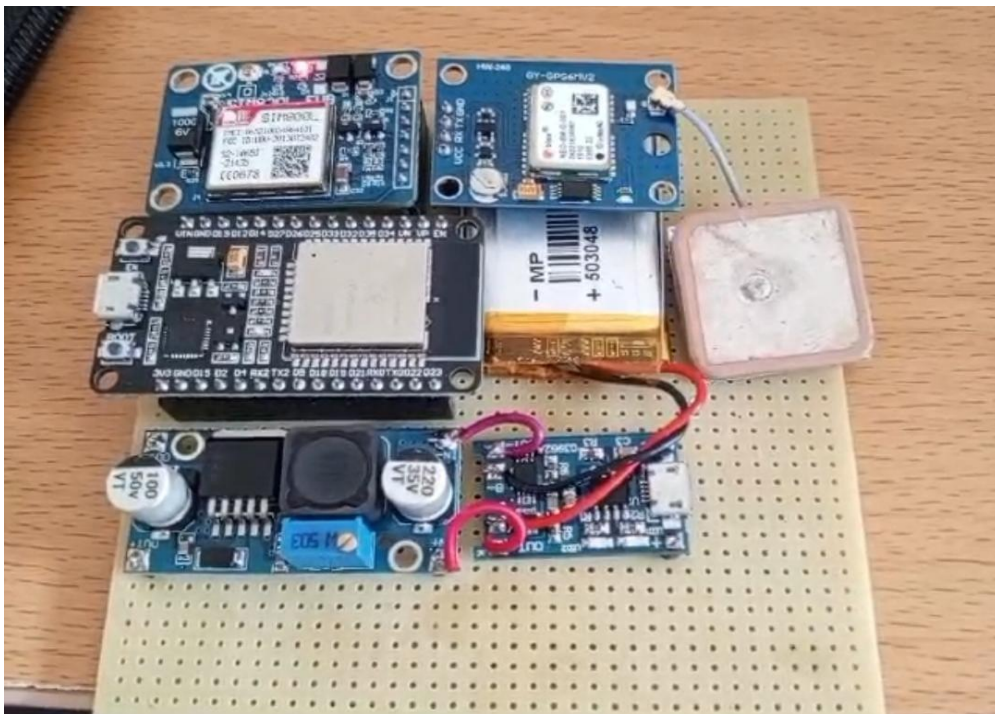


Fig. 30. Dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

6.2. Resultados de la extracción de datos para diseñar un sistema de recomendación de lugares peligrosos basado en mapas de calor y web scraping.

Durante el proceso de extracción de datos, se tuvo que realizar una gran cantidad de pruebas para conseguir información valiosa que identificara lugares específicos de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Mediante las pruebas realizadas se recopiló varios archivos en los cuales no se obtuvo información relevante que ayude a obtener ubicaciones o zonas de peligro específicas o que concuerden con los barrios recopilados para el análisis como se observa en la Fig. 31.

| Tweets |
|--|
| MILLONARIA INVERSIÓN DE CARNAVAL |
| Balacera en mucho lote 1 hace unos momentos, le disparan a un chico por no dejarse robar |
| #Esmeraldas: Faltan 48 reos en cárcel de varones, según conteo de Policía y FF. AA. |
| #Machala La noche del jueves 11 de enero, internos abrieron la puerta de la cárcel y lanzaron el bulto hacia la calle. Los policías que se |
| #Esmeraldas Se reportan fuertes enfrentamientos en la cárcel de Esmeraldas. |
| #Manabi |
| Vídeo muestra la explosión de un patrullero de la policía nacional en El Empalme |
| #Guayaquil |
| #ATENCIÓN Tras un robo en el centro comercial 'La Rotonda', en Guayaquil, la |
| #Guayaquil Un apagón en un parque de diversiones de Guayaquil Ecuador, deja las personas colgando en los aparatos eléctricos |
| #Guayaquil |
| #Duran |

Fig. 31. Datos recopilados mediante web scraping.

Al depender en gran medida del contenido escrito por los usuarios en cada uno de sus tweets, se requirió utilizar diferentes inputs para recopilar la mayor cantidad de datos posibles, para este punto fue necesario el saber identificar palabras claves y conjuntos de palabras que mostraban publicaciones sobre delitos cometidos en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Aplicando una búsqueda adecuada se logró obtener alrededor de 260 tweets como se observa en la Fig. 32, los cuales fueron analizados mediante programación para identificar si contenían información de relevancia y que coincida con alguno de los barrios identificados en un segundo archivo, para de esta manera obtener las coordenadas de los puntos que se consideran zonas de peligro por tener incidencias delictivas.

| |
|--|
| Tweets |
| Santo Domingo De Los Colorados, Ecuador 3 de Julio |
| Lo confirmo, en Santo Domingo uno encuentra las mejores parrilladas del Ecuador. |
| ATENCIÓN VÍA SANTO DOMINGO - A lo largo CERRADA POR DESLIZAMIENTO La Comisión de Tránsito del Ecuador, informa a la ciudadanía que en el km. 83 recinto La Bolívar de la E-20, #SantoD |
| Con la finalidad de fortalecer a una provincia productiva y polo de desarrollo económico del Ecuador se coordina acciones interinstitucionales para construir el Centro de Faenamiento del Tránsito 1/2 |
| #Ecuador #trafico Darío Z., investigado por tráfico ilícito fue detenido en la Cooperativa Santa Martha Sector 1 en Santo Domingo. La Fiscalía identificó como operaba. #LealoEnET: http:// |
| PRESENTACIÓN DE PROYECTO DE LEY |
| @geovanybenitezc |
| , asamblea de Santo Domingo de los Tsáchilas, hace la presentación del Proyecto de Ley Reformatoria al Código Orgánico Administrativo #COA, mismo que ingresará hoy por Gestión D |
| #Vinces #MuertesViolentas Las víctimas de este hecho violento son de Los Ríos y Santo Domingo. #LealoEnET: http://tinyurl.com/2ccl4yty |
| Vía a el telegrafo |
| #ACTUALIZACIÓN La vía a Alag-Santo Domingo fue habilitada al mediodía de este martes, mientras que en la Cuenca-Molleturo-El Empalme hay un carril habilitado. https://primicias.ec/no |
| #ATENCIÓN |
| La asamblea de Santo Domingo de los Tsáchilas, |
| @geovanybenitezc |
| , realiza la presentación del Proyecto de Ley de Reforma al Código Orgánico Administrativo #COA, el cual será ingresado hoy mediante la Gestión Documental de la Asamblea Nacional. |
| #Efeméride |
| Feliz día a queridos estudiantes y profesores de la Carrera de #DerechoPUCESD 10 de Agosto |
| En 1945 se instituyó que el 20 de febrero se conmemore en Ecuador el Día del Abogado, a propósito del centenario del nacimiento de Luis Borja Pérez, jurista y político ecuatoriano. |
| No funcionaban las cámaras de seguridad de la cárcel de Santo Domingo |
| Asesinatos de abogados, alcaldes, policías, amenazas a ministros, intento de sicariato a fiscales, robos de cajeros automáticos, motines en cárceles, inseguridad a toda hora. Ecuador en caos |
| @LassoGuillermo |
| ALERTA Incendio en naran en Santo Domingo. Última víctima más ahora en los Rocales. #Ecuador |

Fig. 32. Datos utilizados para obtener las zonas de peligro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

6.3. Resultados de pruebas de integración y comunicación entre el dispositivo IoT y el sistema de recomendación con la plataforma de seguimiento por GPS Traccar.

Durante las pruebas de integración del dispositivo IoT y el sistema de recomendaciones con la plataforma de seguimiento por GPS, se observó que el consumo de recursos del servidor se encontraba muy elevado por la utilización de los websockets como se observa en la Fig. 33, teniendo en cuenta que el servidor se consideraba un servidor para usos básicos que disponía de 2 VCPUs y de 2 GB de memoria RAM y tomando en cuenta que el back-end de la plataforma de rastreo mediante GPS está desarrollada en Spring Boot y debido a la robustez del sistema, se optó por realizar una actualización al servidor contratando con el mismo proveedor un servidor más potente que dispone de 4 VCPUs y de 6 GB de memoria RAM como se visualiza en la Fig. 34, de esta manera se visualizó un cambio considerable en el rendimiento del sistema, al mantener recursos libres y evitar la saturación del servidor.

```

0[|||||||||||||||||||||||||||||99.7%] Tasks: 642, 4280 thr; 2 running
1[|||||||||||||||||||||||||||95.3%] Load average: 13.25 8.45 5.21
Mem[|||||||||||||||||||||||||1.81G/1.92G] Uptime: 2 days, 02:25:51
Swp[|||||0K/0K]

  PID USER      PRI  NI  VIRT   RES   SHR S  CPU%MEM%  TIME+ Command (merged)
10040 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 56.7 20.5 1h18:34 /usr/sbin/mysqld
96875 root         20    0 2693M 489M   0 S 41.4 24.9 2:04.01 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
97025 root         20    0 1070M 6876   0 R 18.2 0.3 0:01.58 /usr/lib/snapsd/snapsd
79524 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 10.1 20.5 0:56.81 /usr/sbin/mysqld|connection
79701 root         20    0 13332 8216   2144 R 10.1 0.4 42:22.08 /usr/bin/htop
11389 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 9.4 20.5 36:26.18 /usr/sbin/mysqld|ib_log_files_g
96911 root         20    0 2693M 489M   0 R 8.8 24.9 0:13.41 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
96909 root         20    0 2693M 489M   0 S 8.1 24.9 0:14.85 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
11781 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 6.5 20.5 7:12.11 /usr/sbin/mysqld|ib_clone_gtid
97026 root         20    0 1070M 6876   0 R 6.5 0.3 0:00.37 /usr/lib/snapsd/snapsd
11300 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 5.7 20.5 1:10.23 /usr/sbin/mysqld|ib_pg_flush_co
96898 root         20    0 2693M 489M   0 R 5.7 24.9 0:01.91 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
96913 root         20    0 2693M 489M   0 R 5.7 24.9 0:01.90 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
96973 root         20    0 2693M 489M   0 S 5.2 24.9 0:07.99 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
  741 root         20    0 1324M 13080 0 S 4.4 0.7 10:10.69 /usr/bin/containerd
11388 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 4.4 20.5 3:32.83 /usr/sbin/mysqld|ib_log_writer
96902 root         20    0 2693M 489M   0 S 2.9 24.9 0:05.85 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
96903 root         20    0 2693M 489M   0 S 2.9 24.9 0:04.47 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
11386 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 2.3 20.5 2:33.90 /usr/sbin/mysqld|ib_log_flush
11669 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 2.3 20.5 1:46.31 /usr/sbin/mysqld|ib_src_main
11298 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 2.1 20.5 0:30.00 /usr/sbin/mysqld|ib_io_wr-3
11387 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 2.1 20.5 2:28.50 /usr/sbin/mysqld|ib_log_wr_notif
11699 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 2.1 20.5 1:01.26 /usr/sbin/mysqld|xpl_accept-1
  748 root         20    0 1324M 13080 0 D 1.8 0.7 2:42.13 /usr/bin/containerd
11385 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 1.8 20.5 2:31.55 /usr/sbin/mysqld|ib_log_fl_notif
71305 root         20    0 17512 5540 2772 S 1.8 0.3 0:26.64 /usr/sbin/sshd|sshd: root@pts/0
  751 root         20    0 1324M 13080 0 S 1.6 0.7 1:56.37 /usr/bin/containerd
44607 root         20    0 1324M 13080 0 D 1.3 0.7 0:58.36 /usr/bin/containerd
97023 root         20    0 2693M 489M   0 S 1.3 24.9 0:00.22 /usr/lib/jvm/java-11-openjdk/bin
11297 lxd          20    0 1787M 403M   0 D 1.0 20.5 0:30.53 /usr/sbin/mysqld|ib_io_wr-2
11299 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 1.0 20.5 0:29.54 /usr/sbin/mysqld|ib_io_wr-4
  1 root         20    0 162M 4160 720 D 0.8 0.2 1:56.69 /usr/lib/systemd/systemd|sbin/i
11384 lxd          20    0 1787M 403M   0 S 0.8 20.5 0:52.03 /usr/sbin/mysqld|ib_log_checkpoint
96418 root         20    0 1128M 764 0 S 0.8 0.0 0:00.03 /usr/bin/docker-proxy -proto tcp

F1Help F2Setup F3Search F4Filter F5Tree F6SortBy F7Nice F8Nice F9Kill F10Quit

```

Fig. 33. Servidor básico de 2 VCPUs y 2 GB de memoria RAM.

```

0[|||||0.6%] Tasks: 644, 4737 thr; 1 running
1[|||||||16.3%] Load average: 0.19 0.05 0.01
2[|||||0.6%] Uptime: 32 days, 13:45:14
3[|||||0.6%]
Mem[|||||||||||||||||||||||||2.83G/5.78G]
Swp[|||||0K/0K]

  PID USER      PRI  NI  VIRT   RES   SHR S  CPU%MEM%  TIME+ Command
135392 root         20    0 13872 10128 3528 R 13.5 0.2 0:02.18 htop
  1 root         20    0 163M 11288 6392 S 0.0 0.2 1:21.48 /sbin/init
340 root         19 -1 222M 172M 171M S 0.0 2.9 2:20.11 /lib/systemd/systemd-journald
374 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 5:56.21 /sbin/multipathd -d -s
381 root         20    0 25484 5296 3660 S 0.0 0.1 0:13.53 /lib/systemd/systemd-udev
384 root         20    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 0:00.00 /sbin/multipathd -d -s
386 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 0:00.00 /sbin/multipathd -d -s
387 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 0:00.00 /sbin/multipathd -d -s
388 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 0:05.51 /sbin/multipathd -d -s
389 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 4:05.42 /sbin/multipathd -d -s
390 root         RT    0 282M 27100 9072 S 0.0 0.4 0:00.00 /sbin/multipathd -d -s
480 systemd-t 20    0 89360 4736 3928 S 0.0 0.1 0:16.14 /lib/systemd/systemd-timesyncd
542 systemd-t 20    0 89360 4736 3928 S 0.0 0.1 0:00.00 /lib/systemd/systemd-timesyncd
557 messagebu 20    0 8992 4656 3656 S 0.0 0.1 0:05.70 @dbus-daemon --system --address=systemd: --nofork --nopidfile --systemd-
568 root         20    0 82772 3680 3332 S 0.0 0.1 1:45.66 /usr/sbin/irqbalance --foreground
576 root         20    0 80052 1800 1600 S 0.0 0.0 0:00.00 /usr/sbin/qemu-ga
578 syslog     20    0 217M 5320 3804 S 0.0 0.1 0:59.46 /usr/sbin/rsyslogd -n -iNONE
580 root         20    0 80052 1800 1600 S 0.0 0.0 0:00.00 /usr/sbin/qemu-ga
585 root         20    0 1505M 26808 14232 S 0.0 0.4 4:59.71 /usr/lib/snapsd/snapsd
592 root         20    0 82772 3680 3332 S 0.0 0.1 0:00.00 /usr/sbin/irqbalance --foreground
593 root         20    0 15484 5700 4712 S 0.0 0.1 0:14.28 /lib/systemd/systemd-logind
599 root         20    0 383M 11756 9600 S 0.0 0.2 0:08.60 /usr/libexec/udisks2/udisksd
601 root         20    0 383M 11756 9600 S 0.0 0.2 0:00.00 /usr/libexec/udisks2/udisksd
603 root         20    0 383M 11756 9600 S 0.0 0.2 0:00.03 /usr/libexec/udisks2/udisksd
608 syslog     20    0 217M 5320 3804 S 0.0 0.1 0:00.95 /usr/sbin/rsyslogd -n -iNONE
609 syslog     20    0 217M 5320 3804 S 0.0 0.1 0:31.12 /usr/sbin/rsyslogd -n -iNONE
610 syslog     20    0 217M 5320 3804 S 0.0 0.1 0:26.62 /usr/sbin/rsyslogd -n -iNONE
615 systemd-n 20    0 16252 6144 5104 S 0.0 0.1 1:06.65 /lib/systemd/systemd-networkd
669 systemd-r 20    0 25556 10492 6300 S 0.0 0.2 0:13.47 /lib/systemd/systemd-resolved
757 root         20    0 1505M 26808 14232 S 0.0 0.4 0:14.46 /usr/lib/snapsd/snapsd
759 root         20    0 107M 21468 13340 S 0.0 0.4 0:00.17 /usr/bin/python3 /usr/share/unattended-upgrades/unattended-upgrade-shutd

F1Help F2Setup F3Search F4Filter F5Tree F6SortBy F7Nice F8Nice F9Kill F10Quit

```

Fig. 34. Consumo de recursos del servidor actualizado de 4 VCPUs y 6 GB de memoria RAM.

6.3.1. Prueba de funcionamiento en ambiente Urbano-Rural

Una vez solventado el problema de recursos del servidor, se ejecutó pruebas para verificar que el sistema de rastreo reciba correctamente los datos enviados por el dispositivo IoT durante el recorrido de un vehículo entre dos puntos. Como primer paso, se procedió a colocar el dispositivo en el vehículo como se observa en la Fig. 35 y se empezó un recorrido desde la cooperativa Brisas del Zaracay (Obsérvese la Fig. 37) hasta el Km 4/2 de la vía a las Mercedes (Obsérvese la Fig. 38) con la finalidad de analizar la conectividad en un ambiente urbano y un ambiente rural. El recorrido se realizó respetando las leyes de tránsito y se pudo visualizar el recorrido del vehículo a lo largo todo el trayecto. Sin embargo, se identificó un tramo del trayecto en el que los envíos de datos de posicionamiento global se detuvieron, debido a que por la ubicación existió un bajo nivel de señal, como se observa en el mapa de cobertura de la operadora claro en la Fig. 39. Por este motivo, el dispositivo IoT se desconectó de la red móvil y los datos de posicionamiento global no eran enviados al servidor y se perdió la comunicación en tiempo real del dispositivo.



Fig. 35. Colocación del dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global en el vehículo.

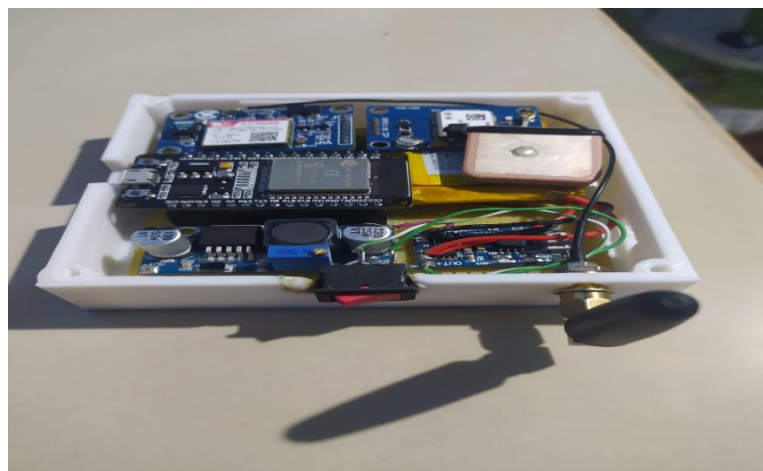


Fig. 36. Dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

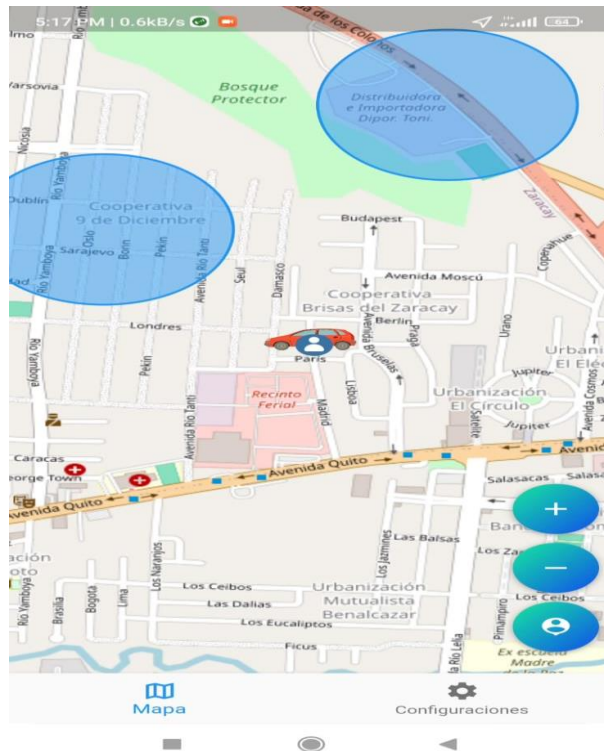


Fig. 37. Inicio del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

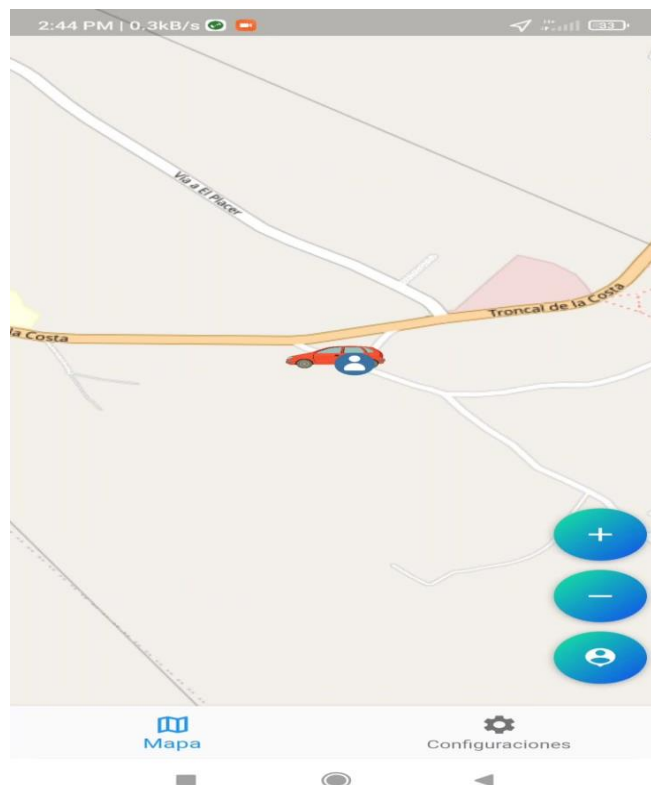


Fig. 38. Fin del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global.

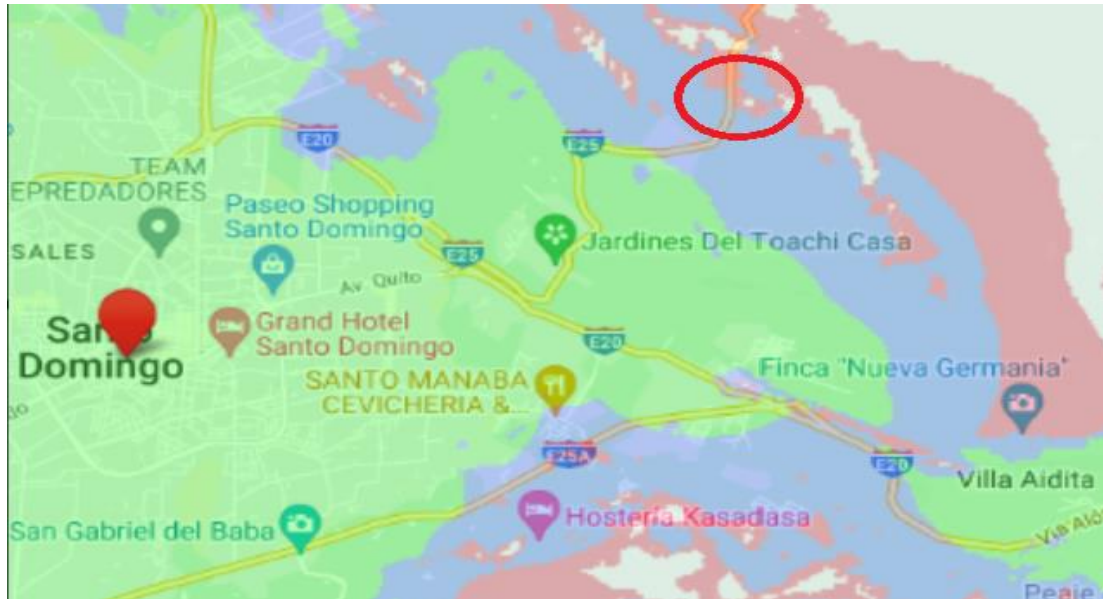


Fig. 39. Tramo sin conexión del dispositivo IoT visualizado en el mapa de cobertura 2G de la operadora móvil Claro. [31]

A pesar de que existe dicho problema de desconexión por lo general se mantiene un envío de datos constante y se mantiene una comunicación estable entre el dispositivo IoT y la plataforma de rastreo siendo óptimo para ser usado dentro de las zonas urbanas en las cuales existe una mayor cobertura y una conexión más estable con las antenas del operador de telefonía móvil.

6.3.2. Prueba de funcionamiento en Ambiente urbano

Para la prueba de funcionamiento en un ambiente urbano se definió una ruta que tomo como punto de inicio la cooperativa Brisas del Zaracay (Obsérvese la Fig. 40) y termino en el Mercado central de la ciudad de Santo Domingo (Obsérvese la Fig. 41). Este recorrido se realizó con la finalidad de analizar la conectividad en un ambiente urbano en el cual la conexión con el operador de telefonía móvil es mejor al disponer de una mayor cobertura. El recorrido se realizó de respetando las leyes de tránsito y se pudo visualizar el recorrido del vehículo a lo largo todo el trayecto. Durante esta prueba también se pasó por varias zonas consideradas peligrosas, por lo cual el sistema de recomendaciones nos notificó la situación como se observa en la Fig. 42, lo cual brinda información que puede ser utilizada para la toma de decisiones.

En este caso no existieron problemas de desconexión y pérdida de comunicación entre el dispositivo IoT y la plataforma de seguimiento por GPS, observando el mapa de señal

visualizado en la Fig. 43 se aprecia que a lo largo de todo el recorrido existe un nivel de señal favorable, lo que beneficia a el funcionamiento del dispositivo y el monitoreo del vehículo.

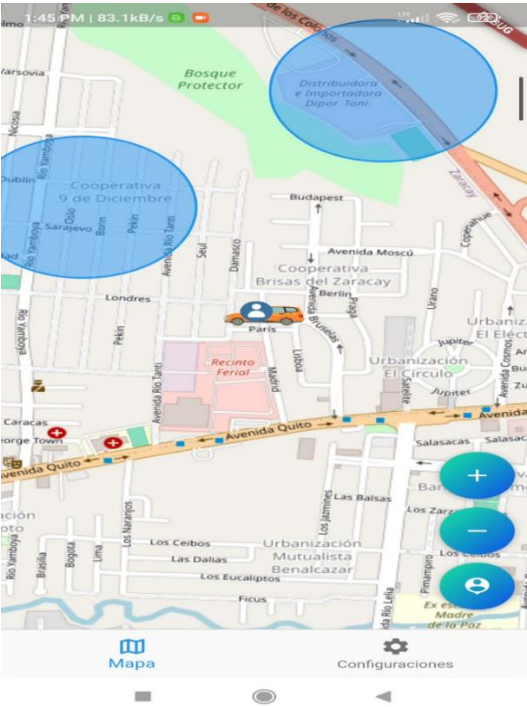


Fig. 40. Inicio del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global (Ambiente Urbano).



Fig. 41. Fin del recorrido del vehículo con el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global (Ambiente Urbano).

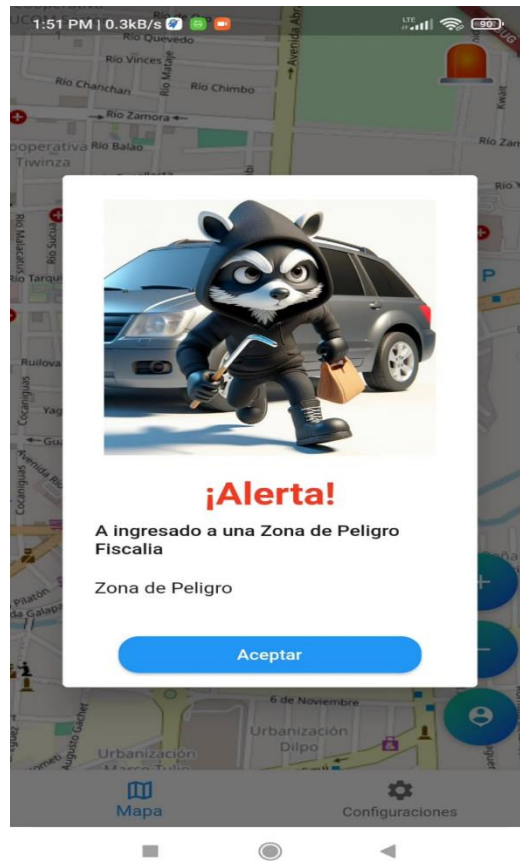


Fig. 42. Alerta de ingreso a una zona de peligro durante la prueba en ambiente urbano.

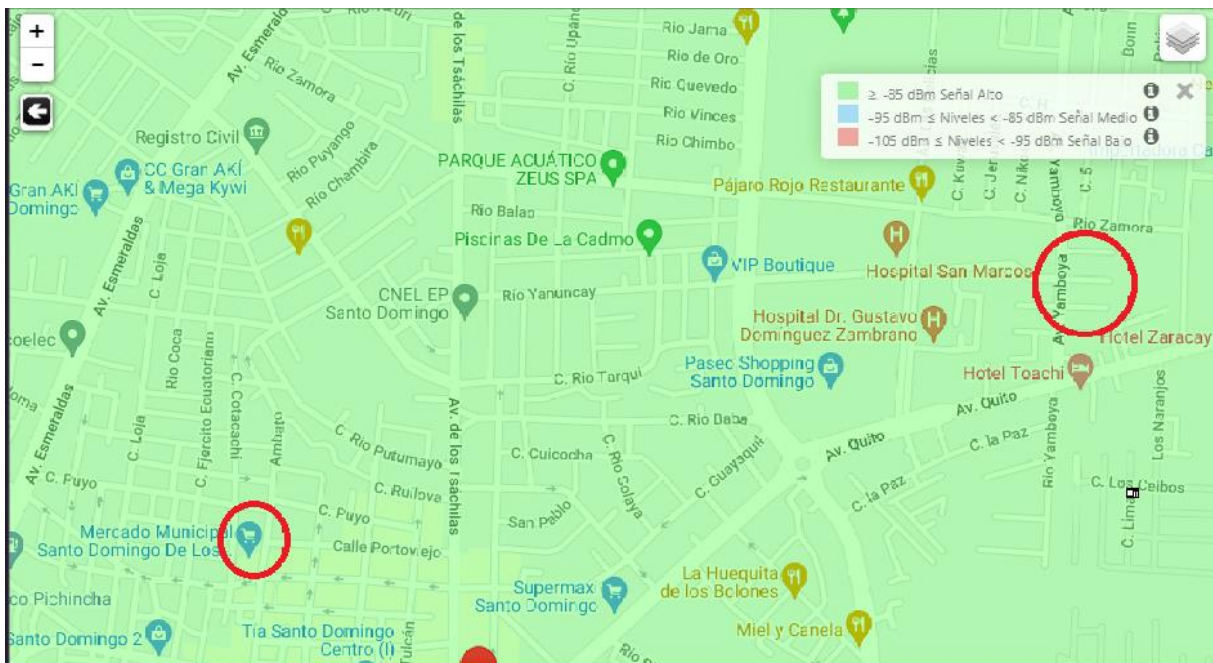


Fig. 43. Mapa de cobertura 2G claro, para tramo recorrido en un ambiente urbano. [31]

Mediante esta prueba se pudo constatar que cuando tenemos un ambiente optimo se logra obtener una conectividad constante entre los elementos que componen el dispositivo IoT, el sistema de recomendaciones, la plataforma de seguimiento y la aplicación móvil

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

Después de un minucioso análisis y evaluación de los distintos sistemas de rastreo satelital por GPS, se destaca que comparten en su mayoría funcionalidades similares, con mejoras enfocadas en la integración con las partes mecánicas de un vehículo. Aunque las interfaces y funcionalidades de los sistemas de rastreo satelital actuales disponen de un amplio catálogo de acción, se mantiene con un funcionamiento tradicional, en el que se identifica un dispositivo GPS y se verifica la ubicación del mismo, también se han añadido opciones como el apagado del motor del vehículo o el bloqueo del mismo al salir de una zona definida, paradójicamente estas opciones llegan a limitar la circulación del vehículo y dificultar el desplazamiento del mismo en casos en los que se requiere. Al comparar los sistemas de rastreo satelital por GPS con el sistema diseñado, encontramos que la principal diferencia es que los sistemas de rastreo comerciales no disponen de un sistema de recomendaciones que notifique a los usuarios de la situación en los lugares por los que se desplazan por ende un sistema de recomendación puede aportar ventajas y beneficios interesantes si se realiza un correcto proceso de web scraping.

El ensamblaje y construcción de un dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global presenta un desafío en sí mismo. Aunque se disponga de todos los módulos y se disponga de una guía del funcionamiento de cada uno de ellos, la problemática puede radicar en la codificación, en la cual se pueden definir varias formas de leer la información por los pines de datos o las diferentes maneras de acceder a la información del módulo GPS, adicionalmente hay que tener en cuenta que se depende en gran medida de la señal del operador de telefonía móvil que se utilice, debido que cada uno dispone de sus antenas y estas pueden proporcionar más o menos señal en diferentes puntos de la ciudad, lo que puede afectar al envío de datos hacia el sistema de rastreo satelital por GPS.

El proceso de obtención de las zonas de peligro mediante web scraping, conlleva una gran dificultad al depender en gran medida de lo escrito por las personas en las publicaciones realizadas. Es necesario utilizar palabras claves y grupos de palabras que proporcionen resultados que sean de utilidad para la identificación de lugares en los que se han cometido delitos.

Para responder nuestra pregunta de investigación inicialmente planteada: ¿Es factible desarrollar un dispositivo IoT que combine servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos, utilizando mapas de calor y web scraping?, se

concluyó entonces que a través de todo el proceso experimental realizado, el desarrollo de un dispositivo IoT que combine servicios de posicionamiento global con un sistema de recomendación de lugares peligrosos, utilizando mapas de calor y web scraping, es factible tanto a nivel operativo (visualización del dispositivo IoT y notificaciones de ingreso a lugares peligrosos) como a nivel de integración.

7.2. Recomendaciones

A pesar del correcto funcionamiento del dispositivo IoT en zonas urbanas y rurales, existen oportunidades de mejora. Por ejemplo, utilizar módulos GPS o GSM/GPRS que dispongan de una mayor potencia para que estos sean más precisos y no pierdan conectividad. Para abordar este aspecto, se recomienda verificar las fichas técnicas de los módulos, el proveedor de datos satelitales en el caso de los módulos GPS y los niveles de señal de cada operador de telefonía móvil disponibles en el lugar. Esta medida busca prevenir que se pierda conectividad entre el dispositivo IoT para servicios de posicionamiento global y la plataforma de rastreo mediante GPS Traccar.

Dentro del proceso de obtención de las zonas de peligro mediante web scraping se obtuvieron 28 lugares considerados como peligrosos dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, entre un total de 260 tweets recolectados. Como recomendación, se sugiere aumentar la cantidad de datos de análisis y utilizar palabras claves y combinaciones de palabras adecuadas. Estos pasos buscan mejorar la identificación de las zonas de peligro y proporcionar a los usuarios información más precisa de los delitos que se cometen en dichas zonas.

7.3. Trabajo futuro

Se postula como perspectiva de mejora futura la implementación de módulos GPS y GSM/GPRS más potentes. Este ajuste contribuiría a mejorar la conectividad entre el módulo GPS y el proveedor de servicios satelitales y entre el módulo GSM/GPRS y las antenas de las operadoras de telefonía móvil, al permitir que el dispositivo permanezca con conectividad en lugares más aislados o dentro de lugares cerrados como casas y edificios. La integración de estos módulos más potentes, conllevaría un beneficio adicional al concretar una mejora en el envío de datos hacia la plataforma de rastreo mediante GPS.

Se plantea como una mejora futura la ampliación de las fuentes de obtención de datos para la creación del sistema de recomendaciones. Esta mejora contribuiría a incrementar la cantidad de datos que se pueden obtener para realizar el análisis de las zonas de peligro y

mejorar el sistema de recomendaciones. Al aumentar la cantidad de fuentes de obtención de datos se puede obtener información más precisa y mejor estructura que brinde confianza y seguridad de que realmente se hayan cometido crímenes en las zonas de peligro identificadas.

8. Referencias bibliográficas

- [1] B. Kitchenham y P. Brereton, A systematic review of systematic review process research in software engineering. Information and software technology, Elsevier, 2013.
- [2] N. Datta, A. Malik, M. Agarwal y A. Jhunjunwala, «Real Time Tracking and Alert System for Laptop through Implementation of GPS, GSM, Motion Sensor and Cloud Services for Antitheft Purposes,» *4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, pp. 1-6, 2019.
- [3] A. Baksi, M. Bhattacharjee, S. Ghosh, S. Kanti Bishnu y A. Chakraborty, «Internet of Things (IOT) Based Ambulance Tracking System Using GPS and GSM Modules,» *2020 4th International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech)*, pp. 1-4, 2020.
- [4] F. Nadhim Ameen, Z. Saeed Mohammed y A. Ikram Sddiq, «An Economic Tracking Scheme for GPS-GSM Based Moving Object Tracking System,» *2018 2nd International Conference for Engineering, Technology and Sciences of Al-Kitab (ICETS)*.
- [5] P. Valen Crisgar, P. R. Wijaya, M. Pakpahan, E. Yunus Syamsuddin y M. O. Hasanuddin, «GPS-Based Vehicle Tracking and Theft Detection Systems using Google Cloud IoT Core & Firebase,» *2021 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, pp. 1-6, 2021.
- [6] D. McSwine, «,,» 19 May 2023. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3529190.3534755>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [7] D. Evans, 30 October 2023. [En línea]. Available: https://media.telefonicatech.com/telefonicatech/uploads/2021/1/126528_Internet_of_Things_IoT_IBSG_0411FINAL.pdf. [Último acceso: 14 February 2024].
- [8] N. «Modulo SIM800L GSM GPRS v2.0 con Antena – Novatronic,» [En línea]. Available: <https://novatronic.com/index.php/product/modulo-sim800l-gsm-gprs-v2-0-con-antena/>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [9] N. «Tutorial Módulo GPS con Arduino,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/18_tutorial-modulo-gps-con-arduino.html. [Último acceso: 14 February 2024].
- [10] E. «MÓDULO ESP32 ESP-32 WIFI BLUETOOTH DEVKIT V1 (30 PINES) – Grupo Electrostore,» [En línea]. Available: <https://grupoelectrostore.com/shop/placas-para-programacion/esp/modulo-esp32-esp-32-wifi-bluetooth-devkit-v1/>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [11] C. Peña, 30 October 2023. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6ufuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Arduino+que+e+s&ots=EAPCQaWgLn&sig=hm8xc3rek3adbsr5bGGPWvrZXPw#v=onepage&q=Arduino%20que%20e+s&f=false>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [12] I. Muñoz. [En línea]. Available: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d832cd4d-99ad-41e6-86cf-2350d92b69a8/content>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [13] M. Romero Paz, 30 October 2023. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/486912965.pdf>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [14] Ó. Arroyo. [En línea]. Available: https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49960/TFM_Arroyo_Nogales_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 14 February 2024].
- [15] V. Vázquez Rodríguez, 2019. [En línea]. Available: https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/8010/TFG_VAZQUEZ%20RODRIGUEZ,%20VICTOR.pdf?sequence=1. [Último acceso: 14 February 2024].
- [16] M. Arrollo, 22 September 2021. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/10953.1/9445>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [17] M. Arrollo, 22 September 2021. [En línea]. Available: <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/148>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [18] B. D. Vega Moreno, 23 June 2023. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25026/1/UPS-CT010576.pdf>. [Último acceso: 29 February 2024].

- [19] Faster Capital, «Mejores Prácticas Y Consideraciones éticas Para Web Scraping Con R,» [En línea]. Available: <https://fastercapital.com/es/tema/mejores-pr%C3%A1cticas-y-consideraciones-%C3%A9ticas-para-web-scraping-con-r.html>. [Último acceso: 29 February 2024].
- [20] D. E. Almeida, «Diseño e implementación de un sistema de localización y rastreo GPS de lanchas pesqueras utilizando comunicación inalámbric,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23783/1/UPS-CT010195.pdf>. [Último acceso: 29 February 2024].
- [21] B. Fonseca, «SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES. ESTADO DEL ARTE | UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,» 1 January 2022. [En línea]. Available: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/289>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [22] t. Guevara Fernandez y M. A. Coral Ygnacio, «Una revisión de métodos, técnicas y algoritmos para sistemas de recomendación de productos tecnológicos,» 28 abril 2023. [En línea]. Available: <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Interfases/article/view/6357/6681>. [Último acceso: 29 February 2024].
- [23] E. Guidet Jiménez, «HeatMap3D: Mapas de calor 3D para la protección de áreas de control críticas HeatMap3D: 3D Heat maps for protection of critic,» JUNIO 2019. [En línea]. Available: <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/19191/GuidetjimenezeduardoMemoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 29 February 2024].
- [24] S. Grover, D. Sharma y N. Mahajan, «¿Qué son los mapas de calor: tipos, beneficios y cómo utilizarlos?,» 7 November 2022. [En línea]. Available: <https://www.adpushup.com/es/blog/what-are-heat-maps-adpushup/>. [Último acceso: 29 February 2024].
- [25] «Mapa de Cobertura Móvil Movistar Ecuador,» [En línea]. Available: <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>. [Último acceso: 7 February 2024].
- [26] «Cobertura 3G / 4G / 5G CNT Movil,» [En línea]. Available: <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/163678.CNT-Movil/signal/?ll=-1.67784229260434&lg=-83.615&zoom=6>. [Último acceso: 7 February 2024].
- [27] «Mapas de cobertura Claro Ecuador,» [En línea]. Available: <https://www.geodata.com.ec/>. [Último acceso: 7 February 2024].
- [28] «Who am I not?! Cell Jan. 28, 2016 (Vol. 164, Issue 3),» 1 February 2016. [En línea]. Available: [https://docs.ahcts.co/AAA_smistare/Richard_Lawson-Web_Scraping_with_Python-Packt_Publishing_\(2015\).pdf](https://docs.ahcts.co/AAA_smistare/Richard_Lawson-Web_Scraping_with_Python-Packt_Publishing_(2015).pdf). [Último acceso: 14 February 2024].
- [29] R. Castillo, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/11506/2150/LEC%20ING%20SIST%200086%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [30] «DISEÑO DE UN EQUIPO DE RASTREO SATELITAL DE ELEMENTOS USANDO TECNOLOGÍAS GPS Y GSM,» [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1cfdcab9-7b23-48d3-8455-a7161d13eca9/content>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [31] Fiscalía General del Estado, «Analítica cifras de robo,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.fiscalia.gob.ec/analitica-cifras-de-robo/>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [32] Hunter, 2023. [En línea]. Available: <https://www.hunter.com.ec/index.html>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [33] D. McSwine, «,» 19 May 2023. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3428757.3429104#sec-cit>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [34] NorrisGPS Cía. Ltda., 2023. [En línea]. Available: <https://norrisgps.com/>. [Último acceso: 14 February 2024].
- [35] M. PAIVA CRUZ, 30 October 2023. [En línea]. Available: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/22987/TECNOLOGIA_DE_INFORMACION_Y_COMUNICACION_PAIVA_CRUZ_MARGIE_%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 14 February 2024].
- [36] Movistar Ecuador, «Mapa de Cobertura Móvil Movistar Ecuador,» [En línea]. Available: <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>. [Último acceso: 29 Febrero 2024].

- [37] nPerf, «Cobertura 2G, 3G, 4G, 5G CNT Movil,» [En línea]. Available: <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/163678.CNT-Movil/signal/?ll=-1.67784229260434&lg=-83.615&zoom=6>. [Último acceso: 29 Febrero 2024].
- [38] Micro Robotics, «SIM800L GSM Board V2 - 5V,» [En línea]. Available: <https://www.robotics.org.za/SIM800L-V2>. [Último acceso: 29 Febrero 2024].