



Universidad  
**Mariana**

Construcción de un prototipo de localizador GSM para la ubicación de mascotas

Adriana Lizeth Villacorte Riascos

Universidad Mariana  
Facultad de ingeniera  
Programa ingeniería mecatrónica

San Juan de Pasto

2024

Construcción de un prototipo de localizador GSM para la ubicación de mascotas

Adriana Lizeth Villacorte Riascos

Informe de investigación para optar al título de ingeniero mecatrónico

Magíster Tito Manuel Piamba Mamian

Asesor

Universidad Mariana  
Facultad de ingeniería  
Programa ingeniería mecatrónica

San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son  
responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007  
Universidad Mariana

## **Agradecimientos**

Agradezco a Edilma Riascos Paz por cada esfuerzo que hizo para que ingrese a la carrera, por acompañarme y apoyarme en todo este proceso, agradezco por toda la ayuda que me brindo.

## **Dedicatoria**

Dedico mi proyecto de grado con amor y gratitud a mi madre Edilma Riascos Paz porque a lo largo de mi carrera, has sido mi guía, mi apoyo incondicional y mi inspiración. Tus palabras de aliento y tus consejos sabios han sido la luz que me ha guiado en los momentos más difíciles.

Tus sacrificios y esfuerzos han sido innumerables, y cada uno de ellos ha sido un pilar fundamental en mi camino hacia la culminación de mi carrera. Tu amor incondicional y tu dedicación han sido el motor que me impulsó a superar cada obstáculo y a alcanzar mis metas. Agradezco tu presencia constante, tu amor infinito y tu inquebrantable apoyo.

Adriana Lizeth Villacorte Riascos

## **Contenido**

Introducción .....	13
1. Resumen del proyecto .....	14
1.1. Descripción del problema .....	14
1.1.1. Formulación del problema .....	16
1.2. Justificación .....	16
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general .....	18
1.3.2. Objetivos específicos .....	18
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos .....	18
1.4.1. Marco de antecedentes .....	18
1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos. ....	18
1.4.1.2. Vigencia de la temática. ....	19
1.4.1.3. Descripción de artículos. ....	20
1.4.1.4. Artículos adicionales. ....	23
1.4.2. Marco teórico .....	24
1.4.2.1. sistemas inteligentes. ....	25
1.4.2.1.1. Telemetría. ....	26
1.4.2.1.2. IoT. ....	26
1.4.2.1.3. GPS. ....	27
1.4.2.2. Tipos de comunicación. ....	27
1.4.2.2.1. GSM. ....	27
1.4.2.2.2. Ubidots. ....	28
1.4.2.3. Programación. ....	29
1.4.2.3.1. Arduino. ....	29
1.4.2.4. Sistemas virtuales. ....	29
1.4.3. Marco conceptual .....	30

1.4.3.1. Geocalizador.....	30
1.4.3.2. Posicionamiento.....	30
1.4.3.3. Cobertura.....	30
1.4.4. Marco contextual.....	30
1.4.4.1. Localizador.....	30
1.4.4.2. Collar GPS.....	30
1.4.5. Marco legal.....	31
1.4.5.1. Los procedimientos con animales.....	31
1.4.5.1.1. Artículo 17. Condiciones generales.....	31
1.4.5.1.2. Condiciones de la investigación con animales.....	31
1.4.6. Marco ético.....	32
1.4.6.1. Principios éticos.....	32
1.4.6.2. Descripción de actividades.....	33
1.4.6.3. Beneficios y riesgos de la investigación.....	33
1.5. Metodología.....	33
1.5.1. Tipo de investigación.....	33
1.5.2. Línea y sublínea del tipo de investigación.....	34
1.5.2.1. Enfoque de investigación.....	34
1.5.3. Hipótesis.....	34
1.5.4. Descripción de metodología.....	34
1.5.4.1. Descripción de fases.....	35
1.5.4.1.1. Fase 1.....	35
1.5.4.1.2. Fase 2.....	35
1.5.4.1.3. Fase 3.....	35
1.5.5. Validez de investigación.....	35

2. Presentación de resultados .....	37
2.1 Resultados de objetivos .....	37
2.1.1 Resultados del objetivo 1 .....	37
2.1.1.2. Tipo de comunicación y red móvil .....	37
2.1.1.3. Programas. ....	41
2.1.1.4. Fuente de alimentación. ....	42
2.1.1.5. Adaptabilidad del prototipo .....	43
2.1.1.6. Módulo. ....	44
2.1.1.7. Paginas para la visualización de datos. ....	45
2.1.2 Resultados del objetivo 2 .....	45
2.1.2.1. Diagrama de conexion. ....	45
2.1.2.2. Simulaciones. ....	46
2.1.2.3 Programación en Arduino del módulo SIM808. ....	47
2.1.2.4. Diseño y construcción del prototipo. ....	57
2.1.2.4.1. creación del mapa en la plataforma Ubidots. ....	57
2.1.2.4.2. Diseño en SOLIDWORKS. ....	59
2.1.2.4.3. Construcción. ....	61
2.1.3 Resultados del objetivo 3 .....	63
3. Conclusiones .....	69
4. Recomendaciones .....	71
Referencias bibliográficas .....	72
Anexos .....	78

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Criterios de búsqueda .....	19
Tabla 2. Artículos más citados por área temática .....	20
Tabla 3. Taxonomía del marco teórico .....	25
Tabla 4. Cobertura nacional .....	37
Tabla 5. Comparación de tecnologías inalámbricas .....	40
Tabla 6. Sistemas de navegación satelital .....	41
Tabla 7. Baterías de litio ciclos de vida .....	42
Tabla 8. Comparación de módulos GSM .....	44
Tabla 9. Comandos AT del GPS .....	47
Tabla 10. Comandos AT de prueba cuando el GPS esta encendido. ....	48
Tabla 11. Comandos AT de prueba cuando para que el GSM envíe longitud y latitud .....	49
Tabla 12. Comandos AT de prueba cuando para que el GSM este encendido. ....	49
Tabla 13. Características del arnés .....	61

## Índice de Figuras

Figura 1. Análisis de los resultados de búsqueda sin filtros .....	19
Figura 2. Análisis de los resultados de búsqueda con filtros .....	20
Figura 3. La telemetría .....	26
Figura 4. GNSS .....	27
Figura 5. Arquitectura de red GSM .....	28
Figura 6. Time map .....	29
Figura 7. Mapa de cobertura Claro Móvil .....	38
Figura 8. Mapa de cobertura Movistar Móvil .....	38
Figura 9. Mapa de cobertura Tigo .....	39
Figura 10. Mapa de cobertura WOM/ Avantel .....	39
Figura 11. Caída de la capacidad de voltaje .....	43
Figura 12. Diseño del arnés para mascotas .....	44
Figura 13. Diagrama de conexión .....	45
Figura 14. Simulación GPS .....	46
Figura 15. Simulación GPS U-Center. ....	47
Figura 16. Actualización del Firmware .....	50
Figura 17. CMD Putty .....	51
Figura 18. Comandos AT en el CMD PUTTY .....	51
Figura 19. Visualizador de señal .....	52
Figura 20. Datos tomados con los comando AT .....	52
Figura 21. 10 datos de longitud y latitud .....	53
Figura 22. posición en reposo del modulo .....	54
Figura 23. Mensaje recibido con la longitud y latitud. ....	54
Figura 24. Mapa del enlace recibido. ....	55
Figura 25. Mapa del enlace recibido prueba del norte hasta el sur de la cuidad. ....	55
Figura 26. Recorrido del perro en el barrio Caicedo. ....	56
Figura 27. Recepción de datos en el modulo tarjeta SD .....	56
Figura 28. Datos guardados en la tarjeta SD .....	57
Figura 29. Mapa Ubidots .....	58

Figura 30. Mapa plataforma Ubidots.....	58
Figura 31. Diseño de la caja que guarda el circuito .....	59
Figura 32. Diseño interno del prototipo .....	59
Figura 33. Diseño del prototipo localizador .....	60
Figura 34. Medidas del prototipo 8.81 cm de largo, 7 cm de ancho y 5 cm de alto. ....	60
Figura 35. Prototipo deseado .....	62
Figura 36. Prototipo físico antes de la impresión a 3D. ....	63
Figura 37. Modulo SIM808 Funcionando GPS Y GSM.....	63
Figura 38. En el tablero “pos” se registran las posiciones (longitud y latitud) .....	64
Figura 39. Mapa de desplazamientos en un taxi durante 8 horas .....	64
Figura 40. Mapa de desplazamientos fuera de la ciudad .....	65
Figura 41. Gráfica de desplazamientos por día .....	65
Figura 42. Historial de desplazamientos .....	66
Figura 43. Primera prueba en perro domestico. ....	66
Figura 44. Prueba del arnés final .....	67
Figura 45. Arnés .....	67
Figura 46. Impresión a 3D en PLA .....	68
Figura 47. Circuito en el prototipo .....	68

**Índice de Anexos**

Anexo A . Caja del circuito. ....78

## **Introducción**

A continuación, se muestra el proceso de investigación sobre la construcción de un prototipo de un arnés geolocalizador para el rastreo y monitoreo del recorrido de animales que se encuentran en la ciudad de Pasto en el departamento de Nariño. Esta investigación va dirigida al desarrollo de un prototipo para animales. No obstante, se realizarán pruebas preliminares en el entorno urbano, incluyendo la monitorización de personas y vehículos, antes de avanzar hacia las pruebas finales en perros domésticos de diversas razas.

El prototipo se realiza mediante el módulo SIM808, ya que es una placa de desarrollo multifuncional que incorpora tecnologías para la comunicación y el posicionamiento, incluyendo GPRS/GMS/GPS. Este módulo cuenta con un soporte de red integrado que permite una conectividad a través de redes celulares, lo que proporciona cobertura y disponibilidad de señal. Para la programación, se ha seleccionado el entorno de desarrollo Arduino y para el microcontrolador se usa un ESP32. La visualización de los datos recolectados se llevará a cabo mediante la plataforma Ubidots.

En esta investigación se tiene en cuenta las diferentes características que debe tener el sistema. Entre estas características, se destaca el tipo de comunicación y almacenamiento de datos, para que no haya pérdida de información en los desplazamientos cuando el prototipo no tenga cobertura o conexión a la red. En caso de tal contingencia, se ha integrado un sistema de respaldo utilizando una tarjeta SD para el almacenamiento local de los datos de desplazamiento y cuando haya cobertura, los datos se subirán automáticamente a la plataforma donde se grafican los desplazamientos en un mapa. Además, para el diseño externo del prototipo se tienen en cuenta diversos aspectos como que el prototipo sea cómodo para el animal, que sea resistente a las diversas condiciones climáticas, y que sea apto y seguro para la morfología del animal.

## **1. Resumen del proyecto**

El proyecto se enfoca en la creación de un prototipo mecatrónico que permita conocer la ubicación de animales mediante un sistema de monitoreo a bajo costo, con el propósito de impulsar la adopción de tecnologías IoT en el contexto de la industria 4.0 en el departamento de Nariño. Para satisfacer esta necesidad, se propone el desarrollo de un prototipo geolocalizador capaz de registrar las distancias recorridas por los animales. Este proyecto se aplica en animales domésticos utilizando tecnologías emergentes como la telemetría.

El sistema cuenta con un visualizador de desplazamientos con envío y recepción de datos a través de una aplicación. Sin embargo, los dispositivos geolocalizadores actuales enfrentan desafíos como la pérdida de datos debido a problemas de almacenamiento. El dispositivo cuenta con dos posibles opciones. La primera opción es en una memoria no volátil, en caso de que el animal salga de una zona de cobertura, los datos se almacenarán en una tarjeta SD. La segunda opción es el almacenamiento mediante el envío de datos por internet cuando este se encuentre en una zona con cobertura satelital. Se puede visualizar los desplazamientos mediante un mapa que grafica los diversos recorridos.

El diseño del prototipo se rige por parámetros específicos que garantizan que el dispositivo no afecte las características morfológicas, como el tamaño para que no sea incómodo para el animal o que sea resistente a factores climáticos o de adaptabilidad, teniendo en cuenta que el prototipo será probado en animales domésticos. Como todo producto de desarrollo tecnológico, podrá estar sometido a rediseños y actualizaciones, dichos cambios serán soportados por pruebas y para mejorar aspectos como el desempeño, cobertura, miniaturización o en programación, para que pueda ser utilizado en diferentes entornos.

### **1.1. Descripción del problema**

En la actualidad, tanto a nivel global como local, la pérdida de mascotas representa una preocupación creciente para los propietarios y la sociedad en general. A pesar de los avances en tecnología y métodos de búsqueda, el número de mascotas perdidas sigue siendo elevado.

Esta problemática se manifiesta en diversos aspectos, como el impacto emocional y psicológico en los propietarios, la propagación de animales abandonados en refugios y calles, así como la falta de un sistema eficiente y estandarizado para la recuperación de mascotas extraviadas, lo que plantea la necesidad de abordar este problema desde una perspectiva tecnológica. En este contexto, la tecnología juega un papel fundamental al ofrecer soluciones que puedan ayudar a mitigar esta problemática.

La pérdida de mascotas no solo afecta el bienestar animal, sino que también conlleva costos económicos asociados a la búsqueda, rescate y cuidado de animales extraviados. Ante esta situación, se plantea la creación de un prototipo mecatrónico rastreador para animales domésticos. El prototipo mecatrónico geocalizador utiliza tecnología GPS para rastrear la ubicación de la mascota aproximadamente en tiempo real, lo que permite a los propietarios conocer la ubicación exacta de su mascota en todo momento. Además, incorpora sistemas de comunicación inalámbrica que permiten la transmisión de datos a dispositivos móviles, facilitando así la colaboración entre propietarios y autoridades en el proceso de búsqueda y rescate de mascotas perdidas.

La situación de los animales sin hogar, como reflejada por la Fundación Magdalena, es alarmante en todo el país, especialmente con animales domésticos, según cifras del Departamento Nacional de Planeación, donde actualmente más de 2 millones de perros y gatos carecen de hogar, principalmente en ciudades como Bogotá, Cartagena, Medellín y Cali (Emisora de Paz, 2023). Esta información destaca una cifra alarmante de animales sin hogar debido a diversos motivos, como la pérdida de mascotas, donde se presentan dos situaciones: la primera es que los propietarios buscan a sus mascotas pero no las encuentran, o dejan de buscarlas por falta de recursos. También surge la venta ilícita o el robo de mascotas para la cría ilegal y el comercio de cachorros. Por ello, es necesario crear y diseñar un prototipo rastreador que utilice protocolos de comunicación de IoT para la descarga de datos en caso de que no haya cobertura o seguimiento mediante una plataforma IoT demo, en la que se puedan visualizar los datos que se envían de las distancias recorridas y su ubicación. Este tipo de dispositivos IoT se pueden equipar a las mascotas con collares o arneses, teniendo en cuenta la comodidad del animal.

### **1.1.1. Formulación del problema**

¿Cómo puede un prototipo de monitoreo del desplazamiento en mascotas extraviadas impulsar el desarrollo de soluciones tecnológicas y la adopción de tecnologías IoT en la industria 4.0 en el departamento de Nariño?

## **1.2. Justificación**

La creación de prototipos de dispositivos rastreadores para encontrar mascotas perdidas responde a una serie de necesidades en la sociedad actual. En primer lugar, la relación entre las mascotas y sus propietarios es profundamente significativa, y la pérdida de una mascota puede tener un impacto emocional considerable. La incertidumbre y la angustia asociadas con la búsqueda de una mascota extraviada pueden ser abrumadoras, y contar con un dispositivo de rastreo puede ofrecer una medida de tranquilidad y aliviar el estrés emocional durante esos momentos difíciles.

Además del aspecto emocional, la rápida recuperación de mascotas perdidas tiene importantes implicaciones para el bienestar animal y la prevención del abandono. Las mascotas extraviadas corren el riesgo de sufrir lesiones, enfermedades o incluso de ser víctimas de abuso si quedan desprotegidas en la calle. Un dispositivo rastreador puede ayudar a reducir este riesgo al permitir que los propietarios localicen rápidamente a sus mascotas y las traigan de vuelta a un entorno seguro y familiar. Esto, a su vez, puede contribuir a reducir la carga sobre los refugios de animales y prevenir el abandono de mascotas.

Según los números brindados por Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), "el 67 % de los hogares del país tienen al menos una mascota. En total, son 4,4 millones las familias cuentan con alguno de estos animales de compañía". Aparte de los beneficios individuales, la tecnología de rastreo también puede tener un impacto positivo en la comunidad en general. El aumento de mascotas perdidas que vagan por las calles puede plantear problemas de seguridad y salud pública, como accidentes de tráfico y transmisión de enfermedades.

Por otra parte, “el consumo de productos y servicios para mascotas en Colombia aumentó un 23% en 2022, alcanzando los \$1,2 billones de pesos. Es decir, que los colombianos están cada vez más dispuestos a pagar por el bienestar de sus animales de compañía” (Euromonitor Internacional, 2023). En cuanto a la tecnología IoT (Internet de las cosas), ofrece una solución para mitigar la problemática de animales perdidos. Se pueden equipar a las mascotas con collares o arneses que incluyen tecnología de rastreo GPS, lo que permite a los propietarios localizar rápidamente a sus mascotas, reduciendo así el tiempo de angustia emocional tanto para los propietarios como para los animales extraviados. En el departamento de Nariño, en la ciudad de Pasto se realizó un evento llamado la Semana de Bienestar Animal 2023, donde se llevaron a cabo la entrega de los resultados del primer censo de población de caninos y felinos realizado en Colombia, a través de la colaboración entre la administración municipal, la Secretaría de Gestión Ambiental y el DANE. Se realizaron encuestas tanto en planteles privados como públicos, de los cuales se obtuvieron estos datos: “Más de 58 mil estudiantes, 32 mil familias, 5 centros comerciales y 8 albergues participaron para llevar a cabo este conteo. La secretaria de Gestión Ambiental indicó que en total fueron censados 46.051 animales de compañía: 32.764 caninos y 13.287 felinos, a través de 38.824 encuestas diligenciadas” (Cristina Riascos, 2023). Se obtuvieron los siguientes resultados: “En cuanto a los felinos, 5.720 son hembras (53%) y machos 5.046 (47%). Además, están esterilizados 6.032 gatos, 13.246 reportados por familias, 40 por albergues y uno por el Centro de Bienestar Animal” (Cristina Riascos, 2023)”.

En cuanto a la tecnología IoT (Internet de las cosas), ofrece una solución para mitigar la problemática de animales perdidos. Se pueden equipar a las mascotas con collares o arneses que incluyen tecnología de rastreo GPS, lo que permite a los propietarios localizar rápidamente a sus mascotas, reduciendo así el tiempo de angustia emocional tanto para los propietarios como para los animales extraviados. El prototipo propuesto es un arnés que tiene un dispositivo capaz de monitorear y obtener la ubicación y los recorridos de los animales.

Además, este dispositivo puede guardar la información, ya sea en una tarjeta SD cuando el dispositivo no cuente con cobertura o conexión a Internet, o puede subir los datos recolectados a la plataforma Ubidots cuando disponga de cobertura y conexión a internet. La plataforma Ubidots

es gratuita y se puede descargar tanto en dispositivos móviles como en computadoras. Esta aplicación recibe los datos aproximadamente en tiempo real y se puede acceder al historial. Además, se pueden visualizar los recorridos en un mapa. El dispositivo se desarrolla con un módulo Sim808 que cuenta con el modo sleep, lo que significa que se puede reducir el consumo de energía para que la batería sea más duradera. El diseño físico se realizará con características como un tamaño reducido y un bajo peso para la comodidad del animal.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Desarrollar un prototipo tecnológico para el seguimiento y ubicación de mascotas mediante GSM.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Realizar una revisión de información tecnológica y de mercado relacionada con dispositivos de geolocalización para mascotas, con el propósito de identificar tendencias, tecnologías emergentes, mejores prácticas y casos de éxito que sirvan como base fundamentada en el diseño y desarrollo del prototipo.
- Diseñar y construir el prototipo de rastreo bajo los parámetros establecidos
- Probar el prototipo en entornos reales, evaluando su desempeño y precisión.

### **1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos**

#### ***1.4.1. Marco de antecedentes***

**1.4.1.1. Criterios de búsqueda y bases de datos.** Se realizó una selección de palabras clave para la búsqueda de artículos en la plataforma de Scopus, para los cuales se tuvo en cuenta filtros de búsqueda en el título, palabras clave y se limita a el idioma inglés y a tipo artículo.

**Tabla 1.**

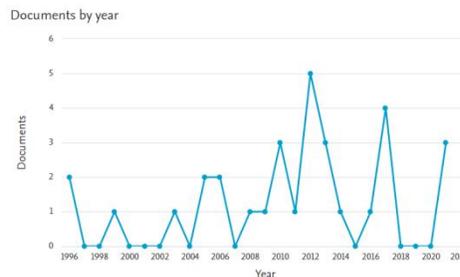
*Criterios de búsqueda*

<b>Tipo de búsqueda</b>	Revisión sistemática de literatura.
<b>Criterios de búsqueda</b>	("GPS" AND "TELEMETRÍA" AND "ANIMALS") AND (“LOCALIZ*” OR "LOCATOR" OR "BEEPER" OR "DELOCALIZED" OR "GPS" OR "GMS”) AND "ANIMAL*”)
<b>Periodo de búsqueda</b>	2011-2021
<b>Número de documentos encontrados sin filtros</b>	31
<b>Idioma</b>	Inglés
<b>Filtro por área temática</b>	Ciencias de la computación Ingeniería Ciencia medioambiental
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos
<b>Número de documentos encontrados con filtros</b>	9

**1.4.1.2. Vigencia de la temática.** Según la investigación realizada en la plataforma de Scopus, los artículos más recientes son del año 2021 y los más antiguos de 1996, a continuación, se muestra en la figura 2 que entre el año 2020 y 2021 se incrementó el número de búsquedas.

**Figura 1**

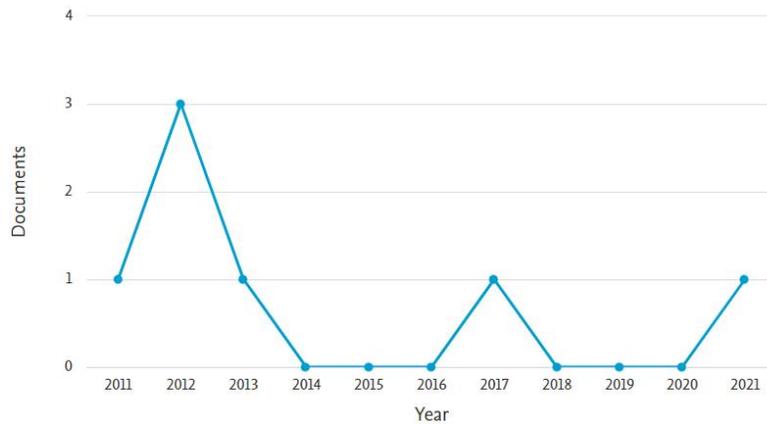
*Análisis de los resultados de búsqueda sin filtros*



Fuente: Scopus, 2022.

**Figura 2**

*Análisis de los resultados de búsqueda con filtros*



Fuente: Scopus, 2022.

**1.4.1.3. Descripción de artículos.** En la tabla 2 se puede observar un listado de los artículos más citados, los resultados en el periodo 2011-2021.

**Tabla 2.**

*Artículos más citados por área temática*

Número	Autores y año	Numero de citaciones	Área temática
1	Ghutrie et al. (2011)	45	Sistema de Posicionamiento Global
2	Pérez et al. (2013)	26	Sistema de superposición GPS
3	Harbicht et al. (2017)	9	monitoreo remoto continuo
4	Bastille et al. (2021)	8	GPSradiotelemetría
5	Cabrera et al. (2016)	7	GPStelemetría

Según los autores Guthrie et al. (2011) se realizó una investigación para el desarrollo de un transmisor de mochila que cuenta con un sistema de posicionamiento global. El transmisor de mochila fue probado en pavos salvajes. Se desarrolló un sistema con telemetría para monitorear los movimientos de los pavos salvajes. Los datos copilados con telemetría no fueron exactos ya que se presentó un problema en la triangulación. La tecnología GPS cuenta con mayor precisión al evaluar los movimientos del animal y selección de área de estudio. La mochila micro GPS se desarrolló para aves donde se incorporó una antena.

La batería que se usó en el proyecto es recargable y poco pesada. Adicionalmente la mochila cuenta con un transmisor de alta frecuencia (VHF). Se realizaron pruebas estáticas para observar el rendimiento de diferentes tipos de área. En 8 pavos se implementó un micro GPS en 6 machos y 2 hembras adultas. Se obtuvieron 26.439 diferentes ubicaciones. El error de distancia que se mostró en las pruebas estáticas fue de 15,5 m. se realizaron pruebas durante un periodo de 65 días y se obtuvieron 2500 ubicaciones. Los dispositivos en las hembras se encontraron el primero a los 19 días y el segundo a los 53 días. La investigación obtuvo como resultado que el dispositivo es rentable en cuanto a costos y a fiabilidad en emisión y recepción de datos. Entre mayor frecuencia de ubicaciones diarias el micro GPS se hace menos costoso. Los resultados obtenidos demuestran que con el micro GPS se emiten ubicaciones más exactas que si se usara métodos telemétricos convencionales.

Los autores Pérez et al. (2013) realizaron una investigación sobre la variación del hábitad y territorialidad. El dispositivo se orienta en el diseño para una agila perdicera. La comunicación que se usa en el dispositivo es por GPS telemetría satelital. se analizaron los patrones de movimiento que tenían los animales y las interacciones entre los mismos. El periodo de prueba se realizó durante 5 años para determinar el área de prueba y variaciones. Se determinó que el rango de área de las águilas perdiceras es de 44,4km<sup>2</sup>. Con las ubicaciones obtenidas se observó que las áreas cercanas al nido son más concurridas y presentan más territorialidad. Para recibir los datos obtenidos se lo hizo mediante GMS. Servicios de google para móviles el cual puede rastrear el sistema sin requerir del root. La ventaja de usar GMS es que se pueden usar otras aplicaciones que se encuentren en la biblioteca de google. Para el sistema de carga se usaron baterías recargables. Para el sistema del almacenamiento de datos se usó el sistema satelital y una

memoria no volátil en caso de que el área de distribución no se pueda conectar correctamente al sistema. Esta investigación concluye que el sistema tuvo un correcto funcionamiento. Los datos de monitoreo se estabilizaron y bajaron su promedio de error a partir del 3 año de prueba. Aunque las águilas realizaban viajes extensos de hasta 15 km la superposición fue leve. Se pudieron recopilar los datos suficientes para estudios tipográficos en el área de distribución. No se presentó pérdida de información por sus dos sistemas de almacenamiento y el dispositivo presento un porcentaje bajo de fallos en el área de prueba.

Según los investigadores Bastille et. al (2021) es importante la integridad de ecosistemas y el desarrollo pleno de la vida silvestre. Mediante un dispositivo localizador se obtienen datos de desplazamientos aplicados. Se realizó el seguimiento de datos basada en teoría de redes para analizar propiedades estructurales y se tuvo en cuenta velocidad y direccionalidad. Para monitorear los desplazamientos se usó un módulo GPS. Este dispositivo se puso a prueba en más de 130 elefantes. Se lograron registrar cinco diferentes movimientos únicos y específicos.

Los movimientos se dividieron en dos categorías las cuales son movimientos rápidos y lentos. Los elefantes de movimientos lentos se caracterizaban por estar en zonas productivas y cercanas a fuentes hídricas. Los elefantes de movimientos rápidos se asocian por estar lejos de zonas con agua y ser áreas pocos productivas. El dispositivo localizador se probó en áreas denominadas movescape. Para la visualización de datos se creó una interfaz web donde se muestran los diferentes desplazamientos aproximadamente en tiempo real. En este dispositivo se usó la tecnología de telemetría. Se evaluó por su geometría y datos similares en el espacio. Se obtuvo como resultado que uno de los mayores problemas que se presento fue el alto consumo de la batería y la poca durabilidad de la misma. Además de que el dispositivo tenia perdidas de señal y por ende distorsión de las ubicaciones. Se determinó que la investigación fue satisfactoria ya que la información obtenida ayudo al estudio para la biología y conservación de la vida silvestre.

Según la investigación de Cabrera et al. (2016) se realiza un análisis de diferentes ubicaciones en un área de estudio. El área se determinó mediante investigaciones donde se visualizaba animales en su habitat cotidiano. La información obtenida proporciono datos suficientes para analizar la interacción de animales con su entorno y algunos patrones de la biodiversidad. El

prototipo se desarrolla mediante un collar localizador que se compone de tecnología como la telemetría VHF de alta frecuencia. Para el seguimiento de las diferentes posiciones del collar puesto en el animal se usa un GPS con el fin de transmitir los datos obtenidos de forma satelital. Para este dispositivo se usaron dos tipos de almacenamiento.

El almacenamiento satelital para la recepción de datos cuando el collar se encuentre en una zona con cobertura satelital y en caso de que no haya cobertura los datos se guardan en una memoria. Este estudio concluye con que el dispositivo no obtuvo los resultados esperados. Las tecnologías con telemetría y GPS cuentan con grandes retos como es la falta de cobertura para la transmisión y recepción de datos. Además de que implementar collares localizadores conlleva a grandes costos de implementación y mantenimiento técnico. El dispositivo tuvo problemas de diseño ya que no se tuvieron en cuenta características del campo trópico a probar por lo tanto los collares se perdían o fallaban. Es importante mencionar que las pruebas se realizaron en un periodo de ocho meses. El primer fallo se presentó en los 15 primeros días de prueba.

**1.4.1.4. Artículos adicionales.** En cuanto a investigaciones y proyectos de grado que contribuirán al desarrollo del trabajo investigativo se tomó como referencia un trabajo realizado en la universidad Guayaquil, Yuquilema et.al (2017) en su tesis: Estudio de un sistema de monitoreo y control de posicionamiento vía GPS aplicado a mascotas este proyecto trata sobre el diseño de un equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM donde su problemática principal es el estudio de un sistema de posicionamiento global aplicado a mascotas, para el cual utilizan la combinación de tecnología satelital GPS y red celular GSM, para este proyecto de investigación se realizaron estudios de campo con un dispositivo de rastreo y su población elegida fue en el parque canino de Guayaquil y veterinarias, para la recolección de datos se usaron encuestas y entrevistas, en esta investigación se muestra el funcionamiento, el tiempo de respuesta en el momento que se solicita la ubicación y la demostración en tiempo real.

Se tomó en cuenta una investigación realizada por Felipe Robledo Rueda (2015) la investigación lleva el título de: GPS mascotas una alternativa tecnológica para perros y gatos, en el cual indica el estado de la demanda en el mercado en cuanto a la necesidad y deseo de seguimiento permanente (GPS) del ganado. En esta tesis se concluye el gran interés que hay por

la población en equipos de rastreo y se expone el manejo de la tecnología y los diferentes beneficios que tiene la comunicación IoT en este tipo de prototipos.

Otro estudio realizado en la universidad tecnológica de Pereira, Luis Henao Melo (2014) en su trabajo de grado: este proyecto trata del diseño de un dispositivo de rastreo satelital utilizando tecnologías GPS y GSM, donde se describe el funcionamiento y varias etapas de construcción del prototipo, este prototipo cumple con el objetivo principal de producir un dispositivo que permita el posicionamiento, rastreo y monitoreo, esto gracias a la tecnología satelital (GPS) y móvil (GSM), finalmente los resultados de esta investigación concluyen con la posibilidad de aprovechar la tecnología avanzada para crear equipos más pequeños y como puede usarse en áreas del cuerpo que no son pesadas ni voluminosas, utilizándolo así para otros fines según sea necesario.

También, se tomó en cuenta otra investigación realizada por Adrián Castañeda Morfin (2015), con el título: Informática Popular en el Control Canino para Operaciones de Caza, cuyo objetivo fue investigar, documentar e implementar estrategias informáticas para el control canino con el fin de desarrollar una aplicación para Smartphone donde se busca la aplicación de sistema de posicionamiento global de caza, para esta investigación se tomó en cuenta esta tesis ya que habla sobre la transmisión y recepción de datos y trata la importancia sobre la cobertura móvil durante las pruebas.

Finalmente, en un estudio de Brandon Griggs (2011): Se muestra la investigación sobre el sistema GPS utilizado en Kenia para disuadir a los leones de los depredadores, este proyecto describe el funcionamiento de un collar GPS, el cual tiene la función de calcular la posición exacta del león, esto se realiza a través del envío de mensajes SMS a un servidor que genera automáticamente Email. Su funcionamiento se hace con las coordenadas, estos datos se agregan a un mapa satelital de código abierto donde se muestran los movimientos que realiza el león.

#### ***1.4.2. Marco teórico***

**Tabla 3.**

*Taxonomía del marco teórico*

<b>1.4.2 MARCO TEORICO</b>	<b>1.4.2.1. Sistemas Inteligentes</b>	Telemetría	Principios De Instrumentación Electrónica Y Telemetría Gustavo (2015)
		Iot	Desarrollo De Aplicaciones En Iot- Tomas (2020)
		Gnss	Gnss Software Receivers, K Borre (2022)
		Gps	Posicionamiento Satelital, Eduardo (2005)
	<b>1.4.2.2. Tipos de Comunicación</b>	Gprs y gms	Intelligent Networks For The Gsm, Gprs, Rogier Noldus(sf)
		Ubidots	Ubidots Plataforma Digital
	<b>1.4.2.3. Programación</b>	Arduino	Arduino: Aplicaciones En Robótica, Mecatrónica, Fernando Reyes (2015)
	<b>1.4.2.4 . Sistemas Virtuales</b>	Rastreo Satelital	Articulo Diseño Rastreo Satelital- Gillermo H(Sf)
		Monitoreo De Datos	
		Gsm	Articulo Diseño Rastreo Satelital- Gillermo H(Sf)

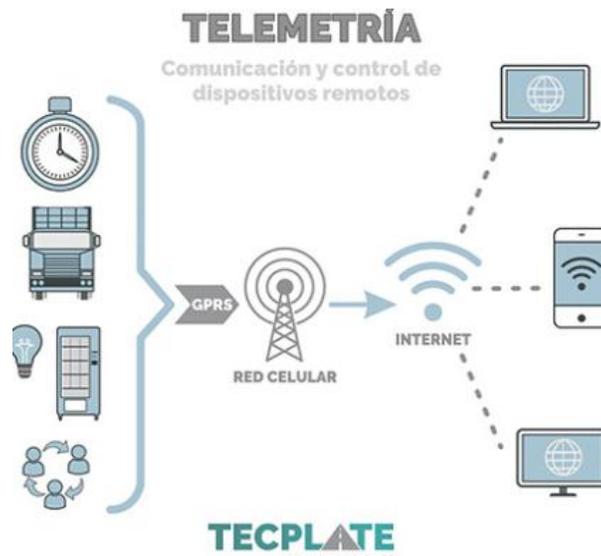
**1.4.2.1. sistemas inteligentes.** Los sistemas inteligentes utilizan tecnologías como Internet de las cosas (IoT) para permitir la integración de los mundos físico y lógico o virtual. Varios

dispositivos y máquinas de producción intercambian información con la cadena de suministro, lo que permite la optimización y configuración automática de los procesos de producción mediante el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, logrando el más alto nivel de automatización.

**1.4.2.1.1. Telemetría.** La telemetría es un sistema de comunicación automatizado (alámbrico o inalámbrico) que puede recopilar datos en ubicaciones remotas. Responsable de recopilar, procesar y transmitir información a lugares donde se monitorean los sistemas. Un dispositivo de telemetría consta de uno o más sensores que miden una cantidad física o química específica. Esta información luego se convierte en señales analógicas o inalámbricas para su transmisión y procesamiento.

**Figura 3**

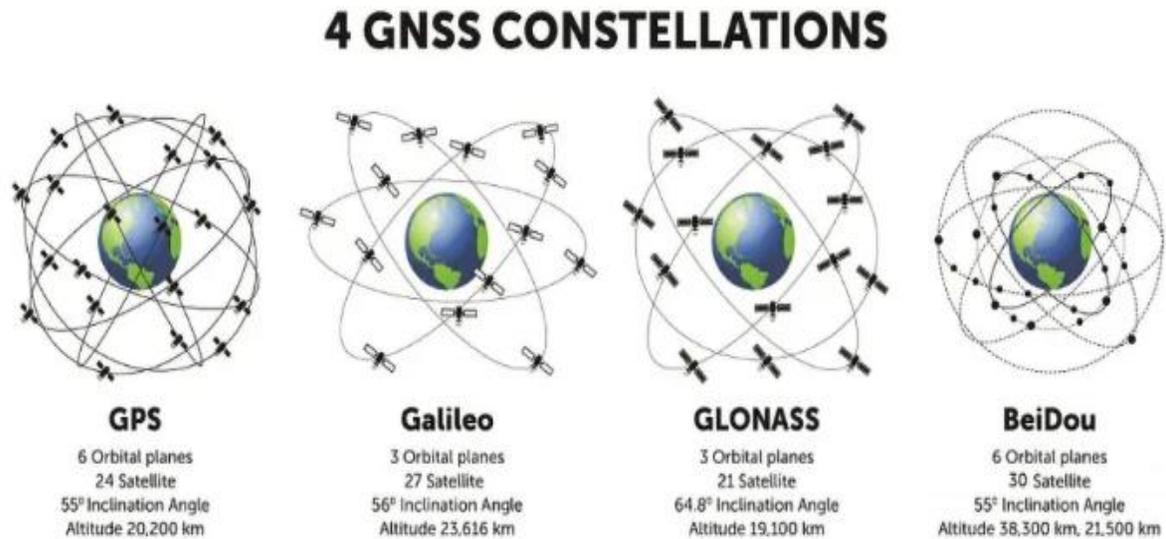
*La telemetría*



Fuente: TECPLATE.

**1.4.2.1.2. IoT.** La definición de IoT es la agrupación y conexión de dispositivos y objetos a través de una red (privada o internet, red de redes) todos visibles e interactuantes. Los tipos de objetos y dispositivos van desde sensores y dispositivos mecánicos hasta artículos cotidianos como refrigeradores.

**Figura 4**  
GNSS



Fuente: Mettatec.

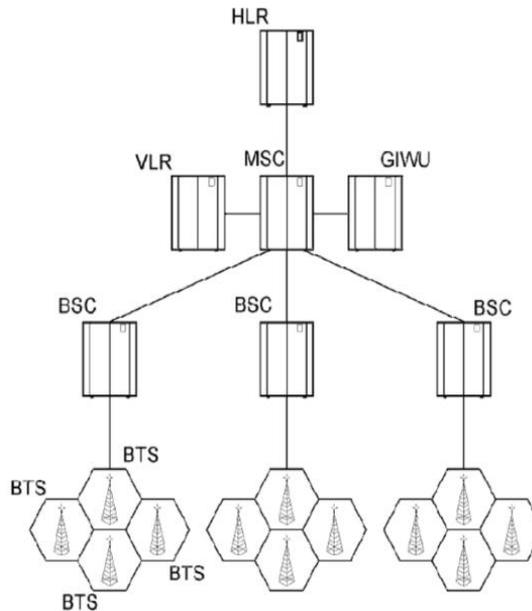
**1.4.2.1.3. GPS.** Los avances tecnológicos de las últimas décadas han hecho que la tecnología forme parte de la vida cotidiana de las personas y han mejorado los procesos industriales, militares y médicos. Las telecomunicaciones, por su parte, se han desarrollado rápidamente, a partir de la generación de nuevos protocolos y estándares para diversas aplicaciones y servicios. Antes de la llegada del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se utilizaban otros sistemas de navegación y posicionamiento, basados en técnicas de recepción de señales.

#### **1.4.2.2. Tipos de comunicación.**

**1.4.2.2.1. GSM.** Significa "Sistema Global para Comunicaciones Móviles". Es un estándar de comunicaciones para tecnologías de telefonía móvil. La mayoría de los teléfonos móviles del mundo utilizan GSM, que ofrece servicios como voz y datos móviles. Dado que permite la interoperabilidad entre múltiples redes y dispositivos en todo el mundo, este estándar ha sido fundamental para el desarrollo de la telefonía móvil.

**Figura 5**

*Arquitectura de red GSM*

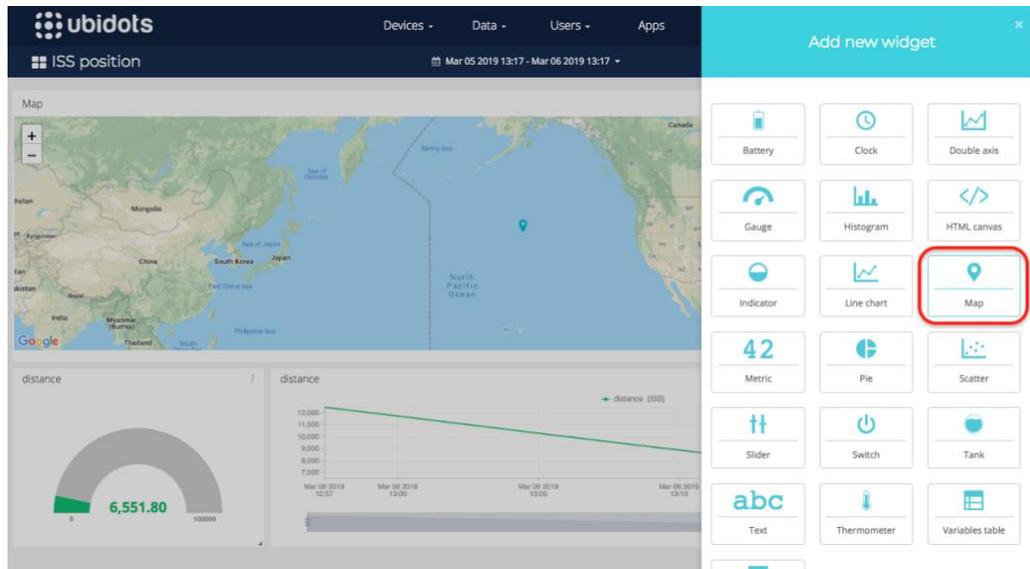


Fuente: Network Encyclopedia.

**1.4.2.2.2. Ubidots.** Es una plataforma en la nube que actúa como un repositorio de almacenamiento de datos de sensores y dispositivos integrados. Los datos se almacenan en servidores en la nube y la plataforma asegura que la información esté disponible y se pueda acceder a ella a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API). La plataforma Ubidots expone la información a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API) RESTful, lo que facilita su consumo por otras aplicaciones desarrolladas en diferentes lenguajes de programación como PHP, Python, Java, .NET, entre otros. Ubidots proporciona bibliotecas listas para cada uno de estos lenguajes, lo que permite que los usuarios y empresas puedan crear sus propias plataformas de software, ya sea un sitio web o una aplicación local, y consumir los datos de Ubidots sin tener que preocuparse por el manejo de bases de datos, el despliegue de servidores y los protocolos de comunicación. Esta característica es esencial porque facilita la integración de los datos en diferentes aplicaciones y reduce la complejidad de su gestión y procesamiento.

**Figura 6**

*Time map*



Fuente: Ubidots.

### 1.4.2.3. Programación.

**1.4.2.3.1. Arduino.** Programar un dispositivo Arduino implica escribir código que permita realizar tareas automatizadas mediante la lectura de sensores y la interacción con el mundo exterior a través de actuadores, según las condiciones del entorno. Arduino ofrece un entorno de programación potente y fácil de usar, que incluye herramientas para compilar y cargar el programa en la memoria flash del microcontrolador. Además, el IDE de Arduino cuenta con un sistema práctico de gestión de librerías y placas. Aunque este software carece de algunas funciones avanzadas comunes en otros IDE, es suficiente para programar con éxito.

### 1.4.2.4. Sistemas virtuales.

Está rastreando acciones cuantificables específicas para proporcionar datos relevantes para la estrategia. El análisis de datos es la base de la optimización de la estrategia, lo que permite cambiar las políticas y continuar o establecer nuevas políticas sin perder de vista el objetivo final.

El monitoreo de datos está rastreando acciones cuantificables específicas para proporcionar datos relevantes para la estrategia. El análisis de datos es la base de la optimización de la estrategia, lo que permite cambiar las políticas y continuar o establecer nuevas políticas sin perder de vista el objetivo final.

### ***1.4.3. Marco conceptual***

**1.4.3.1. Geolocalizador.** Un sistema de geolocalización es una solución de tecnología de la información que localiza objetos en un entorno físico (geoespacial) o virtual (Internet). Los objetos suelen ser personas que desean utilizar servicios basados en la ubicación manteniendo su privacidad. Los servicios de software de geolocalización se utilizan para respaldar los objetivos comerciales de empresas públicas y privadas.

**1.4.3.2. Posicionamiento.** Agrega información geográfica a un objeto, como una fotografía, mediante la incorporación de datos de geolocalización en los metadatos de la fotografía.

**1.4.3.3. Cobertura.** El término cobertura se refiere al área geográfica donde está disponible el servicio. 1 Generalmente se usa para comunicación inalámbrica, pero también se puede usar para servicio de cable. Las empresas de radiodifusión y telecomunicaciones crean mapas de cobertura que muestran a los usuarios las áreas atendidas por sus antenas parabólicas.

### ***1.4.4. Marco contextual***

**1.4.4.1. Localizador.** Un localizador GPS es un tipo de dispositivo cuya función es enviar y recibir una señal. Esta muestra en tiempo real el lugar en el que se encuentra. Lo que favorece la ubicación del sistema. Al tener un margen de error muy pequeño, la fiabilidad es muy alta.

**1.4.4.2. Collar GPS.** El collar con GPS es un tipo particular de collar que permite hacer un seguimiento de las actividades de tu amigo perruno e identificar exactamente su posición mediante un teléfono móvil. Gracias al dispositivo GPS conectado al collar, siempre podrás encontrar a tu mascota.

### **1.4.5. Marco legal**

Se presenta los aspectos legales que están bajo la norma de la republica colombiana para las investigaciones no comerciales en animales.

#### **1.4.5.1. Los procedimientos con animales.**

**1.4.5.1.1. Artículo 17. Condiciones generales.** En los experimentos con animales, el investigador deberá velar porque se cumpla lo siguiente:

Antes de realizar la experimentación, deberá preguntarse si el experimento beneficia la salud humana o animal, o el progreso de los conocimientos biológicos.

La selección de los animales para la experimentación se debe hacer de manera adecuada y con el número mínimo necesario para obtener resultados válidos científicamente.

Todo el personal que vaya a estar involucrado en la manipulación del animal deberá evitar o reducir el dolor a los animales.

En toda manipulación de un animal que sea dolorosa, deberá brindárseles sedación, analgesia o anestesia, según las prácticas médicas veterinarias aceptadas.

Al final del experimento o durante él, si es necesario, se le dará muerte sin dolor al animal que, de quedar con vida, padecería dolores agudos o crónicos, trastornos, molestias o discapacidades irreversibles.

Los animales sometidos a experimentación se deben mantener en condiciones vitales óptimas. Se les debe brindar atención médico-veterinaria, siempre que se requiera.

**1.4.5.1.2. Condiciones de la investigación con animales.** Para la investigación con animales vivos se requiere autorización del Comité de Bioética para Experimentación con Animales de la institución a la que pertenezca la investigación. Esta investigación se debe realizar siempre y cuando el estudio sea indispensable para el avance de la ciencia, y demostrar:

- ✓ Que los resultados experimentales no puedan obtenerse por otros procedimientos o alternativas.

- ✓ Que las experiencias son necesarias para el control, la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades que afectan al hombre o al animal.
- ✓ Que los experimentos no pueden ser sustituidos por cultivo de tejidos, modos computarizados, dibujos, películas, fotografías, vídeos u otros procedimientos análogos.

El proyecto de investigación trabajará y asumirá el compromiso sobre los artículos mencionados, con el fin de que, durante el proceso de pruebas, construcción y diseño del prototipo, ninguno de los animales salga afectado.

#### **1.4.6. Marco ético**

A continuación, se muestra una serie de aspectos que en la investigación se van a tener presentes cuando se elaboren las condiciones éticas del proyecto estos estarán orientados para garantizar el buen trato durante las pruebas de un prototipo geolocalizador en animales domésticos.

##### **1.4.6.1. Principios éticos.**

- 1) Brindar los cuidados adecuados los animales según su etología
- 2) Evitar el dolor innecesario, sufrimiento, estrés o lesiones prolongadas
- 3) Evitar la duplicación o repetición innecesaria de experimentos
- 4) Reducir al mínimo indispensable el número de animales para garantizar la validez del estudio a realizar.

Los ejercicios regulares sobre procedimientos, el análisis holístico de las condiciones de uso y cuidado de los animales alientan a los investigadores y al público en general a reflexionar continuamente sobre los modos de interacción con otros organismos vivos, teniendo en cuenta su bienestar, su mitología, la calidad de la investigación, los aspectos económicos y sociales. inversión social en investigación biomédica, o incluso la relación costo-beneficio. Formación continua de investigadores y personal auxiliar y técnico, aplicación de normas y principios de calidad, verificación de la calidad y validez de los resultados de las investigaciones asistenciales y utilización de modelos animales de laboratorio, formando un ambiente de profundo respeto.

Es una reflexión constante sobre seres que viven por la justicia y que son reconocidos como sensibles y vulnerables y por lo tanto necesitados de protección y cuidado. Finalmente, el grupo de trabajo del empadronador realiza periódicamente una reflexión sobre las mejores condiciones de trabajo con los animales, obligándolos a aplicar principios no solo de respeto sino también de justicia y sensibilidad hacia el objeto.

**1.4.6.2. Descripción de actividades.** Para los animales domésticos de la ciudad de Pasto, se les hará pruebas con el fin de crear un prototipo mecatrónico geolocalizador para el monitoreo de los recorridos que hacen, estas pruebas se realizaran una investigación previa, bajo las normas y leyes establecidas para la protección de animales en Colombia, las pruebas consisten en colocar un dispositivo para poder visualizar los desplazamientos de los animales, cabe aclarar que este dispositivo se podrá adaptar a un arnés que se pueda adaptar para mayor comodidad del animal. En esta investigación se garantiza el buen trato y cuidado de los animales, también se garantiza que el dispositivo será creado bajo asesoramiento.

**1.4.6.3. Beneficios y riesgos de la investigación.** Los beneficios de la investigación es que ayuda a conocer los desplazamientos de los animales domésticos en la ciudad de pasto, Nariño para mitigar la problemática de la perdida de mascotas.

## **1.5. Metodología**

### **1.5.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es pre-experimental, debido a que se realizaran pruebas previas antes de obtener el prototipo final.

Esta investigación pre-experimental presenta la variable de estudio para realizar investigaciones de causas y efectos, la investigación experimental es uno de los métodos de investigación cuantitativa principales. La investigación experimental es la prueba que se realizará en los animales domésticos para saber sus desplazamientos en el departamento de Nariño,

Siempre que la investigación se realice bajo condiciones científicamente aceptables. Es importante para una investigación experimental establecer la causa y el efecto de un fenómeno, lo que significa que debe ser claro que los efectos observados en un experimento se deben a la causa.

### ***1.5.2. Línea y sublínea del tipo de investigación***

Automatización y control, en automatización ya que se quiere llevar cabo el diseño de un prototipo para la visualización de posiciones y desplazamientos.

**1.5.2.1. Enfoque de investigación.** El presente proyecto se realizará de forma cualitativa ya que se analizan las distintas características del animal y recorrido que este hará. Para este análisis es fundamental la toma de distintos datos como son mediciones de voltajes, corrientes para la construcción del dispositivo geocalizador, también será un circuito robusto pero compacto para que su tamaño no interfiera en la comodidad del animal. Además, se tendrán en cuenta las condiciones ambientales para que al diseñar el dispositivo este sea con materiales impermeables, distancias, cobertura de la zona a trabajar, diseños del circuito, material para que el arnés sea cómodo para el animal ya que realizaran las pruebas entre otros factores donde se buscará la causa y el efecto. La investigación cualitativa asume una realidad subjetiva, dinámica y compuesta por multiplicidad de contextos. El enfoque cualitativo de investigación privilegia el análisis profundo y reflexivo de los significados subjetivos e intersubjetivos que forman parte de las realidades estudiadas para el departamento de Nariño.

### **1.5.3. Hipótesis**

Sistema geocalizador para animales en rehabilitación que implementa tecnologías emergentes como IoT y telemetría a un bajo costo en el departamento de Nariño, el sistema se ejecuta mediante el monitoreo y la visualización de variables como la localización y desplazamientos.

### **1.5.4. Descripción de metodología**

#### **1.5.4.1. Descripción de fases.**

**1.5.4.1.1. Fase 1.** En la primera fase se obtiene la información para el desarrollo del prototipo con el fin de obtener las bases suficientes para la creación de un prototipo apto para las pruebas en los animales, se realiza una investigación previa para no repetir errores de diseño o programación, también se consultaron diferentes tipos de comunicación para la posterior elección de la plataforma y el modulo más optimo.

**1.5.4.1.2. Fase 2.** En la segunda fase se encuentra el diseño y programación del dispositivo para el cual se harán diferentes pruebas, primero se diseña el circuito y para la construcción posterior se hace primero el presupuesto, después se programa el modulo en Arduino y finalmente se diseña la parte exterior que protegerá el circuito del entorno de prueba teniendo en cuenta las limitaciones respecto a que sea apto para el animal de prueba.

**1.5.4.1.3. Fase 3.** Finalmente, la tercera fase es la verificación del funcionamiento que se hará mediante diferentes pruebas, las primeras en la ciudad con un perro domestico y sera comparado el dispositivo con otro localizador ya calibrado.

#### **1.5.5. Validez de investigación**

Para el desarrollo de un prototipo geocalizador es importante la búsqueda de la información ya que mediante la búsqueda de prototipos similares se encontraron errores de diseño y construcción del prototipo como es el consumo rápido de la batería, se buscó artículos y información sobre los tipos de comunicación y módulos que permitan las conexiones entre servidores de forma inalámbrica para el envío y recepción de datos.

Después de recolectar la información correspondiente se realiza pruebas con módulos con conexión IoT, para encontrar un módulo con una amplia señal, se usa es el moduloSim808. Este módulo soporta red 2G y 3G. En las pruebas se obtuvieron datos de la longitud y latitud.

También se realizó pruebas anteriormente con el modulo NEO M6, SIM800L, SIM900 y A9G, el NEO M6 se trabajó de dos formas, uno con un convertidor UBS donde se establece la conexión de datos por medio de un visualizador, el cual es la plataforma U- Center, los datos recolectados son la longitud la latitud, el número y posición de los satélites entre otros datos. Los otros módulos comparten la característica de que tiene baja cobertura. Después de encontrar el modulo más apto para el prototipo se diseña del circuito para realizar pruebas.

La programación se realiza a través de Arduino, para esto se tendrá en cuenta los módulos a usar ya que el prototipo se diseña para que se envíen datos en un tiempo determinado, este tiempo se lo saca mediante pruebas ya que no puede ser muy corto por que consumen mucha batería y tampoco muy largo para que se pueda visualizar las rutas recorridas con mayor frecuencia.

Para la visualización de los datos se usa una plataforma demo, el dispositivo contara con dos tipos de almacenamiento, uno mediante el envío de datos satelitales y otro que es por medio de una memoria volátil para cuando el prototipo se encuentre en una zona sin cobertura satelital. Además, para el diseño externo del prototipo se deben tener en cuenta parámetros para que el dispositivo no atente con la integridad o vida del animal de prueba, se realizaran pruebas para determinar cuál es el material más apto tanto para cambios climáticos y que no afecte al circuito. Se determina el material teniendo en cuenta la comodidad del animal de prueba. Finalmente, el prototipo se envía al campo de prueba por un tiempo determinado para observar su funcionamiento tanto en el diseño externo, bajo las condiciones de su entorno, como el envío de datos a Ubidots.

La carga de la batería se realiza a través de un modulo de carga para baterías litio, actualmente de modulo sim808 tiene alimentación aparte, ya que el modulo consume hasta 1800 mA cuando se conecta el GSM Y GPS, el flujo de datos es un dato por segundo y la batería activado el modo sleep puede durar hasta 7 horas, aunque el tiempo de carga puede disminuir si hay aumento de temperatura.

## 2. Presentación de resultados

### 2.1 Resultados de objetivos

#### 2.1.1 Resultados del objetivo 1

Se realiza la recolección de datos para el desarrollo del prototipo, teniendo en cuenta el tipo de comunicación que se usa, la cobertura, el tipo de red para el módulo GSM, y plataformas para graficar las distancias recorridas con el fin de tener las bases teóricas para el diseño y desarrollo, se tuvo en cuenta diferentes opciones en los módulos, en el microcontrolador y en las plataformas, las búsquedas que se realizaron se tomaron de artículos, libros y páginas web.

**2.1.1.2. Tipo de comunicación y red móvil.** El tipo de comunicación se realiza por medio de Wifi por medio de GSM. La importancia del GSM en el arnés localizador radica en varias ventajas clave. Como la cobertura global, ofrece cobertura de red móvil. Esto es especialmente útil si se necesita rastrear o localizar en áreas geográficas amplias.

**Tabla 4.**

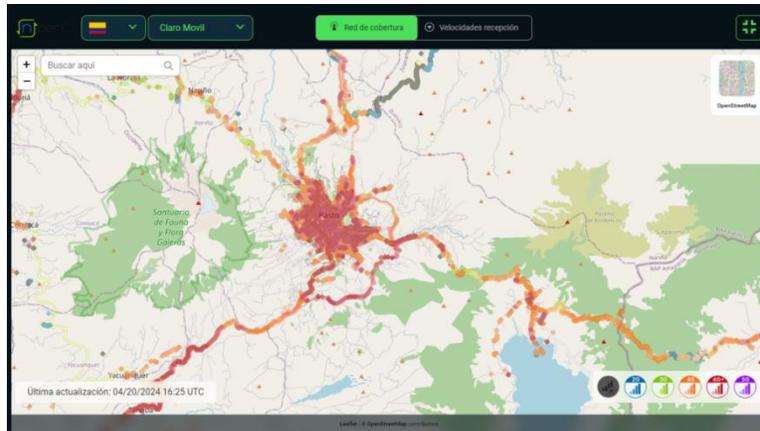
*Cobertura nacional*

Operadores	Tipo de red			
	2G	3G	4G	5G
<b>Claro movil</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Movistar movil</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Tigo</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>WoM / Avantel</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

En la tabla 5 podemos observar la cobertura nacional de algunos operadores en Colombia. Actualmente solo dos de cinco operadores registran cobertura 2G y todos registran cobertura 3G en adelante, se tuvo en cuenta estos datos para elegir la red Movistar ya que el modulo SIM808 trabaja con red 2G y 3G. A continuación se muestran los mapas de cobertura de cada operador.

### Figura 7

Mapa de cobertura Claro Móvil

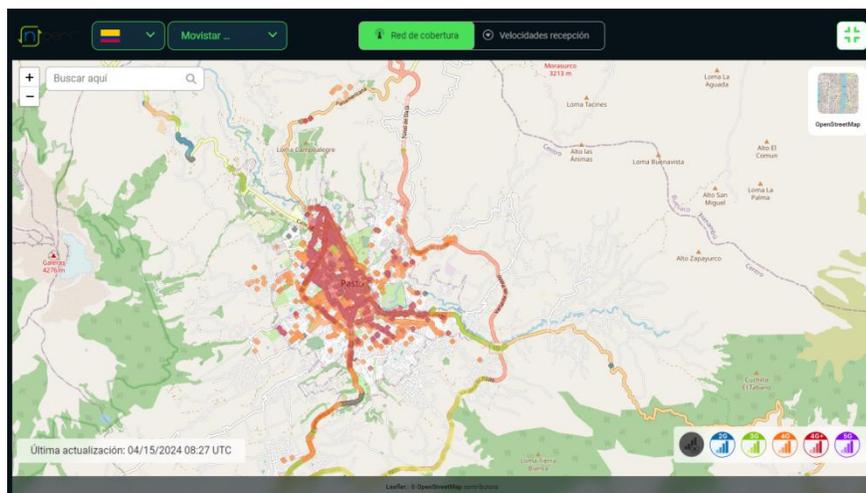


Fuente: Nperf, 2024.

En la figura 7 se puede observar que el operador Claro, predomina la red 3G y 4G. Además, fuera de la ciudad de pasto, funciona la red 2G Y 3G.

### Figura 8

Mapa de cobertura Movistar Móvil

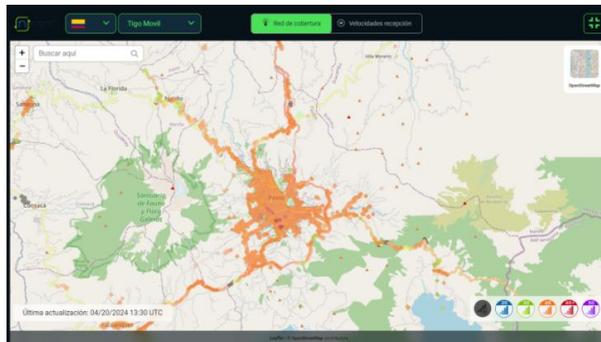


Fuente: Nperf, 2024.

En la figura 8 se puede observar que el operador Movistar, predomina la red 3G y 4G. Además, fuera de la ciudad de Pasto, presenta mayor cobertura 2G Y 3G comparada con el mapa de cobertura de el operador Claro.

### Figura 9

Mapa de cobertura Tigo

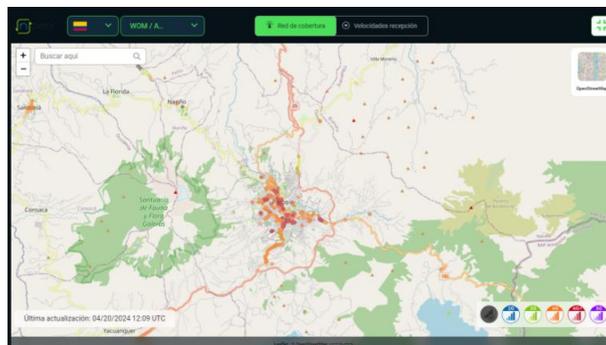


Fuente: Nperf, 2024.

En la figura 9 se muestra que el operador Tigo, predomina la red 4G. Además, fuera de la ciudad de Pasto, presenta escasa cobertura 2G Y 3G comparada con los otros mapas.

### Figura 10

Mapa de cobertura WOM/ Avantel



Fuente: Nperf, 2024.

En la figura 10 se muestra que el operador WOM/ Avantel. Se presenta una escasa cobertura, aunque, predomina la red 4G y 5G. Además, presenta una cobertura casi nula fuera de la ciudad.

La conectividad constante es otra ventaja del GSM, este ofrece una conexión de red constante y estable, lo que garantiza una comunicación continua entre el arnés localizador. Esto permite que se reciba actualizaciones aproximadamente en tiempo real sobre la ubicación de los animales en cualquier momento y en cualquier lugar donde haya cobertura GSM. Por este motivo se ha elegido el operador Movistar.

**Tabla 5.**

*Comparación de tecnologías inalámbricas*

<b>Tecnologías inalámbricas</b>			
<b>Parámetros Técnicos</b>	<b>Wi-fi</b>	<b>GSM</b>	<b>Bluetooth</b>
<b>Alcance</b>	30 - 300 m	30 - 45 Km zona urbana 3 - 5 Km zona rural	1 - 100 m
<b>Latencia</b>	1 ms	150 - 400 ms	100 ms
<b>Banda de Transmisión</b>	2.4 GHz 5 GHz.	850 MHz 900 MHz 1800 MHz 1900 MHz.	2.4 GHz
<b>Velocidad de transmisión de datos</b>	100 Mbps	100 Mbps	1 Mbps

Se puede observar en la tabla 6 que aunque GSM puede tener un alcance menor que Wi-Fi en algunos casos, es una tecnología ampliamente utilizada en comunicaciones móviles y tiene una cobertura más amplia en áreas rurales y remotas donde puede no haber acceso a redes Wi-Fi. En términos de latencia, GSM tiende a tener una latencia relativamente baja, lo que significa que es adecuado para aplicaciones que requieren respuestas rápidas, como la comunicación de voz y mensajes de texto.

En cuanto a la banda de transmisión, GSM opera en bandas de frecuencia específicas asignadas para comunicaciones móviles, lo que garantiza una transmisión estable y confiable en comparación con Wi-Fi, que puede estar sujeta a interferencias y congestión de la red.

**Tabla 6.**

*Sistemas de navegación satelital*

SISTEMAS GLOBALES DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE				
	GPS	GALILEO	BeiDou	GLONASS
Precisión publica	7.8 m	1 m	10 m	7.4 m
Precisión militar	5.9 m	-	0.1 m	4.5 m
Cobertura	Global	Global	China para BeiDou- 1 Global para BeiDou – 2	Global
Constelación	24 satélites	30 satélites	30 satélites + 5 GEO	24 satélites
Planos Orbitales	6 planos	3 planos	3 planos	3 planos
Altura Órbita	26650 km	23222 km	21150 km	19100 km
Propietarios	Estados Unidos	Unión Europea	China	Rusia

Con la información proporcionado en la tabla 7, se determino que para un arnés localizador, el GPS sería una elección sólida debido a su capacidad para proporcionar una ubicación precisa y confiable en tiempo real.

**2.1.1.3. Programas.** Los programas que se tuvo en cuenta es Arduino, el modulo se programa por medio de comandos AT por el serial UART y un microcontrolador (ESP32), la segunda forma es en modo desarrollador SDK, trabaja como microcontrolador + modem, se puede

programar con lenguaje C con Ai-Thinker y cargar el firmware utilizando un conversor USB-Serial TTL, Arduino aplicaciones en robótica, Mecatrónica, Fernando Reyes (2015), la Plataforma: Ubidots.

**2.1.1.4. Fuente de alimentación.** La duración de la batería suele ser limitada ya que los dispositivos geolocalizadores están diseñados para ser compactos y ligeros, lo que a menudo significa que tienen baterías de menor capacidad.

Esto puede resultar en una duración limitada de la batería, lo que requerirá cargas frecuentes o cambios de batería. También el consumo de energía excesivo puede tener un consumo de energía más alto debido a características adicionales como seguimiento en tiempo real, notificaciones constantes o transmisión continua de datos. Este es un desafío para el proyecto ya que se busca el ahorro de energía.

**Tabla 7.**

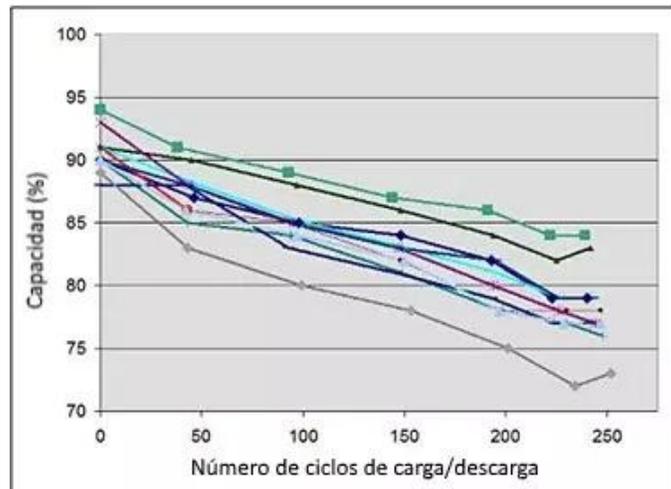
*Baterías de litio ciclos de vida*

Nivel de carga (V)	Ciclos máximos de descarga	Energía almacenada
4,3	300 - 450	115%
4,2	600 - 1000	100%
4,1	1200 - 2000	80 - 85%
4	1200 - 2000	68 - 72%
3,9	2200 - 3500	60%
3,8	>4000	40%
3,7	-	30%

Artículo: Caracterización de batería Li-Ion Polymer para estimar el tiempo de descarga en sistemas con carga constante- valencia (2012) Artículo: estimación de conjuntos de datos almacenados a bordo y transmitidos producidos por telemetría GPS- Cabrera (2016).

**Figura 11**

Caída de la capacidad de voltaje



Fuente: Cadex Laboratories.

Nota : Caída de la capacidad de 11 células de Litio-polímero frente a número de cargas/descargas. Han sido cargadas a 1.500 mA hasta 4,2 V y después se han saturado a 75 mA. Se han descargado a 1.500 mA hasta 3 V y se ha repetido el ciclo.

**2.1.1.5. Adaptabilidad del prototipo.** Un factor importante es la compatibilidad con los animales de prueba, también se debe tener en cuenta el tamaño, la forma y el comportamiento de los animales para garantizar un ajuste seguro y cómodo, también se debe tener en cuenta el tamaño y ajuste, esto garantiza que el collar se ajuste correctamente y no cause molestias o lesiones, en el diseño es importante la resistencia al agua y durabilidad para soportar diferentes condiciones climáticas y actividades al aire libre.

Artículo: Caracterización del paisaje para identificar hábitats y corredores críticos para la vida animal - Bastille (2021).

**Figura 12**

*Diseño del arnés para mascotas*



Fuente: Generado por Microsoft Copilot IA.

**2.1.1.6. Módulo.** Se realizaron diferentes pruebas, con el modulo NEO M6, con el módulo GSM SIM800L, SIM900, A9G y SIM808. Actualmente se eligió el modulo SIM808 ya que ofrece ventajas significativas en el arnés geolocalizador, como ubicación precisa, comunicación confiable, cobertura global ya que ofrece cobertura 2G y 3G. Además, cuenta con el GPS y cuenta con el modo sleep para reducir el consumo de energía.

**Tabla 8.**

*Comparación de módulos GSM*

		<b>Módulos GSM</b>			
Propiedades	Neo M6 (GPS)	SIM800L	SIM900	A9G	SIM808
Procesador	No aplica	STM32F030.	ARM7	ARM Cortex-M33.	STM32F103.
Memoria	No aplica	Flash: 32Mbit, RAM: 64Kbytes.	Flash: 32Mbit, RAM: 64Kbytes.	Flash: 32Mbit de SRAM: 5Mbit	Flash: 32Mbit, RAM: 64Kbytes.
Alimentación	3.3 a 5V	3.4 a 4.4V.	3.4 a 4.8V.	3.3 a 4.2V.	3.4 a 4.4V.

Consumo de energía	Bajo consumo	En espera: 0.7mA En transmisión: 350mA En recepción: 2.8mA.	En espera: 1.5mA En transmisión: 2A En recepción: 200mA	En espera: 6mA En transmisión: 500mA En recepción: 4mA.	En espera: 1.5mA En transmisión: 2A En recepción: 200mA
Red movil	-	2G	2G	2G	2G Y 3G
Porcentaje de error	No aplica	Bajo	Bajo	Alto	Bajo

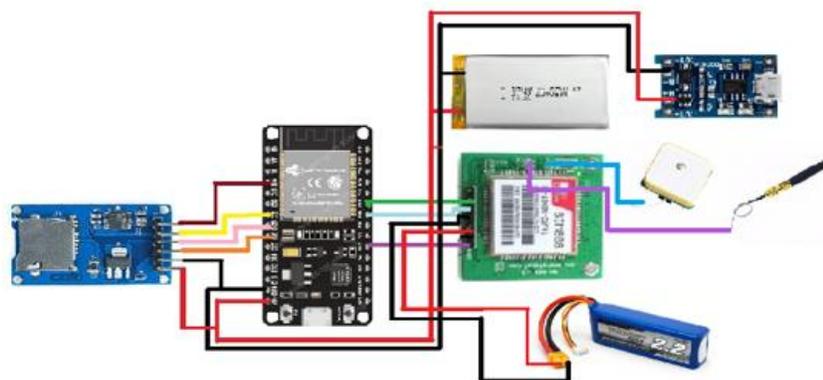
**2.1.1.7. Paginas para la visualización de datos.** La plataforma es Ubidots , es una plataforma que brinda ventajas como el monitoreo en tiempo real de la ubicación. Los datos de ubicación se actualizan de manera continua y se muestran en la plataforma, lo que permite al usuario saber la posición actual del animal, además de que la visualización de datos ofrece una interfaz gráfica y amigable que permite la representación de datos geográficos.

## 2.1.2 Resultados del objetivo 2

### 2.1.2.1. Diagrama de conexión.

**Figura 13**

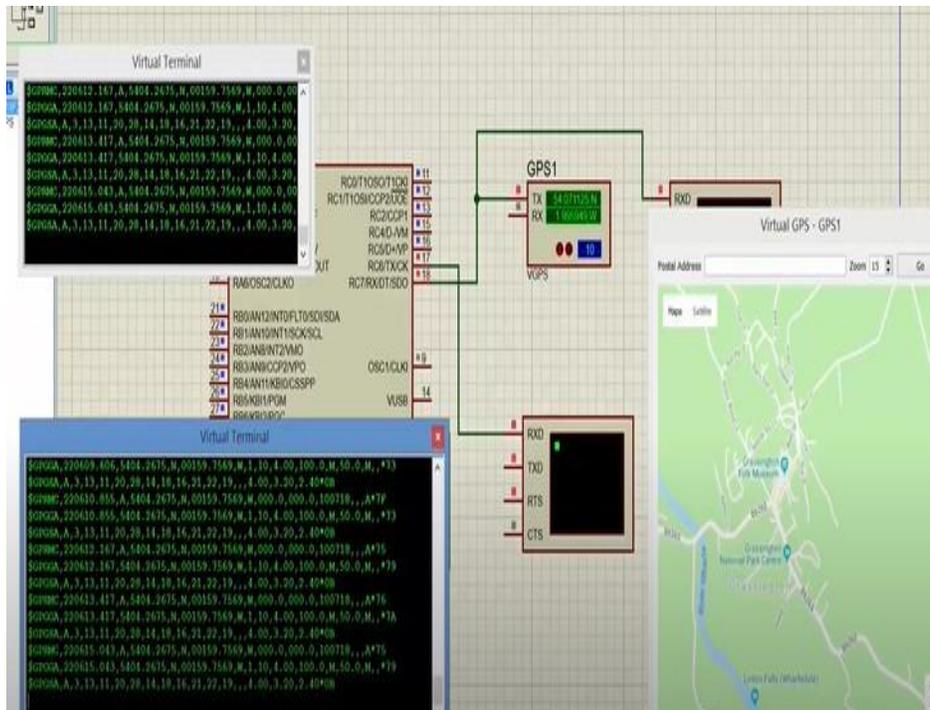
*Diagrama de conexión*



En la figura 13 se observa el diagrama de conexión. El sistema consta de un microcontrolador ESP32 y un módulo SIM808 que integra funciones de GPS y GSM. Además, cuenta con el modo sueño para el ahorro de energía. También cuenta con dos elevadores de voltaje, un módulo cargador de baterías litio, una batería de litio de 3.7 V y un módulo tarjeta SD.

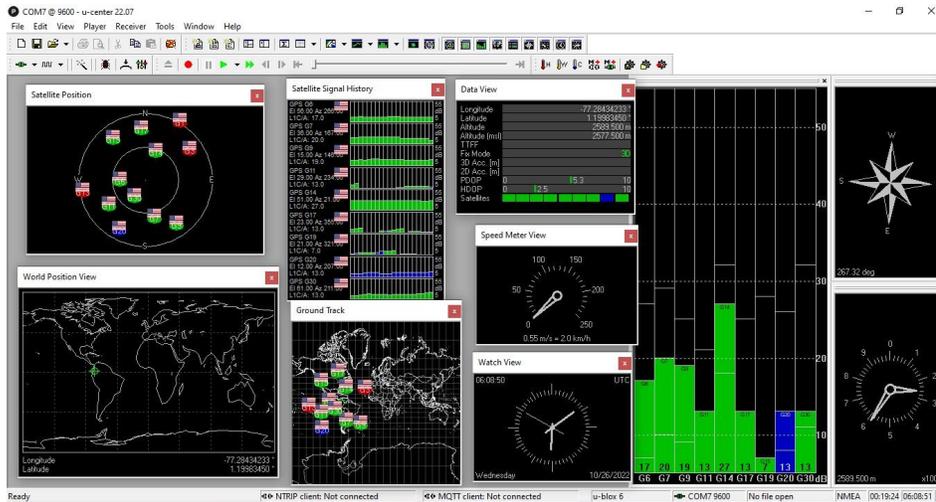
### 2.1.2.2. Simulaciones.

**Figura 14**  
*Simulación GPS*



En la figura 14 se puede visualizar la simulación que se realizó en Proteus, esta simulación se realizó inicialmente para conocer los datos de longitud y latitud antes de seleccionar el GPS final, en la pantalla se puede observar el mapa que nos muestra el GPS con datos aleatorios y en el virtual terminal se muestran las coordenadas que se grafican en el mapa.

**Figura 15**  
*Simulación GPS U-Center.*



En la figura 15 se puede observar los datos tomados en la APK de U-Center, la plataforma toma diferentes datos como de satélites, el país donde me ubico, brújula, un diagrama de barras que me indica la frecuencia con la que se conectan los diferentes satélites y también muestra el país del que se conectó el satélite, en la figura se puede observar que son satélites de Estados Unidos.

**2.1.2.3 Programación en Arduino del módulo SIM808.** Inicialmente para las pruebas del modulo SIM808 se probaron los comandos AT del GPS y del GSM, si la respuesta del modulo es OK al colocar el comando AT, se puede seguir activando el GPS y GSM.

**Tabla 9.**  
*Comandos AT del GPS*

Command	Description
AT+CGPSPWR	Gps power control
AT+CGPSRST	Gps reset mode
AT+CGPSINF	Get current gps location info

AT+CGPSOUT	Gps nmea data output control
AT+CGPSSTATUS	Gps fix status

**Tabla 10.**

*Comandos AT de prueba cuando el GPS esta encendido.*

<b>AT+CGPSPWR</b>	<b>GPS Power Control</b>
Test command	Response <b>+CGPSPWR:</b> (list of supported <mode>s)
	OK
	Parameters See write command
Read command <b>AT+ CGPSPWR?</b>	Response TA status the current value of GPS power control PIN
	<b>OK</b>
	Or
	<b>ERROR</b>
	Parameters See write command
Write command <b>AT+ CGPSPWR=&lt;mode&gt;</b>	Response GPS POWER CONTROL ON/OFF
	<b>OK</b>
	Or
	<b>ERROR</b>
	Parameters <Mode> 0 turn off GPS ówer supply

**Tabla 11.**

*Comandos AT de prueba cuando para que el GSM envíe longitud y latitud.*

Command	Description
AT+CIPGSMLOC	GSM location and time

**Tabla 12.**

*Comandos AT de prueba cuando para que el GSM este encendido.*

AT+CIPGSMLOC	GSM location and time
Test command	Response
AT+CIPGSMLOC=?	<b>+CIPGSMLOC: (1,2).(1-3)</b>
	<b>OK</b>
	Parameters
	See write command
Write command	Response
AT+CIPGSMLOC=<type>,<cid>	If <type>=1; <b>+CIPGSMLOC:&lt;locationcode&gt; ,&lt;longitude&gt;,&lt;latitude&gt;,&lt;date&gt;,&lt;time&gt; </b>
	<b>OK</b>
	<b>+CIPGSMLOC:&lt;locationcode&gt; ,&lt;date&gt;,&lt;time&gt; </b>
	<b>OK</b>
	If error related to ME functionality: <b>+CME ERROR: &lt;err&gt;</b>
	Parameters
	<type> 1 view the longitude, latitude and time 2 view time

---

<cid> network parameters, refer to AT+SAPBR

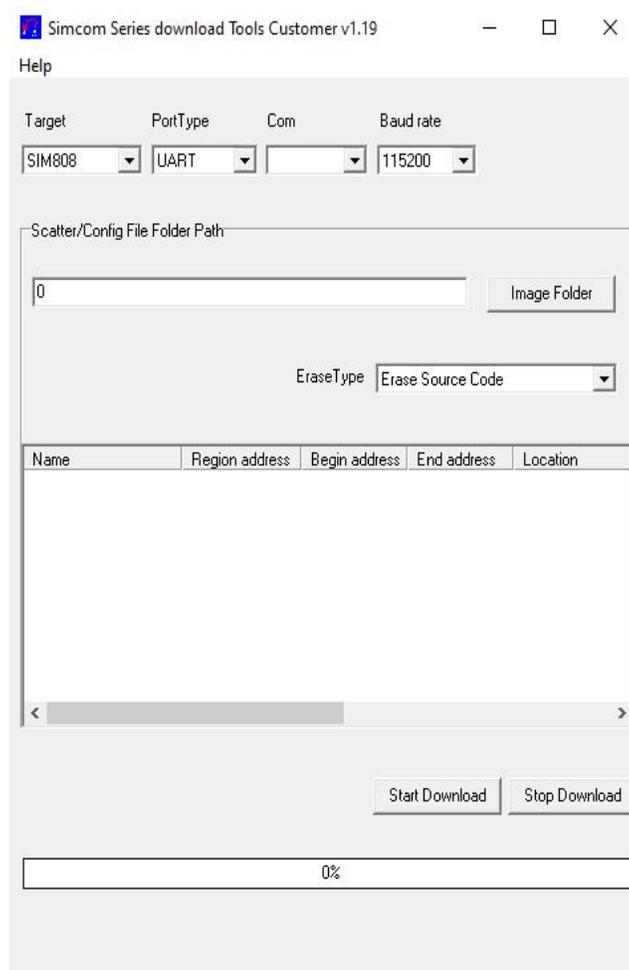
<locationcode> 0 success

If the operation failed, the location code is no 0,  
such as 404 not found

---

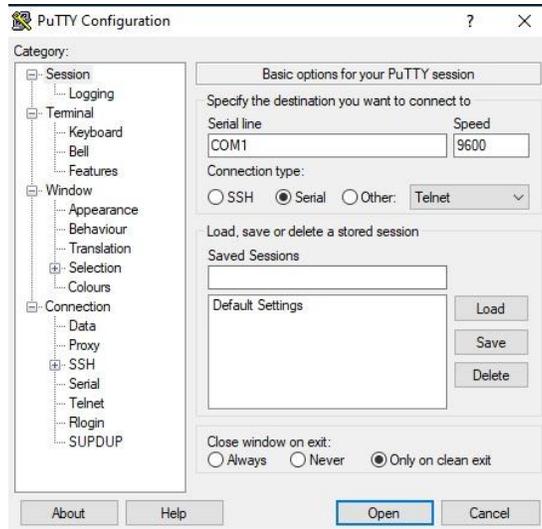
## Figura 16

### Actualización del Firmware



Después de probar si el modulo estaba respondiendo de manera correcta al comando AT, se procede a actualizar el Firmware, ya que si no se actualiza, el modulo no se puede conectar a la red. En la figura 16 se muestra la versión v1.19 pero hay que buscar la versión compatible para cada modulo ya que pueden llegar a variar.

**Figura 17**  
*CMD Putty*

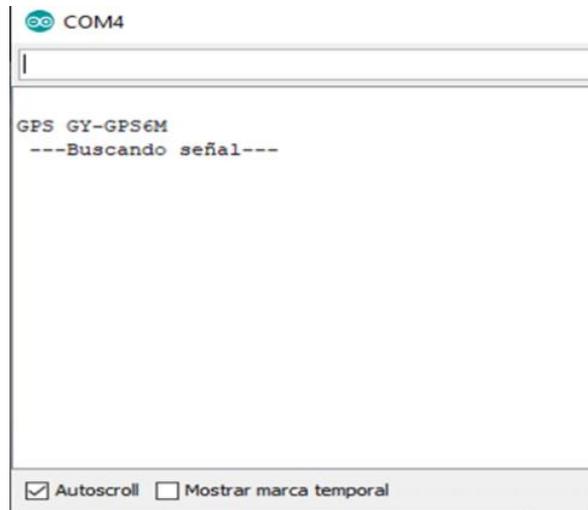


Después de actualizar el Firmware, se realizó la prueba de comandos desde el CMD de putty como se muestra en la figura 17 y se comprueba que se haya conectado a la red correctamente como se puede observar en la figura 18.

**Figura 18**  
*Comandos AT en el CMD PUTTY*

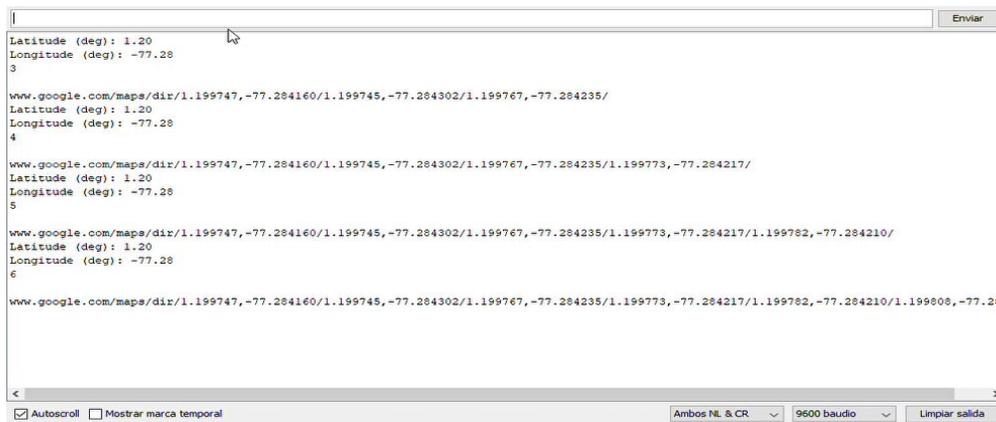


**Figura 19**  
*Visualizador de señal*



En la figura 19 se puede observar el Módulo SIM808. Inicialmente, este módulo tarda unos segundos en conectarse al GPS. En comparación con los módulos anteriores, estos eran de corto alcance y muy sensibles a los cambios climáticos, lo que dificultaba encontrar cobertura y obtener los datos de ubicación.

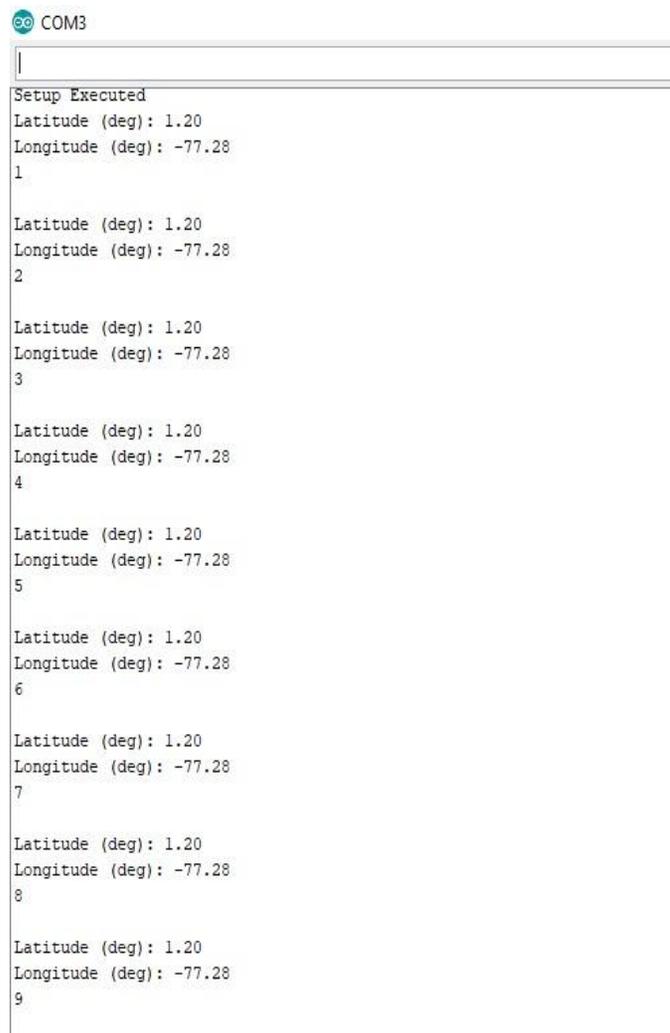
**Figura 20**  
*Datos tomados con los comando AT*



En la figura 20, se evidencian los datos recibidos, teniendo en cuenta que se envían 10 por segundo como se muestra en la figura 21, después el ciclo se repite. Inicialmente se probó el GSM por mensajes. Por cada dato que se registraba con longitud y latitud, se enviaba un mensaje con un enlace de la plataforma Google Maps. En esta plataforma se puede visualizar la ubicación en la que se encuentra el módulo. Como se muestra en la figura 22.

### Figura 21

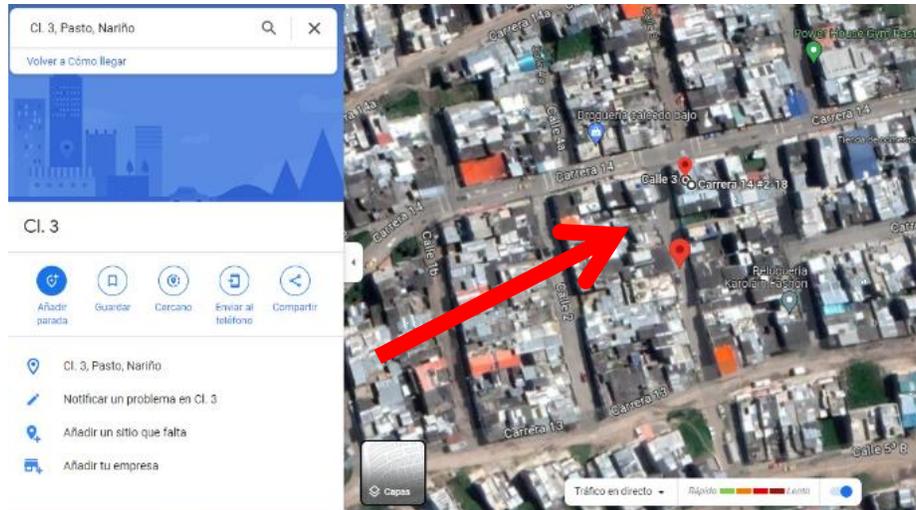
*10 datos de longitud y latitud*



```
COM3
Setup Executed
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
1
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
2
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
3
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
4
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
5
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
6
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
7
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
8
Latitude (deg): 1.20
Longitude (deg): -77.28
9
```

**Figura 22**

*posición en reposo del modulo*



**Figura 23**

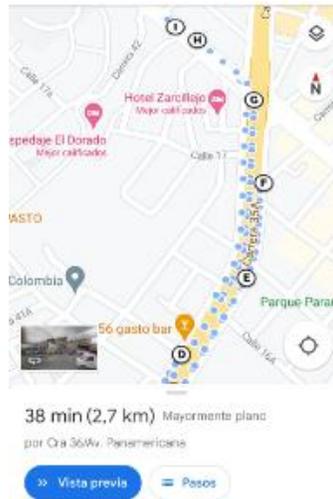
*Mensaje recibido con la longitud y latitud.*



En esta etapa el prototipo ya se encuentra conectado a la red móvil y cuenta con la capacidad de enviar un mensaje con el enlace de google maps, como se muestra en la figura 23.

## Figura 24

*Mapa del enlace recibido.*



En esta etapa, se realizaron dos pruebas. La primera consistió en llevar el prototipo en un automóvil y recorrer una distancia moderada, como se muestra en la figura 24. Posteriormente, se realizó una pequeña prueba con una mascota, previa autorización del dueño, como se evidencia en las figuras 25 y 26.

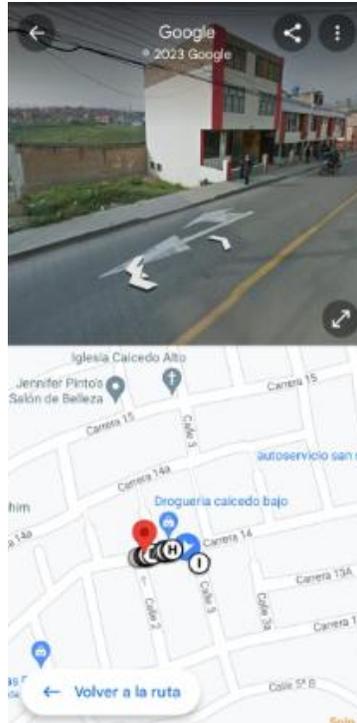
## Figura 25

*Mapa del enlace recibido prueba del norte hasta el sur de la ciudad.*



**Figura 26**

*Recorrido del perro en el barrio Caicedo.*



**Figura 27**

*Recepción de datos en el modulo tarjeta SD*

```
COM3
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:1
load:0x3fff0030,len:1344
load:0x40078000,len:13964
load:0x40080400,len:3600
entry 0x400805f0
No se pudo encontrar el módulo RTC. Intento 1
No se pudo encontrar el módulo RTC. Intento 2
No se pudo encontrar el módulo RTC. Intento 3
Error al encontrar el módulo RTC.
Error al inicializar la tarjeta SD.
Tarjeta SD lista.
Posición guardada en el archivo 'posiciones.txt'
Posición guardada en el archivo 'posiciones.txt'
```

## Figura 28

Datos guardados en la tarjeta SD

\*posiciones tarjeta SD.txt: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
25/11/2023	16:35:00	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:02	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:03	- (LAT 1.324, LONG -77.686)		
25/11/2023	16:35:04	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:08	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:09	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:12	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:13	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:16	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:17	- (LAT 1.324, LONG -77.686)		
25/11/2023	16:35:18	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:22	- (LAT 1.324, LONG -77.686)		
25/11/2023	16:35:23	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:24	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:25	- (LAT 1.328, LONG -77.679)		
25/11/2023	16:35:36	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:38	- (LAT 1.234, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:44	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:35:56	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:38	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:40	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:42	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:44	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:46	- (LAT 1.324, LONG -77.689)		
25/11/2023	16:36:48	- (LAT 1.456, LONG -77.823)		

En la figura 27 y 28 se realizó la programación del módulo tarjeta SD que es el respaldo de datos del prototipo, inicialmente se conecta el GPS y demora 10 segundos en recibir las posiciones, para después guardarlos en la tarjeta SD cuando el módulo SIM808 no disponga de conexión a internet.

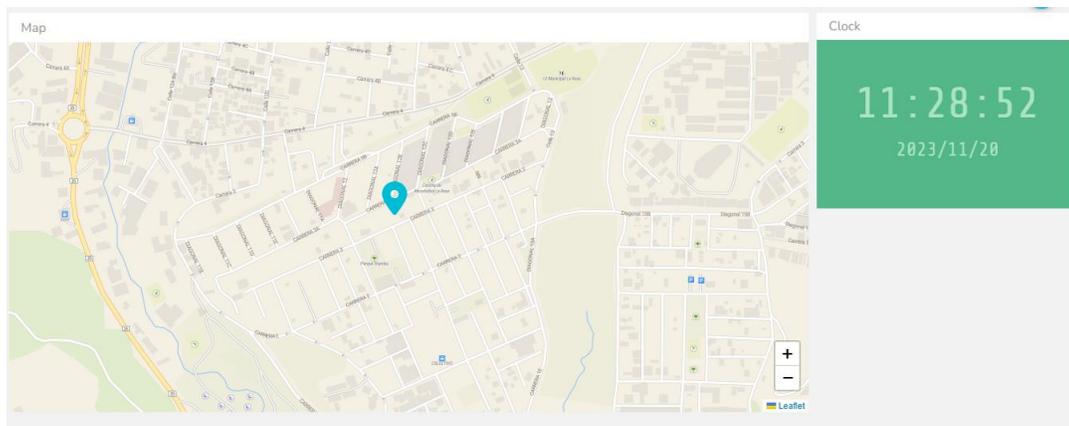
**2.1.2.4. Diseño y construcción del prototipo.** Para esta etapa se realiza la creación y programación del mapa en Ubidots. En este proceso podemos elegir un mapa satelital o urbano como se muestra en la figura 29 y 30.

**2.1.2.4.1. creación del mapa en la plataforma Ubidots.**

**Figura 29**  
*Mapa Ubidots*



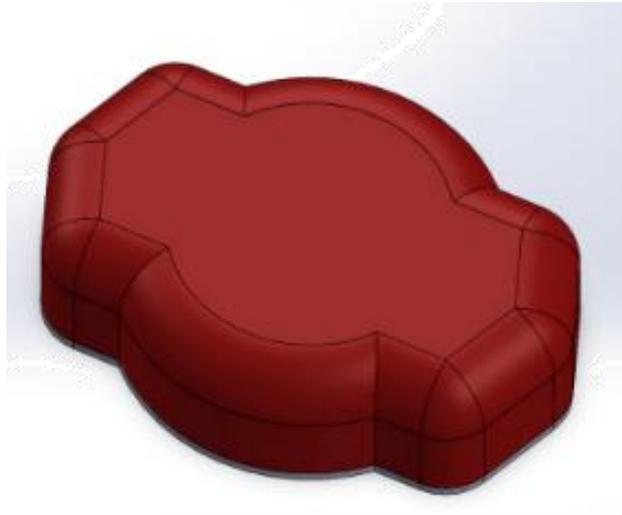
**Figura 30**  
*Mapa plataforma Ubidots.*



**2.1.2.4.2. Diseño en SOLIDWORKS.** Se realiza el diseño de la caja que resguarda los componentes electrónicos y los protege de ambientes externos o ambientales directos

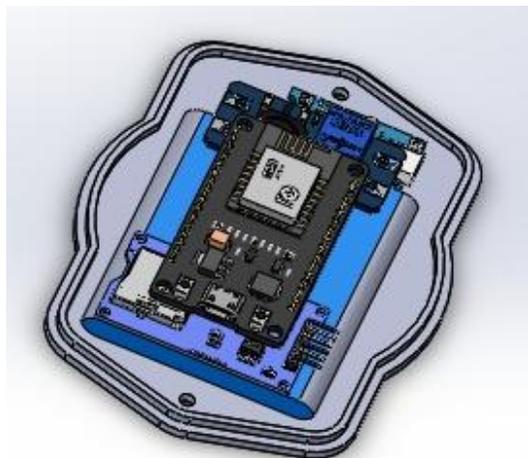
**Figura 31**

*Diseño de la caja que guarda el circuito*



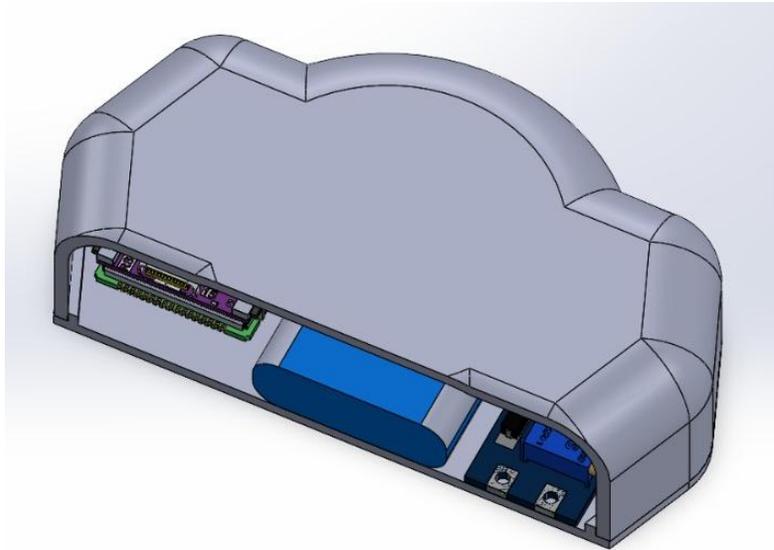
**Figura 32**

*Diseño interno del prototipo*



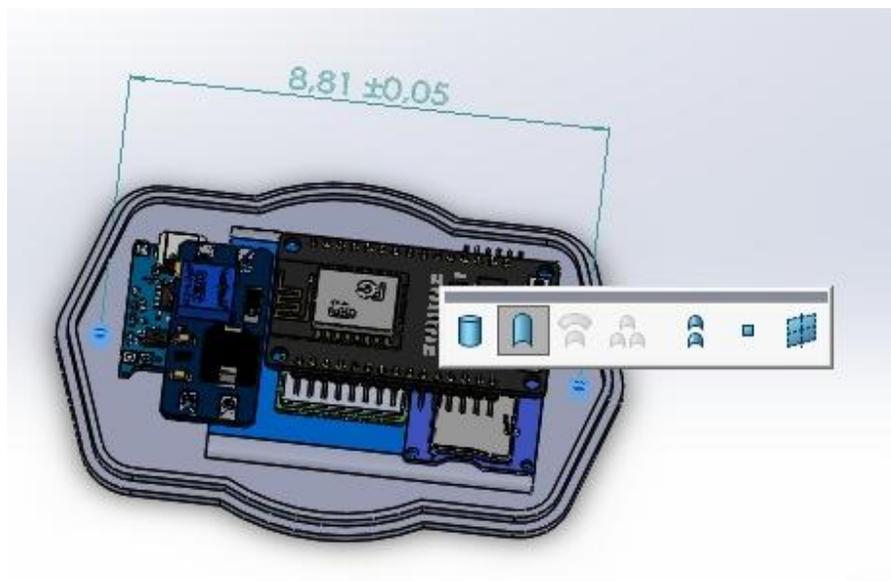
**Figura 33**

*Diseño del prototipo localizador*



**Figura 34**

*Medidas del prototipo 8.81 cm de largo, 7 cm de ancho y 5 cm de alto.*



**2.1.2.4.3. Construcción.** En esta etapa se van a tener en cuenta parámetro como el peso y tamaño del animal, ya que el prototipo no de exceder el peso que puedan soportar para que no perjudique el bienestar del animal. Además, de que debe ser cómodo. Para esto se tuvieron en cuenta las siguientes características:

**Tabla 13.**

*Características del arnés*

características	Tamaño de la mascota		
	Pequeño	Mediano	Grande
<b>Peso mínimo</b>	0.2 kg	0.3 kg	0.5 kg
<b>Peso maximo</b>	0.5 kg.	1 kg	1.5 kg
<b>Medidas</b>	Largo: 30 cm -50 cm. Circunferencia del pecho: 40 cm - 60 cm. Circunferencia del cuello: 25 cm -40 cm.	Largo: 40 cm - 60 cm. Circunferencia del pecho: 60 cm -80 cm. Circunferencia del cuello: 35 cm-50 cm.	Largo: 50 cm -70 cm. Circunferencia del pecho:70 cm -100 cm. Circunferencia del cuello:45 cm 65 cm.
<b>Material</b>	Nylon balístico Poliéster de alta densidad Neopreno Malla transpirable Cierres de velcro Hebillas de liberación rápida Elementos reflectantes	Nylon balístico Poliéster de alta densidad Neopreno Malla transpirable Cierres de velcro Hebillas de liberación rápida Elementos reflectantes	Nylon balístico Poliéster de alta densidad Neopreno Malla transpirable Cierres de velcro Hebillas de liberación rápida Elementos reflectantes

**Figura 35**

*Prototipo en un perro doméstico*



Fuente: Generado por Microsoft Copilot IA.

También se logró analizar los desafíos a los que se enfrenta el prototipo como es la duración de la batería, que se encuentra limitada por tamaño y peso del prototipo, por lo que se usa una fuente de alimentación con menor capacidad, lo que requerirá cargas frecuentes o cambios de batería, la cobertura de red, puede gastar más energía al tratar de establecer y mantener una conexión estable, la configuración incorrecta respecto a los intervalos de actualizaciones demasiado frecuentes pueden acortar el tiempo de la batería, si los cables de la fuente de alimentación están sueltos o dañados, puede haber una pérdida de energía y un mal funcionamiento del prototipo geocalizador.

Esto puede llevar a apagones repentinos o a una alimentación intermitente, lo que afectará negativamente la capacidad de rastreo y localización. Y finalmente el diseño externo que se rige aparte de las características del animal y del entorno, el prototipo debe ser amigable y cómodo para que el animal no sea lastimado y pueda continuar con sus actividades cotidianas.

**Figura 36**

*Prototipo físico antes de la impresión a 3D.*



### **2.1.3 Resultados del objetivo 3**

Finalmente se realizan pruebas. Inicialmente el prototipo es llevado en un taxi, después se realizan pruebas fuera de la ciudad, por Catambuco y la vía San Francisco con el fin de colocar a prueba la recepción de datos en zonas donde usualmente es escasa la cobertura satelital y la ultima prueba se realiza con un perro doméstico.

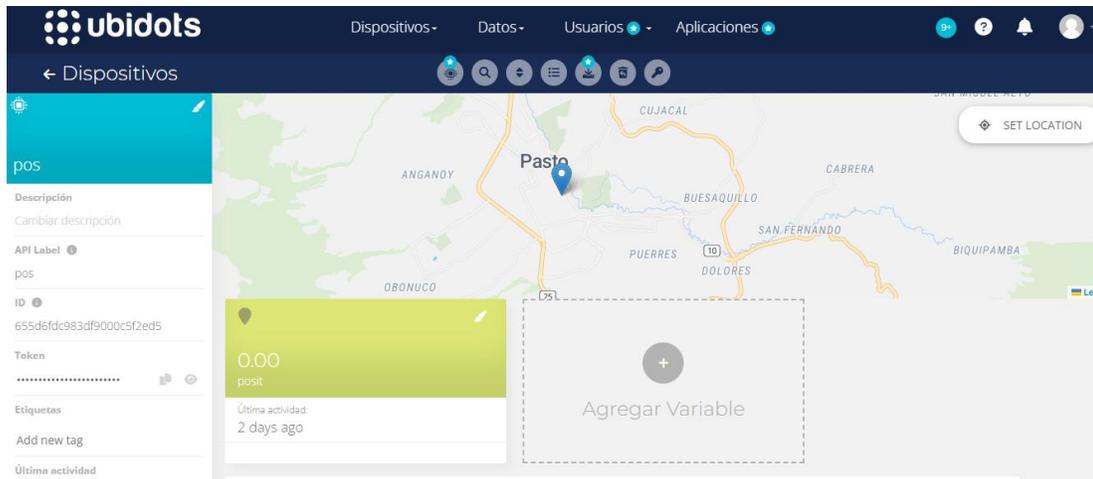
**Figura 37**

*Modulo SIM808 Funcionando GPS Y GSM*



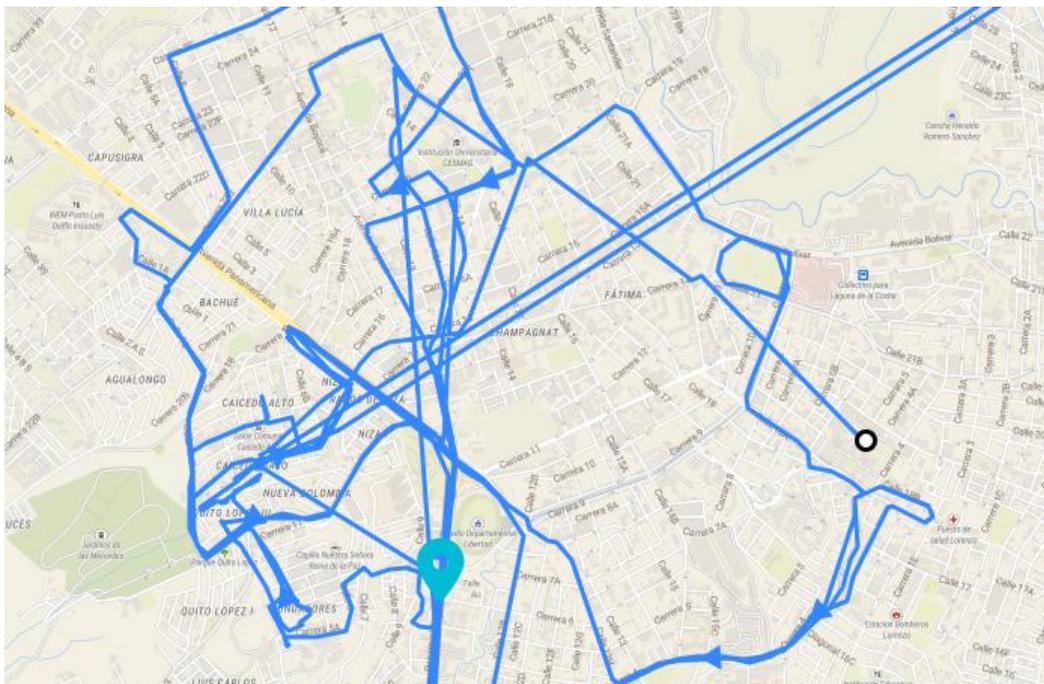
**Figura 38**

En el tablero “pos” se registran las posiciones (longitud y latitud)



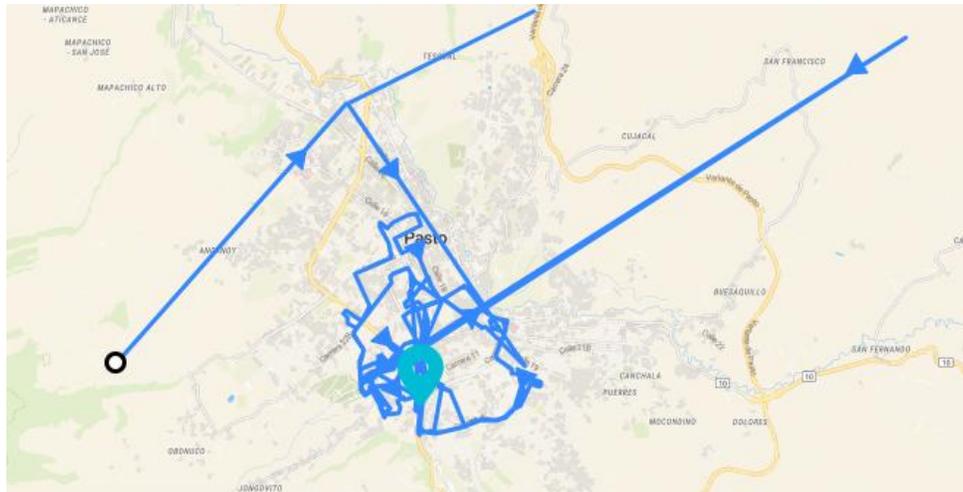
**Figura 39**

Mapa de desplazamientos en un taxi durante 8 horas



**Figura 40**

*Mapa de desplazamientos fuera de la ciudad*



**Figura 41**

*Gráfica de desplazamientos por día*



En la gráfica 41 se puede observar que durante las primeras fechas fue escaso el monitoreo de desplazamiento, por eso la gráfica baja y tiene un pico alto en las fechas donde se tomaron datos.

## Figura 42

### Historial de desplazamientos

FECHA	VALOR	CONTEXTO	ACTIONS
2023-11-26 13:26:51 -05:00	0.00	{"lng":-77.284157,"lat":1.199758}	■
2023-11-26 13:26:41 -05:00	0.00	{"lng":-77.284165,"lat":1.19974}	■
2023-11-26 13:26:31 -05:00	0.00	{"lat":1.199727,"lng":-77.28416}	■
2023-11-26 13:26:21 -05:00	0.00	{"lng":-77.284167,"lat":1.199722}	■
2023-11-26 13:26:11 -05:00	0.00	{"lat":1.199715,"lng":-77.284172}	■
2023-11-26 13:26:01 -05:00	0.00	{"lng":-77.284175,"lat":1.19972}	■
2023-11-26 13:25:51 -05:00	0.00	{"lat":1.199725,"lng":-77.28417}	■
2023-11-26 13:25:41 -05:00	0.00	{"lng":-77.284165,"lat":1.19973}	■
2023-11-26 13:25:31 -05:00	0.00	{"lng":-77.284165,"lat":1.199733}	■
2023-11-26 13:25:21 -05:00	0.00	{"lng":-77.284173,"lat":1.199723}	■

## Figura 43

### Primera prueba en perro domestico.



Inicialmente el prototipo se llevaba en el cuello como se muestra en la figura 51, el cual no era cómodo, después se mejoro el arnés para que llevara el peso distribuido y sea mas cómodo para el perro como se muestra en la figura 44 y 45.

**Figura 44**

*Prueba del arnés final*



**Figura 45**

*Arnés*



**Figura 46**

*Impresión a 3D en PLA*



**Figura 47**

*Circuito en el prototipo*



### **3. Conclusiones**

La tecnología IoT ofrece soluciones efectivas para abordar el problema de mascotas perdidas, con dispositivos que utilizan GPS para localizar rápidamente a las mascotas extraviadas.

Los datos del censo de población de caninos y felinos realizados en Colombia proporcionan información importante sobre la cantidad de mascotas en el país y destacan la necesidad de soluciones efectivas para abordar la problemática de las mascotas perdidas.

El GSM desempeña un papel crucial en los collares geolocalizadores al proporcionar una conectividad global confiable, transmisión de datos y una comunicación constante entre el prototipo y el usuario.

Los dispositivos de geolocalización ayudan a reducir los riesgos para las mascotas perdidas, como lesiones, enfermedades y abuso, al permitir su rápida recuperación. Esto a su vez disminuye la carga sobre los refugios de animales y previene el abandono de mascotas.

El diseño del prototipo de geolocalizador propuesto, que utiliza un arnés con un dispositivo capaz de monitorear y almacenar datos de ubicación, ofrece una solución práctica y eficiente para ayudar a los propietarios a localizar a sus mascotas extraviadas.

La elección de módulos como el SIM808 para comunicaciones GSM y GPS es crucial para garantizar una conectividad confiable y una precisión en la ubicación de las mascotas. Estos módulos permiten una rápida transmisión de datos y una localización en tiempo real.

La integración de tecnología IoT, como los módulos GSM y GPS, ofrece una solución completa para el seguimiento y la localización de animales en la ciudad de Pasto, Nariño. Esta tecnología permite a los propietarios acceder a información detallada sobre la ubicación de sus mascotas a través de aplicaciones móviles y plataformas en línea.

La implementación de tecnología de bajo consumo energético, como el modo de reposo (sleep mode) en el módulo SIM808, contribuye a prolongar la vida útil de la batería del dispositivo de geocalización.

El uso de un módulo de tarjeta SD proporciona una forma segura y conveniente de almacenar datos de ubicación cuando el dispositivo no tiene conexión a Internet. Esto asegura que los datos importantes se conserven incluso en condiciones de cobertura limitada o pérdida de señal.

#### **4. Recomendaciones**

De los modulos que se probó para este prototipo. El módulo A9G se encuentra aún en desarrollo para poderse programar desde el IDE Arduino, pero por el momento se puede programar con un microcontrolador desde comando At o con un conversor TTL y con las herramientas de Ai-Thinker SDK.

También el modulo Neo M6 tiende a no conectarse fácilmente a una red satelital por lo cual es muy difícil y escasos los datos que se pueden tomar si el clima es nublado o lluvioso.

Hay que realizar un estudio previo del modulo para reconocer dificultades a futuro como la escasa cobertura 2G con la que cuenta el departamento de Nariño y el alto consumo que tiene la batería por envío de datos a muy corto tiempo, lo que provoca la pérdida del dispositivo o la pérdida de datos en desplazamientos y posiciones.

Para el funcionamiento del GPS se debe tener en cuenta el clima, ya que cuando hay días muy nublados o alta precipitación de lluvias y viento el modulo GPS no logra captar señal, por lo que hay que averiguar primero que alcance tiene el GPS.

Para usar el módulo GSM se debe registrar el IMEI y la SIM ya que si no se lo registra el modulo es bloqueado automáticamente.

## Referencias bibliográficas

Fernández, Y. (2023, enero 31). *Galileo vs GPS: qué son y cuáles son las diferencias*. Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/galileo-vs-gps-que-cuales-diferencias>

Asociación Colombiana para la Ciencia y Bienestar del Animal de Laboratorio. (2020, 29 julio). Ley 84 de 1989 - Asociación Colombiana para la Ciencia y Bienestar del Animal de Laboratorio. Asociación Colombiana Para la Ciencia y Bienestar del Animal de Laboratorio -. <http://www.accbal.org/ley-84-de-1989/>

¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y cómo funciona? (s. f.). <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>

Receptores de alta precisión Collector for ArcGIS. (s. f.). <https://doc.arcgis.com/es/collector/android/create-maps/gps-high-accuracy-receivers.htm>

GPS.Gov: el sistema de posicionamiento global. (s. f.). [https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20\(GPS\)%20es%20un%20servicio%20propiedad,y%20el%20segmento%20del%20usuario.](https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20(GPS)%20es%20un%20servicio%20propiedad,y%20el%20segmento%20del%20usuario.)

colaboradores de Wikipedia. (2022, 2 diciembre). *Geolocalización*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Geolocalizaci%C3%B3n#:~:text=La%20geolocalizaci%C3%B3n%20es%20la%20capacidad,consulta%20real%20de%20la%20ubicaci%C3%B3n.>

¿Cómo funciona el sistema de rastreo satelital GPS? - Securitrac. (2021, 11 agosto). Securitrac Rastreo Satelital. <https://www.securitrac.net/index.php/como-funciona-el-rastreo-satelital/>

Largo, J. M. (2023b, noviembre 19). *Estas son las ciudades en Colombia donde se gasta más por el bienestar de las mascotas*. Infobae. <https://www.infobae.com/colombia/2023/11/19/estas-son-las-ciudades-en-colombia-donde-se-gasta-mas-por-el-bienestar-de-las-mascotas/>

¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? (s. f.). Oracle Colombia. <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/>

Admin. (s. f.). Perros y gatos en el 82% de los hogares. – Defenzoores | 2024 Colombia. <https://defenzoores.co/home/perros-y-gatos-en-el-82-de-los-hogares/>

Daniela Barco. (2023, 7 octubre). *Censo de animales: más de 46 mil mascotas hay en Pasto*. TuBarco Noticias. <https://tubarco.news/censo-de-animales-mas-de-46-mil-mascotas-hay-en-pasto/>

Módulo GPRS GSM GPS SIM808. (s. f.). turibot.es. <https://www.turibot.es/modulo-gprs-gsm-gps-sim808>

SIM808: GSM/GPRS + GPS – Prometec. (s. f.). <https://www.prometec.net/sim808/>

Disenoelectronicoa2p. (s. f.). Tutorial-Modulos-GSM-GPRS/Comandos-AT-Utilizados.txt at master · disenoelectronicoa2p/Tutorial-Modulos-GSM-GPRS. GitHub. <https://github.com/disenoelectronicoa2p/Tutorial-Modulos-GSM-GPRS/blob/master/Comandos-AT-Utilizados.txt>

ANEXO COMANDOS AT PARA GSM/GPRS y GPS – Prometec. (s. f.). <https://www.prometec.net/comandos-at-gsm-gprs-gps/>

alldatasheet.com. (s. f.). SIM808 Datasheet, PDF. Alldatasheet. [https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Sim808&gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMI5o3JyMHVhQMVzDfUAR1AXw3SEAMYASAAEgJJwvD\\_BwE](https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Sim808&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI5o3JyMHVhQMVzDfUAR1AXw3SEAMYASAAEgJJwvD_BwE)

Roll, B. &. (2023, 25 septiembre). *Los cuidados de la batería: cómo prolongar la vida de tu batería de litio. Convertir Bicicleta En Eléctrica.*  
<https://www.tallerbicicletasmadrid.com/blog/prolongar-la-vida-bateria-litio>

Cobertura 3G / 4G / 5G - Colombia - nPerf.com. (s. f.). <https://www.nperf.com/es/map/CO/-/-/signal/?ll=20&lg=0&zoom=3>

Felipe, B. C. J. (2016). Análisis de factibilidad técnica y de viabilidad comercial de dispositivos para localización de mascotas caninas mediante el uso de tecnología GPS en Distrito Metropolitano de Quito [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].  
<https://repositorio.puce.edu.ec/items/fb4be910-638c-4465-97e0-a6af7a7ca533>

Alejandra, M. B. (2016). Prefactibilidad para importar localizador para mascotas caninas [Tesis de maestría, Institución Universitaria Esumer].  
<https://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/2397>

José, P. S., Carlos, S. D. T., De València Departamento de Ingeniería Electrónica - Departament D'Enginyeria Electrònica, U. P., & De València Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación - Escola Tècnica Superior D'Enginyers de Telecomunicació, U. P. (2022, 8 abril). Aplicación de nuevas tecnologías para el seguimiento de la tortuga boba. Implementación de un prototipo para su validación. <https://riunet.upv.es/handle/10251/181910>

Santiago, M. V. V. (2018, 1 noviembre). Sistema electrónico de detección y rastreo de mascotas [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28937>

Rafael, J. D. M. (2020, 1 agosto). Desarrollo de un prototipo para la geolocalización y monitorización de frecuencia cardiaca de mascotas en la ciudad de Quito [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19072>

Leonardo, B. P. F. (2022, 1 enero). Diseño de un sistema de monitoreo de posicionamiento y de la temperatura del entorno para ganado bovino utilizando una red de área local [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21620>

Carlos, V. D. J. (2019, 24 mayo). PROTOTIPO DE COLLAR DE MONITOREO PARA GANADO USANDO TECNOLOGÍA LPWAN. Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8501>

Tellez, J. L., & Ricardo, A. J. (2021, 23 julio). Prototipo collar para perro con rastreador GPS utilizando la tarjeta SIM 808 y Arduino [Tesis de pregrado, Universidad de Santander]. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/6945>

Sitrack. (s. f.). Qué es la telemetría y sus aplicaciones. [https://landing.sitrack.com/telemetria-y-sus-aplicaciones#:~:text=La%20telemetr%C3%ADa%20es%20un%20sistema,velocidad%2C%20tiempo%2C%20etc.\)](https://landing.sitrack.com/telemetria-y-sus-aplicaciones#:~:text=La%20telemetr%C3%ADa%20es%20un%20sistema,velocidad%2C%20tiempo%2C%20etc.))

Element Fleet Management. (s. f.). Telemetría: La clave para la eficiencia en flotillas. <https://www.elementfleet.com.mx/recursos/blog/telemetria-que-es-como-funciona-y-cuales-son-sus-ventajas>

Rastrack. (2023, 3 noviembre). ¿Qué es Telemetría? <https://rastrack.com/que-es-telemetria/>

¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y cómo funciona? (s. f.-b). <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>

Blulog. (2023, 22 febrero). Sistema de monitoreo GSM - Blulog. <https://blulog.eu/es/sistema-de-monitoreo-gsm/>

Simba, R. C., Buestán, J. C., & Domínguez, J. C. (s. f.). Implementación de una red IoT con GPRS para monitorear los parámetros en un vehículo en tiempo real. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/368/3681862007/html/>

Bienvenidos a GPS.gov. (s. f.). [https://www.gps.gov/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20\(GPS\)%20es%20un%20sistema%20de,civiles%20en%20todo%20el%20mundo.](https://www.gps.gov/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20(GPS)%20es%20un%20sistema%20de,civiles%20en%20todo%20el%20mundo.)

¿Qué es y para qué sirve el GPS? (s. f.). <https://www.azimutmarine.es/sistema-posicionamiento-gps>

Perros Unidos. (s. f.). Tabla de medidas. <https://perrosunidos.cl/pages/guia-de-tallas>

Ley 2054 de 2020 - Gestor Normativo. (s. f.). Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=141480>

Ley 2318 de 2023 Congreso de la Republica de Colombia. (s. f.). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=145577>

Fernández, Y. (2023b, enero 31). GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo: qué son y cuáles son las diferencias. Xataka.com; Xataka Basics. <https://www.xataka.com/basics/gps-glonass-beidou-galileo-que-cuales-diferencias>

Español, C. en. (s. f.). Sistema BeiDou: Características únicas para adaptarse a las necesidades. Cgtn.com. Recuperado 29 de abril de 2024, de <https://espanol.cgtn.com/n/2020-08-03/DeIBcA/sistema-beidou-caracteristicas-unicas-para-adaptarse-a-las-necesidades/index.html>

SOBRE EL SISTEMA GLONASS. (s. f.). Glonass-iac.ru. Recuperado 29 de abril de 2024, de [https://glonass-iac.ru/spa/about\\_glonass/](https://glonass-iac.ru/spa/about_glonass/)

Bizkaia.eus. (s. f.). Recuperado el 29 de abril de 2024, de [http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DP TO8/Temas/Pdf/ca\\_GTcapitulo4.pdf?hash=a9306d71c76f61aa4ef5172fc7fc3140&idioma=CA](http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DP TO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo4.pdf?hash=a9306d71c76f61aa4ef5172fc7fc3140&idioma=CA)[1]

GestioPolis. (s. f.). Tecnologías inalámbricas. GestioPolis.com. Recuperado el 29 de abril de 2024, de <https://www.gestiopolis.com/tecnologias-inalambricas/>[1]

Anexos

Anexo A. Caja del circuito.

