



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

## **TESIS**

# **DESARROLLO DE UNA MUÑEQUERA PARA SEGURIDAD ANTE SINIESTROS**

**Para obtener el título de licenciado en ingeniería en electrónica**

## **PRESENTA**

Hernández López Alonso de Jesús

Director (a)

*Dr. Kristian Freyri Maya Gress*

*Codirector (a)*

*Dr. Roberto Vladimir Meza Escorza*

## **Comité tutorial**

M. En C. Víctor Eduardo Pedraza Vera

M. En C. Omar Samperio Vázquez

Pachuca de Soto, Hgo., Mex., noviembre 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 28 de noviembre de 2025

Número de control: ICBI-D/3034/2025

Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UA EH**

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado al egresado de la Licenciatura en Ingeniería en Electrónica **Alonso de Jesús Hernández López**, quien presenta el trabajo de titulación **"DESARROLLO DE UNA MUÑEQUERA PARA SEGURIDAD ANTE SINIESTROS"**, ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

**Presidente:** M. en C. Víctor Eduardo Pedraza Vera

**Secretario:** Mtro. Omar Samperio Vázquez

**Vocal:** Dr. Kristian Freyri Maya Gress

**Suplente:** Dr. Roberto Vladimir Meza Escorza

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez  
Director del ICBI

GVR/YCC



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001  
direccion\_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

## Agradecimientos

A cada uno de los catedráticos que siempre nos estuvieron motivando para poder concluir la licenciatura, así como a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por la confianza y el apoyo brindado.

A mis padres por su guía y el gran apoyo en los momentos difíciles de mi vida, Hermanas Tania e Itzel por motivarme en cada momento, sin su ayuda no lo hubiese logrado, los amo.

A mi amada María un agradecimiento muy especial Por el apoyo que me ha brindado en mis malos momentos, te amo.

Al Doctor Kristian Freyri Maya Gress por haber confiado en mí y brindarme su apoyo día a día.

Para ellos es dedicada esta tesis, ya que gracias a ellos he podido cumplir este sueño.

# Índice

I	Agradecimientos y dedicatoria	2
II	índice	3
III	Lista de figuras	6
IV	Resumen	9
V	Abstract	10
1	<b>Capítulo 1: introducción</b>	11
1.1	Antecedentes	11
1.2	Introducción	12
1.3	Planteamiento del problema	14
1.4	Objetivos	17
1.5	justificación	18
1.6	Hipótesis	20
2	<b>Capítulo 2: Preliminares</b>	21
2.1	Aplicaciones de los GPS	21
2.2	Regulador de voltaje LM2596	23
2.2.1	características eléctricas	24
2.3	Modulo ESP32	24
2.3.1	Arquitectura del procesador.	24
2.3.2	Memoria y almacenamiento.	25
2.3.3	Conectividad inalámbrica	25
2.3.4	Pines	26
2.3.5	Especificaciones eléctricas	27
2.3.6	Temporizadores	27
2.4	Modulo GPRS GSM SIM800L	28

2.4.1	Tarjeta SIM	28
2.4.2	Especificaciones	28
2.4.3	características eléctricas	29
2.4.4	Funcionalidades clave	29
2.4.5	Interfaz y conexiones	30
2.5	Modulo GPS U-BLOX NEO-6M	30
2.5.1	Características principales	30
2.5.2	Dimensiones del modulo	31
2.5.3	Características eléctricas	32
2.5.4	Especificación de pines	32
2.5.5	Precisión del NEO-6M	33
2.5.6	Interfaces de comunicación	33
3	<b>Capítulo 3: construcción de plataforma</b>	<b>34</b>
3.1	Pruebas en placa protoboard	34
3.2	creación de dispositivos y footprints en proteus	34
3.3	alimentación de la muñequera	35
3.4	Conexiones entre los módulos	37
3.5	Funcionamiento de la muñequera anti siniestros	38
3.6	Creación del PCB	39
3.7	Vista del prototipo en 3D desde proteus	40
4	<b>Capítulo 4: Pruebas de campo</b>	<b>41</b>
4.1	Prueba bajo techo	41
4.2	Prueba en movimiento	43
4.3	Prueba en movimiento en lugar aglomerado	45
4.4	Prueba en el centro de la ciudad	47
4.5	Prueba a 3 metros bajo el suelo	49
4.6	Prueba bajo techo en clima lluvioso	51

4.7	Prueba en movimiento con clima lluvioso	53
4.8	Prueba en movimiento con clima lluvioso en lugar aglomerado	55
4.9	Prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso	57
4.10	Prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso	59
5	<b>Capítulo 5: Conclusiones</b>	61
6	<b>Capítulo 6: Discusiones</b>	63
VI	<b>Apéndice</b>	64
VII	Referencias	80

## Lista de figuras

1	<i>Figura 1. Circuito integrado usado en el LM2596</i>	23
2	<i>Figura 2. Dimensiones del ESP32</i>	24
3	<i>Figura 3. Pines del ESP32 WROOM 32</i>	26
4	<i>Figura 4. Especificaciones eléctricas</i>	27
5	<i>Figura 5. SIM800L</i>	28
6	<i>Figura 6. información general del módulo</i>	29
7	<i>Figura 7. características eléctricas</i>	29
8	<i>Figura 8. serie de módulos GPS u-blox 6</i>	30
9	<i>Figura 9. Especificaciones mecánicas</i>	31
10	<i>Figura 10. Disposición de pines en el NEO-6</i>	32
11	<i>Figura 11. Disposición de pines en el NEO-6</i>	33
12	<i>Figura 12. Circuito de prueba.</i>	34
13	<i>Figura 13. Creación de dispositivo</i>	35
14	<i>Figura 14. Creación de empaquetados</i>	35
15	<i>Figura 15. LIPO 2C 7.4V.</i>	36
16	<i>Figura 16. LM317T.</i>	36
17	<i>Figura 17. Conexiones del LM317T.</i>	37
18	<i>Figura 18. Conexiones entre los módulos.</i>	38
19	<i>Figura 19. Ejemplo del mensaje recibido.</i>	39
20	<i>Figura 20. Creación de PCB en proteus</i>	40
21	<i>Figura 21. Vista 3D del PCB desde arriba.</i>	40
22	<i>Figura 22. Vista 3D del PCB desde abajo</i>	40
23	<i>Figura 23. Entorno de la prueba bajo techo.</i>	41

24	<i>Figura 24. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros bajo techo.</i>	42
25	<i>Figura 25. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps para la prueba bajo techo.</i>	43
26	<i>Figura 26. Entorno de la prueba en movimiento.</i>	43
27	<i>Figura 27. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en movimiento.</i>	44
28	<i>Figura 28. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps para la prueba en movimiento.</i>	44
29	<i>Figura 29. Entorno de la prueba en movimiento y en lugar aglomerado.</i>	45
30	<i>Figura 30. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba de lugar aglomerado.</i>	46
31	<i>Figura 31. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento y lugar aglomerado.</i>	46
32	<i>Figura 32. Entorno de la prueba en el centro de la ciudad.</i>	47
33	<i>Figura 33. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en el centro de la ciudad.</i>	48
34	<i>Figura 34. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba del centro de la ciudad.</i>	48
35	<i>Figura 35. Entorno de la prueba a 3 metros bajo el suelo.</i>	49
36	<i>Figura 36. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros a 3 metros bajo el suelo.</i>	50
37	<i>Figura 37. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba a 3 metros bajo el suelo.</i>	50
38	<i>Figura 38. Entorno de la prueba bajo techo y con clima lluvioso.</i>	51
39	<i>Figura 39. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros bajo techo y con clima lluvioso.</i>	52
40	<i>Figura 40. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en prueba bajo techo y con clima lluvioso.</i>	52

41	<i>Figura 41. Entorno de la prueba en movimiento y con clima lluvioso.</i>	53
42	<i>Figura 42. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en movimiento y con clima lluvioso.</i>	54
43	<i>Figura 43. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento y con clima lluvioso.</i>	54
44	<i>Figura 44. Entorno de la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.</i>	55
45	<i>Figura 45. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.</i>	56
46	<i>Figura 46. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.</i>	56
47	<i>Figura 47. Entorno de la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.</i>	57
48	<i>Figura 48. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.</i>	58
49	<i>Figura 49. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.</i>	58
50	<i>Figura 50. Entorno de la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.</i>	59
51	<i>Figura 51. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.</i>	60
52	<i>Figura 52. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.</i>	60

## Resumen

La tecnología de Geolocalización es una técnica que permite determinar la ubicación geográfica de un objeto, persona o dispositivo en tiempo real utilizando sus coordenadas y que ha evolucionado mucho impulsada por los avances en sistemas de posicionamiento global (GPS), redes de telefonía móvil, Wi-Fi y otras tecnologías de comunicación.

Este trabajo busca implementar la tecnología de geolocalización de una forma fácil, económica y de rápido acceso, para la búsqueda y rescate de personas en situaciones críticas de tipo natural y artificial: terremotos, inundaciones, huracanes, desapariciones forzadas, extravíos de personas, terrorismo, entre otros.

En dichas situaciones de emergencia, se despliegan diferentes grupos de rescate (policía, bomberos, paramédicos, cuerpos de investigación policial, etc.) que cooperan para preservar la vida humana, proteger infraestructuras, evacuar víctimas y localizar desaparecidos. Sin embargo, durante las contingencias, desastres o actos o inseguridad, los dispositivos móviles y tecnológicos con las que las personas cuentan, suelen perderse, retirarse, o simplemente la inmediatez de las circunstancias impiden que se puedan activar para funcionar como un elemento de localización adecuado, de ahí la trascendencia de contar con un accesorio exclusivo, eficiente y centrado en las personas.

A partir del desarrollo de un accesorio que implemente la tecnología de geolocalización centrado en las personas, se busca apoyar en hacer más fácil, rápidas y eficientes las labores de rescate y bienestar de las personas en situaciones críticas.

## **Abstract**

Geolocation technology is a technique used to determine the geographic location of an object, person, or device in real time using its coordinates. It has evolved significantly, driven by advances in global positioning systems (GPS), mobile phone networks, Wi-Fi, and other communication technologies.

This work aims for the implementation of geolocation technology in an easy, affordable, and accessible way, in the matters of search and rescue of people in critical situations of natural and man-made situations: earthquakes, floods, hurricanes, forced disappearances, missing persons, terrorism, among others.

In these emergency situations, different rescue groups (police, firefighters, paramedics, criminal investigation, etc.) are deployed to cooperate to preserve human life, protect infrastructure, evacuate victims, and locate people. However, through contingencies, disasters, or insecurity acts, tech, and mobile devices that people have could be lost or taken; or simply because of immediacy, these could not be activated for an effective localization use. Therefore, the importance of an exclusive, competent, and people-oriented device.

Through, the implementation of a geolocation technology accessory centered on people, looks for making easier, faster, and more efficient the rescue works and welfare of people in critical situations.

# **Capítulo 1**

## **Antecedentes**

La geolocalización es una herramienta que se utiliza para determinar la posición exacta de un objeto o persona en el espacio y se mide en coordenadas de Latitud (X), longitud (Y) y Altura (z). [1] y para determinarla, el sistema de posicionamiento global (GPS: Global Positioning System) es uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas en dicha materia. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición y velocidad, con el tiempo se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles, lo que ha generado que los usos cotidianos, personales y comerciales estén proliferando a un ritmo exponencial.[2]

Operando desde 1995, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) fue diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; utiliza una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, Latitud (X), longitud (Y) y Altura (z) de cualquier objeto en la superficie terrestre. [2]

En el ámbito civil sólo se permite usar un subconjunto degradado de señales GPS. Sin embargo, la comunidad civil ha encontrado alternativas para obtener una excelente precisión en la localización mediante las denominadas técnicas diferenciales. Gracias a estas, las aplicaciones civiles han experimentado un gran crecimiento y actualmente existen más de 70 fabricantes de receptores GPS.

Otro sistema de navegación similar llamado GLONASS (Global Navigation Satellites System) se desarrolló en la Unión Soviética. El sistema, también diseñado con fines militares, reservó un subconjunto de señales sin codificar para las aplicaciones civiles. Actualmente la responsabilidad del sistema es de la Federación Rusa. Para este sistema, De los 24 satélites, distribuidos en tres planos orbitales, actualmente solo funcionan catorce.

A pesar del beneficio que supone la ausencia de perturbación en la señal GLONASS, la incertidumbre sobre su futuro ha limitado su demanda, sin embargo, se han comercializado

receptores que combinando las señales GPS y GLONASS, mejorando la precisión de las medidas. [2]

## **Introducción**

La implementación de una tecnología de geolocalización de emergencia busca optimizar los tiempos de respuesta en situaciones críticas, facilitando la localización y el rescate oportuno de personas en riesgo.

Aunque actualmente existen tecnologías de geolocalización integradas en dispositivos móviles y sistemas de navegación GPS, estas presentan limitaciones significativas en contextos de emergencia. Los smartphones requieren múltiples pasos para activar alertas de emergencia (desbloqueo, apertura de aplicaciones, navegación por menús), procesos que pueden resultar imprácticos cuando cada segundo es crucial en momentos de crisis. Además, en situaciones de pánico o estrés extremo, es común que las personas no tengan acceso inmediato a su dispositivo móvil o que la complejidad del proceso impida su uso efectivo o simplemente, en escenarios de inseguridad, dicho dispositivo sea el primer elemento que se pierda o del que son privados por terceros.

La propuesta para implementar un anti siniestro busca abordar estas deficiencias mediante un mecanismo de activación simplificado que requiere únicamente la presión de un botón para transmitir simultáneamente la ubicación exacta y una señal de socorro a autoridades competentes y contactos de emergencia preestablecidos. Esta solución elimina las barreras técnicas y temporales de los sistemas actuales, proporcionando una respuesta inmediata y automatizada que puede ser la diferencia entre un rescate exitoso y una tragedia.

La implementación de este dispositivo no solo complementa los sistemas de monitoreo existentes, sino que también ofrece tranquilidad tanto a los usuarios como a sus familiares, estableciendo un protocolo de seguridad proactivo que opera independientemente de la disponibilidad o funcionamiento de otros dispositivos tecnológicos.

El siguiente documento sustenta en su capítulo 1 la necesidad y el espacio en oferta de dicho producto, así como sus ventajas sobre los dispositivos tradicionales de geolocalización con los que ya cuenta un usuario potencial, explicando la trascendencia de contar con un accesorio centrado en la localización y salvaguarda de las personas y no de los dispositivos en sí.

El desarrollo de esta investigación se plantea estableciendo los antecedentes de la tecnología de geolocalización, sus primeras aplicaciones y su evolución hacia su uso cotidiano; posteriormente, se establece las características actuales de la sociedad mexicana donde a partir de sus contingencias y problemáticas de seguridad, un dispositivo de este tipo tiene un espacio y una necesidad a cubrir, así como las diversas aplicaciones actuales que se le pueden dar a los sistemas de geolocalización en la actualidad.

A continuación, se establecen los objetivos de esta investigación, basados en el desarrollo de la muñequera anti siniestros y de las necesidades que puede ayudar a cubrir en situaciones de siniestros, desastres o inseguridad; se sustenta el uso de la muñequera y las áreas más allá de la planteada en este documento que potencialmente puede cubrir el accesorio propuesto en mediano y largo plazo, así como la hipótesis de funcionalidad del mismo y su espacio en la demanda de necesidades de las personas ante circunstancias adversas.

## **Planteamiento del problema**

El uso de las tecnologías se limita a la percepción social de su época. Si bien la tecnología del GPS nace como una herramienta militar con fines tácticos, su paso al uso comercial y cotidiano se lleva hacia la practicidad de localización de lugares donde la gente necesita instrucciones precisas, o la planeación de ruta en viajes hacia lugares donde sus usuarios no tiene un conocimiento profundo de su geografía.

No se puede descartar que permitió un cambio en la manera en la cual se desarrolla la movilidad de una sociedad, pues su uso cada vez más cotidiano llevó a la sustitución de guías, de mapas o incluso de personal asignado en quioscos urbanos que dieran información de turismo y configuración de ciudades.

La implementación de los sistemas GPS combinada con el avance y normalización de las conexiones digitales permitió el acceso de muchas personas a zonas desconocidas y ayudó, no solo a optimizar los tiempos y agendas turísticas, comerciales y de negocios, sino que, sin que fuera uno de sus objetivos fundamentales, ayudó a que las personas se sientan más seguras en su movilidad.

Lo anterior no es un detalle menor: una de las necesidades más básicas del ser humano es la sensación de seguridad. No solo en cuestiones donde no se vivan circunstancias de peligro inminente o incluso de pérdida de vidas, sino en la idea misma de que no se tema por sufrir percances, por no enfrentarse a ambientes desconocidos o simplemente por enfrentarse a un nuevo reto o un nuevo lugar. Cualquier tecnología que brinde la sensación de perder el miedo a perder la vida, perder el miedo a enfrentar a algo nuevo, o perder el miedo a sufrir un contratiempo, es una tecnología que está brindando grandes beneficios sociales.

Si bien este elemento hubiera sido suficiente para que el uso de GPS se considere fundamental en un mundo donde cada vez es más necesaria a la movilidad allende de nuestras rutinas diarias y garantizar su impacto social, la segunda función de la geolocalización se convirtió en un elemento de seguridad que brinda seguridad más allá de las personas que le

usan para movilidad, sino para tranquilidad y la de su primer círculo: poder saber en dónde se encuentra una persona.

Si bien lo anterior comenzó como un elemento que podría rayar en la paranoia social y que sus funciones desde la milicia tenían como fin localizar objetivos, en lugares donde la descomposición social en materia de seguridad ha alcanzado la cotidianidad de las personas, se hace indispensable para los núcleos familiares el poder saber en dónde se encuentran sus seres queridos.

### Necesidades sociales en México

En dichas circunstancias de descomposición social por razones de seguridad, se encuentra México, la percepción sobre seguridad de las personas (que es la motivación de querer usar un dispositivo que les auxilio en casos de siniestros) se mantiene muy pesimista: de acuerdo con la Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana de INEGI (ENSU, 2025) [3], para marzo de 2025, 61.9% de la población mayor de edad consideraba “inseguro” vivir en la ciudad donde habita. De estas 6 de cada 10 personas mencionadas, 31.6% considera que la situación de inseguridad en el próximo año en su ciudad seguirá igual de mal; mientras que 22.9% cree que empeorará.

Estas cifras sustentan la necesidad de percepción de seguridad de las personas (y de dispositivos que les ayuden reforzar dicho sentimiento); incluso, no solo es un fenómeno que afecta a las personas que viven en el país, sino también lo padecen quienes lo cruzan: el secuestro de personas migrantes es uno de los tantos abusos sistémicos hacia quienes buscan cambiar su región e origen y que son otro grupo muy afectado por los fenómenos derivados de la seguridad.

De acuerdo con el Registro Nacional de Personas Desaparecidas y No Localizadas (RNPDNO), hasta el 31 de agosto de 2025, existen en México un total de 374 mil 705 personas que han desaparecido o no se han localizado (para Hidalgo, las personas reportadas ascienden a 1 mil 607 hasta la misma a fecha) de las cuales, 133 mil 083 permanecen en

calidad de desaparecidas o no localizadas<sup>1</sup>, lo cual representa el 35.5% de las personas que han estado en dicha condición, es decir, 4 de cada 10 personas de las que aún no se sabe su paradero (CNB, 2025b)[4].

Estas cifras oficiales deben ser consideradas con reserva, debido a la ausencia de estadística confiable referente al número de personas que no reportan la violencia por miedo a que las agresiones se extiendan sus familiares, o aquellas personas relacionadas a las no localizadas que esperan que sus problemáticas intrafamiliares se resuelvan sin intervención legal.

## Siniestros

De acuerdo de datos presentados por el centro nacional de desastres (CENAPRED, 2023) [5] durante 2023 había 984 muertes confirmadas debido a estos fenómenos, con una distribución de 514 muertes (52.2%) debido a fenómenos hidrometeorológicos (derivados del agua en cualquiera de sus estados, viento y cambios de temperatura); mientras que los desastres de origen socio organizativo (causados por actividad humana, intencional o no intencional) ascendieron a 339 (34.5%).

Adicionalmente, están los fenómenos como derrumbes, o terremotos, y otros sucesos donde las acciones de protección civil son necesarias para la localización de personas y que, un dispositivo de geolocalización abonaría a aumentar los rescates exitosos y a mejorar los tiempos de atención y reducción de pérdida de recursos en búsquedas sin datos de referencia.

Es decir, si bien un solo dispositivo no puede solucionar un problema derivado de la inseguridad y la descomposición social ni mucho menos en cambiar la incidencia de fenómenos de desastres naturales y socio organizativos, sí puede aportar a la certeza y a brindar apoyo a incrementar ese porcentaje de personas que sí han sido encontradas.

---

<sup>1</sup> las personas desaparecidas se definen como personas con un paradero desconocido, cuya ausencia se presume que se debe a la privación involuntaria de la libertad; mientras que el término “persona no localizada” hace referencia a alguien con paradero desconocido por motivos presuntamente no relacionados a un delito: es decir, una ausencia voluntaria, por extravío, o por razones aún desconocidas (CNB, 2025a)[6].

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar una tecnología de geolocalización mediante un dispositivo fácil de usar y de fácil acceso que a primera vista sea considerado como un accesorio, con el fin de proporcionar respuesta inmediata y efectiva de familiares y/o autoridades en situaciones de emergencias y de extravío o no localización de las personas usuarias de la muñequera.

### **Objetivos específicos**

- Desarrollar un dispositivo fácil de usar, intuitivo y que en instantes inicie su activación para apoyar la seguridad de la persona afectada.
- Agilizar el proceso de búsqueda y rescate en el caso de que una persona se vea desaparecida, extraviada, atrapada o enterrada en cualquier fenómeno natural, o desastre de índole de protección civil.
- Ayudar a la población en general en la generación de un sentimiento de certidumbre y mayor seguridad ante siniestros, desastres, o situaciones de no localización derivados de la inseguridad social o circunstancias de fenómenos y desastres naturales o civiles.

## **Justificación**

Si bien la solución a los problemas de descomposición social que viven sociedades como la mexicana no se resuelve exclusivamente con el uso de un solo dispositivo, el poner la tecnología al servicio de las personas en fenómenos desigualdad social, sí es un aporte que ayuda a sobrellevar y apoyar a un camino hacia una nueva realidad.

El problema no es que no existan dispositivos de geolocalización a los que las personas tengan acceso, sino que es necesario contar con ellos con funciones especializadas y centradas en las personas, y no solo como una aplicación adicional en teléfonos donde no todo mundo sabe aprovecharlos o su activación en situaciones imprevistas y de emergencia puede tardar segundos valiosos; además de que, sin importar el nivel socioeconómico del usuario o del mercado al cual pertenezcan sus dispositivos móviles, es necesario que dichos elementos estén centrados en las personas, a un costo relativamente accesible.

Además de que, si bien un dispositivo móvil puede contar con esta tecnología, sin embargo, en caso de inseguridad, de violencia que requiere el privar a una persona de su libertad, dichos dispositivos son los primeros que son eliminados o retirados.

El uso de un GPS en dispositivo móviles está enfocado para un uso cotidiano y su prioridad no son temas de seguridad, sino de descuido, extravío u orientación en la movilidad cotidiana de las personas: el centro de la atención y de la búsqueda es dicho dispositivo, no su usuario, por lo que la geolocalización de una persona debe ser función de un dispositivo exclusivo para ello.

Por otra parte, aunque los sistemas de localización existentes permiten el monitoreo pasivo de ubicación, carecen de mecanismos de alerta activa e inmediata. Esta limitación genera una dependencia total en la supervisión constante por parte de terceros, lo que puede resultar en retrasos críticos en la detección de emergencias. En situaciones donde minutos u horas pueden determinar el resultado de un rescate, la ausencia de un sistema de alerta proactivo representa una vulnerabilidad significativa.

Una herramienta funcional y que no llame la atención más allá de un accesorio “común” puede convertirse en un elemento para salvar vidas en casos de secuestros o desapariciones forzadas; así como durante desastres naturales más graves.

Adicionalmente, y debido a los múltiples usos cotidianos que se les da hoy en día, la duración de batería de teléfonos y dispositivos que la gente puede considerar como “su GPS” no suele durar demasiado, por lo que un dispositivo adicional que permita localizar personas puede auxiliar a equipos de salvaguarda de la integridad y, en general, puede convertirse en un apoyo a salvar la vida de una persona, que, al final, responde al objetivo general de toda tecnología al servicio de la sociedad.

A mediano y largo plazo, una vez que los objetivos iniciales de este proyecto sean puestos en marcha, la oferta de esta muñequera puede estar abierta no solo a personas cuyo interés sea en su certidumbre y seguridad de ellas y de sus familiares, sino que puede extenderse a una oferta corporativa y pública: además de la función hacia el ámbito de la seguridad en el caso de la desaparición de personas, en el rubro de protección civil en caso de siniestros y desastres naturales, también pueden usarse como contingencia en rubros como el turismo: no solo para quienes de manera personal buscan conocer y vivir nuevas experiencias, sino también para asociaciones y micro, pequeñas y medianas empresas dedicadas a este sector que ofrecen experiencias extremas, de campismo, senderismo, o de contacto con la naturaleza, y cuyo uso permitiría que sus clientes se sientan más seguros de explorar las regiones con la certeza de que, en todo momento, hay alguien con experiencia que sabrá dónde se encuentran.

En global, el uso de la geolocalización puede haber comenzado como un dispositivo con fines militares y tácticos, pero la normalización de una sociedad en constante movilidad en todas las acepciones de la palabra, permite que exista un amplio espacio de oferta y cobertura de necesidades para un dispositivo que brinda la seguridad y la tranquilidad de que alguien más podrá ubicarte en caso de que un percance llegue a tu vida.

## **Hipótesis**

La muñequera de geolocalización es un circuito sencillo de implementar, con un tiempo de respuesta inmediato limitado a la señal telefónica, que sí tiene un uso trascendente adicional a la geolocalización de los dispositivos móviles debido a que se centra en las personas y no en dichos dispositivos, por lo que su desarrollo es factible, necesario y da mayor certeza a la cotidianidad de las personas en lugares con la dinámica de social, de seguridad y de fenómenos naturales y riesgos civiles como la mexicana.

## **Capítulo 2. Preliminares**

En este capítulo se describe de manera técnica las herramientas que se han utilizado para la creación de la muñequera.

### **Aplicaciones de los GPS**

Son múltiples las aplicaciones que se le pueden dar a los GPS, sin embargo, la función a la cual este proyecto se enfocará principalmente, es a los sistemas de rescate, dentro del cual, se han encontrado algunos de los siguientes usos:

- Sistemas de alarma automática. Existen sistemas de alarma conectados a sensores dotados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo como perecederas (productos alimentarios frescos y congelados). En este caso, la generación de una alarma permite una rápida asistencia al vehículo [2].
- Aplicación móvil con geolocalización, para la generación de alerta común de personas en inminente peligro. Este es un uso similar al del presente proyecto. la diferencia fundamental, radica en que los usos documentados con este fin se basan en los dispositivos móviles, sin embargo, utilizar una aplicación en el celular conlleva un proceso más elaborado para su uso, lo que lo hace más tardado y deficiente, ya que Los smartphones requieren múltiples pasos para activar alertas de emergencia (desbloqueo, apertura de aplicaciones, navegación por menús), procesos que pueden resultar imprácticos cuando cada segundo es crucial en un escenario de violencia o retención forzada. [7]
- Aplicación móvil con geolocalización. En la Ciudad de Isla Pucú en Paraguay se desarrolló una aplicación que implementa la geolocalización para hacer reportes de emergencia por delitos menores. [8]
- Life360. Es una aplicación de localización familiar que está disponible para Android y para Apple, que permite compartir la ubicación real del smartphone en todo momento utilizando red WIFI. [9]

- Sistema de geolocalización de riesgo de incendios. En Lima Perú, dos estudiantes de ingeniería hicieron su tesis sobre un proyecto que mediante el uso de registros históricos o estadísticas previamente analizadas se disponían a utilizar la geolocalización para prevenir posibles incendios en zonas de riesgo. [10]
- IoT-based Emergency Alert System. Es un sistema de alerta de seguridad pública y respuesta para emergencias en tiempo real que implementa sensores de gas, de fuego, de movimiento y biométricos en conjunto a algún microcontrolador como ESP32 y Raspberry pi para determinar si se requiere asistencia inmediata. [11]
- E911 (Enhanced 911). Es un sistema de emergencias que se ha implementado en Estados Unidos, el cual rastrea la ubicación exacta de donde se realiza la llamada de auxilio al 911, y que además busca en las bases de datos oficiales a qué nombre se registró el dispositivo, con le fina de optimizar tiempos y no perder tiempo valioso en el auxilio a la persona. [12]
- Emergency Response System using GPS and GSM. Es un sistema que se implementa dentro de un vehículo que detecta accidentes en automático y manda la ubicación mediante SMS para que la ayuda sea más eficiente y rápida. [13]
- Wearable Emergency Detection Systems. Este proyecto se implementa para ayudar a personas de edad avanzada, detectando caídas mediante sensores conectados a una placa Arduino nano 33 que se conecta a un sistema celular que, en caso de no detectar respuesta, en 60 segundos el sistema manda información de ubicación a un profesional de la salud. [14]

Los usos anteriormente descritos son considerando exclusivamente las emergencias, sin embargo, el uso del dispositivo puede apoyar también a otros elementos como la protección civil, e incluso el turismo, por lo que su uso no debe considerarse con un diseño de seguridad meramente de acontecimientos de inseguridad, sino como un apoyo a la certidumbre de la cotidianidad.

El uso de un accesorio más allá de los ya encontrados en dispositivos móviles como el teléfono celular, busca centrar como elemento fundamental de localización al ser humano y no a un dispositivo, por lo tanto, este documento busca responder un cuestionamiento de investigación relacionado con el escenario establecido: ¿cómo el desarrollo de un dispositivo

de geolocalización independiente a los dispositivos móviles se convierte en un elemento necesario para la cotidianidad en la sociedad mexicana?

## Regulador de voltaje LM2596

El regulador LM2596 es capaz de impulsar una carga de 3A y tiene una salida de voltaje ajustable de entre 1.25v a 37v, dado que es una fuente de alimentación conmutada, su eficiencia es mayor en comparación con los reguladores lineales de 3 pines, además que incluye un apagado térmico para protección en caso de alguna falla [15], el circuito integrado y sus pines se muestran en la siguiente figura.



Figura 1. Circuito integrado usado Enel LM2596 [24].

## Características eléctricas:

El regulador de voltaje LM2596 tiene un voltaje de salida ajustable de entre 1.23v a 37v con una corriente de salida garantizada de 3A y se puede alimentar con voltajes de entre 4.5v a 40v [15].

## Modulo Esp32 WIFI + Bluetooth 4.2 Ble Nodemcu

El módulo *ESP32* es una herramienta usada para la creación de proyectos con IOT (Internet de las cosas), esta tarjeta de desarrollo incorpora el módulo ESP WROOM 32 que integra Wi-Fi y Bluetooth. La integración de Bluetooth, Bluetooth LE y Wi-Fi permite una utilidad muy amplia, el WI-FI permite una conexión de medio alcance mediante una red LAN conectada a internet, mientras que el Bluetooth permite conectarse directamente a otro dispositivo, a continuación, se muestra una imagen de ejemplo de la ESP32 con sus dimensiones [16].

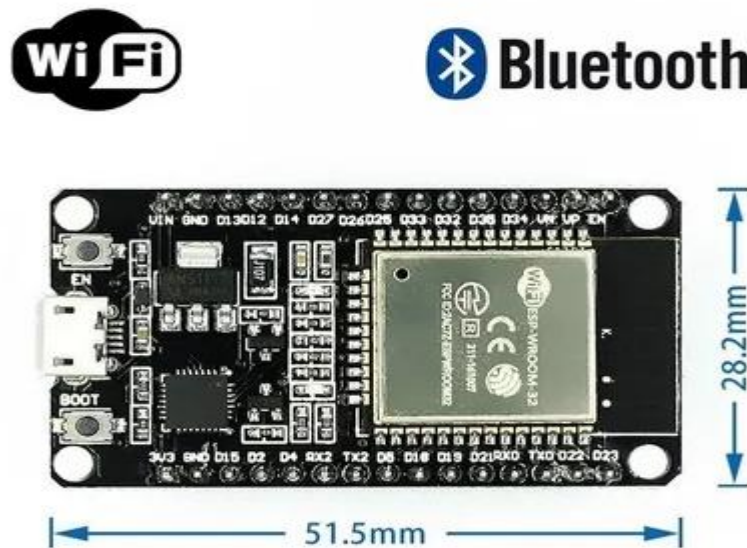


Figura 2. Dimensiones del ESP32 [26].

## Arquitectura del procesador

El ESP32 se basa en un procesador dual-core Xtensa LX6 de 32 bits [18] que opera a frecuencias de hasta 240 MHz. Las dos CPU se denominan "*PRO\_CPU*" y "*APP\_CPU*" (de "protocolo" y "aplicación") [13] lo que significa que un núcleo puede dedicarse

exclusivamente a las comunicaciones inalámbricas mientras el otro maneja las tareas de aplicación, optimizando así el rendimiento del sistema, además que cuenta con un procesador secundario que Permite hacer operaciones básicas en modo de ultra bajo consumo [16].

## **Memoria y Almacenamiento**

El ESP32 cuenta con 448 KByte de memoria *ROM* (Read Only Memory, o memoria de solo lectura), 520 KByte de memoria *SRAM* (Static Random Access Memory) repartidos en 16 KByte de memoria SRAM en *RTC* (real-time clock o reloj en tiempo real) y de memoria *QSPI Flash/SRAM* (Queued SPI/ Static Random Access Memory), 4 MBytes, entre otros [16].

también implementa 4 GB (Gigabyte) (32 bits) de espacio de direcciones para el bus de datos y el bus de instrucciones con 1296 KB(Kilobite) de espacio de direcciones de memoria integrada, 19704 KB de espacio de direcciones de memoria externa y con 512 KB de espacio de direcciones para periféricos [17].

La memoria SPI (Serial Peripheral Interface) externa se puede asignar al espacio de direcciones disponible como memoria externa admitiendo hasta 16 MB de memoria Flash SPI externa y hasta 8 MB de SRAM SPI externa con 41 periféricos [17].

## **Conectividad Inalámbrica**

En cuanto a conectividad inalámbrica el ESP32 cuenta con:

### **WIFI: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s) [15]**

El ESP32 implementa un transceptor Wi-Fi que soporta los estándares IEEE 802.11 b/g/n en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz Como la IEEE 802.11b en 1999 que implementa Mejoras a 802.11 para soportar velocidades de 5,5 y 11 Mbits [14] o la IEEE 802.11p en 2010 implementando WAVE: Acceso inalámbrico para entornos vehiculares entre otras [18].

### **Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE) [12]**

Todos los tipos de dispositivos Bluetooth (BR/EDR y BLE) se identifican mediante una dirección de 48 bits. Existiendo dos tipos principales: direcciones públicas y direcciones aleatorias [19].

- Dirección pública

Es una dirección programada de fábrica. Es una dirección fija y debe registrarse con el estándar IEEE [19].

- Dirección aleatoria

La dirección aleatoria se genera una vez el dispositivo está en funcionamiento. Las direcciones aleatorias son más populares que las direcciones públicas, ya que no requieren registro en IEEE [19].

## Pines

La ESP32 cuenta con 30 pines distribuidos en 24 pines Digitales GPIO (Algunos pines solo como entrada), 16 Pines PWM y 18 pines Analógicos ADC (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable) [16]. En la figura 3 se muestran estos pines.

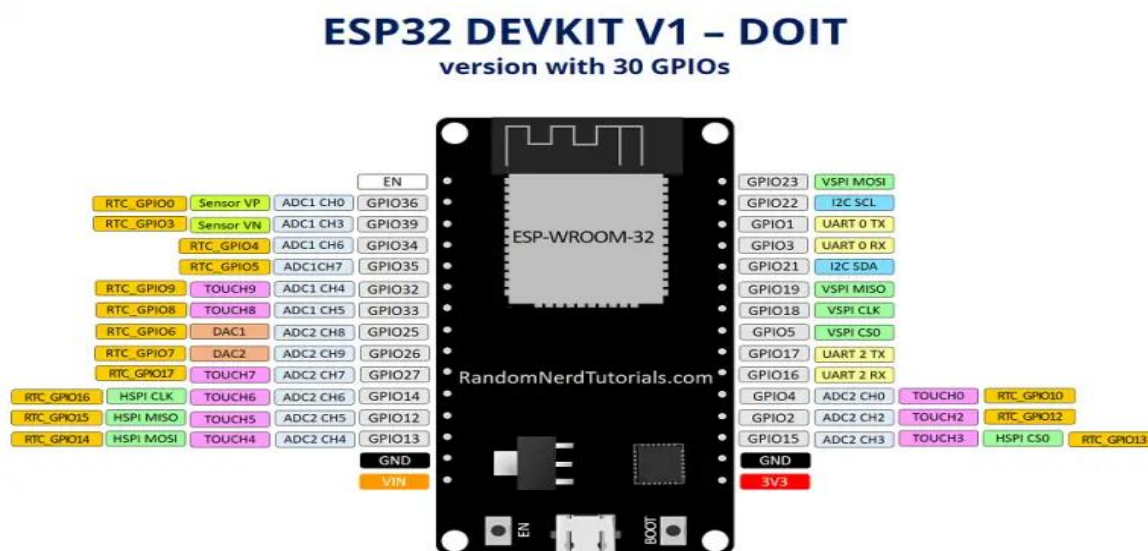


Figura 3. Pines del ESP32 WROOM 32 [27].

## Especificaciones Eléctricas

La ESP32 se puede alimentar con 5 V de Voltaje de entrada por el puerto *USB* (Universal Serial Bus o Bus Universal en Serie) incorporado, así como un pin de entrada/Salida de 3.3V a 3.6v DC con una temperatura de operación de -40°C a 125°C recomendados como se muestra en la figura 4 [20].

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
VDDA, VDD3P3_RTC <sup>1</sup> VDD3P3, VDD_SDIO (3.3 V mode) <sup>2</sup>	Voltage applied to power supply pins per power domain	2.3	3.3	3.6	V
VDD3P3_CPU	Voltage applied to power supply pin	1.8	3.3	3.6	V
<sup>1</sup> VDD	Current delivered by external power supply	0.5	-	-	A
T <sub>3</sub>	Operating temperature	-40	-	125	°C

Figura 4. Especificaciones eléctricas [20].

## Temporizadores:

- 4× temporizadores de 64 bits que cuentan cada uno con un pre escalador de reloj de 16 bits, de 2 a 65536, un temporizador de subida y bajada configurable y con generaciones de interrupciones de nivel y de borde [21].
- 3× temporizadores de vigilancia (watchdog timer), uno en cada módulo temporizador y uno en el módulo RTC que son destinados a recuperarse de una falla imprevista que provoque que el programa de aplicación abandone su secuencia normal [21].

## Módulo GPRS GSM SIM800L

El módulo SIM800L es una herramienta de comunicación *GSM/GPRS* (Servicio General de Paquetes vía radio, del inglés “General Packet Radio Service”) desarrollado por SIMCom Wireless Solutions. Este módulo integra un chipset GSM/GPRS Quad-band y está diseñado con una técnica de ahorro de energía para que el consumo de corriente sea el más bajo posible en modo de suspensión, llegando a 1.04mA [22]. En la imagen a continuación se muestra un ejemplo del módulo SIM800L.



Figura 5. SIM800L [19].

### Tarjeta SIM

El módulo SIM800L requiere de una tarjeta *SIM* (acrónimo de *Subscriber Identity Module*, ó *Módulo de Identidad del Suscriptor*) con saldo, para conectarse a la red de telefonía y mandar los mensajes requeridos ya que el módulo como tal solo es el medio por el que la tarjeta *SIM* hace su función.

### Especificaciones

El SIM800L soporta frecuencias de GSM/GPRS Quad-band (850/900/1800/1900 MHz) (como se muestra en la imagen 6) con Estándares de comunicación GSM Phase 2/2+ y GPRS

multi-slot class 10/8 y una Velocidad de transmisión de datos GPRS de hasta 85.6 kbps (downlink) y 42.8 kbps (uplink) y Con SMS de modo texto y *PDU* (Protocol Data Unit o unidades de datos de protocolo) además de ser compatible con llamadas de voz [22] el módulo tiene dimensiones de aproximadamente  $15.8 \times 17.8 \times 2.4$  mm y está integrado en un paquete *LGA* (Land Grid Array o matriz de contactos en rejilla) con 88 pads [23].

	<b>SIM800H</b>	<b>SIM800L</b>
GSM	850, 900, 1800 y 1900 MHz	850, 900, 1800 y 1900 MHz
BT	Apoyo	No soporte
DESTELLO	32 Mbit	16 Mbit
RAM	32 Mbit	32 Mbit

Figura 6. información general del módulo [22].

## Características Eléctricas

El SIM800l puede ser alimentado con 3.4V - 4.4V DC (corriente continua) [22] teniendo mucho cuidado de no sobre pasar dicho voltaje o podría dañarse permanentemente. En cuanto a la corriente que consume, varía dependiendo el modo en el que se encuentre, estos modos se muestran en la imagen 7.

El consumo de corriente del sim800l en modo ahorro de energía es de 1.04 mA; sin embargo, durante transmisión GSM el consumo típico ronda los 350 mA, con picos de hasta 2 A [22].

<b>Característica</b>	<b>Implementación</b>
Fuente de alimentación	3,4 V ~ 4,4 V
Ahorro de energía	El consumo de energía típico en modo de suspensión es de 1,04 mA (BS_PA_MFRMS=9)

Figura 7. características eléctricas [22].

## Funcionalidades Clave

Cuenta con conectividad GPRS que admite multi-slot de clase 12 siendo este el predeterminado y opcionalmente clase 10, y es compatible con los esquemas de codificación CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4 [19] además de que cuenta con un consumo energético optimizado que incorpora técnicas de ahorro de energía que tiene un consumo en modo de reposo de apenas 1,04 mA [22].

## Interfaz y Conexiones

El módulo Dispone de un puerto serie completo (modem), que puede configurar dos puertos serie, además de una interfaz USB para depurar y descargar software. Además, que Ofrece un canal de audio con dos entradas de micrófono, una salida de receptor y otra de altavoz. e Incluye interfaces GPIO programables y soporte para teclados  $5 \times 5 \times 2$  [23].

### Módulo GPS u-blox NEO-6M

El módulo GPS es parte de la serie de módulos GPS u-blox 6, modelos mostrados en la figura 8, que fueron diseñados para ofrecer bajo consumo energético y de costo, además de que la interfaz DDC (Interfaz de comandos) le proporciona conectividad y sinergias con los módulos inalámbricos u-blox LEON y LISA [24].

#### Selector de productos

Modelo	Tipo	Suministrar	Interfaces				Características						
	Standalone GPS Standalone GLONASS Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 V – 2.0 V 2.7 V – 3.6 V	UART	USB	SPI	DDC (I2C compliant)	Programmable (Flash) FW update	Oscillator	RTC crystal	Antenna supply and supervisor	Configuration pins	Timepulse	External interrupt / Wakeup
NEO-6G	•	•	•	•	•	•		T	•	□	3	1	•
NEO-6Q	•	•	•	•	•	•		T	•	□	3	1	•
NEO-6M	•	•	•	•	•	•		do	•	□	3	1	•

Figura 8. serie de módulos GPS u-blox 6 [24].

### Características principales

Tiene un Motor U-blox 6 de posicionamiento de 50 canales que permite la conexión rápida de satélites usando 2 millones de correladores, con un tiempo de primera fijación (TTFF) de menos de 1 segundo bajo condiciones favorables [25].

El GPS tiene un Seguimiento de  $-162$  dBm, un Arranque en frío de  $-148$  dBm y un arranque en caliente de  $-157$  dBm [24].

## Dimensiones del módulo.

Las especificaciones mecánicas en milímetros del módulo se muestran en la figura 9 a continuación.

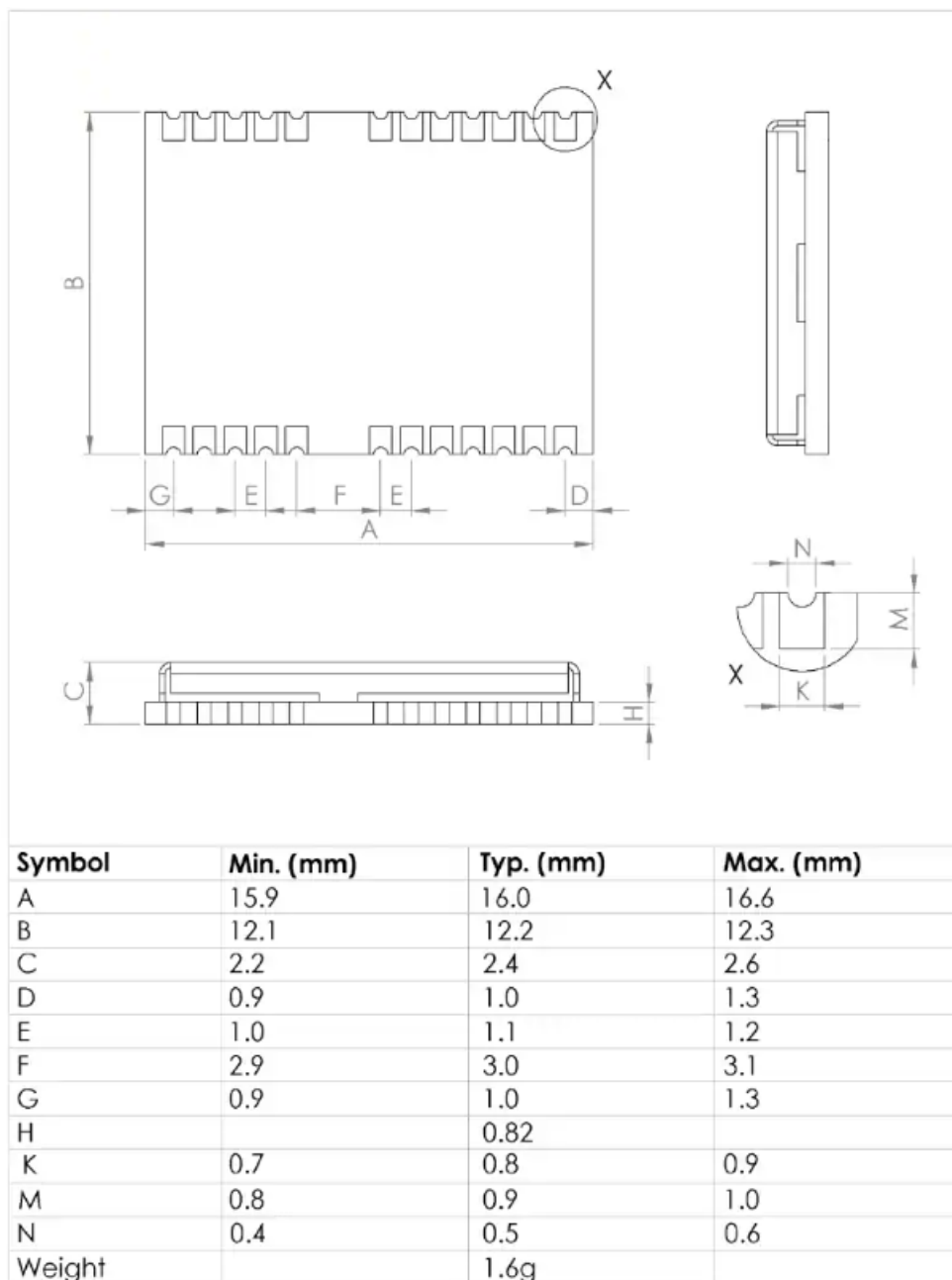


Figura 9. Especificaciones mecánicas [25].

## Características Eléctricas

La alimentación del módulo (NEO-6M) puede ser desde 2.7 V hasta los 3.6 V con un consumo continuo de 111 mW y de 33 mW en ahorro de energía (1 Hz). [20] funcionando en ambientes con un Rango de temperatura que va desde los  $-40^{\circ}\text{C}$  a los  $+85^{\circ}\text{C}$  [25].

## Especificación de Pines



Figura 10. Disposición de pines en el NEO-6 [25].

No	Módulo	Nombre	E/S	Descripción
1	Todo	Reservado	I	Reservado
2	Todo	SS_N	I	Selección de esclavo SPI
3	Todo	PULSO DE TIEMPO	Oh	Pulso temporal (1PPS)
4	Todo	EXTINT0	I	Interrupción externaPin en T
5	Todo	USB_DM	E/S	Datos USB
6	Todo	USB_DP	E/S	Datos USB
7	Todo	VDDUSB	I	Suministro USB
8	Todo	Reservado		Ver HardwareIntegración electrónica Manual Los pines 8 y 9 debenestar conectados juntosel
9	Todo	VCC_RF	Oh	Voltaje de salidaSección de RF Los pines 8 y 9 debenestar conectados juntos.
10	Todo	Tierra	I	Suelo
11	Todo	RF_IN	I	Entrada de señal GPS
12	Todo	Tierra	I	Suelo
13	Todo	Tierra	I	Suelo
14	Todo	MOSI/CFG_COM0	O/I	SPI MOSI / ConfiguraciónPin de la información. Déjalo abierto siNo utilizado.
15	Todo	MISO/CFG_COM1	I	SPI MISO / ConfiguraciónPin de la información. Déjalo abierto siNo utilizado.
16	Todo	CFG_GPS0/SCK	I	Con el modo de energíaFiguración Pin/SReloj Pl. Déjalo abierto siNo utilizado.
17	Todo	Reservado	I	Reservado
18	Todo	SDA2	E/S	Datos DDC
19	Todo	SCL2	E/S	Reloj DDC
20	Todo	TxD1	Oh	Puerto serie 1
21	Todo	RxD1	I	Puerto serie 1

No	Módulo	Nombre	E/S	Descripción
22	Todo	V_BCKP	I	Voltaje de respaldosuministro electrónico
23	Todo	VCC	I	Tensión de alimentación
24	Todo	Tierra	I	Suelo

Figura 11. Disposición de pines en el NEO-6 [25].

## Precisión del NEO-6M

Cuenta con una imprecisión en el GPS de  $\sim 2.5$  m por el CEP (Circular Error Probable o Error Circular Probable) y Con correcciones SBAS (WAAS, EGNOS) esto mejora a  $\sim 2.0$  m CEP [24].

## Interfaces de comunicación

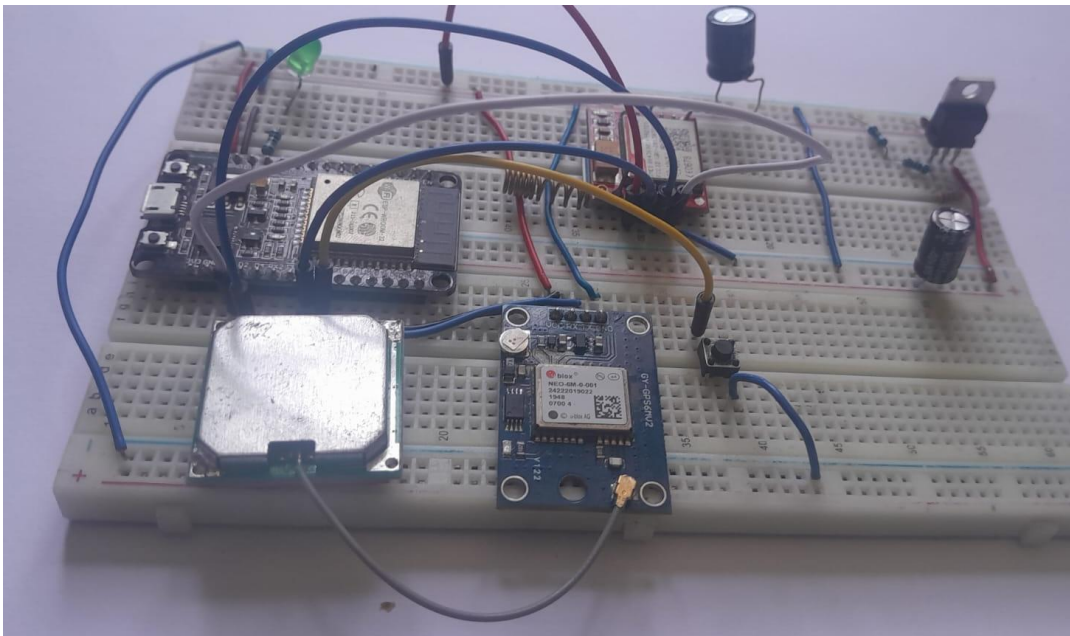
El módulo Cuenta con las interfaces UART (receptor-transmisor asíncrono universal), USB full-speed (12 Mbit/s), DDC (compatible con 12C) y SPI y admite protocolos como *NMEA* (National Marine Electronics Association), *UBX* (binario) y *RTCM* (Radio Technical Commission for Maritime Services o Comisión Técnica de Radio para Servicios Marítimos) [24].

## **Capítulo 3. Construcción de plataforma.**

El capítulo tres consiste en describir de manera general los pasos a seguir en la creación de la muñequera.

### **Pruebas en placa Protoboard.**

Lo primero que se debe hacer cuando se empieza un prototipo de cualquier tipo, son las pruebas preliminares en una Placa de pruebas, las ventajas de esto son que permite mucha versatilidad de conectado y cambio de piezas ya que no se necesita soldar nada o imprimir un PCB, así que armamos el circuito como se muestra en la figura 12.



*Figura 12. Circuito de prueba.*

### **Creación de dispositivos y footprints en Proteus.**

Para poder crear el PCB del proyecto, se necesita crear dentro de Proteus tanto los dispositivos que usaremos en la pestaña de esquemáticos (mostrando un ejemplo en la Figura 13) como sus respectivos footprints o empaquetados (se muestra un ejemplo en la Figura 14) que se les asignara para poder crear la PCB.

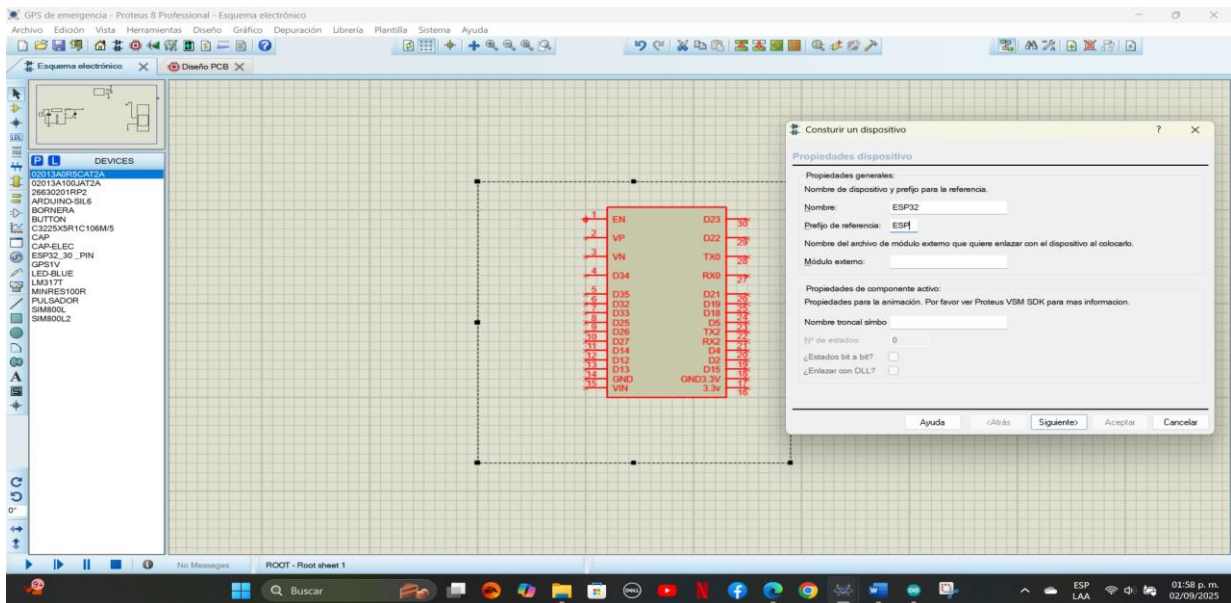


Figura 13. Creación de dispositivo.

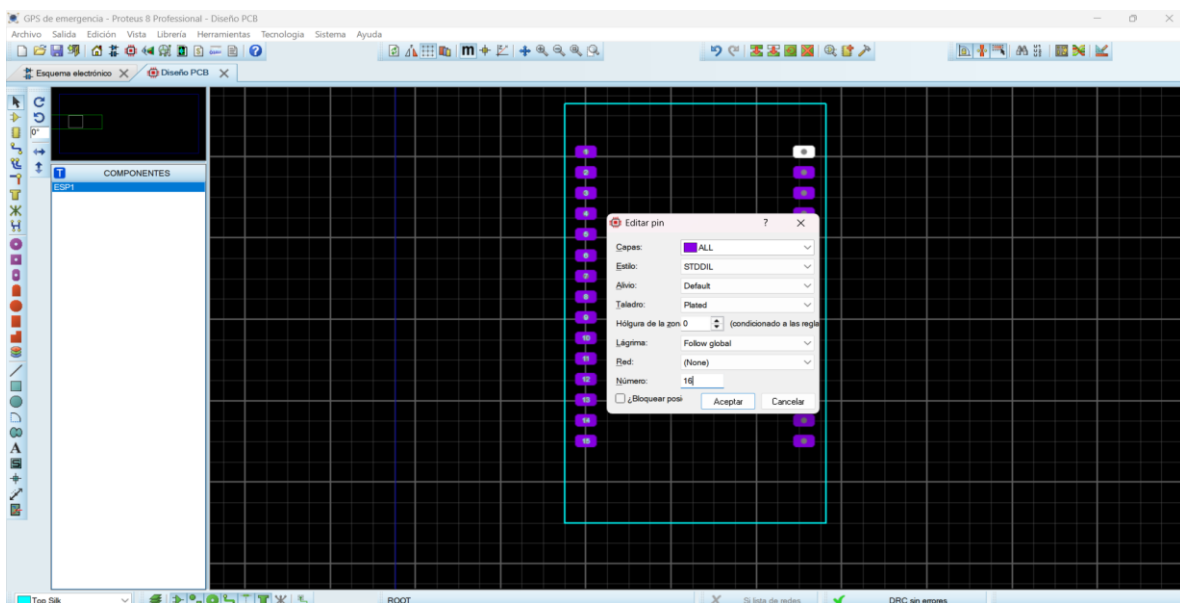


Figura 14. Creación de empaquetados.

## Alimentación de la muñequera.

En esta etapa se encuentra el primer obstáculo ya que el módulo SIM800L pide una alimentación de voltaje y corriente muy específicas, ya que nos pide ser alimentado entre los 3.7v y los 4.4v con una alimentación de corriente estable con picos de hasta 2A para funcionar adecuadamente, así que se necesita de una fuente lo suficientemente potente para entregar

el Amperaje requerido y que sea lo más pequeña posible, lo que se logró utilizando una batería LIPO de 2 celdas a 7.4v la cual puede entregar la corriente necesaria, a continuación se muestra la imagen de referencia de la batería LIPO a usar (Figura 15).



*Figura 15. LIPO 2C 7.4V.*

Ya que se decidió la fuente de poder, ahora se tiene que regular el voltaje para poder alimentar el circuito con 4.1v (voltaje óptimo para el funcionamiento del módulo SIM800L) ya que este valor está dentro de las especificaciones en que se puede alimentar tanto el microcontrolador ESP32 como El módulo GPS-NEO-6M sin afectar su funcionamiento y asegurando un voltaje estable para la etapa de transmisión de datos del módulo SIM800L, para esto se utilizó un módulo regulador de voltaje LM2596 a 4.1v el cual se muestra a continuación en la Figura 16.



*Figura 16. LM317T.*

## Conexiones entre los módulos.

Para comenzar alimentamos cada módulo desde sus respectivos pines de alimentación VIN y GND con los 4.1v que nos entrega el LM2596 (Cabe mencionar que GND es común en todo el circuito, tanto GND de 7.4v como de 4.1v esto se muestra en la siguiente figura).

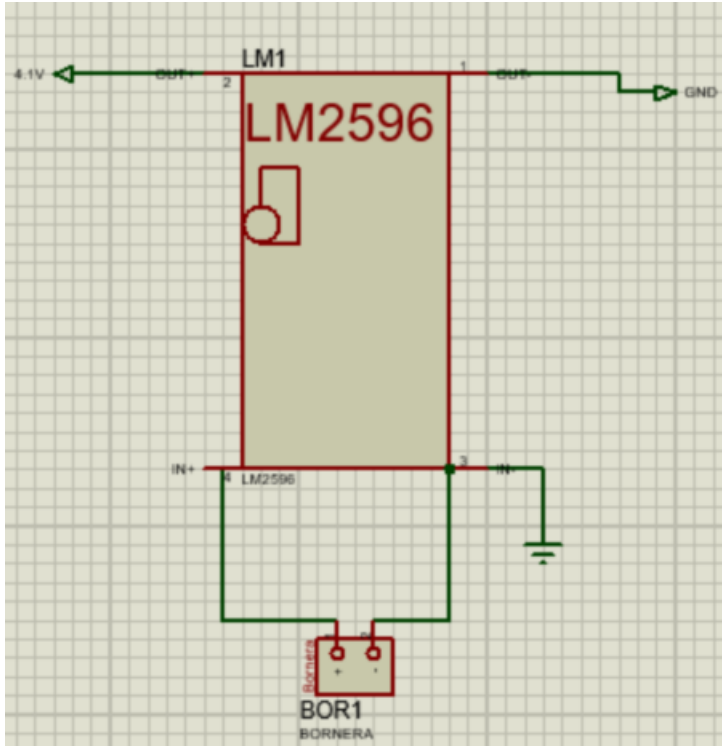


Figura 17. Conexiones del LM317T.

Una vez se tiene el voltaje correcto podemos pasar con las conexiones de los módulos GPS-NEO-6M y el módulo SIM800L con el microcontrolador ESP32 que se muestra a continuación en la figura 17. Se conecta RX (receptor) del GPS al pin 22 del ESP32 llamado TX2 y TX(Transmisor) del GPS al pin 21 de la ESP32 llamado RX2, a continuación, se conecta RX del módulo SIM800L al PIN 20 del ESP32 llamado D4 y su respectivo TX al PIN 19 llamado D2, así como el RST (Reset) del SIM800L al PIN 23 llamado D5, y por último, el botón (representado por una resistencia por comodidad) que lo controlara todo va conectado entre el PIN 24 llamado D18 y GND común. Todo esto se muestra en la figura 18.

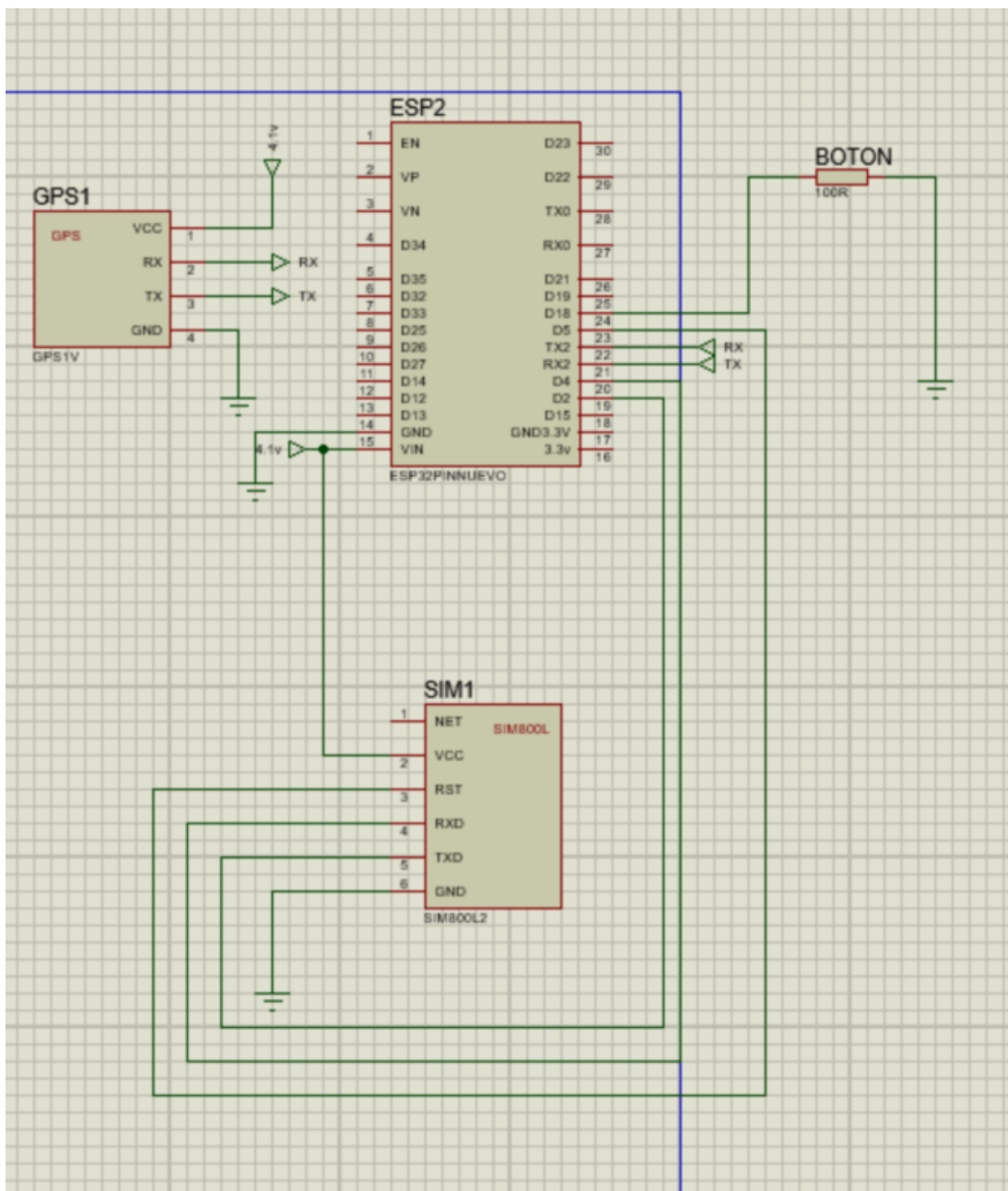


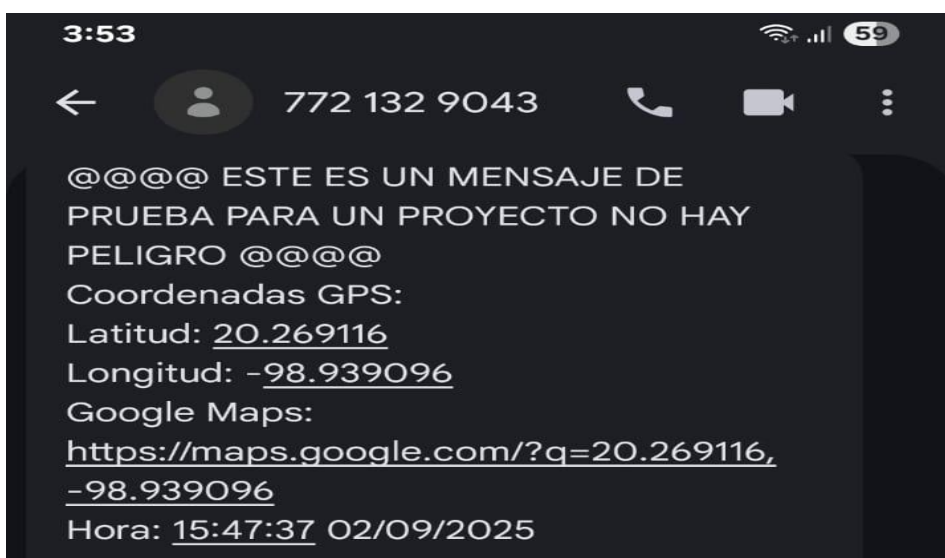
Figura 18. Conexiones entre los módulos.

## Funcionamiento de la muñequera anti siniestros.

Para empezar, el módulo LM2596 alimenta todo el circuito con 4.1 volts, permitiendo que el ESP32 empiece a ejecutar su programación y que, tanto el módulo GPS NEO\_6M, como el módulo SIM800L comiencen a conectarse con los satélites que les permiten funcionar (cabe mencionar que para que el módulo SIM800L funcione, necesita contar con una tarjeta *SIM*).

La muñequera cuenta con un botón normalmente abierto que al accionarlo da inicio al proceso para mandar el mensaje por medio del módulo SIM 800L, el cual lleva las coordenadas actuales del dispositivo, esto gracias al módulo GPS y el mensaje “ESTE ES UN MENSAJE DE PRUEBA PARA UN PROYECTO NO HAY PELIGRO”, así como un link directo a la app Google maps, gracias a la programación del ESP 32, el ejemplo del mensaje se muestra en la figura 19.

Una vez que el dispositivo ha sido activado y que se mandó el primer mensaje se queda activado y programado para mandar el mismo mensaje con las nuevas coordenadas del dispositivo (en caso de que se halla movido) cada 5 minutos, garantizando así una rápida y eficiente localización de la persona afectada.



*Figura 19. Ejemplo del mensaje recibido.*

## **Creación del PCB.**

Proteus permite crear la placa de circuito impreso (PCB) a partir de las conexiones que ya se hicieron en el circuito esquemático (lo que se muestra en la figura 20) así que se tiene que crear una zona con las medidas necesarias, en este caso 13 cm de largo X 4.5 cm de ancho ya que sumando las medidas totales de los módulos es lo mínimo que se necesita y a partir de ahí se continúan generando las conexiones del circuito, siempre procurando que no existan pistas con ángulos de 90 grados.

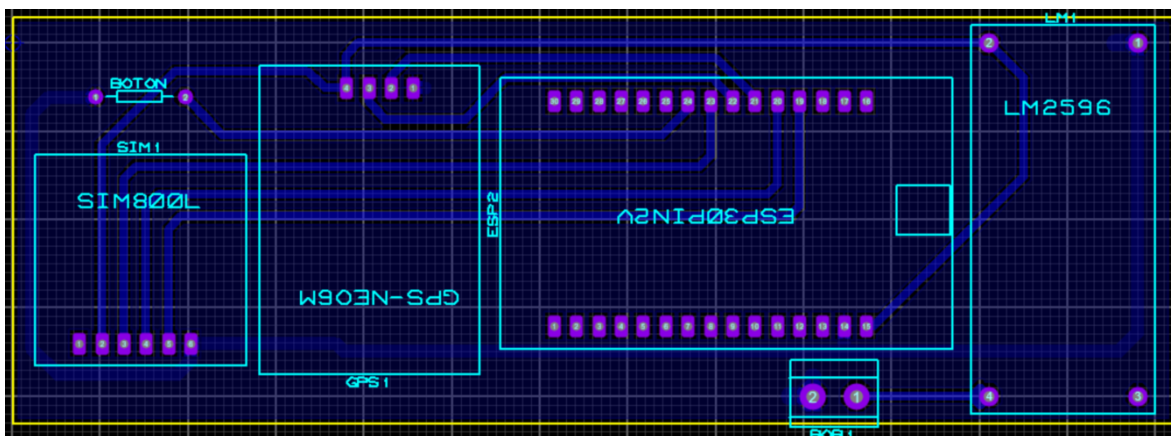


Figura 20. Creación de PCB en proteus.

## Vista del prototipo en 3D desde proteus.

En las siguientes figuras (21 y 22) se puede observar un aproximado 3D del circuito terminado que genera la aplicación proteus por delante y por detrás.

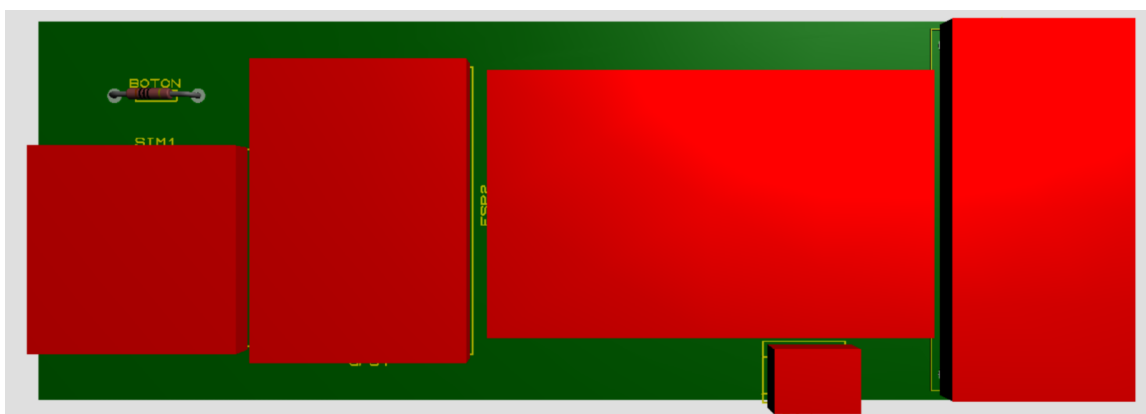


Figura 21. Vista 3D del PCB desde arriba.

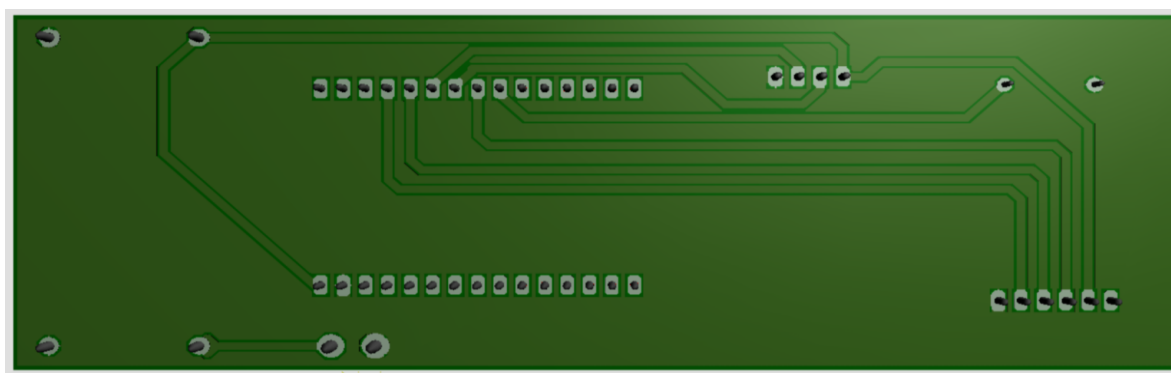


Figura 22. Vista 3D del PCB desde abajo.

## **Capítulo 4. Pruebas de campo.**

En este capítulo se describen las pruebas realizadas con el dispositivo terminado y como es su funcionamiento sometido a distintos entornos y climas.

### **Prueba bajo techo.**

En esta prueba se activó el dispositivo antes de salir de la vivienda y en un segundo piso funcionando sin problemas, se muestra el entorno en la figura 23, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 24 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.269104,-98.939097>) en la figura 25.



*Figura 23. Entorno de la prueba bajo techo.*

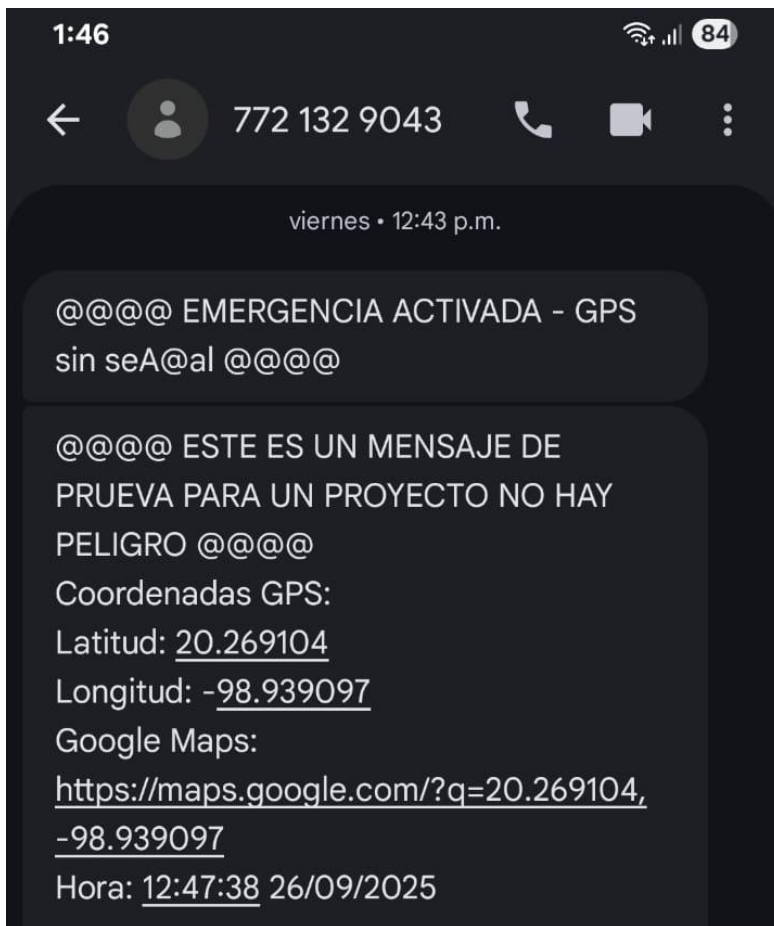


Figura 24. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros bajo techo.

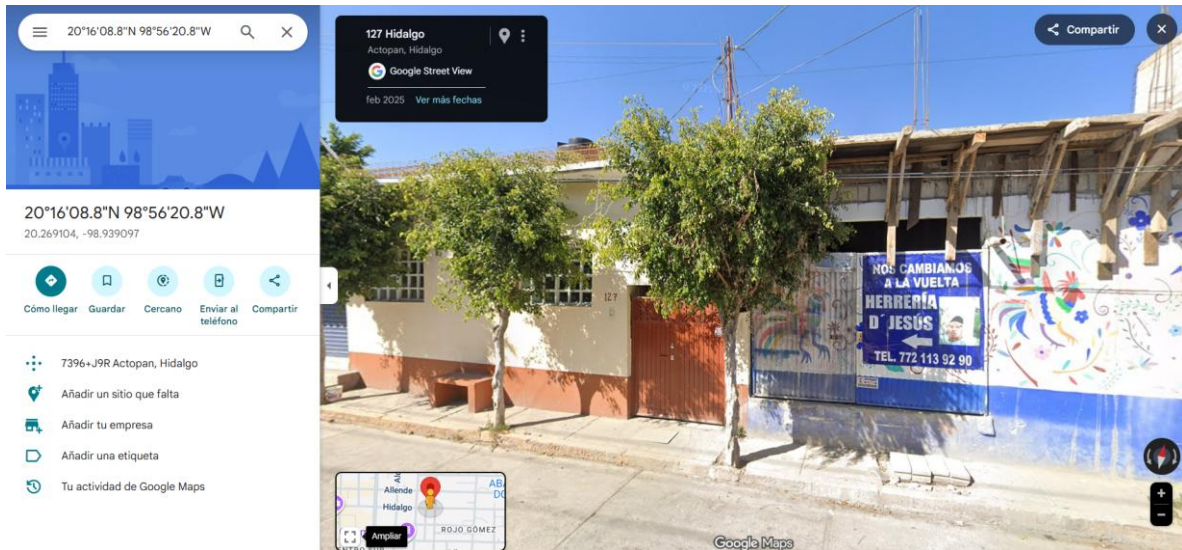


Figura 25. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps para la prueba bajo techo.

## Prueba en movimiento.

Una vez que el dispositivo se encuentra en funcionamiento debe mandar el mensaje cada 5 minutos actualizando a las coordenadas actuales, se muestra el entorno en la figura 26, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 27 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.269013,-98.939730>) en la figura 28.



Figura 26. Entorno de la prueba en movimiento.

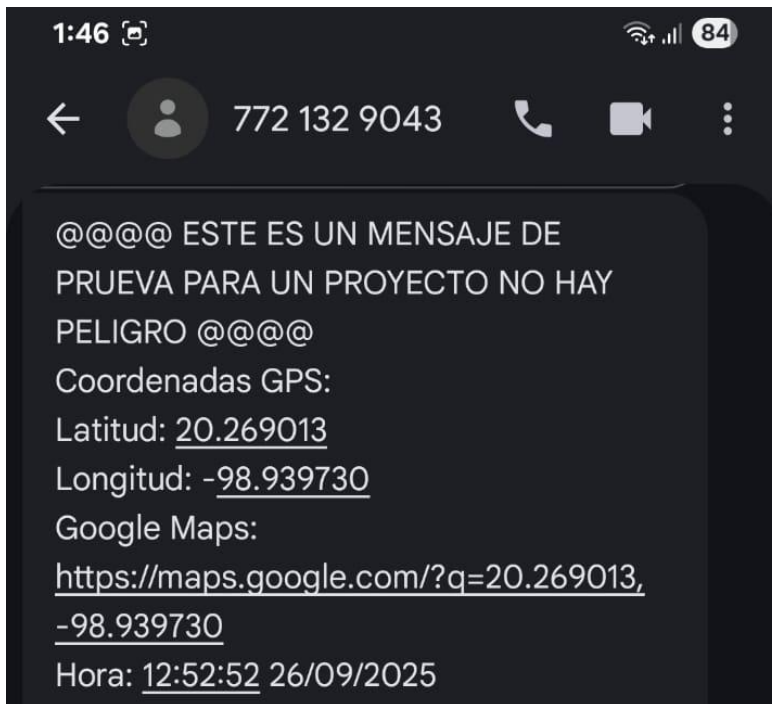


Figura 27. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en movimiento.

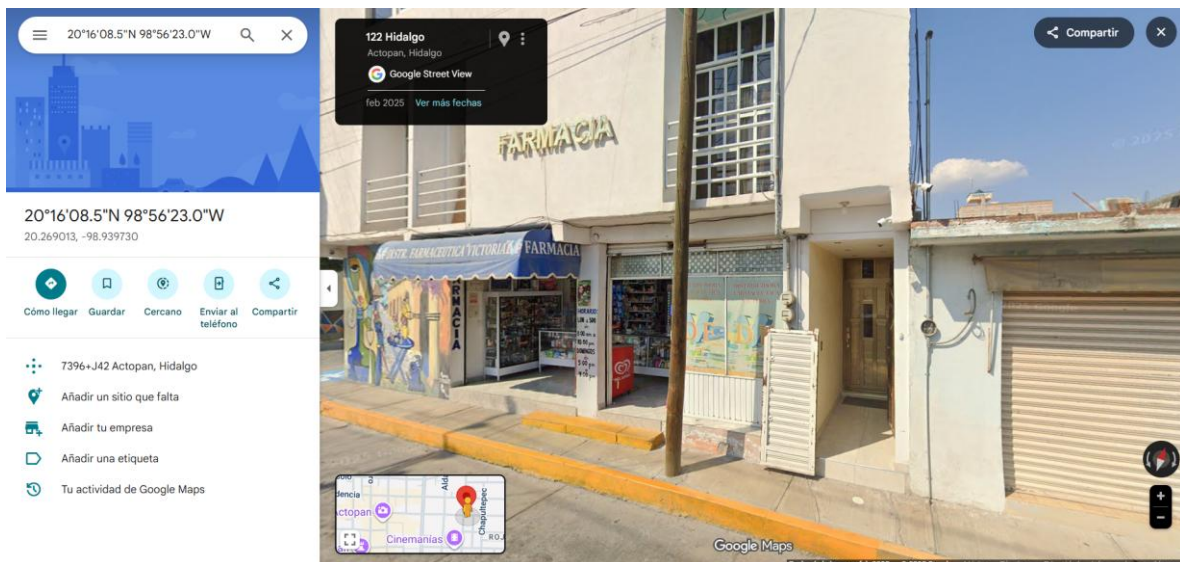


Figura 28. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps para la prueba en movimiento.

## Prueba en movimiento en lugar aglomerado.

Una vez que el dispositivo se encuentra en funcionamiento debe mandar el mensaje cada 5 minutos actualizando a las coordenadas actuales y esta vez funciona correctamente en un lugar con aglomeración de señales de entrada y salida, se muestra el entorno en la figura 29, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 30 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268990,-98.943036>) en la figura 31.



*Figura 29. Entorno de la prueba en movimiento y en lugar aglomerado.*

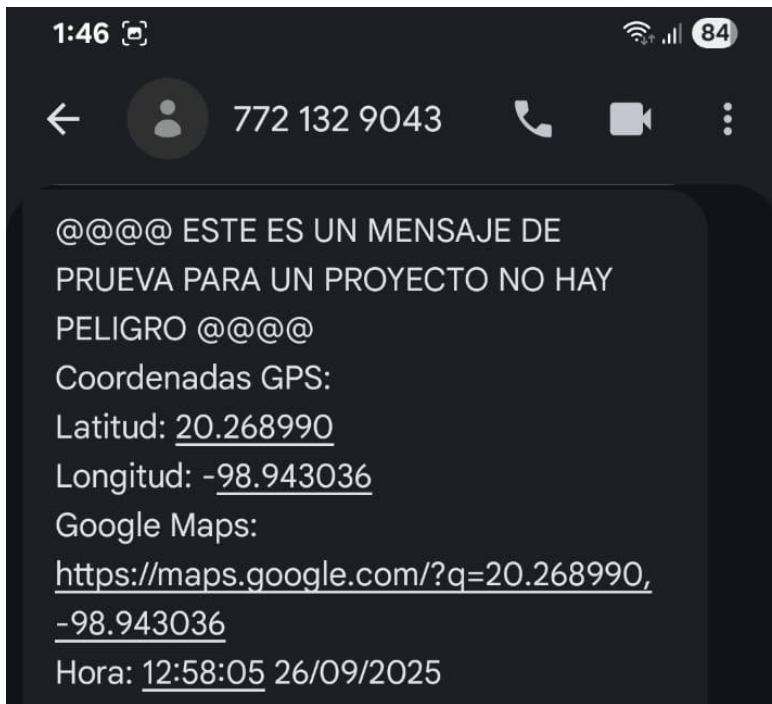


Figura 30. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba de lugar aglomerado.

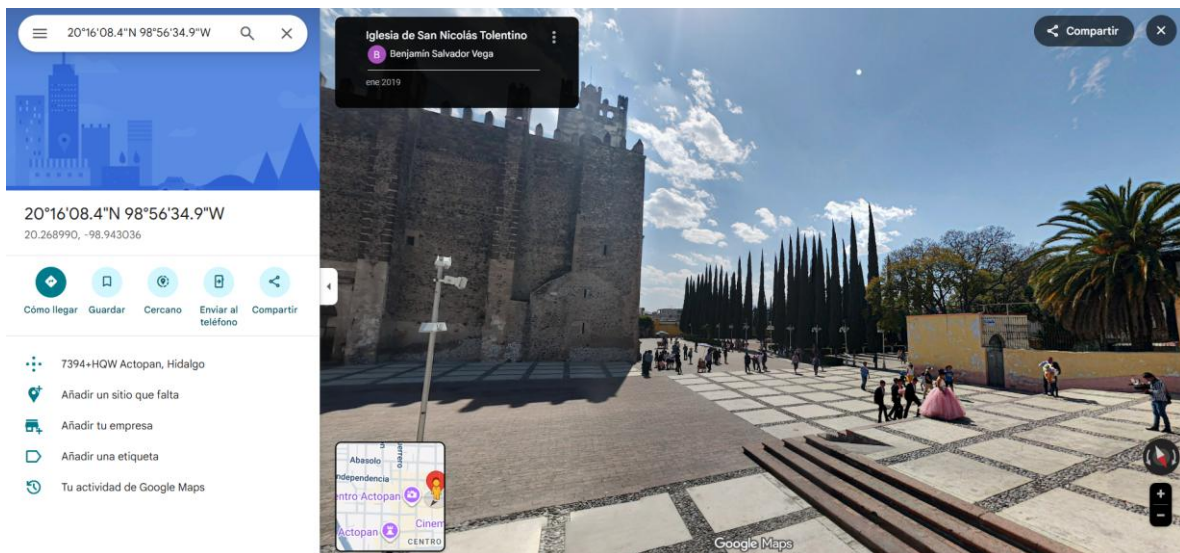


Figura 31. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento y lugar aglomerado.

## Prueba en el centro de la ciudad.

Esta prueba se realizó en el centro de la ciudad, donde existe más aglomeración de personas; por lo tanto más aglomeración de señales, comprobando que el dispositivo funciona correctamente a pesar de encontrarse en un entorno con aglomeración de señales de entrada y salida, se muestra el entorno en la figura 32, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 33 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268716,-98.944435>) en la figura 34.



*Figura 32. Entorno de la prueba en el centro de la ciudad.*

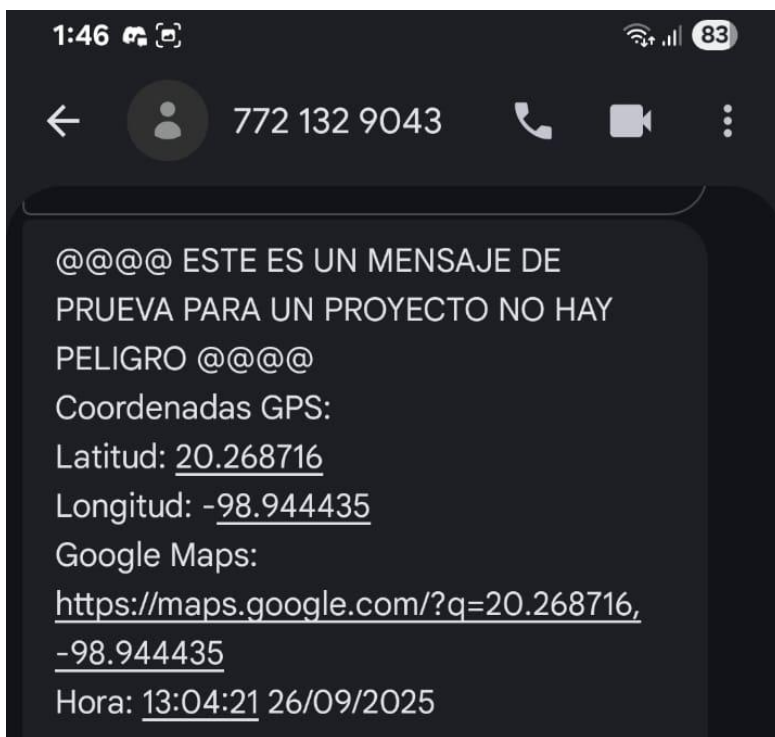
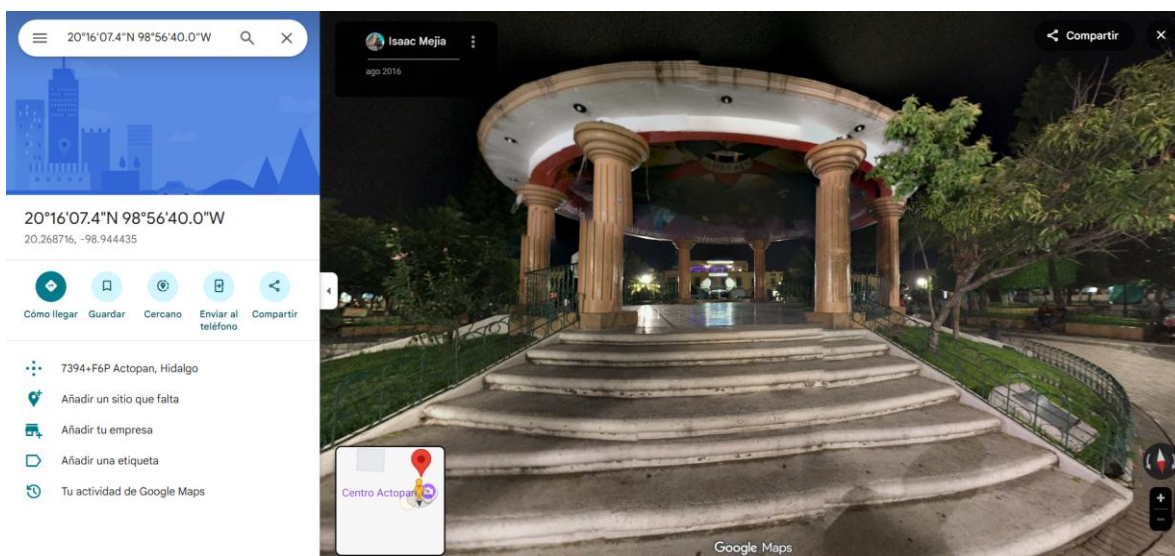


Figura 33. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en el centro de la ciudad.



*Figura 34. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba del centro de la ciudad.*

## **Prueba a 3 metros bajo el suelo.**

Esta prueba se realizó bajo 3 metros del suelo en el estacionamiento subterráneo del centro de Actopan Hidalgo, en un principio el módulo GPS perdió la señal por unos segundos, pero después de ese inconveniente siguió funcionando correctamente, lo que prueba que el dispositivo es capaz de funcionar incluso bajo tierra, al menos a 3 metros bajo el nivel del suelo. Se muestra el entorno en la figura 35, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 36 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268516,-98.944841>) en la figura 37.



*Figura 35. Entorno de la prueba a 3 metros bajo el suelo.*

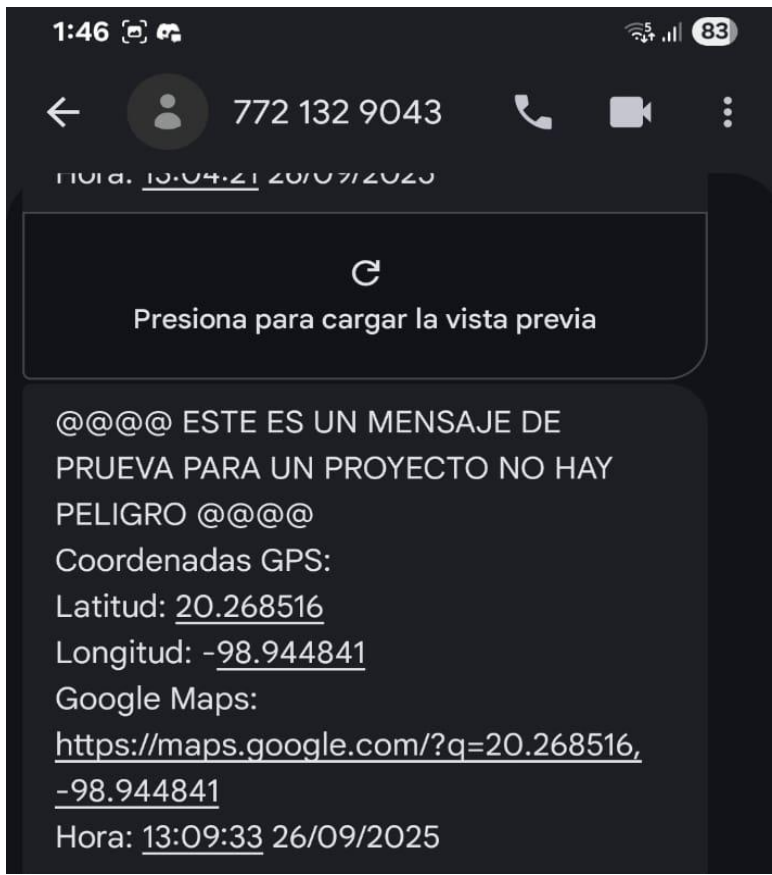


Figura 36. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros a 3 metros bajo el suelo.

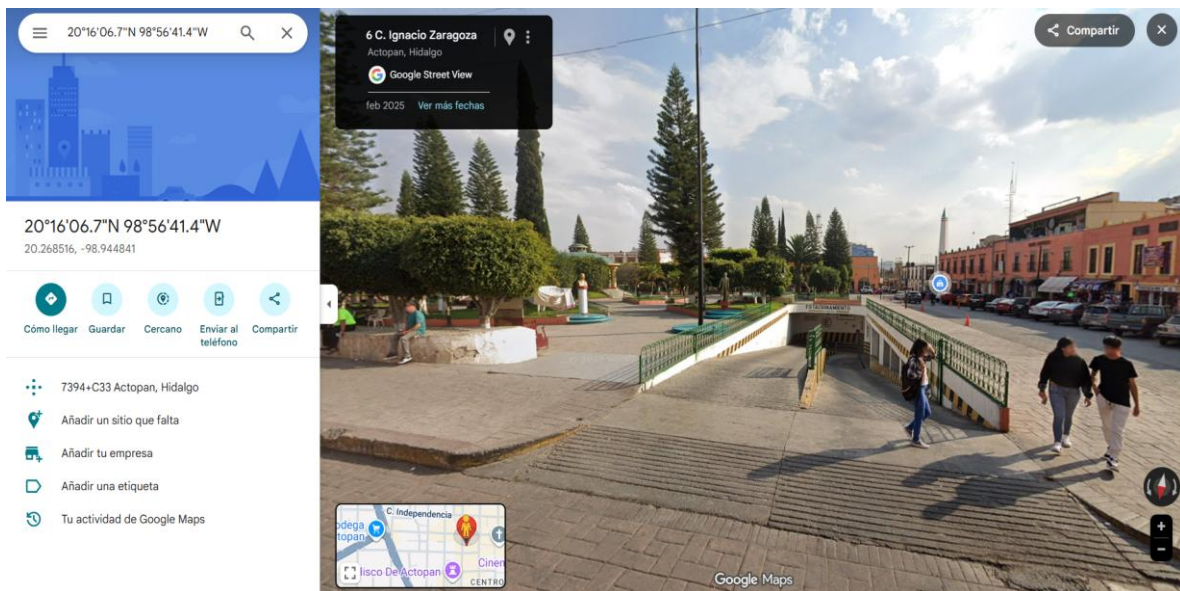


Figura 37. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba a 3 metros bajo el suelo.

## Prueba bajo techo en clima lluvioso.

En esta ocasión el dispositivo fue probado bajo techo en la vivienda mientras llovía, lo que no ocasiono ningún problema con la conectividad de los módulos. Se muestra el entorno en la figura 38, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 39 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.269094,-98.939140>) en la figura 40.



*Figura 38. Entorno de la prueba bajo techo y con clima lluvioso.*

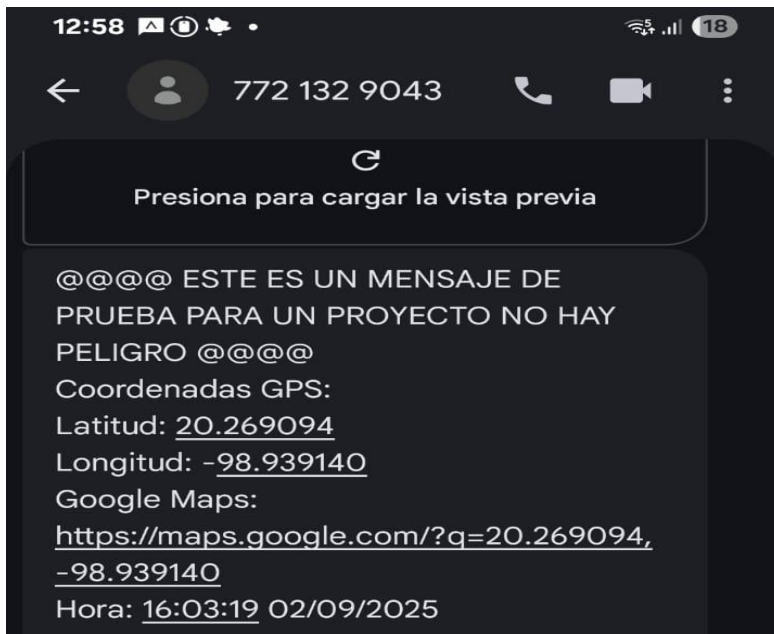


Figura 39. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros bajo techo y con clima lluvioso.

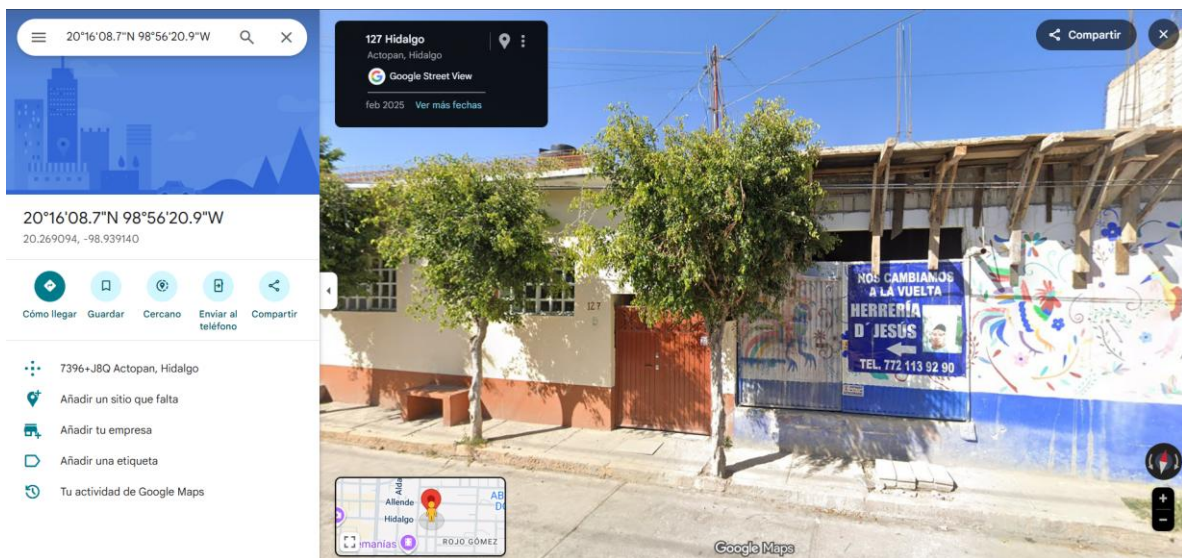


Figura 40. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en prueba bajo techo y con clima lluvioso.

## Prueba en movimiento con clima lluvioso.

Una vez que el dispositivo se encuentra en funcionamiento debe mandar el mensaje cada 5 minutos actualizando a las coordenadas actuales, lo que hizo con satisfacción y aún con clima lluvioso se muestra el entorno en la figura 41, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 42 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.269013,-98.939730>) en la figura 43.



*Figura 41. Entorno de la prueba en movimiento y con clima lluvioso.*

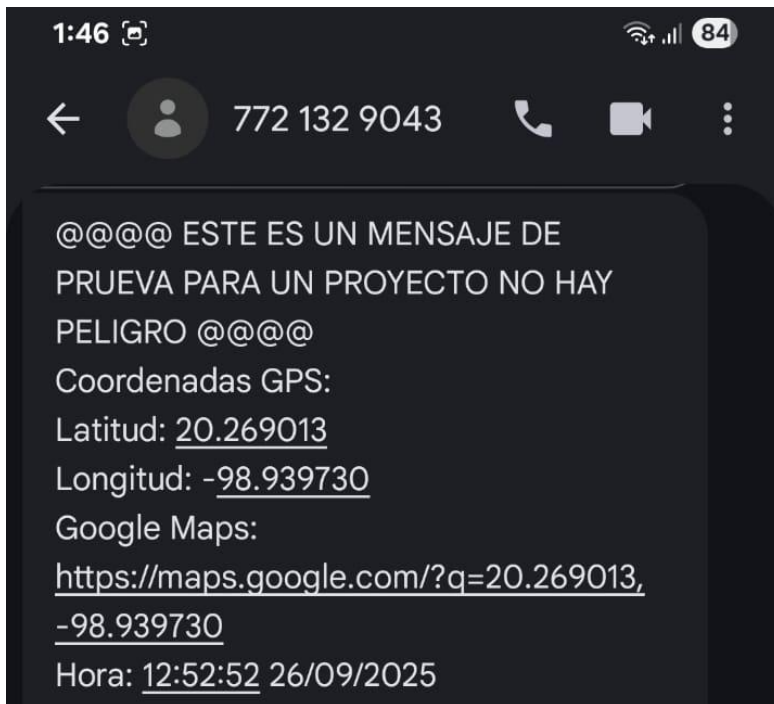


Figura 42. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en movimiento y con clima lluvioso.

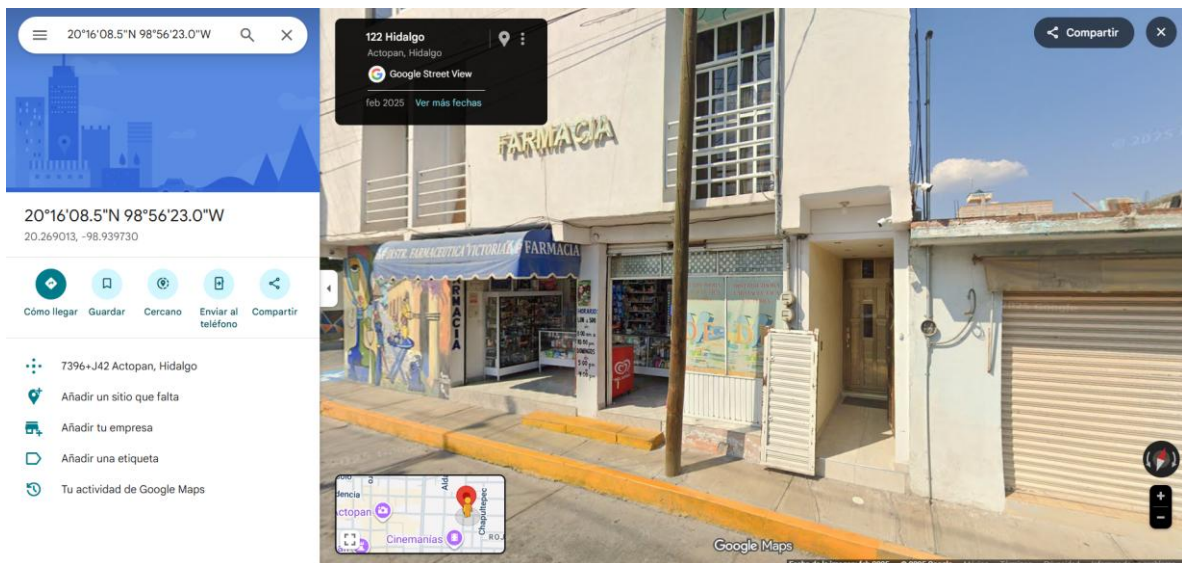


Figura 43. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento y con clima lluvioso.

## Prueba en movimiento con clima lluvioso en lugar aglomerado.

En esta ocasión la prueba se realizó en un lugar aglomerado y con un clima lluvioso, el dispositivo funciona correctamente, se muestra el entorno en la figura 44, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 45 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268990,-98.943036>) en la figura 46.



*Figura 44. Entorno de la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.*

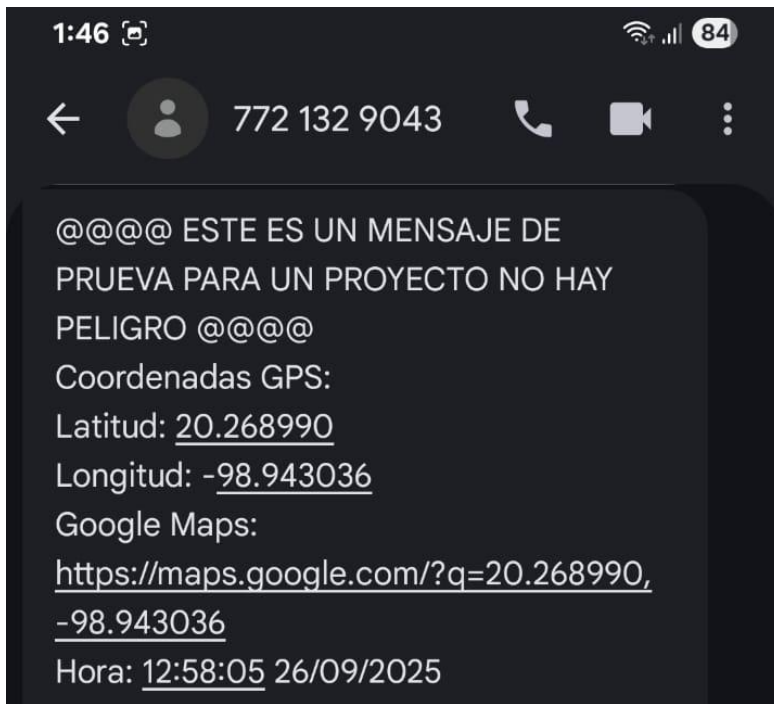


Figura 45. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.

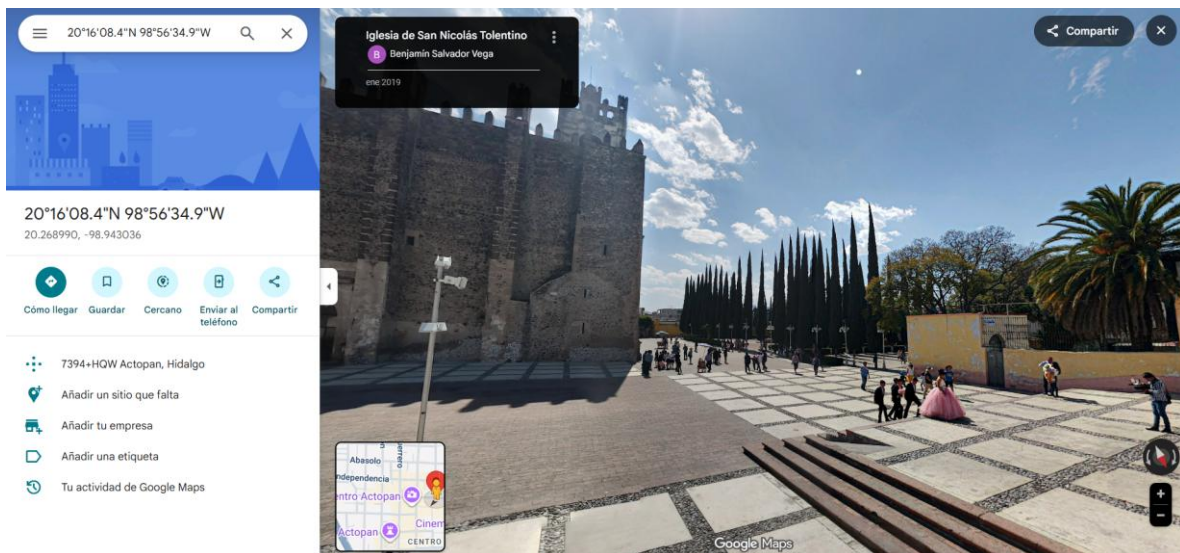


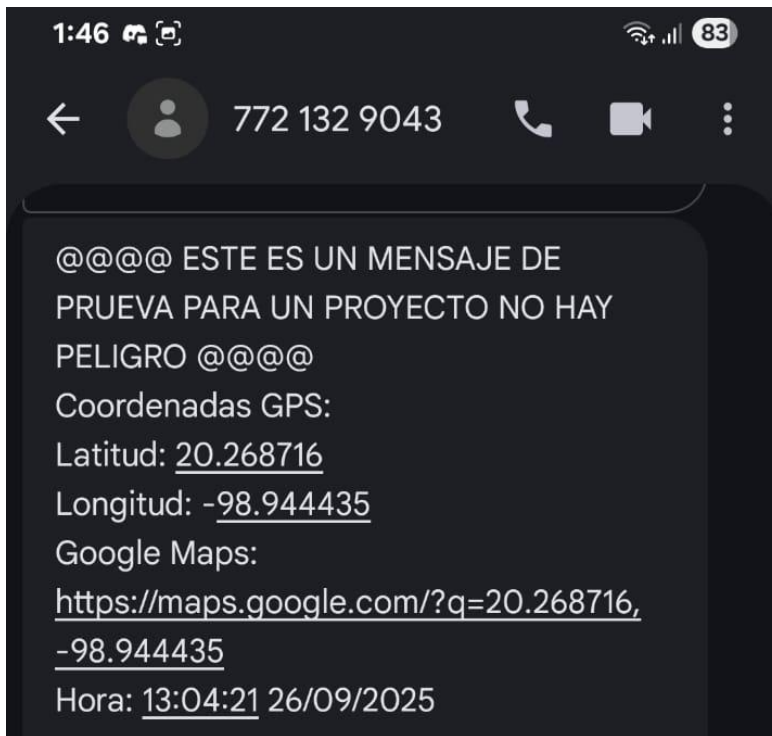
Figura 46. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en movimiento, en lugar aglomerado y con clima lluvioso.

## Prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.

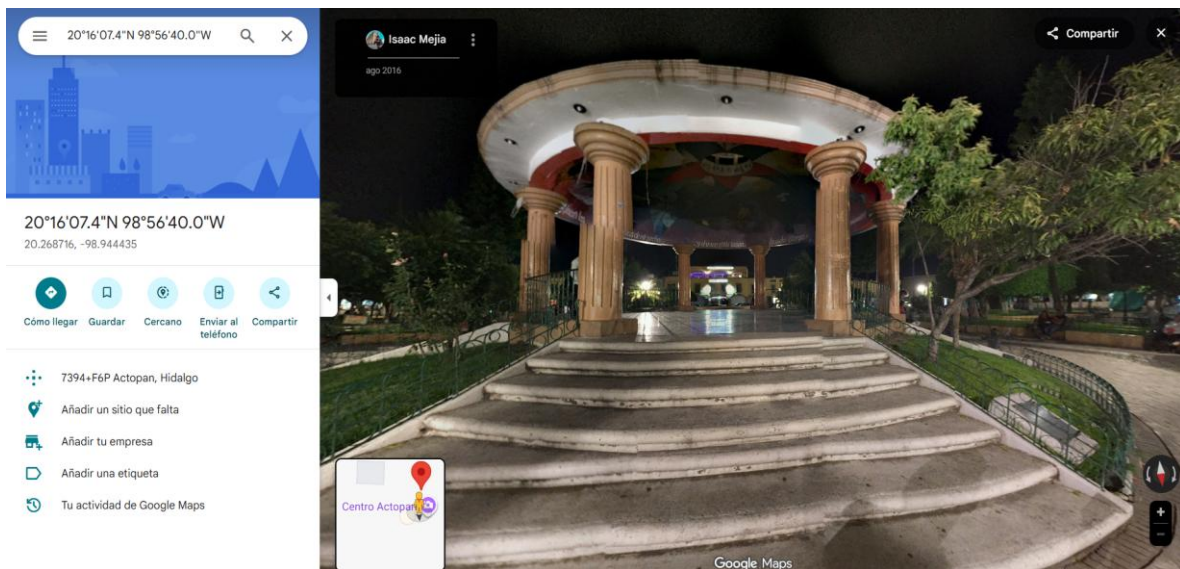
Esta prueba se realizó en el centro de la ciudad, donde existe más aglomeración de personas; por lo tanto más aglomeración de señales, comprobando que el dispositivo funciona correctamente a pesar de encontrarse en un entorno con aglomeración de señales de entrada y salida y bajo un clima lluvioso, se muestra el entorno en la figura 47, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 48 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268716,-98.944435>) en la figura 49.



*Figura 47. Entorno de la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.*



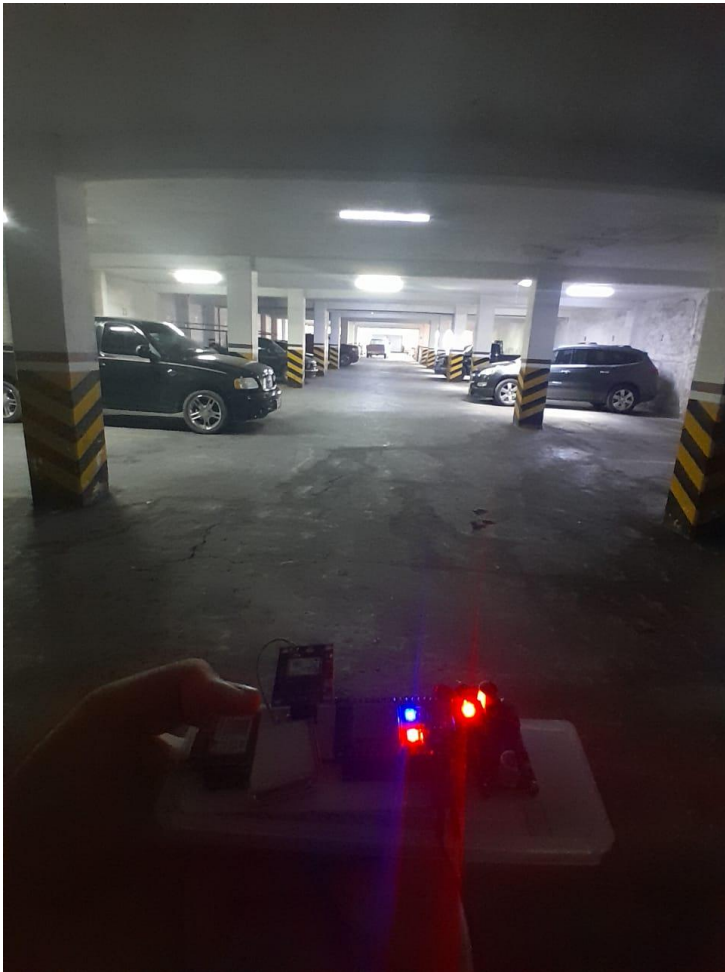
*Figura 48. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.*



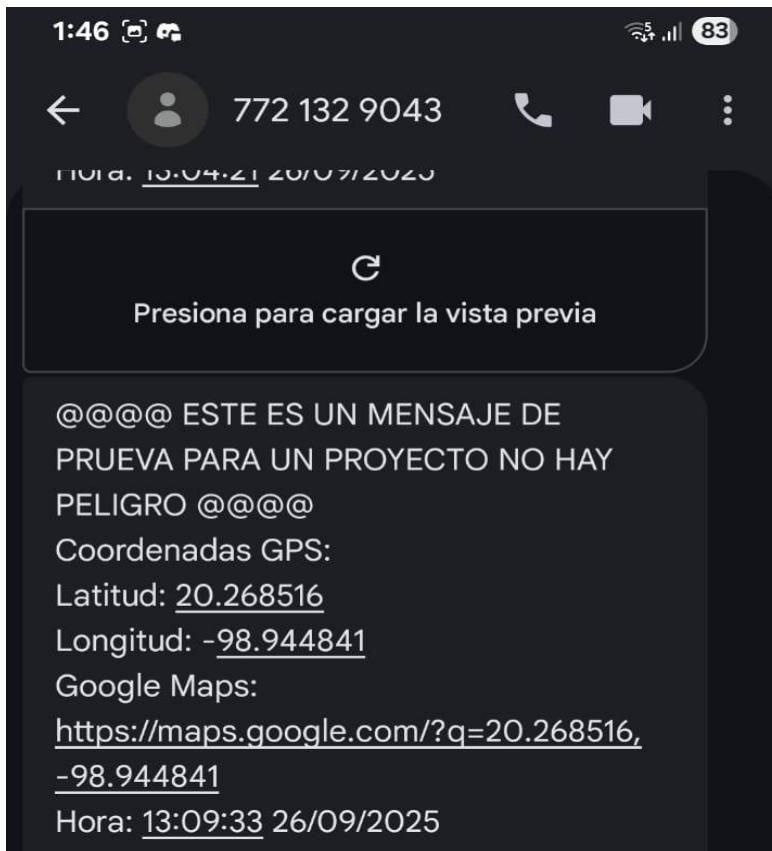
*Figura 49. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba en el centro de la ciudad con clima lluvioso.*

## Prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.

Esta prueba se realizó bajo 3 metros del suelo en el estacionamiento subterráneo del centro de Actopan Hidalgo, al igual que la prueba realizada sin el clima lluvioso en un principio el módulo GPS perdió la señal por unos segundos, pero después de ese inconveniente siguió funcionando correctamente, lo que prueba que el dispositivo es capaz de funcionar incluso bajo tierra y con lluvia, al menos a 3 metros bajo el nivel del suelo. Se muestra el entorno en la figura 50, un ejemplo del mensaje que se recibe en la figura 51 y una imagen de Google maps de como se ve si se le da Crick en el enlace del mensaje (<https://maps.google.com/?q=20.268516,-98.944841>) en la figura 52.



*Figura 50. Entorno de la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.*



*Figura 51. Mensaje recibido por medio de SMS enviado por el dispositivo anti siniestros en la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.*



*Figura 52. Prueba de que las coordenadas son correctas usando Google maps en la prueba a 3 metros bajo el suelo con clima lluvioso.*

## **Capítulo 5. Conclusiones.**

La presente investigación tuvo como objetivo principal el diseño y desarrollo de un dispositivo electrónico de rastreo GPS con comunicación vía SMS para aplicaciones de localización en tiempo real. Los resultados obtenidos demuestran que se logró implementar exitosamente un prototipo funcional que cumple con las especificaciones técnicas establecidas al inicio del proyecto.

El dispositivo desarrollado integra de manera efectiva el módulo GPS NEO-6M con el módulo GSM SIM800L, a través del Microcontrolador ESP32, logrando una precisión de localización de  $\pm 2$  metros en condiciones óptimas y un tiempo de respuesta promedio de 8 segundos desde la solicitud SMS hasta la recepción de coordenadas.

**Precisión del posicionamiento:** La precisión del GPS con clima despejado se logró una exactitud casi perfecta de  $\pm 1$  metros, incluso en climas lluviosos donde hay mas interferencia por el clima, se logro una muy buena exactitud de  $\pm 1$  metros, en cuanto a profundidades de entre 3 y 4 metros bajo el nivel del suelo la exactitud varia  $\pm 3$  metros y el GPS tarda un poco más (alrededor de 1 minuto) en funcionar y poder mandar coordenadas correctamente.

**Costo de implementación:** El costo total de componentes por unidad se mantuvo en aproximadamente \$800 MXN, lo que representa una alternativa económica frente a soluciones comerciales que superan los \$2500 MXN, manteniendo funcionalidades comparables.

Este trabajo aporta una solución de bajo costo y de fácil acceso para sistemas de rastreo que no requieren conexión a internet, lo cual resulta particularmente útil en contextos donde la infraestructura de datos móviles es limitada o costosa. La arquitectura modular propuesta permite futuras expansiones y adaptaciones según necesidades específicas del usuario.

Además, la documentación detallada del proceso de desarrollo implementado constituye una base de referencia para estudiantes y desarrolladores que busquen implementar proyectos similares en el área de sistemas de IoT.

Es importante reconocer las siguientes limitaciones identificadas durante la investigación:

La dependencia de la red GSM 2G limita la aplicabilidad del dispositivo en regiones donde esta tecnología está siendo descontinuada. La transición hacia módulos 4G/LTE incrementaría significativamente el costo del proyecto.

El tiempo de obtención del primer fix GPS (TTFF) puede extenderse hasta 45 segundos en arranque en frío, lo cual podría no ser adecuado para aplicaciones que requieren respuesta inmediata.

Las pruebas de campo se realizaron únicamente en un área geográfica específica durante un período de tres meses, por lo que no se evaluó el comportamiento del dispositivo en condiciones climáticas extremas ni en todas las posibles configuraciones de cobertura celular.

El prototipo actual no incluye mecanismos robustos de autenticación, lo que representa una vulnerabilidad de seguridad que debe abordarse antes de una implementación comercial.

El desarrollo de este dispositivo demuestra que es posible crear soluciones tecnológicas accesibles y funcionales utilizando componentes de bajo costo y plataformas de hardware libre. La convergencia de tecnologías GPS y GSM en un sistema compacto y eficiente abre posibilidades para acceder a herramientas de rastreo y localización en contextos donde las soluciones comerciales resultan inaccesibles.

Este proyecto confirma que la ingeniería aplicada, cuando se orienta hacia necesidades reales, puede generar productos viables con potencial de impacto social y económico. Los conocimientos adquiridos durante este proceso de investigación y desarrollo representan un valioso aporte tanto al ámbito académico como al sector productivo de la electrónica aplicada.

## **Capítulo 6. Discusiones.**

A partir de los resultados obtenidos, se identifican las siguientes oportunidades para investigaciones posteriores:

Implementar protocolos de cifrado para las comunicaciones SMS que garanticen la confidencialidad de los datos de localización y protejan contra accesos no autorizados.

Desarrollar una versión con conectividad dual SMS/GPRS que permita seleccionar automáticamente el medio de comunicación más eficiente según disponibilidad y costo.

Integrar sensores adicionales como acelerómetros y giroscopios para detección de movimiento, golpes o volcaduras, expandiendo las capacidades de monitoreo del dispositivo.

Realizar estudios de viabilidad económica para producción en serie y analizar el mercado potencial en sectores como transporte de carga, flotas vehiculares y seguridad personal.

Actualizar el ensamblaje para generar un circuito integrado que sea capaz de albergar las funcionalidades de todos los módulos en uno solo y así reducir el tamaño del dispositivo para optimizar su uso y transporte.

## Apéndice

```
#include <TinyGPSPlus.h>
```

```
// Configuración GPS
```

```
#define RXD2 16
```

```
#define TXD2 17
```

```
HardwareSerial neogps(1);
```

```
// Configuración SIM800i
```

```
#define SIM800_TX 4
```

```
#define SIM800_RX 2
```

```
#define SIM800_RESET 5
```

```
HardwareSerial sim800(2);
```

```
// Configuración de pines
```

```
#define BUTTON_PIN 18
```

```
#define LED_PIN 13
```

```
// Objetos GPS
```

```
TinyGPSPlus gps;
```

```
char datoCmd = 0;
```

```
#define NMEA 0
```

```
// Configuración de emergencia
```

```
String numeroEmergencia = "+527778889990";
```

```
bool sistemaActivo = false;
```

```
unsigned long ultimoEnvio = 0;
```

```

const unsigned long INTERVALO_ENVIO = 300000; // 5 minutos

unsigned long ultimoDebounce = 0;

const unsigned long DEBOUNCE_DELAY = 20;

bool estadoBotonAnterior = HIGH;

// Reintentos si no manda el mensaje.

int reintentosSIM800 = 0;

const int MAX_REINTENTOS_SIM800 = 3;

bool smsEnviadoExitosamente = false;

// Configuración de zona horaria

const int ZONA_HORARIA = -6;

// DECLARACIONES DE FUNCIONES

void leerGPS();

void manejarBoton();

void manejarLED();

void resetSIM800();

void inicializarSIM800();

bool enviarComandoAT(String comando, int tiempoEspera);

void leerRespuestaSIM800(String etiqueta);

bool enviarSMSEmergencia();

void enviarSMSDesactivacion();

bool enviarSMS(String numero, String mensaje);

String obtenerHoraFormateada();

void imprimirHoraAjustada(bool enSerial = true);

```

```

void Visualizacion_Serial(void);

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  delay(2000);

  // Configurar pin de RESET del SIM800

  pinMode(SIM800_RESET, OUTPUT);

  digitalWrite(SIM800_RESET, HIGH);

  // Inicializar GPS

  neogps.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);

  // Inicializar SIM800i

  sim800.begin(9600, SERIAL_8N1, SIM800_RX, SIM800_TX);

  // Configurar pines

  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);

  delay(2000);

  resetSIM800();

  inicializarSIM800();}

void resetSIM800()

{
  Serial.println("Reseteando SIM800");

  digitalWrite(SIM800_RESET, LOW);

  delay(100);

  digitalWrite(SIM800_RESET, HIGH);

  Serial.println("Esperando que el SIM800 arranque");

```

```

    delay(5000);

    while(sim800.available())

    {sim800.read();}

    Serial.println("RESET completado");}

void loop()

{static unsigned long ultimoDebugBoton = 0;

static int contadorActivaciones = 0;

if (millis() - ultimoDebugBoton > 2000)

{ int estadoBoton = digitalRead(BUTTON_PIN);

if (gps.location.isValid() else

{ Serial.print("SIN SEÑAL"); }

    if (sistemaActivo)

    { unsigned long tiempoRestante = INTERVALO_ENVIO - (millis() - ultimoEnvio);

        Serial.print(" Próximo SMS en: ");

        Serial.print(tiempoRestante / 1000);

        Serial.print("s");}

    Serial.println();

    ultimoDebugBoton = millis();}

    leerGPS();

    manejarBoton();

// LÓGICA PARA ENVÍO PERIÓDICO

    if (sistemaActivo && gps.location.isValid()) {

        static int smsEnviados = 0;

```

```

if (millis() - ultimoEnvio >= INTERVALO_ENVIO) {

    smsEnviados++;

// REINTENTAR ENVÍO

    bool enviado = false;

    reintentosSIM800 = 0;

while (!enviado && reintentosSIM800 < MAX_REINTENTOS_SIM800) {

    if (enviarComandoAT("AT", 1000)) {

        Serial.println("SIM800 responde - enviando SMS...");

        enviado = enviarSMSEmergencia(); } else

    {reintentosSIM800++;

        Serial.println("SIM800 no responde - intento " + String(reintentosSIM800) + "/" +
String(MAX_REINTENTOS_SIM800));

    if (reintentosSIM800 < MAX_REINTENTOS_SIM800) {

        Serial.println(" RESET del SIM800");

        resetSIM800();

        inicializarSIM800();

        delay(2000); // Esperar estabilización}}

    if (enviado) {

        Serial.println("SMS enviado exitosamente");

        ultimoEnvio = millis(); // SOLO ACTUALIZAR SI SE ENVIÓ

    } else {// REINTENTAR EN 1 MINUTO EN LUGAR DE 5

        ultimoEnvio = millis() - INTERVALO_ENVIO + 60000; } } }

manejarLED();

```

```

    delay(100);}

// SE REPITE HASTA ENVIAR SMS

void inicializarSIM800()

{delay(2000)

while(sim800.available()) {

sim800.read(); }

Serial.println("Enviando comandos de configuración");

for(int i = 0; i < 5; i++) {

    if(enviarComandoAT("AT", 2000)) {

        Serial.println(" Comunicación OK");

        break; }

    Serial.println(" Reintentar comunicación");

    delay(1000);}

enviarComandoAT("ATE0", 1000);

enviarComandoAT("AT+CMGF=1", 1000);

enviarComandoAT("AT+CNMI=1,2,0,0,0", 1000);

Serial.println("Verificando tarjeta SIM");

enviarComandoAT("AT+CPIN?", 2000);

Serial.println(" Esperando registro en red");

for(int i = 0; i < 15; i++) {

    if(enviarComandoAT("AT+CREG?", 2000)) {

        delay(1000);}

    if(i == 14) {

```

```

        Serial.println(" Tiempo de registro agotado");}

    delay(2000); }

Serial.println("Verificando intensidad de señal");

enviarComandoAT("AT+CSQ", 2000);

    Serial.println("Verificando operador");

    enviarComandoAT("AT+COPS?", 2000);

    Serial.println(" SIM800i inicializado y listo");}

bool enviarComandoAT(String comando, int tiempoEspera)

{Serial.print("Enviando: ");

    Serial.println(comando);

    while(sim800.available()) {

        sim800.read();}

    sim800.println(comando);

    delay(100);

    String respuesta = "";

    long tiempo = millis();

    bool recibido = false;

    while ((millis() - tiempo) < tiempoEspera) {

        if (sim800.available()) {

            String linea = sim800.readStringUntil('\n');

            linea.trim();

            if(linea.length() > 0) {

                respuesta += linea + " ";

```

```

    if (linea.indexOf("OK") != -1) {

        recibido = true; }

    if (linea.indexOf("ERROR") != -1) {

        Serial.println(" Error en comando AT");

        break;}}}}

    delay(10);}

    if(!recibido && respuesta.length() == 0) {

        Serial.println(" Sin respuesta del SIM800"); }

    return recibido;}

void leerRespuestaSIM800(String etiqueta)

{if (sim800.available()) {

    String respuesta = sim800.readString();

    Serial.println(respuesta); }}

// FUNCIÓN MODIFICADA PARA MANDAR MENSAJE, AUNQUE NO FUNCIONE
EL GPS

bool enviarSMSEmergencia()

{ if (!gps.location.isValid()) {

    Serial.println(" GPS no válido ");

    return false;}

    Serial.println("Preparando SMS de emergencia");

    String mensaje = " ESTE ES UN MENSAJE DE PRUEBA PARA UN PROYECTO NO
    HAY PELIGRO \n";

    mensaje += "Coordenadas GPS:\n";

```

```

mensaje += "Latitud: " + String(gps.location.lat(), 6) + "\n";

mensaje += "Longitud: " + String(gps.location.lng(), 6) + "\n";

mensaje += "Google Maps:\n";

mensaje += "https://maps.google.com/?q=" + String(gps.location.lat(), 6) + "," +
String(gps.location.lng(), 6) + "\n";

if (gps.time.isValid() && gps.date.isValid()) {

    mensaje += "Hora: ";

    mensaje += obtenerHoraFormateada();}

return enviarSMS(numeroEmergencia, mensaje);}

void enviarSMSDesactivacion()

{String mensaje = " Sistema de emergencia DESACTIVADO\n";

    mensaje += "La alerta ha sido cancelada.\n";

    mensaje += "Ultima posicion:\n";

    if (gps.location.isValid()) {

        mensaje += "Lat: " + String(gps.location.lat(), 6) + "\n";

        mensaje += "Lng: " + String(gps.location.lng(), 6);

    } else {

        mensaje += "Sin coordenadas GPS disponibles";}

    enviarSMS(numeroEmergencia, mensaje);}

// RETORNAR BOOL

bool enviarSMS(String numero, String mensaje)

{static int contadorSMS = 0;

    contadorSMS++;

```

```

while(sim800.available()) {

    sim800.read();}

// VERIFICAR COMUNICACIÓN ANTES DE ENVIAR

if (!enviarComandoAT("AT", 2000)) {

    Serial.println("SIM800 no responde antes de enviar ");

    return false; // RETORNAR FALSE EN LUGAR DE HACER RESET }

    Serial.println("Iniciando envío SMS");

    sim800.println("AT+CMGS=\"" + numero + "\"");

    bool promptRecibido = false;

    long tiempo = millis();

    String buffer = "";

    while ((millis() - tiempo) < 10000) {

        if (sim800.available()) {

            char c = sim800.read();

            Serial.print(c);

            buffer += c;

            if (c == '>') {

                promptRecibido = true;

                break;}

            if (buffer.indexOf("ERROR") != -1) {

                Serial.println("Error al iniciar SMS");

                return false;}}}}

    if (!promptRecibido) {

```

```

    Serial.println(" No se recibió prompt '>' - SMS cancelado");

    return false;}

Serial.println("\n Enviando SMS");

sim800.print(mensaje);

delay(500);

sim800.write(26);

String respuesta = "";

tiempo = millis();

bool enviado = false;

while ((millis() - tiempo) < 15000) {

    if (sim800.available()) {

        char c = sim800.read();

        respuesta += c;

        Serial.print(c);

        if (respuesta.indexOf("+CMGS:") != -1)

            {enviado = true;

                break;}

        if (respuesta.indexOf("ERROR") != -1) {

            Serial.println("\n Error durante envío SMS");

            break;}}

    if (enviado) {Serial.println("\n SMS #" + String(contadorSMS) + " enviado exitosamente");} else {Serial.println("\n Error enviando SMS #" + String(contadorSMS));}

    delay(2000);

```

```

while(sim800.available()) {

    sim800.read();}

return enviado; // REGRESAR AL ESTADO INICIAL}

// RESTO DE FUNCIONES

void leerGPS()

{ if (NMEA) {

    while (neogps.available()) {

        datoCmd = (char)neogps.read();

        Serial.print(datoCmd);} } else {

boolean newData = false;

for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;) {

    while (neogps.available()) {

        if (gps.encode(neogps.read())) {

            newData = true;        }}}

if(newData == true) {

    newData = false;

    if (gps.location.isValid()) {

        Visualizacion_Serial();}}}}

void manejarBoton()

{static unsigned long ultimaCambio = 0;

static int contadorActivaciones = 0;

bool lecturaBoton = digitalRead(BUTTON_PIN);

if (lecturaBoton == LOW && estadoBotonAnterior == HIGH) {

```

```

if (millis() - ultimaCambio > 500) {

    delay(100);

    if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {

        contadorActivaciones++;

        Serial.println("CAMBIO DE ESTADO #" + String(contadorActivaciones));

        sistemaActivo = !sistemaActivo;

        ultimaCambio = millis();

        Serial.print("Sistema ahora está: ");

        Serial.println(sistemaActivo ? "ACTIVADO" : "DESACTIVADO");

        if (sistemaActivo) {

            // RESETEAR VARIABLES AL ACTIVAR

            reintentosSIM800 = 0;

            ultimoEnvio = 0; // FORZAR ENVÍO INMEDIATO

            Serial.println("=====");

            Serial.println(" EMERGENCIA ACTIVADA ");

            Serial.println("  Enviando SMS cada 5 min");

            Serial.println("=====");

        } else {

            Serial.println(" EMERGENCIA DESACTIVADA ");

            enviarSMSDesactivacion();

        }

        while (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {

            delay(50);

            Serial.print(".");
        }
    }
}

```

```

        Serial.println(" Botón suelto");

        delay(200);

    } else {

        Serial.println(" Botón inestable - ignorando");}

    } else { Serial.println(" Cambio muy rápido - anti-rebote activado");} }

    estadoBotonAnterior = lecturaBoton;}

void manejarLED()

{if (sistemaActivo) {

    digitalWrite(LED_PIN, (millis() / 250) % 2);} else {

    digitalWrite(LED_PIN, LOW); }}

String obtenerHoraFormateada()

{int hora = gps.time.hour() + ZONA_HORARIA;

    if (hora < 0) hora += 24;

    if (hora >= 24) hora -= 24;

    String horaStr = "";

    if (hora < 10) horaStr += "0";

    horaStr += String(hora) + ":";

    if (gps.time.minute() < 10) horaStr += "0";

    horaStr += String(gps.time.minute()) + ":";

    if (gps.time.second() < 10) horaStr += "0";

    horaStr += String(gps.time.second());

    horaStr += " ";

    if (gps.date.day() < 10) horaStr += "0";

```

```

horaStr += String(gps.date.day()) + "/";

if (gps.date.month() < 10) horaStr += "0";

horaStr += String(gps.date.month()) + "/";

horaStr += String(gps.date.year());

return horaStr;

} void imprimirHoraAjustada(bool enSerial)

{if (gps.time.isValid()) {

    int hora = gps.time.hour() + ZONA_HORARIA;

    if (hora < 0) hora += 24;

    if (hora >= 24) hora -= 24;

    if (enSerial) {

        Serial.print(hora < 10 ? "0" : "");

        Serial.print(hora);

        Serial.print(":");

        Serial.print(gps.time.minute() < 10 ? "0" : "");

        Serial.print(gps.time.minute());

        Serial.print(":");

        Serial.print(gps.time.second() < 10 ? "0" : "");

        Serial.print(gps.time.second());

    } } else {

        if (enSerial) {

            Serial.print("Hora no disponible");} } }

void Visualizacion_Serial(void)

```

```

{ if (gps.location.isValid()) {

    Serial.println("--- DATOS GPS ---");

    Serial.print(" Lat: ");

    Serial.println(gps.location.lat(), 6);

    Serial.print(" Lng: ");

    Serial.println(gps.location.lng(), 6);

    Serial.print(" Speed: ");

    Serial.println(gps.speed.kmph());

    Serial.print(" SAT: ");

    Serial.println(gps.satellites.value());

    Serial.print(" ALT: ");

    Serial.println(gps.altitude.meters(), 0);

    Serial.print(" Date: ");

    Serial.print(gps.date.day()); Serial.print("/");

    Serial.print(gps.date.month()); Serial.print("/");

    Serial.println(gps.date.year());

    Serial.print(" Hour: ");

    imprimirHoraAjustada(true);

    Serial.println();

    if (sistemaActivo) {

        Serial.println(" MODO EMERGENCIA ACTIVO ");

        Serial.println("-----");

    } else { Serial.println(" Sin señal GPS - Buscando satélites"); } }

```

## Referencias

[1] López, G. B. (2012). *Geolocalización y redes sociales*. Bubok.

[https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=rwDGgkrhg3MC&oi=fnd&pg=PA186&dq=geolocalizaci%C3%B3n&ots=mQS4VLFmuz&sig=fr\\_yCL1DbIWom7PYSZxrb2-6YCk#v=onepage&q&f=falseb](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=rwDGgkrhg3MC&oi=fnd&pg=PA186&dq=geolocalizaci%C3%B3n&ots=mQS4VLFmuz&sig=fr_yCL1DbIWom7PYSZxrb2-6YCk#v=onepage&q&f=falseb)

[2] Pozo-Ruz, A., Ribeiro, A., García-Alegre, M. C., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). Sistema de posicionamiento global (gps): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. *ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga*, 1-9.

<https://www.peoplesmatters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2025, abril). *Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (ENSU). Primer trimestre de 2025 (Boletín de prensa núm. 204/25)*. INEGI.

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/ensu/ENSU20205\\_04.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2025/ensu/ENSU20205_04.pdf)

[4] Comisión Nacional de Búsqueda. (2025). *Versión estadística RNPdNO: Dashboard – contexto general*. Gobierno de México. Recuperado el 1 de septiembre de 2025, de <https://versionpublicarnpdno.segob.gob.mx/Dashboard/ContextoGeneral>

[5] Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2023). *Resumen ejecutivo: Impacto socioeconómico de los desastres en México 2023*. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana.

<https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/504-RESUMENEJECUTIVOIMPACTO2023.PDF>

[6] Comisión Nacional de Búsqueda. (s. f.). *\*Tipos de búsqueda\**. Gobierno de México. Recuperado el 11 de septiembre de 2025, de [\[https://comisionacionaldebusqueda.gob.mx/tipos-de-busqueda\]](https://comisionacionaldebusqueda.gob.mx/tipos-de-busqueda)(<https://comisionacionaldebusqueda.gob.mx/tipos-de-busqueda>)

[7] Zea Huaman, J. A. (2019). Aplicación móvil con geolocalización, para la generación de alerta común de personas en inminente peligro en la provincia de Andahuaylas–2019.

<https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/540>

[8] Roa, L. F. R. D. Aplicación móvil con geolocalización para solicitud de emergencias de los pobladores de la Ciudad de Isla Pucú, Barrio San Francisco, año 2020.

<https://investigacion.uninorte.edu.py/wp-content/uploads/ING-1001.pdf>

[9] Aagaard, P., Dinyarian, B., Abduljabbar, O., & Choo, K. K. R. (2023). Family locating sharing app forensics: Life360 as a case study. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 44, 301478.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666281722001597>

[10] Cardenas Suca, J. C., & Tapia Medina, D. J. Sistema de geolocalización de riesgo de incendios.

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/660880/Cardenas\\_SJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/660880/Cardenas_SJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[11] Zhang, H., Zhang, R., & Sun, J. (2025). Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems. *Scientific Reports*, 15(1), 29056.

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-13465-7>

[12] Panossian, S., & Medhi, D. (1998). Towards Providing Enhanced 911 Emergency Service in IP Telephony. *University of Missouri-Kansas City, Kansas City, MO, USA*.

[https://www.researchgate.net/profile/Deep-Medhi/publication/2429507\\_Towards\\_Providing\\_Enhanced\\_911\\_Emergency\\_Service\\_in\\_IP\\_Telephony/links/0f31752faa92c0049b000000/Towards-Providing-Enhanced-911-Emergency-Service-in-IP-Telephony.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Deep-Medhi/publication/2429507_Towards_Providing_Enhanced_911_Emergency_Service_in_IP_Telephony/links/0f31752faa92c0049b000000/Towards-Providing-Enhanced-911-Emergency-Service-in-IP-Telephony.pdf)

[13] Patil, U., More, P., Pandey, R., & Patkar, U. (2017). Tracking and recovery of the vehicle using GPS and GSM. *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 4(3), 2074-2077.

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89508614/IRJET-V4I3550-libre.pdf?1660283828=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTracking\\_and\\_Recovery\\_of\\_the\\_vehicle\\_usi.pdf&Expires=1755282961&Signature=P8apQayrPm5bgx3-41H3-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/89508614/IRJET-V4I3550-libre.pdf?1660283828=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTracking_and_Recovery_of_the_vehicle_usi.pdf&Expires=1755282961&Signature=P8apQayrPm5bgx3-41H3-)

1BHAVnwKkGJphhegMRvGifTLvtbwt42B0SFcx2QI7Azluk3y6njLfkzWjcLboPvdvFj49mP  
H7vDL-  
InnaMgiYC9nMSGlu6SzHryobrMbuBkMPEBGIgyFj6YrHUjt5neKDb3RYbfxxmB6wvkWbH  
~EFNMrHTt3VnRP6BMIZEwU3406IAN1AZG22bqzejDFfn7XCcVRe79kF8ORCT6pX~OX  
Yk7sgCa2O8AUMxs5JnP8F5JoqPqtmsx2QTnP7Zcgbckfq6Nc5Wqw8rdqsQ2gYCDKjxM  
VJQhEZ3-u6gX2gJXEak9gmUzBbdFr-9dqClc6ZGllwQ\_&Key-Pair-  
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

[14] Amato, F., Balzano, W., & Cozzolino, G. (2022). Design of a wearable healthcare emergency detection device for elder persons. *Applied Sciences*, 12(5), 2345.

<https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2345>

[15] Hoja de datos de LM2596 (PDF) . (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 15 de septiembre de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/2032213/ONSEMI/LM2596.html>

[16] Tecneu. (s/f). *Módulo Esp32 Wifi + Bluetooth 4.2 Ble Nodemcu CH9102*. Tecneu. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrEsWeEV6NoQzYOBfbD8Qt.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1756744837/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.tecneu.com%2fproducts%2fmodulo-esp32-wifi-bluetooth-ble/RK=2/RS=WA2Mc.Q5JbbP3aW.V80owJpotyc-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrEsWeEV6NoQzYOBfbD8Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1756744837/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.tecneu.com%2fproducts%2fmodulo-esp32-wifi-bluetooth-ble/RK=2/RS=WA2Mc.Q5JbbP3aW.V80owJpotyc-)

[17] Espressif Systems. (2016). *ESP32 Technical Reference Manual*. [https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3269/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en\\_0.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3269/esp32_technical_reference_manual_en_0.pdf)

[18] Bhoyar, R., Ghonge, M. y Gupta, S. (2013). Estudio comparativo del estándar IEEE de redes LAN inalámbricas/Wi-Fi 802.11 a/b/g/n. *Revista Internacional de Investigación Avanzada en Electrónica e Ingeniería de la Comunicación (IJARECE)* , 2 (7), 687-691.

[https://e2e.ti.com/cfs-file/\\_\\_key/communityserver-discussions-components-files/968/01.-Paper\\_2D00\\_WiFi-Standards\\_2D00\\_2013.pdf](https://e2e.ti.com/cfs-file/__key/communityserver-discussions-components-files/968/01.-Paper_2D00_WiFi-Standards_2D00_2013.pdf)

[19] Abdelrahman, M. Y. E. Bluetooth Security Evolution.

[https://ans.unibs.it/assets/documents/thesis/tesi\\_Abdelrahman.pdf](https://ans.unibs.it/assets/documents/thesis/tesi_Abdelrahman.pdf)

[20] ESP32 datasheet(40/60 pages) ESPRESSIF. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32/22833/40/ESP32.html>

[21] ESP32 datasheet(23/60 pages) ESPRESSIF. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 18 de agosto de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32/13126/23/ESP32.html>

[22] SIM800L datasheet(PDF). (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 19 de agosto de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1741389/SIMCOM/SIM800L.html>

[23] pinout. (2023, julio 4). SIM800L Datasheet - 4-band GSM/GPRS Module - SIMCom. DatasheetCafe. [https://www.datasheetcafe.com/sim800l-datasheet-simcom/?utm\\_source.html](https://www.datasheetcafe.com/sim800l-datasheet-simcom/?utm_source.html)

[24] NEO-6M datasheet(1/2 pages) U-BLOX. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 19 de agosto de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1283987/U-BLOX/NEO-6M/250/1/NEO-6M.html>

[25] u-blox 6 GPS Modules (2011). NEO-6. [https://www.digikey.in/htmldatasheets/production/2757457/0/0/1/neo-6.html?utm\\_source.com](https://www.digikey.in/htmldatasheets/production/2757457/0/0/1/neo-6.html?utm_source.com)

[26] Mercado Libre. (s/f). Com.mx. Recuperado el 20 de agosto de 2025, de <https://www.mercadolibre.com.mx/nodemcu-esp32-wifi--bluetooth-42-ble-supera-esp8266/up/MLMU592162895>

[27] (S/f-f). Etechnophiles.com. Recuperado el 20 de agosto de 2025, de <https://www.etechnophiles.com/wp-content/uploads/2021/02/ESP32-Board-PINOUT-with-30-pins-768x456.png>