



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA LA GEOLOCALIZACIÓN
DE ADULTOS MAYORES CON PROBLEMAS DE
DESORIENTACIÓN UTILIZANDO TECNOLOGÍAS BASADAS EN
EL INTERNET DE LAS COSAS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:

DIEGO RICARDO FLORES USCA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA LA GEOLOCALIZACIÓN
DE ADULTOS MAYORES CON PROBLEMAS DE
DESORIENTACIÓN UTILIZANDO TECNOLOGÍAS BASADAS EN
EL INTERNET DE LAS COSAS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: DIEGO RICARDO FLORES USCA

DIRECTOR: Ing. MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA MgS.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Diego Ricardo Flores Usca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DIEGO RICARDO FLORES USCA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 27 de enero de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Flores Usca' with stylized flourishes.

Diego Ricardo Flores Usca

060352653-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA LA GEOLOCALIZACIÓN DE ADULTOS MAYORES CON PROBLEMAS DE DESORIENTACIÓN UTILIZANDO TECNOLOGÍAS BASADAS EN EL INTERNET DE LAS COSAS**”, realizado por el señor **DIEGO RICARDO FLORES USCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Paul David Moreno Avilés PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	<p>PAUL DAVID MORENO AVILES</p>  <p>Firmado digitalmente da PAUL DAVID MORENO AVILES ND: cn=PAUL DAVID MORENO AVILES, serialNumber=190721102300 , ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC Data: 2022.01.27 19:07:56 -05'00'</p>	<p>2022-01-27</p>
<p>Ing. Marco Vinicio Ramos Valencia MgS. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>MARCO VINICIO RAMOS VALENCI A</p>  <p>Firmado digitalmente por MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA DN: cn=MARCO VINICIO RAMOS VALENCIA, o=EC =QUITO, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE Motivo: Estoy aprobando este documento Ubicación: Fecha: 2022-01-27 19:43:05:00</p>	<p>2022-01-27</p>
<p>Ing. Wilson Oswaldo Baldeón López MsC. MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p>WILSON OSWALDO BALDEON LOPEZ</p>  <p>Firmado digitalmente por WILSON OSWALDO BALDEON LOPEZ Fecha: 2022.01.27 12:42:24 -05'00'</p>	<p>2022-01-27</p>

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo realizado a mi familia en general, pero sobre todo a mi madre y hermana que siempre han estado conmigo apoyándome a conseguir este sueño, por todos los sacrificios que han realizado para darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis compañeros de clase, que me han acompañado a lo largo de la carrera y saben el esfuerzo y trabajo que se requiere hasta llegar a estas etapas.

Diego F.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la salud y vida en todo este tiempo, por la sabiduría para enfrentar momentos difíciles y no permitirme darme por vencido hasta cumplir satisfactoriamente la meta planteada.

A mi madre Clara Usca por brindarme su apoyo moral e incondicional, por enseñarme a nunca rendirme y salir adelante a pesar de lo muy difícil que las cosas parezcan. A mi familia que siempre han confiado en mí y han deseado todo lo mejor.

Gracias a los docentes que a lo largo de la carrera he tenido el privilegio de aprender de su amplio conocimiento. A mis compañeros y todas las personas que de una u otra forman me apoyaron en mi formación académica. Gracias por tantos momentos compartidos más de alegría que tristeza.

También quiero agradecer al Ingeniero Vinicio Ramos quien es mi director de trabajo de titulación quien dedico su tiempo, su conocimiento, asesoramiento y experiencia para desarrollar el trabajo de titulación

Diego F.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN..	xv
SUMMARY ..	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Sistematización del Problema	3
1.4. Justificación Teórica	3
1.5. Justificación Aplicativa	4
1.6. Objetivos	5
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Adulto Mayor	6
2.1.1. <i>Salud Mental del Adulto Mayor</i>	6
2.1.1.1. <i>Deterioro Cognitivo</i>	7
2.1.1.2. <i>Demencia</i>	7
2.1.1.3. <i>Alzheimer</i>	8
2.1.2. <i>Atención que demanda el Adulto Mayor</i>	9
2.1.3. <i>Calidad de vida del Adulto Mayor</i>	10
2.2. Geolocalización.....	11
2.2.1. <i>Sistemas de Geolocalización</i>	12
2.2.1.1. <i>GPS</i>	12

2.2.1.2.	<i>Telefonía móvil</i>	15
2.2.1.3.	<i>Basadas en la red</i>	17
2.2.2.	<i>Comparativa entre los Sistemas</i>	18
2.2.3.	<i>Beneficios e Inconvenientes de la geolocalización</i>	19
2.3.	Internet de las Cosas	19
2.3.1.	<i>Características</i>	20
2.3.2.	<i>Tecnologías IoT</i>	21
2.3.2.1.	<i>Bluetooth</i>	21
2.3.2.2.	<i>Wi-Fi</i>	21
2.3.2.3.	<i>Zigbee</i>	22
2.3.2.4.	<i>Z-Wave</i>	23
2.3.2.5.	<i>UWB</i>	23
2.3.2.6.	<i>LoraWAN</i>	24
2.3.2.7.	<i>3GPP</i>	24
2.3.3.	<i>Protocolos de datos IoT</i>	25
2.3.4.	<i>Arquitectura IoT</i>	26
2.3.5.	<i>Modelos de Comunicación del IoT</i>	27
2.3.5.1.	<i>Comunicación de Dispositivo a Dispositivo</i>	27
2.3.5.2.	<i>Comunicación de Dispositivo a la Nube</i>	27
2.3.5.3.	<i>Comunicación de Dispositivo a Puerta de Enlace</i>	28
2.3.5.4.	<i>Comunicación de Intercambio de data mediante Back-end</i>	28
2.3.6.	<i>Áreas de Aplicación</i>	28
2.3.7.	<i>Beneficios y Desventajas del Internet de las Cosas</i>	29
2.3.8.	<i>Plataformas de desarrollo IoT</i>	29
2.3.8.1.	<i>Hardware</i>	30
2.3.8.2.	<i>Software</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Metodología	33
3.1.1.	<i>Metodología Descriptiva</i>	33
3.1.2.	<i>Metodología Teórica</i>	33
3.1.3.	<i>Metodología Experimental</i>	33
3.1.4.	<i>Metodología Analítica</i>	33
3.2.	Grado de salud mental del adulto mayor aplicable al Prototipo	34

3.3.	Elección de las tecnologías involucradas en nuestro prototipo	34
3.4.	Requerimientos a nivel de Hardware y Software.....	35
3.5.	Comunicación con los elementos que componen el Prototipo	41
3.6.	Esquema Final IoT del Prototipo	45
3.7.	Diagrama Esquemático	46
3.8.	Desarrollo de la aplicación móvil	47

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1.	Obtención de las coordenadas y alertas	50
4.2.	Precisión del Prototipo	53
4.3.	Periodo de Prueba	59
4.4.	Mediciones de Retardo.....	60
4.5.	Prueba de Geolocalización en actividades de tiempo real.	61
4.6.	Comparativa entre Sistemas en el mercado vs Prototipo desarrollado	62
4.7.	Análisis Económico.....	63
4.7.1.	<i>Costos de Materiales y Módulos</i>	63
4.7.2.	<i>Costos de Mano de Obra</i>	64
4.7.3.	<i>Proyecto</i>	64

CONCLUSIONES.....	66
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	67
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Dimensiones e Indicadores de la calidad de vida del adulto mayor	10
Tabla 2-2:	Comparativa entre los 3 principales sistemas de Geolocalización.	18
Tabla 3-2:	Rasgos más característicos de IoT	20
Tabla 4-2:	Protocolos para el estándar de comunicación Wi-Fi	22
Tabla 5-2:	Características de cada generación de telefonía móvil	25
Tabla 6-2:	Protocolos de datos para IoT.....	26
Tabla 7-2:	Distintas áreas de Aplicación del IoT	28
Tabla 8-2:	Ventajas y desventajas generales que presenta el IoT	29
Tabla 1-3:	Grupo de adultos mayores aplicable el prototipo	34
Tabla 2-3:	Tabla para decisión de la mejor tarjeta de desarrollo	35
Tabla 3-3:	Características de Módulos GPS.....	36
Tabla 4-3:	Características de Módulos GSM/GPRS.....	37
Tabla 1-4:	Muestras obtenidas en el Caso I.....	54
Tabla 2-4:	Muestras obtenidas en el Caso II	56
Tabla 3-4:	Muestras obtenidas en el Caso III	57
Tabla 4-4:	Pruebas del sistema.....	59
Tabla 5-4:	Mediciones de retardo (Delay measurement).....	60
Tabla 6-4:	Prototipo Desarrollado Vs Dispositivos del mercado.....	62
Tabla 7-4:	Materiales para la implementación del Prototipo	64
Tabla 8-4:	Mano de obra e Inversión del Prototipo	64
Tabla 9-4:	Precio Total del Proyecto.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Etapa y síntomas según GDS	8
Figura 2-2:	Ejemplo de Geolocalización.....	11
Figura 3-2:	Sistema de Posicionamiento GPS.....	12
Figura 4-2:	Satélites a la vista y calidad de la señal GPS usando un teléfono inteligente y la aplicación GPS Test.....	14
Figura 5-2:	Triangulación de la ubicación mediante telefonía móvil	15
Figura 6-2:	Geolocalización Mediante dirección IP. (a) Ubicación real estimada. (b) Ubicación manipulada con un VPN.....	17
Figura 7-2:	Proyección de Dispositivos IoT conectados	19
Figura 8-2:	Conexión a IoT a través de Bluetooth	21
Figura 9-2:	Aplicaciones Zigbee	22
Figura 10-2:	Aplicación Z-Wave a la domótica	23
Figura 11-2:	Aplicaciones UWB.....	23
Figura 12-2:	Ilustración de la arquitectura de una red LoraWan	24
Figura 13-2:	Arquitectura referencia IoT	26
Figura 14-2:	Modelos de Arduino.....	30
Figura 15-2:	Modelos de Paspberry	31
Figura 16-2:	Generaciones del NodeMCU.....	31
Figura 17-2:	Plataforma de desarrollo Thingspeak	32
Figura 18-2:	Blynk Server	32
Figura 1-3:	Módulo de desarrollo Lily TTGO T-call basado en ESP32.....	36
Figura 2-3:	Modulo GPS6Mv2	37
Figura 3-3:	Modulo SIMCom Sim8001.....	38
Figura 4-3:	Batería recargable de Litio	38
Figura 5-3:	Blynk Server	39
Figura 6-3:	ThingSpeak for IoT Projects	40
Figura 7-3:	Monitor Serial de la comunicación con el módulo GPS	42
Figura 8-3:	Monitor Serial de la comunicación con el módulo GSM.....	42
Figura 9-3:	Monitor Serial de la comunicación con el servidor Blynk.....	43
Figura 10-3:	Token Obtenido Para la comunicación con el Servidor Blynk	43
Figura 11-3:	API Key y Channel ID obtenidos.....	44
Figura 12-3:	Generación del token creado con la aplicación Blynk.....	44
Figura 13-3:	Esquema del prototipo Propuesto	45

Figura 14-3: Conexiones de Lilygo con el módulo GPS y demás componentes.	46
Figura 15-3: Vista de las pistas y huecos del circuito impreso PCB	47
Figura 16-3: Vista 3D de las 2 capas del PCB	47
Figura 17-3: Creación del proyecto en la Aplicación Blynk	48
Figura 18-3: Configuración del Widget Map	48
Figura 19-3: Configuración del Widget Value Display	49
Figura 20-3: Aplicación para Geolocalización terminada	49
Figura 1-4: Primeros datos obtenidos en ThingSpeak	50
Figura 2-4: Primeros datos obtenidos en la aplicación móvil Blynk.	51
Figura 3-4: Mensaje de SOS con enlace de localización.....	52
Figura 4-4: Alerta de fuera del área de Aceptabilidad mediante notificaciones Push.....	52
Figura 5-4: Alerta de dispositivo desconectado mediante notificaciones Push.....	53
Figura 6-4: Representación de las mediciones Caso I, el promedio de las mediciones y el punto de referencia	55
Figura 7-4: Representación de las mediciones Caso II, el promedio de las mediciones y el punto de referencia.....	57
Figura 8-4: Representación de las mediciones Caso III, el promedio de las mediciones y el punto de referencia.....	58
Figura 9-4: Pruebas de Delay Response.....	61
Figura 10-4: Pruebas de recorrido.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DATASHEET DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS

ANEXO B: COMPONENTES DEL PROTOTIPO

ANEXO C: COLLAGE DE LA FABRICACIÓN DE LA PCB

ANEXO D: PRUEBAS DEL SISTEMA

ANEXO E: CÓDIGO DEL PROTOTIPO IDE

ANEXO F: CÓDIGOS DE MATLAB

ANEXO G: PRUEBAS DE RETARDO DEL PROTOTIPO.

ANEXO H: DIALOGO CON JOSÉ LUIS ORTIZ MEDICO GERIÁTRICO (HOSPITAL GERIÁTRICO DR BOLIVAR ARGUELLO DE RIOBAMBA)

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

3GPPP	3rd Generation Partnership Project (Proyecto Asociado de Tercera Generación)
ALG	Application Layer Gateway (Pasarela de Aplicación)
ARIN	American Registry for Internet Numbers (Registro americano de números de internet)
ARCOTEL	Agencia de Regualcion y Control de las Telecomunicaciones
API	Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
BLE	Bluetooth Low Energy (Bluetooth de Baja Energía)
CC	Cloud Computing (Computación en la nube)
DINASED	Dirección Nacional de Delitos contra la Vida, Muertes Violentas, Desapariciones, Extorsión y Secuestros
E/S	Periférico de Entrada/Salida
GDS	Escala de Deterioro Global
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema global para las Comunicaciones móviles)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de tranferencia de hipertexto)
IA	Inteligencia Artificial
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IO	Internet de los Objetos
IoT	Internet of Things (Internet de las Cosas)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
LOPAM	Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores
LTE	Long Term Evolution (Evolution a Largo Plazo)
LANIC	Latin American Network Information Center
MAC	Media Access Control (Control de Acceso a Medios)
MEO	Medium Earth Orbit (Orbita Terrestre Media)
NB	Narrow Band (Banda estrecha)
OMS	Organización Mundial de la Salud
REST	Representational State Transfer (Transferencia de Estado Representacional)
RFID	Radio Frequency Identification (Identificación por radiofrecuencia)

RIPE NCC	Centro de Coordinación de redes IP europeas
SIM	Subscriber Identity Module (módulo de identificación de abonado)
SMS	Short Message Service (Servicio de Mensajes Cortos o Servicio de Mensajes Simples)
SOS	Señal Internacional de Petición de Auxilio
TTF	Time to first fix
UI	User Interface (Interfaz del Usuario)
UWB	Ultra-wideband (Banda Ultraanacha)
VPN	Virtual Private Network (Red Privada Virtual)
WPAN	Wireless Personal Area Network (Red de Area Personal Inalambrica)

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó el diseño e implementación de un prototipo de geolocalización para personas adultas mayores que poseen problemas de desorientación, mediante el uso de las diversas tecnologías relacionadas al Internet de las Cosas (IOT). Se inició con la investigación teórica y posterior validación con un criterio profesional en la rama de la geriatría para conocer el grupo de adultos mayores con problemas de desorientación a la cual fue destinado basándose en la Escala de Deterioro Global (GDS), se seleccionó el grado GDS 5 como el recomendable; en lo que respecta al diseño se determinó cada uno de los elementos y tecnologías involucradas en el prototipo, mediante una comparativa sistemática la cual permitió evaluar tanto las características de funcionamiento, el costo, el alcance, además se diseñó una PCB utilizando la herramienta de EasyEDA obteniendo así un dispositivo portable, para ello se utilizó el método tradicional de planchado y transferencia. Como resultado se extrajo una serie de datos en forma de coordenadas con lo que se logró generar diversas alertas para tener un monitoreo en base a eventos o movimientos en tiempo real. Los datos obtenidos en lo que respecta precisión fueron muy buenos en ambientes favorables se obtuvo una precisión alrededor de 1m y en ambientes no favorables una precisión de 3m, las mediciones de retardo obtenidas estuvieron entre los 1000 ms y 4000 ms. De las pruebas realizadas se concluyó que el sistema implementado es preciso, confiable, de fácil utilización, escalable y con un gran campo de aplicación. Se recomienda para futuros trabajos la miniaturización del prototipo para obtener un prototipo de menor costo y tamaño, pero con el mismo o mejor rendimiento.

Palabras claves: <TELECOMUNICACIONES> <GEOLOCALIZACIÓN> <INTERNET DE LAS COSAS (IOT)> <ADULTOS MAYORES> <ESCALA DE DETERIORO GLOBAL (GDS)>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0060-DBRA-UPT-2022
2022-01-14

SUMMARY

In the present work for getting the degree, the design and implementation of a prototype of geolocation for older adults who have problems of disorientation was made, through the use of various technologies related to the Internet of Things (IOT). It was initiated with theoretical research and subsequent validation with professional criteria in the field of geriatrics in order to know the group of older adults with disorientation problems to which it was intended based on the Global Deterioration Scale (GDS), the GDS 5 grade was selected as the recommendable; regarding the design, each of the elements was determined and technologies involved in the prototype, through a systematic comparison which allowed evaluating both the operating characteristics, the cost, the scope, in addition, a PCB using the EasyEDA tool thus obtaining a portable device, for this it is used the traditional method of ironing and transferring. As a result, a series of data in the form of coordinates was extracted with which it was possible to generate various alerts to have a monitoring based on events or movements in real time. The data obtained regarding precision were very good in favorable environments an accuracy of around 1m was obtained and in unfavorable environments an accuracy of 3m, the delay measurements obtained were between 1000 ms and 4000 ms. From the tests carried out, it was concluded that the implemented system it is precise, reliable, easy to use, scalable and with a wide field of application. It recommends for future work the miniaturization of the prototype to obtain a prototype of lower cost and size, but with the same or better performance.

Keywords: <TELECOMUNICATIONS> <GEOLOCATION> <INTERNET OF THINGS (IOT)> <OLDER ADULTS> <GLOBAL DETERIORATION SCALE (GDS)>.



Firmado electrónicamente por:
WILSON GONZALO
ROJAS YUMISACA

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el ser humano ha tenido la necesidad de crear formas de volver a un determinado lugar, empezaron con marcar el lugar por donde circulaban regularmente, se orientaban por la navegación celestial, utilizaban palomas mensajeras o inclusive ya aparatos más modernos como la brújula, todos estos métodos antiguos quedaron a un lado para dar paso al posicionamiento vía satélite gracias al primer satélite artificial lanzado a órbita llamado Sputnik en 1957.

En la actualidad la geolocalización es un tema muy importante debido a los beneficios que esta ofrece, antiguamente para dar con la ruta o ubicación en tiempo real de una persona, objeto o un animal se tardaba demasiado tiempo, pero gracias a esta tecnología de localización se puede conocer en tiempo real mediante dispositivos como teléfonos inteligentes, dispositivos netamente GPS, identificadores de radiofrecuencia (RFID), transacciones con tarjetas de crédito e inclusive actualmente gracias al Internet y las redes sociales como Facebook o Instagram se tiene una geolocalización a través de publicaciones o fotografías que se comparte.

La gran cantidad de aplicaciones que se puede dar a los dispositivos de geolocalización son varias hoy en día y sigue en constante evolución, va desde aplicaciones comerciales como la localización de un avión o un paquete, industriales como saber dónde se encuentra determinada materia prima hasta aplicaciones más personales tanto para el ser humano como también para animales que se encuentran en peligro.

Millones de personas usan servicios de geolocalización para el monitoreo continuo y en tiempo real de las actividades diarias desarrolladas por las personas adultas así detectando situaciones anormales y ayudando a mejorando su calidad de vida.

El rápido desarrollo y la aparición de nuevas tecnologías inalámbricas permiten elegir la más adecuada para el uso en diversos escenarios o situaciones, es por ello por lo que el presente trabajo de titulación busca usar las tecnologías inalámbricas existentes más adecuadas para implementar el prototipo de geolocalización que ayude con el cuidado de personas mayores.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se detallan antecedentes, problema y justificación del que está inmerso el trabajo de titulación. Así también se realiza una revisión de publicaciones existentes a nivel Internacional, Latinoamericano y localmente sobre temas relacionados que han tenido un impacto.

1.1. Antecedentes

El Internet de las cosas en la actualidad es tema de importancia técnica, social y económica en casi todos los sectores debido a su particularidad de relacionarse al termino de Automatización y juntamente con la asociación de nuevas tecnologías como el Big Data, IA, Blockchain, Cloud Computing entre otras sigue el crecimiento y ha logrado posicionarse como uno de los temas en tendencia actual y a un futuro. En la actualidad se ha trabajado en combinar diversos productos como automóviles, componentes industriales, artefactos domésticos, sensores y otros dispositivos y objetos de uso cotidiano con conectividad al Internet. IoT está teniendo un impacto tan fuerte que las proyecciones relatan que para el año 2015 la cantidad de dispositivos IoT podría llegar a los cien mil millones de dispositivos (Rose et al., 2015: pp.1-50.).

En la actualidad la seguridad de los adultos mayores es un problema social, a veces resulta un poco paranoico, pero siempre se necesita saber dónde se encuentran debido a que en muchos casos estos adultos mayores ya sufren problemas de memoria o no conocen el lugar donde se encuentran y más aún si están cerca o en zonas peligrosas para ellos.

Según el Ministerio de Gobierno del Ecuador entre 2017-2019 alrededor de 10000 personas desaparecen anualmente y desde el 2018 hasta el 2020 estas cifras incrementaron y se habla de una tendencia de 15000 personas desaparecidas. Del total de desapariciones que ocurren en el país alrededor de 10-12% son entre menores y adultos mayores, a pesar de que la Dirección Nacional de Delitos contra la Vida, Muertes Violentas, Desapariciones, Extorsión y Secuestros (DINASED) ha resuelto el 95% de los casos estos muchas veces se demoran días meses o inclusive años hasta dar con el paradero de las personas desaparecidas. La revista Primicias menciona que solo en el primer mes del 2021 la DINASED ha recibido denuncias de 256 casos de personas desaparecidas esto sin tomar en cuenta el contexto de emergencia sanitaria que aún pasa el país lo que limita las posibilidades de denunciar. Según la policía, el 80% de los casos se

resuelve en los primeros 20 días de que una persona es reportada como extraviada. Las consecuencias de las desapariciones mientras esperan información sobre su familiar o amigo en este lapso son desastrosas debido a que deben afrontar problemas específicos que varían en función de su situación individual y su entorno.

Este proyecto muestra una propuesta como solución al problema para que los adultos mayores en caso de que se extravíen del lugar donde se encuentran ya sea en el hogar de su familia o en centros de Adulto mayor inclusive en hospitales mediante este dispositivo se logre dar con la ubicación de una forma inmediata.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo tener una alerta y respuesta rápida para la geolocalización de adultos mayores que tienen problemas de desorientación utilizando tecnologías basadas en el Internet de las Cosas?

1.3. Sistematización del Problema

- ¿Cuál es el estudio del arte para el sistema de geolocalización basado en IoT?
- ¿Cómo se lograría llegar con el prototipo a personas de bajos recursos económicos?
- ¿El prototipo propuesto permite la recolección y transferencia de datos por los sensores?
- ¿El sistema planteado cumple con las exigencias y aspiraciones planteadas en un comienzo o supero las mismas?

1.4. Justificación Teórica

Entre las investigaciones realizadas tanto a nivel mundial, latinoamericano y en el país relacionadas al tema del presente documento se encuentra:

- A nivel mundial varias revistas científicas hacen auge de los servicios de IoT en ciudades inteligentes para apoyar la independencia, seguridad, asistencia y bienestar de las personas mayores, para estos casos de estudio usan tecnologías como LoRaWAN, WiFi ,etc.

- A nivel Latinoamericano la Universidad Nacional de la Matanza realizó un diseño de sistema IoT de monitoreo y alarma para personas mayores, en esta investigación se intenta romper la barrera tomando ventaja de las tecnologías actuales para la rápida ubicación y prevención de escapes de adultos mayores.
- Otro caso a nivel de Latinoamérica es en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se desarrolló una propuesta de geolocalización para pacientes con Alzheimer, la propuesta se basa en un sistema GPS vía wifi con la plataforma Linklt ONE IoT la cual permite la geolocalización de las personas con dicha enfermedad. (Duran et al., 2017: pp.40-44).
- A nivel nacional La revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de la Información realizó un sistema de localización de personas desaparecidas basadas en IoT y Cloud Computing el cual es un caso de estudio para la ciudad de Quito. Este artículo propone QSSC (Quito Smart Safe City). Un prototipo para sistema de ubicación y alerta temprana de personas desaparecidas. El sistema utiliza una arquitectura móvil distribuida, que permite informar a la comunidad sobre desapariciones, si es posible, adjunta pruebas multimedia para identificar y localizar a las víctimas en un rango geográfico ajustable a una ciudad. (Zambrano et al., 2019: pp.82-94.)

En la ciudad de Riobamba no existe ningún sistema de geolocalización usando El Internet de las Cosas para ayudar con la problemática mencionada, por tal motivo este proyecto busca desarrollarse y ver el impacto y factibilidad que logra tener.

1.5. Justificación Aplicativa

En el presente Trabajo de Titulación se implementa un sistema de geolocalización para adultos mayores, se determina características idóneas acerca de las tecnologías IoT a usar.

El prototipo consta de 2 partes El dispositivo físico que se obtiene mediante la adaptación de módulos para el posicionamiento GPS el cual va a recibir constantemente información acerca de la ubicación en la cual se encuentra, y otros módulos más conectados a un hardware así se logra tener el dispositivo planeado, este dispositivo final a su vez está conectado al Internet de las cosas. La conexión inalámbrica se la realiza de acorde a las necesidades y conveniencia del proyecto a través de diversas tecnologías que hoy en día permiten entre ellas las más comunes Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN, 3GPP (2G, LTE – NB-IoT, etc).

El dispositivo también consta con un aviso si la persona adulta mayor se siente perdido accionara un botón en el dispositivo el cual envía un mensaje de alerta con su ubicación a un destinatario con el fin que la persona que recibe el mensaje vaya a ese lugar a por él, De igual forma si la

persona sale de un rango determinado se envía otro mensaje diciendo que la persona ha salido para que los familiares monitoreen su ubicación.

La otra parte corresponde al Software en esta se maneja la información de Geolocalización, los mensajes recibidos con las coordenadas de alerta se pueden visualizar en cualquier dispositivo con acceso a internet mediante la aplicación de Google Maps o cualesquier otra (esto en tiempo real), permitiendo almacenar la ubicación o ruta que siguió el dispositivo.

La aplicación donde se permite realizar el monitoreo o tracking de este dispositivo es Blynk IoT for arduino, ESP8266/32, Raspberry Pi, esta plataforma de IoT es independiente del hardware con aplicaciones móviles, nubes privadas, administración de dispositivos, análisis de datos, etc.

La aplicación web o móvil muestra a la persona que necesite conocer donde se encuentra ubicado geográficamente en el Google Maps con un margen de error de posicionamiento GPS entre los 3 a 5 m que es lo que ofrecen los dispositivos convencionales GPS bien diseñados. Lo que permite conocer si el adulto mayor se encuentra en un sitio seguro o corre peligro.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo para la geolocalización de adultos mayores con problemas de desorientación utilizando tecnologías basadas en el Internet de las Cosas.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Estudiar las tecnologías asociadas a la geolocalización basado en el Internet de las cosas.
- Priorizar los costos al usuario final en el dispositivo para que personas de bajos recursos puedan acceder al mismo.
- Permitir la recolección y transferencia de datos mediante la comunicación por los sensores que intervienen en el prototipo con el fin de obtener más información del adulto mayor.
- Evaluar si el prototipo de Geolocalización Usando tecnología IoT implementado cumple con lo propuesto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza una investigación acerca de los adultos mayores y los problemas relacionados con la desorientación que sufren a causa de enfermedades o de la propia edad, además se desarrolla un estudio del estado del arte de los sistemas de geolocalización y la identificación de las comunicaciones inalámbricas que da para enlazar la plataforma IoT.

2.1. Adulto Mayor

En contexto la Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) toda persona que sobrepase los 60 años es considerada en el grupo de Adultos mayores para países en desarrollo, mientras que para países desarrollados se considera el termino en personas que sobrepasen los 65 años. Así es como el termino está relacionado básicamente a la edad y consigo inicia la jubilación, esta fase es considerada la última etapa en la vida de un ser humano debido a que sus proyectos de vida se han consumado y han dejado de trabajar. A pesar de estas consideraciones de la OMS en el Ecuador se considera Adultos Mayores a las personas de 65 años en adelante.

Los adultos mayores son importantes para cada País debido a la sabiduría y prestigio que han adquirido a lo largo de los años desde su nacimiento tanto es así que en la mayoría de los países existe leyes para protegerlos y brindarles beneficios que permitan tener una vida digna, por lo general los adultos mayores son tratados con mucho respeto debido a su trayectoria

En la última década Ecuador ha presentado una transición demográfica que refleja que la población ecuatoriana mejoro su esperanza de vida pues según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para el 2020 existe un 33% más de adultos mayores que en comparación del 2010. “El aumento de la esperanza de vida se relaciona más con el hecho de haber sobrevivido ciertas enfermedades gracias a los avances médicos ocurridos en las últimas décadas, que con una mejora en las condiciones socioeconómicas y la calidad de vida de la población” (Valdivia,2020; citado en Palloni et al, 2006).

2.1.1. *Salud Mental del Adulto Mayor*

La salud mental como tal está relacionada directamente con el bienestar del ser humano, la prevención de trastornos mentales que en un futuro podrían padecer, el tratamiento y rehabilitación de todos los individuos afectados por este padecimiento.

La salud mental en el Adulto mayor no es un problema que sea detectado fácilmente debido principalmente a que los adultos mayores no acuden a un diagnóstico y por ende no son tratados adecuadamente. Con el transcurrir de los años se puede ir presentando ciertos cambios principalmente relacionados a la memoria, atención, orientación, agilidad mental entre otras, es por ellos que para evitar los problemas de salud mental el adulto mayor debe vivir en donde se sienta confortable por lo general el lugar donde vivió sus años anteriores, además estar siempre en contacto con su núcleo familiar es muy importante.

Muchos son los factores que ocasionan el aislamiento, pérdida de la independencia, soledad, enfermedades y angustia lo que trae consigo una inestabilidad mental del adulto mayor. Es así como diversas alteraciones y enfermedades se presentan entre las más comunes Deterioro Cognitivo, Demencia, Alzheimer.

2.1.1.1. Deterioro Cognitivo

El deterioro cognitivo es la pérdida de funciones cognitivas estas se deben al envejecimiento o a otros factores, provocando la disminución de capacidades mentales o intelectuales, memoria, orientación, lenguaje, razonamiento, habilidades, pensamiento, entre otras.

Las personas que padecen esta enfermedad tienen muchas probabilidades de desarrollar una demencia inclusive muchos expertos consideran el deterioro cognitivo como su fase inicial, eso no queda ahí inclusive si la situación se agrava podría llegar a tal punto de desarrollar la enfermedad de Alzheimer.

Según (Chuquipul, y Izaguirre, 2018: p.34) El deterioro cognitivo “Es una manifestación clínica que se caracteriza por la disminución o pérdida en la función mental en el campo neuropsicológicos (memoria, orientación, lenguaje) y conductual (conducta y personalidad)”.

2.1.1.2. Demencia

No es más que un grupo de síntomas que no son una parte normal del envejecimiento que afectan principalmente a la memoria. Según (Benavides, 2017, pp.107-112) “es una condición adquirida que se caracteriza por el deterioro de al menos 2 dominios cognitivos los cuales pueden ser: pérdida de memoria, atención, lenguaje, funciones visoespaciales o ejecutivas” a estas además se les suma el pensamiento, la orientación, la comprensión, provocando que el enfermo no pueda desarrollar sus actividades diarias.

En las personas adultas mayores la demencia esta entre las principales causas de discapacidad y dependencia, es una enfermedad que no afecta únicamente a las personas que lo padecen sino también a sus cuidadores, es por ello por lo que tener un diagnóstico antes que la situación llegase agravar resulta muy importante.

- Demencial Inicial: Presenta falta de memoria a corto plazo, perdiendo la orientación en las calles, requiere supervisión en instantes de ejecutar tareas complejas.
- Demencial Moderada: Puede aún continuar con actividades diarias, pero igualmente necesita supervisión, la desorientación y la pérdida de identificación a familiares es muy común en esta etapa.
- Demencia Avanzada: Otros factores empiezan a notarse como la dependencia, disminución de masa corporal, inmovilidad, en esta etapa necesitan penamente la supervisión ya que los riesgos son muy altos.

2.1.1.3. Alzheimer

El Alzheimer es una enfermedad muy compleja y crónica que muchas veces es a causa de casos previos en la familia (enfermedad hereditaria) y en la mayoría de los casos es de forma esporádica, es una de las principales causas de demencia en adultos mayores, esta se presenta por la reducción de neuronas, sinapsis y degeneración neurofibrilar. Comienza con un indicio y paulatina perdida memoria posteriormente esta se vuelve muy grave hasta llegar al punto que las personas que sufren de esta enfermedad ya no pueden depender de sí mismas.

De acuerdo con (Fontán, 2012, pp34-43) el principal riesgo de desarrollo de esta enfermedad es la edad, mientras más vaya envejeciendo el adulto más susceptible al Alzheimer se vuelve.

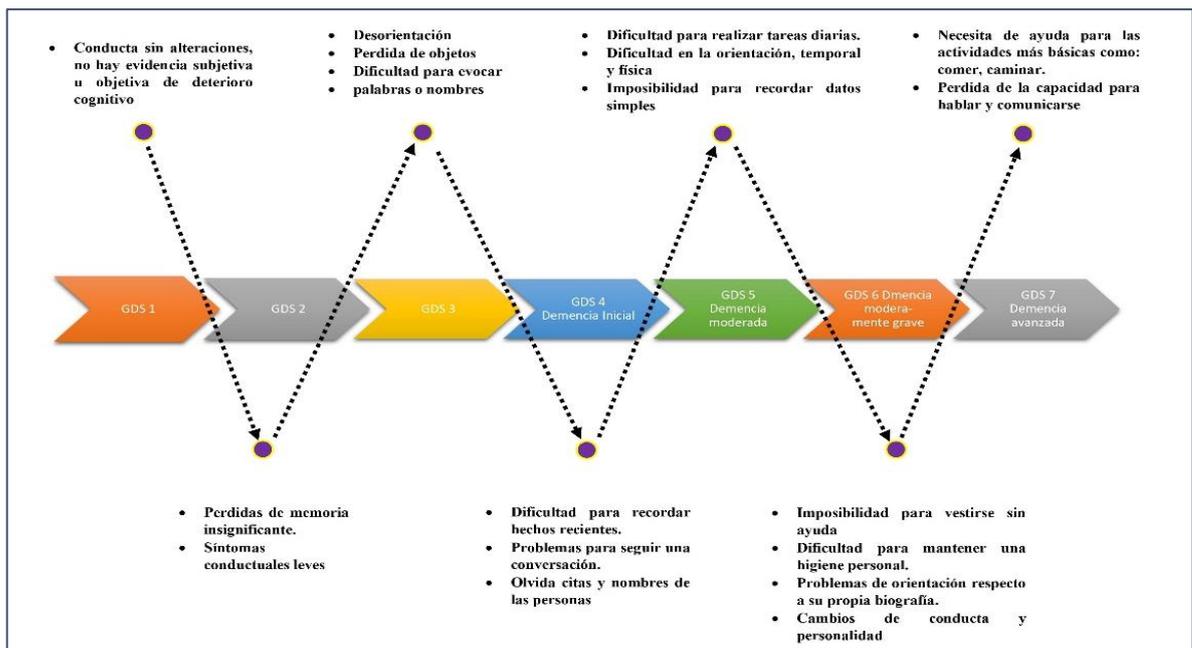


Figura 1-2: Etapa y síntomas según GDS

Fuente: <https://blog.fpmaragall.org/las-fases-de-la-enfermedad-de-alzheimer>

Realizado por: Flores, Diego, 2021

No existe dos enfermos de Alzheimer iguales, pero la evolución que la enfermedad tiene se basa en fases relacionadas a los síntomas que se presenta en cada persona que padece de dicha enfermedad.

Para graduar la evolución del Alzheimer se contempla las 3 fases previamente vistas de la demencia: Inicial, moderada y avanzada. Aunque diversos autores también utilizan en el entorno ya profesional la escala GDS (Global Deterioration Scale).

- GDS 1. El adulto no posee ninguna pérdida y tiene una normalidad cognitiva.
- GDS 2. Presentan pérdidas de memoria propias del envejecimiento que no son relevantes ni percibidas por los familiares o especialistas.
- GDS 3. Es una fase ya donde los problemas para organizarse, dialogar o recordar personas se presenta, esta fase de deterioro cognitivo es un punto intermedio entre la normalidad cognitiva y los primeros síntomas de demencia.
- GDS 4. En esta fase ya se asocia a la demencia en fase inicial, las dificultades para realizar tareas cotidianas y recordar cosas ocurridas y lugares se presentan.
- GDS 5. En esta fase se presentan dificultades para realizar tareas cotidianas, dificultades en la orientación, está relacionada a la demencia moderada.
- GDS 6. Esta fase es el punto de inflexión entre demencia moderada y demencia avanzada, se le considera como demencia moderadamente grave, los problemas de orientación respecto a su propia biografía, olvido de personas cercanas, cambios de conducta entre otros son los principales síntomas.
- GDS 7. Está asociada a la demencia grave o avanzada, el adulto mayor ha perdido progresivamente la capacidad de hablar y comunicarse necesita ayuda para realizar actividades básicas.

2.1.2. Atención que demanda el Adulto Mayor

El envejecimiento de las personas es un proceso natural e irreversible durante el ciclo de vida, a medida que el envejecimiento va progresando las necesidades de atención aumentan por lo que la atención que demanda el adulto mayor no es una tarea fácil. La mejor opción para brindarles la atención que requieren es tenerlos en casa (con o sin asistencia especializada) pero muchas veces mantenerlos en casa no es un sitio adecuado ya se por el espacio reducido , falta de insumos médicos, falta de tiempo de la persona que está a cargo u otros factores que los hacen recurrir a un centro especializado en cuidados del adulto mayor , en este sitio puede interactuar con personas de similar edad, y existe personal más capacitado para brindarle atención en todas las necesidades. Un adulto mayor tiene derecho a una mejor calidad de vida con una atención oportuna en varios ámbitos para que le garantice una vida digna. El Artículo 36 de la Constitución Ecuatoriana

menciona que "Las personas adultas mayores recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado, en especial en los campos de inclusión social y económica, y protección contra la violencia".

2.1.3. Calidad de vida del Adulto Mayor

El interés por la calidad de vida ha existido desde el pasado, se remonta a la década de los 60 del siglo XX cuando ya en debates públicos respecto al medio ambiente y condiciones de vida se empezó a utilizar el término calidad de vida, hasta convertirse en un concepto utilizado para evaluaciones en distintos campos como la salud, educación.

Cuando se habla de calidad de vida se refiere a "tener una vida agradable o vivir una vida de alta calidad" están relacionadas una serie de factores como: la salud física, nivel emocional, social, intelectual, espiritual y especialmente a estado psicológico de una persona.

Las investigaciones acerca de la calidad de vida se han incrementado en los últimos años y precisamente se han enfocado en las necesidades y apoyo que necesitan las Personas Mayores, debido a que, en su proceso de envejecimiento, los mayores presentar pérdidas de bienestar físico, psíquico y social.

La sociedad puede beneficiarse de tener personas mayores con una buena Calidad de Vida; no sólo porque aumenta su participación social, sino porque la sociedad se beneficia de sus conocimientos y aptitudes. (Escuder, 2014, p.8)

En busca de una mejor calidad de vida del Adulto mayor el estado ecuatoriano en el 2019 aprobó la Ley Orgánica de las Personas Adultas Mayores LOPAM, la cual busca proteger y ensalzar a las personas adultas mayores por entregar sus mejores días a la sociedad.

Tabla 1-2: Dimensiones e Indicadores de la calidad de vida del adulto mayor

Dimensiones	Indicadores
Bienestar Físico	Atención Sanitaria Ocio Movilidad Nutrición adecuada Salud
Bienestar Emocional	Felicidad Libre de estrés Satisfacción Seguridad Apoyo Afectivo
Inclusión Social	Actividades Comunitarias Actividades Familiares Roles Sociales Integración

Derechos y Responsabilidades	Humanos Legales Participación Responsabilidades cívicas Privacidad
Independencia	Autonomía Decisiones Elecciones
Bienestar Material	Status financiero Empleo Vivienda
Relaciones Interpersonales	Amistades Familiares Compañero/a sentimental
Desarrollo Personal	Nivel Educativo Actividades y habilidades personales

Realizado por: Flores, Diego; 2021

2.2. Geolocalización

Varios autores definen a la geolocalización como la conjunción de diversas tecnologías que se asocian y tienen el objetivo de recabar información relacionada a la ubicación real del lugar donde se encuentra un objeto, una persona o un lugar. Se habla de localización de personas, pero en realidad es la ubicación de uno de sus dispositivos. Esta ubicación obtenida puede ser de dos formas mediante un entorno físico (geo-espacial) o virtual basada en IP (internet).

Según la definición que ofrece (Datacentric, 2018), la geolocalización se define como la identificación de la ubicación de dispositivos por ejemplo un teléfono móvil, radar, o cualquier dispositivo conectado al internet, está relacionada con sistemas de detección de posición, pero con la peculiaridad de que esta añade datos como información de zonas, calles, locales, etc.



Figura 2-2: Ejemplo de Geolocalización.

Fuente: Google

Realizado por: Flores, Diego, 2021

En la actualidad por el desarrollo y necesidad en sí que ha tenido se puede encontrar esta tecnología incluida desde zapatillas de atletas, dispositivos móviles hasta aviones o barcos comerciales.

2.2.1. Sistemas de Geolocalización

Un sistema de geolocalización tiene la finalidad de determinar la posición de cualquier objeto, persona o vehículo, esta posición trata de acercarse lo más posible a la realidad teniendo un margen pequeño de error dependiendo de la tecnología y sistema de navegación se utilice.

Los tres sistemas de geolocalización más utilizados hoy en día son el de Localización por Satélite utilizando GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO ó BEIDOU) siendo el mencionado en primer lugar el utilizado en nuestra región por tanto objeto a estudio, Tecnologías de telefonía Movil 3GPP y las redes de Internet.

2.2.1.1. GPS

El sistema de Posicionamiento Global (Global Position System), es un sistema de navegación por satélite desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos inicialmente con fines militares y actualmente de propiedad de la Fuerza Espacial de Estados Unidos (USSF).

En la actualidad mediante un dispositivo GPS se puede navegar por cualquier lugar en el planeta de una forma sencilla, gratuita y con una precisión muy acercada a la realidad. Para poder usar el sistema se necesita únicamente tener una visión clara del cielo y como se menciona un aparato receptor GPS, según (Aristasur,2014) el dispositivo GPS usa ondas milimétricas de radiofrecuencia en el orden de 1 Ghz para comunicarse con los satélites, esta frecuencia pertenece a la Banda L del espectro la cual permite una transparencia atmosférica a diferencia de las demás bandas de frecuencia.



Figura 3-2: Sistema de Posicionamiento GPS

Fuente: AristaSur, 2014

Componentes del Sistema GPS

Este sistema está operativo desde 1995 y está comprendido por tres segmentos: Segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario final.

- Segmento Espacial. Este segmento está formado por una constelación llamada Navstar conformada por 24 satélites operativos más 4 satélites de reserva ubicados con una órbita MEO entre 20.200 km – 26.560 km de altitud, los cuales transmiten señales unidireccionales permitiendo así obtener la posición y la hora de cada satélite del GPS. El periodo de rotación de estos satélites es de 12 horas.
- Segmento de Control. Este segmento está formado por estaciones de monitoreo y seguimiento, las cuales están encargadas de mantener en la órbita adecuada a los satélites y que funcionen adecuadamente, en este segmento se realizan maniobras, ajustes del reloj de los satélites y cargar información de navegación actualizada. Estas estaciones están distribuidas en distintos puntos del planeta
- Segmento de Usuario. Este segmento está conformado por los receptores pasivos y sus antenas, estos receptores captan información del satélite calculan la distancia y nos proporcionan una posición tridimensional y la hora precisa. Está conformada tanto por el hardware (equipos de recepción) y el software que se utiliza para captar y procesar los datos obtenidos de los satélites. La señal recibida es la misma en todos los receptores, pero, en algunos casos con mayor precisión dependiendo el aparato usado.

Principios de Posicionamiento GPS

Los principales pasos para el funcionamiento de GPS se basan en:

1. Trilateración desde los satélites. Se usa los satélites como puntos de referencia para localizar un usuario u objeto en la tierra, Se logra mediante una medición muy exacta desde la ubicación hacia al menos 3 satélites para así lograr una triangulación de la posición.
2. Cálculo de las distancias a los satélites. El sistema de Posicionamiento GPS tiene el objetivo de calcular la posición de un punto dentro del planeta en coordenadas (x,y,z), para este cálculo se necesita de un mínimo de 3 satélites que este a la vista y así poder realizar una triangulación de sus señales. Cada satélite envía señales codificadas que son interceptadas y decodificadas por los receptores de esta manera se estima el tiempo que tardo en viajar la señal desde el emisor al receptor, posteriormente el receptor determina la diferencia de tiempo y utilizando la velocidad de la luz determina la distancia (Fallas, 2002).

Donde la Distancia está definida por la siguiente formula:

$$Distancia = (T1 - T2) * 300.000km/s \quad (1 - 2)$$

En donde:

T1: Tiempo en que la señal del satélite es emitida.

T2: Tiempo en que la señal es receptada.

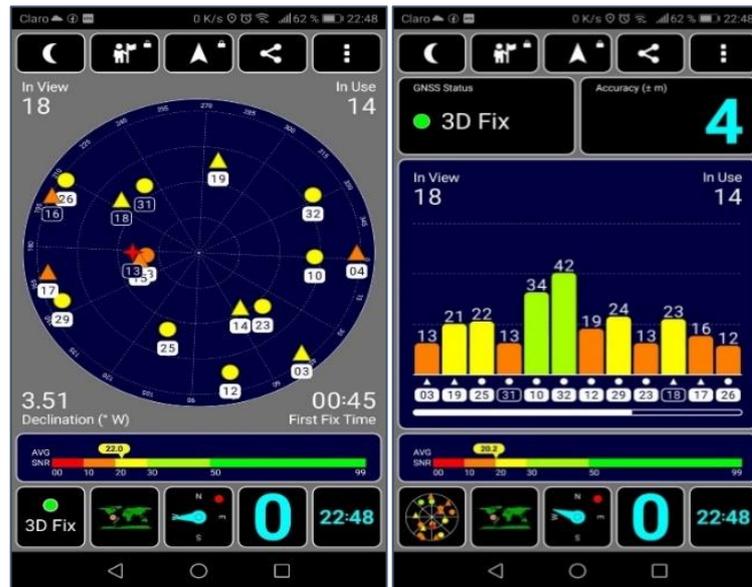


Figura 4-2: Satélites a la vista y calidad de la señal GPS usando un teléfono inteligente y la aplicación GPS Test.

Fuente: GPS Test

Realizado por: Flores, Diego, 2021

3. Sincronismo de los relojes. Los relojes de los satélites permiten una precisión en la medición de $10e-13$ segundos, no se puede decir lo mismo de los relojes de los receptores debido a su elevado precio que demandarían, es por ellos que es necesario realizar mediciones extra de la distancia que existe entre el satélite y el receptor (Agugliaro, s.f.).
4. Conocer la posición exacta de los satélites en el espacio. Cada satélite está ubicado en el espacio a una altura libre de atmosfera en una órbita precisa la cual no sufre modificaciones que sean importantes, además sigue un algoritmo matemático predecible por las leyes de Kepler debido a que la órbita del satélite es plana (Agugliaro, s.f.).
5. Retraso en el viaje de la señal emitida por los satélites. Existen diversos factores que degradan la calidad de la señal y por ende degradan la posición GPS obtenida. Entre los errores más comunes se tiene retrasos ionosféricos y atmosféricos, errores en el reloj del satélite o en el receptor, efecto multitrayectoria, dilución de la precisión, disponibilidad selectiva y Anti Spoofing. Muchos de estos errores se pueden disminuir utilizando técnicas de corrección.

Limitaciones

Entre las limitaciones más importantes que GPS tiene es que Estados Unidos es dueño del sistema y por ende existe el riesgo que eliminen el uso de su Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS), otra limitante es que en ciudades grandes y sumamente pobladas con edificaciones muy elevadas

existen problemas con la obtención de datos , y por ultimo otra limitante muy importante es que la integridad de los satélites se encuentran expuestos a impactos con basura espacial, meteoritos o inclusive ataques en tiempos de guerra (Capdevila, 2018) .

Precisión

La precisión en este sistema depende mucho del reloj con el que se sincronicen tanto el Satélite y el receptor, el satélite usa reloj atómico valorado en miles de dólares mientras que el receptor usa un reloj de cuarzo, es por ello por lo que la mayoría de los dispositivos actuales tienen un error de aproximación de 0.5-5m.

La precisión también depende del tipo de servicio ya que GPS proporciona dos servicios el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) y el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS)

Aplicaciones

Las aplicaciones que hoy en día tiene GPS son muchas entre ellas: Navegación terrestre marítima y área, teléfonos móviles, topología y geodesia, construcción, campo agrícola, Deporte, guiado de misiles, búsqueda, Obras civiles, hidrografía, entre otras.

2.2.1.2. Telefonía móvil

Los sistemas de posicionamiento basados en celulares se basan por completo en redes celulares móviles, en versiones de 2G en adelante. La ubicación se determina mediante la infraestructura de las torres celulares.

Este sistema de posicionamiento es un soporte a GPS ya que, si un teléfono no es capaz de obtener la ubicación, en su lugar se usa la trilateración de torres celulares. Tienen el mismo principio de funcionamiento que GPS. La torre celular estima la distancia entre ella y el teléfono, calcula el tiempo de ida y vuelta de la señal celular.

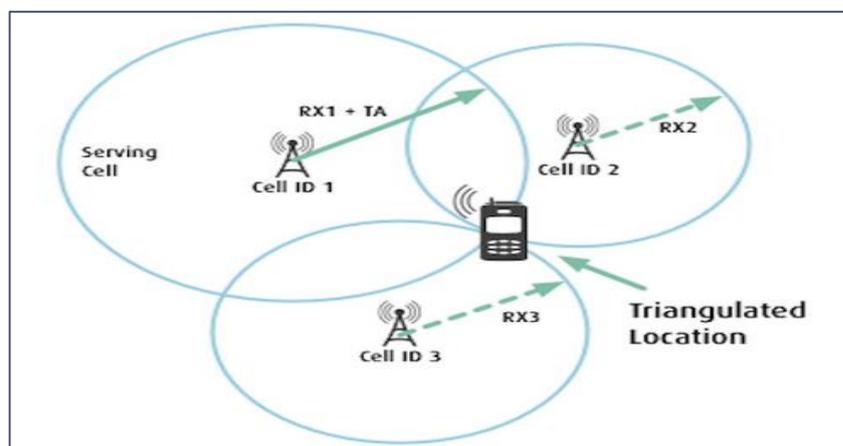


Figura 5-2: Triangulación de la ubicación mediante telefonía móvil

Fuente: El informador chile (2020)

Algunas de las técnicas de localización empleadas en tecnologías móvil son:

- Cell ID (Identificador de Celda). La precisión de este método es entre 200m en zonas urbanas y de 2km-4km para zonas rurales
- E-OTD (Enhanced Observed Time Difference). Este método depende de las LMUs disponible en la red, su precisión varía entre 50m-200m.
- TDOA y TOA. El método basado en la medida temporal que estima la distancia entre las estaciones bases y el móvil.
- AOA (ángulo de llegada). A partir de array de antenas se mide las diferencias de fase. En caso de antenas direccionales GSM, no es necesario sincronía.
- A-GPS (Assisted GPS o Sistema de Posicionamiento Global Asistido).
- RSS (Received Signal Strength o Intensidad de Potencia Recibida).
- Fingerprinting.

Este sistema es el menos preciso debido a sus altos niveles de error, pero a pesar de estos inconvenientes se ha logrado posicionar en sectores que son masivos, por ejemplo: Sistemas de Emergencia (ECU-911), servicios de pago (Banca Móvil) entre otras. También se volvió muy usado debido que presenta una ventaja sobre GPS ya que es más fiable en localización en interiores.

Según (Noussa, 2021) la principal ventaja de este sistema es que posee poca interferencia debido a que la telefonía móvil utiliza bandas licenciadas permitiendo tener un espectro menos saturado debido a que en esas frecuencias no deberían ser usadas por otros sistemas y dispositivos.

En redes GSM para dar con la ubicación del usuario hay que identificar la celda a la cual está enganchada el dispositivo móvil, posteriormente se determina el Angulo de la señal incidente, y así se puede determinar la dirección de donde proviene la señal para finalmente aplicar algoritmos de posicionamiento para dar con la ubicación estimada.

En redes UMTS, 3rd Generation Partnership Project definió métodos para determinar la posición de un terminal con ayuda de infraestructuras de red y los servicios de localización LCS (LoCation Services).

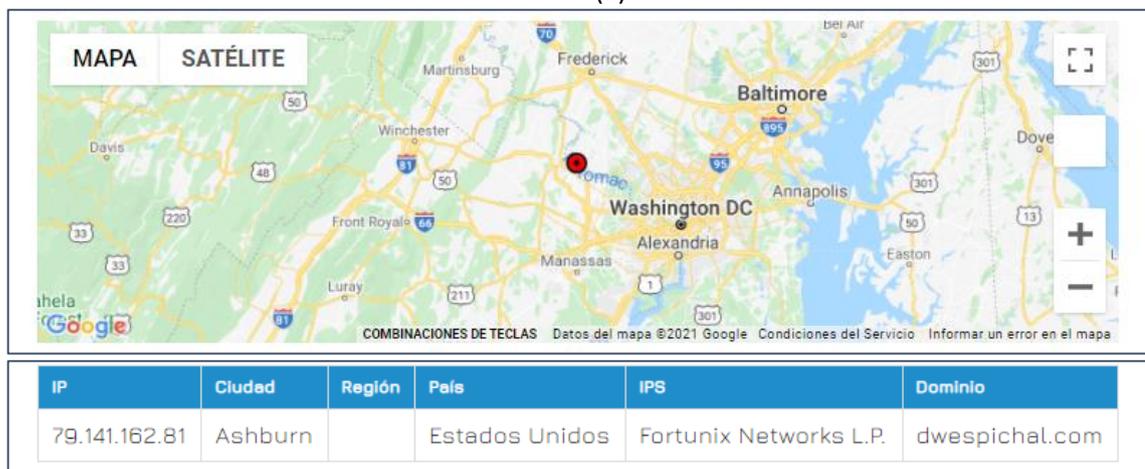
En redes LTE se distribuye entre diferentes elementos de la red la funcionalidad de posicionamiento. El Equipamiento de usuario (UE) comunica al Centro de Localización móvil de Servicio Mejorado (E-SMLC) de la red, el Cell-ID de su celda, la diferencia entre sus tiempos de transmisión y recepción, así como los IDs, tiempos estimados y potencia de las celdas vecinas detectadas. El enodeB puede enviar información adicional al E-SMLC, como el ángulo de llegada. El E-SMLC estima la posición del UE basándose en esta información y en su conocimiento de las posiciones de las células (Noussa, 2021) .

2.2.1.3. Basadas en la red

La geolocalización mediante IP es un último recurso empleado si se requiere conocer la ubicación de un dispositivo conectado a Internet, debido a que es la más inexacta de todas las técnicas vistas con anterioridad. Además de ser la más inexacta es la más vulnerable a manipulación debido a que en la actualidad existen Redes Privadas Virtuales VPN, las cuales permiten cambiar la dirección IP y se obtendría una ubicación completamente diferente a la original



(a)



(b)

Figura 6-2: Geolocalización Mediante dirección IP. (a) Ubicación real estimada. (b) Ubicación manipulada con un VPN

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Las direcciones IP no son como códigos postales que pueden describir cierto lugar físico en el planeta, pero es posible asignar direcciones IP a un área geográfica. ARIN en estados unidos, RIPE NCC en Europa o el LANIC en América latina son algunos de los centros encargados de supervisar y asignar las direcciones IP en determinada región.

Las direcciones IP son únicas y exclusivas para cada conexión, en el sentido de que no se puede acceder desde ningún ordenador a Internet sin tener adjudicada una dirección IP y no puede

existir, al mismo tiempo, dos conexiones a Internet con la misma dirección IP (Cabello, 2017: pp. 283-301).

Este sistema de localización es muy utilizado en el ámbito de seguridad para dar con el paradero de ciberdelincuentes, extorsionadores, personas acosadoras, reducir el fraude de tarjetas de crédito en función de la ubicación donde se utilizan, entre otras aplicaciones.

2.2.2. Comparativa entre los Sistemas

Una vez analizado los diferentes sistemas que permiten geolocalizar es conveniente realizar una tabla comparativa mostrando los pro y contra de cada uno de los sistemas, es por ello por lo que a continuación la tabla 2-2 nos muestra las principales características de diversos sistemas analizados.

Tabla 2-2: Comparativa entre los 3 principales sistemas de Geolocalización.

Sistema	GPS	3GPP	Internet
Características			
Forma de ubicarse	La ubicación se determina a través del tiempo de la triangulación de los satélites.	La ubicación se determina mediante la y triangulación mediante la información de torres celulares	La ubicación se determina basada en la IP o por los proveedores de geolocalización de terceros.
Precisión [metros]	0.5-10	50-3000	100-4000
T. adquisición[minutos]	12	<1	<1
Conectividad	No	Si	Si
Ubicación en Interiores	No	Si	Si
Cobertura en zonas Rurales	5/5	3/5	2/5
Cobertura en zonas Urbanas	3.5/5	4.5/5	4.5/5
Hardware	GPS, GMS-3GPP	SIM (micro-nano)	Wi-fi / Ethernet
Velocidad de desplazamiento	Si+ Rumbo	No	No
Corrección de errores	Si	Si	No
Costo	Alto	Alto	Bajo
Consumo de Energía	Muy alto	Alto	Alto
Cobertura Interior	Mala	Si	Por planta
Nivel min. Señal recibida	-130dBm	-98 dDm	-----

Realizado por: Flores, Diego; 2021

2.2.3. Beneficios e Inconvenientes de la geolocalización

La geolocalización es una tecnología como muchas que ayuda en varios aspectos, pero, así como es un apoyo también en mucho caso se ha convertido en inconveniente.

Beneficios

- Detección y prevención de fraudes mediante la tecnología de ubicación por IP.
- Obtener resultados de una búsqueda basados en la ubicación.
- Pedir ayuda en caso de emergencia.
- Conocer la posición de una flota de vehículos.
- Dar a conocer en redes sociales la ubicación de una foto o un video.
- Publicidad personalizada en función de tu ubicación.

Inconvenientes

- Filtrarse datos de geolocalización y ser usados para hechos delictivos.
- Información de carácter personal puede comprometer nuestra privacidad
- Metadatos
- Publicidad excesiva
- Violación a la privacidad

2.3. Internet de las Cosas

El termino internet de las cosas hace referencia a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos a Internet, los cuales intercambian y procesan información sobre su entorno físico para proporcionar valores añadidos a los usuarios finales (Barrio, 2018: p.20).

En el Internet de las Cosas muchos autores lo conceptualizan también como Internet de los Objetos (IO), caracterizando así la próxima transformación del internet y el gran impacto que tendrá. IoT adquiere gran importancia porque es la primera evolución real del internet para mejorar la manera en la que los humanos viven, aprenden, trabajan y se entretienen.

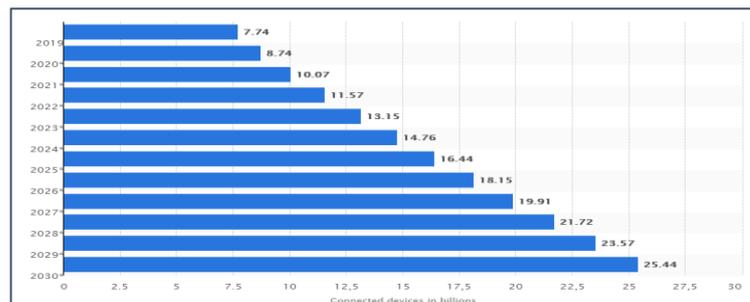


Figura 7-2: Proyección de Dispositivos IoT conectados

Fuente: Statista, 2021

Para saber cuándo fue utilizado por primera vez el término internet de las cosas hay que remontarse por los años 1999, cuando el británico Kevin Ashton describió que un sistema del mundo físico puede conectarse a internet por medio de sensores. El término es nuevo, pero años atrás ya se tenía los indicios a lo que sería el IoT, por ejemplo, en 1989 Jhon Romkey y Simon Hackett trabajaron en la primera tostadora conectada al internet todo surgió como una apuesta, si bien sus funciones eran limitadas como prender o apagar era un gran avance para lo que hoy en día sería el Internet de las Cosas, de igual manera LG Group en el año 2000 presentó una nevera conectada al internet.

(Statista, 2021) Pronostica que el número de dispositivos IoT en todo el mundo se triplicara de 8.74 mil millones en 2020 a más de 25.5 mil millones para el 2030, como dato referencial únicamente en un país tan desarrollado como China existen 3.17 mil millones de dispositivos IoT conectados y en constante crecimiento esta cifra.

2.3.1. Características

Dentro de las innumerables características que en la actualidad ofrece el IoT se tiene algunas que sobresalen y son consideradas características fundamentales con las que IoT cuenta, estas se detallan a continuación:

Tabla 3-2: Rasgos más característicos de IoT

Característica	Descripción
Comunicación y Cooperación	Los objetos tienen la capacidad de estar conectados en red utilizando cualquier tecnología inalámbrica como 2G, 3G, 4G, 5G, Wi-fi o por cables y hacer uso de los datos y servicios
Identificación	Los objetos son identificados de forma única.
Direccionamiento	Los objetos pueden ser buscados y dirigidos a través de servicios de DNS, permitiendo ser configurados remotamente.
Detección	Los objetos recogen información de su entorno mediante sensores.
Actuación	Los objetos contienen actuadores que permiten controlar de forma real los procesos.
Procesamiento de Información Integrado	Los objetos cuentan con un procesador o microcontrolador para procesar e interpretar información.
Localización y rastreo	Los objetos conocen su ubicación física, por lo que pueden ser localizados utilizando tecnologías como GPS, Internet o telefonía móvil.
Interfaces de usuario	Los objetos pueden lograr ser heterogéneos y así comunicarse con otros usuarios de manera directa o a cierta distancia a través de las redes.

Realizado por: Flores, Diego; 2021

Permitiendo así con estas características comunicarse y lograr ser localizable, tanto físicamente, como en la red a la que este agregado.

2.3.2. Tecnologías IoT

El hecho de que Internet esté presente en todas partes gracias a las tecnologías inalámbricas (3G, 4G, 5G, wi-fi, wimax, conexiones satelitales, etc.) permite que la implantación masiva de esta tecnología IoT sea más factible (Barrio, 2018: p.25).

2.3.2.1. Bluetooth

Es una tecnología perteneciente a las Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN), permite la transmisión de datos a pequeñas distancias debido a que están basados en transceptores de bajo costo. Bluetooth es un protocolo de enlace por radiofrecuencia que opera en la banda de 2.4 Ghz.



Figura 8-2: Conexión a IoT a través de Bluetooth

Fuente: Nairaland,2016

El estándar para IoT se denomina Bluetooth 4.0 de Baja Energía (BLE), está dirigido a aplicaciones de muy baja potencia con un alcance no mayor a 120 metros y con una velocidad de transferencia de 12Kb/s a 2Mb/s en la primera versión

2.3.2.2. Wi-Fi

Wifi pertenece al grupo de las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN), es un protocolo basado en el estándar 802.11, trabaja en las bandas de frecuencia de 2.4 Ghz y de 5 Ghz y poseen un alcance aproximado de 100 metros en espacios abiertos y 20 metros con muchos obstáculos (Pisano, 2018).

Tabla 4-2: Protocolos para el estándar de comunicación Wi-Fi

Protocolo	Año	Frecuencia [Ghz]	Velocidad de Datos [Mbps]	Modulación
802.11	1997	2,4	1-2	FHSS/DSSS
802.11b	1999	2,4	1-11	DSSS
802.11a	1999	5	6-54	OFDM
802.11g	2003	2,4	6-54	OFDM
802.11n	2008	2,5 y 5	450	OFDM
802.11ac	2014	2,5 y 5	1300	256 QAM/ Mu-Mimo
802.11ax	2019	2,5 y 5	10000-12000	1024 QAM/ Mu-Mimo

Realizado por: Flores, Diego; 2021

Esta tecnología es más completa debido a que posee mayor seguridad, utiliza mecanismos de cifrado y autenticación de datos. Su tasa teórica de transferencia es de hasta 600Mbps. Su uso es el más extendido alrededor del planeta y una vez configurada la red para el acceso no requiere más gasto en infraestructura ni cables.

2.3.2.3. Zigbee

Es una tecnología basada en Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) bajo el estándar 802.15.4, trabaja en el nivel físico y acceso MAC. Zigbee permite suministrar conectividad de bajo costo, escalable y de baja potencia. Su cobertura varía de 10-100 metros y es por ello por lo que es muy útil en proyectos de domótica, IoT y otras áreas de la electrónica.



Figura 9-2: Aplicaciones Zigbee

Fuente: YMANT, 2021

La velocidad de transmisión máxima es de 250Kbps y opera en la banda de frecuencias de 868 Mhz (1 canal), 915 Mhz (10 canales) y 2.4 Ghz (16 canales). Puede trabajar con una gran cantidad de nodos de red.

2.3.2.4. Z-Wave

Es una tecnología inalámbrica muy utilizada principalmente en el ámbito de la domótica. Utiliza ondas de radio de baja energía para comunicarse, pueden lograr un largo alcance combinando redes de malla



Figura 10-2: Aplicación Z-Wave a la domótica

Fuente: Domoticalia, 2019

Z-Wave tiene un mayor alcance que su similar ZigBee, opera a una frecuencia de 900 Mhz por lo que tiene un mejor rendimiento debido a que no existen demasiadas interferencias y como su onda no es milimétrica puede penetrar en paredes y pisos.

2.3.2.5. UWB

Es una tecnología de radio que utiliza señales de muy baja energía para comunicaciones a distancias cortas, pero con un gran ancho de banda. UWB tiene limitado los niveles de emisión de la señal a $-41,3 \text{ dBm/Mhz}$ en el espectro de 6 Ghz y a 9Ghz (Noussa, 2021: p.21).

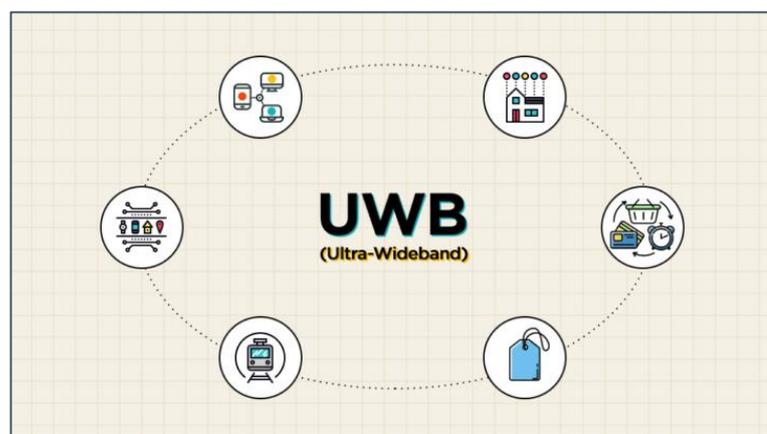


Figura 11-2: Aplicaciones UWB

Fuente: YMANT, 2021

UWB trabaja en las bandas licenciadas, pero con un nivel de potencia tan bajo que los demás usuarios con licencia no experimentan ningún tipo de interferencia. Muy aplicada en servicios militares, GPR (Ground Penetrating Radar), radares, sistemas anticolidión civil, sistemas de transporte, monitorización industrial, etc.

2.3.2.6. LoraWAN

Son redes de Baja Potencia y Área Amplia (LPWAN), el estándar de la red LoraWan está enfocada a requerimientos característicos del Internet de las cosas debido a que permite comunicaciones bidireccionales, bajo consumo de energía, escalabilidad de dispositivos, largo alcance de comunicación, servicios de localización, baja frecuencia de transmisión entre otras características (Pisano, 2018: pp.28-29).

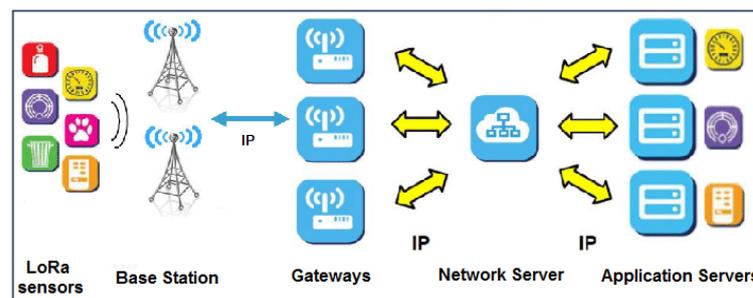


Figura 12-2: Ilustración de la arquitectura de una red LoraWan

Fuente: De Carvalho Silva, et al, 2017

Esta tecnología permite interconectar objetos inteligentes sin la necesidad de instalaciones locales complejas, además que permite al usuario final plena autonomía de su red IoT, la arquitectura que usa permite que los nodos se comuniquen con el Gateway para que procese los datos y envíe al gestor de red. Entre las aplicaciones más comunes están las redes P2P, redes de sensores y actuadores, redes IoT con baja velocidad de datos, etc.

2.3.2.7. 3GPP

Todas estas son redes inalámbricas tipo WAN conformada por torres y antenas que transmiten ondas de radio para conectar redes de área local utilizando enlaces punto - punto o punto-multipunto.

Es evidente que esta familia de las tecnologías 3GPP, como el LTE y GSM juegan un importante papel en desarrollo del IoT desde el punto de vista móvil.

- GSM. Sistema Global para Comunicaciones Móviles permite la transmisión muy eficiente de los datos

- GPRS. Servicio General de Paquetes vía Radio, permite mensajería instantánea, servicio de mensajes cortos y multimedia, Internet y Correo electrónico, Localización y transferencia de archivos.
- UMTS. Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles, es la sucesora de la tecnología 2G ofreciendo comunicaciones más eficientes y con una mayor velocidad
- 4G LTE-A. Evolución a Largo Plazo Avanzada, fue desarrollada por 3GPP al igual que las anteriores y su característica es que logra una mayor velocidad 10 veces mayor que su antecesora.
- 5G. Se refiere a la 5ta generación de la tecnología móvil, destaca por su mayor ancho de banda permitiendo descargar 10 Gbits/s, pero más allá de la mejora en la velocidad se espera que esta generación permita el despliegue masivo del Internet de las cosas gracias a que permitirá la conectividad de grandes volúmenes de dispositivos y su baja latencia parámetros esenciales para aplicaciones IoT
- NB. Narrow Band o de Banda Angosta fue estandarizada por 3GPP y está destinada específicamente para el Internet de las cosas. Esta estandarización permitirá utilizar tecnología como NB-IoT, EC-GSM-IoT, NB LTE-M para atender el mercado de IoT. Puede desplegarse en banda de guarda o fuera de banda y presentar una velocidad de hasta 200Kbps

Tabla 5-2: Características de cada generación de telefonía móvil

Generación	Velocidad	Latencia	Frecuencia	Servicio
1G	1 - 2.4 Kbps	-	800-900 Mhz	Telefonía Analógica
2G	14 - 64Kbps	500ms-1s	850-1900 Mhz	Telefonía Digital+ Mensajes de Texto
3G	384 Kbps - 2 Mbps	150ms	8-2.5 Ghz	Internet móvil
4G	100 Mbps a - Gbps	50ms	700,800,900,1800,2600 Mhz dependiendo de la región	Banda ancha real (Video HD)
5G	3 - 300 Gbps	1ms	700Mhz-3.5 Ghz	Internet de las Cosas

Realizado por: Flores, Diego; 2021

Todas las tecnologías mencionadas con anterioridad forman el 3GPP y según datos en América el 90% de las nuevas conexiones inalámbricas son realizadas por estas.

2.3.3. *Protocolos de datos IoT*

Estos protocolos son los que se encargan de transportar los datos en la capa de aplicación hacia los dispositivos. Algunos de los protocolos más importantes son:

Tabla 6-2: Protocolos de datos para IoT

Protocolo	Descripción
HTTP (REST/JSON)	Es un modelo sin estados previos permite a los clientes acceder a recursos del servidor mediante pedidos.
MQTT	Se ejecuta sobre el protocolo TCP/IP, está diseñado para entornos que poseen recursos limitados, elevada latencia, poca confidencialidad y un ancho de banda limitado.
DDS	Es un protocolo de publicación/suscripción de mensajes para sistemas en tiempo real.
CoAP	Es similar a HTTP, pero este se ejecuta sobre el protocolo UDP para aliviar la carga de tráfico debido a que TCP genera mayor carga, se basa fundamentalmente en el modelo request/reponse.
XMPP	Es un protocolo que permite la comunicación entiempro real en aplicaciones que se basan en el estándar XML, lo que lo hace interoperable en cualquier red.
AMQP	Está orientado a mensajes específicamente en el sector financiero, posee un modelo de comunicación robusto que soporta transacciones completas

Fuente: Varios

Realizado por: Flores, Diego; 2021

2.3.4. Arquitectura IoT

De manera simplificada se puede encontrar que la arquitectura IoT está compuesta por componentes claves y en (González, 2017, p. 13) detallan diversas arquitecturas de niveles debido a que no existe un consenso generalizado, dependiendo del número de niveles compuestas por las arquitecturas se permite recoger con mayor o menor detalle los diversos aspectos de IoT

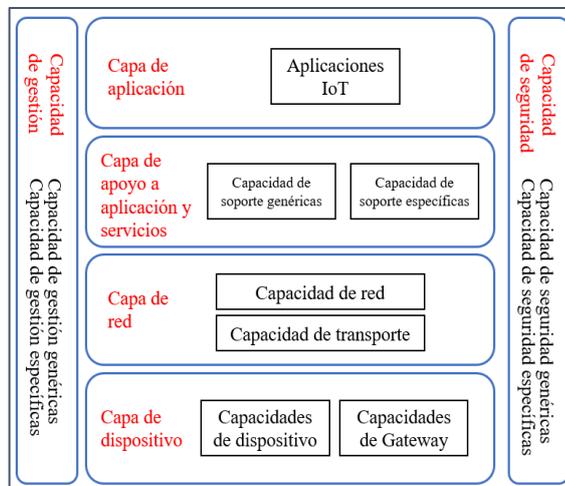


Figura 13-2: Arquitectura referencia IoT

Fuente: ITU-T

- **Capa de Aplicación.** En esta capa contempla todas las aplicaciones finales de usuario, es una capa que logra ejecutarse a través de protocolos como HTTP, CoAP y MQTT. Logra optimizar recursos y tiempo de procesado.
- **Capa de Proceso y Apoyo a servicios.** Es la encargada de almacenar y procesar datos receptados de los dispositivos físicos, por otro lado, también se encuentran las capacidades específicas que ofrecen apoyo a las aplicaciones. Aquí se encuentran las distintas plataformas de IoT en la nube (Pisano, 2018: p.22).
- **Capa de Red.** Aquí se encuentran dos niveles: El nivel de red permite tener el control de la comunicación en a red (control de acceso, recurso para el transporte y autenticación) y el otro nivel es el de Transporte el cual se encarga de proveer conectividad para la transmisión de datos (Control y gestión de IoT)
- **Capa de dispositivo.** Es la capa de menor jerarquía, está compuesta por las capacidades de dispositivo (recolección, envío y recepción de datos a la red; posibilidad de crear redes ad-hoc y poner en reposo o activo los dispositivos), otra capacidad es la de Gateway la cual permite (soportar múltiples interfaces de comunicación “Wi-fi, Z-wave, Bluetooth” y hacia la red con diversas tecnologías “3GPP y Ethernet”)

2.3.5. Modelos de Comunicación del IoT

Los modelos de comunicación que emplean los dispositivos IoT están detallados en la guía de Consideraciones Arquitectónicas en redes de Objetos Inteligentes (RFC 7452). A continuación, se presenta las principales características que cada modelo posee:

2.3.5.1. Comunicación de Dispositivo a Dispositivo

En este modelo trata de la comunicación entre dos o más dispositivos conectados entre sí sin la necesidad de tener el soporte servidores para efectuar operaciones a través del internet. Los protocolos más comunes son Z-Wave, ZigBee, Bluetooth (Castro, D & Gonzáles, 2018, p.34).

2.3.5.2. Comunicación de Dispositivo a la Nube

En este modelo el Objeto IoT se conecta directamente a un servicio en la nube de Internet con el fin de intercambiar datos. Los métodos más comunes en este modelo son protocolos Wi-Fi, tecnología celular o con cableado tradicional. De esta manera el usuario puede acceder a la información de forma remota (Castro, D & Gonzáles, 2018, p.34).

2.3.5.3. Comunicación de Dispositivo a Puerta de Enlace

En este modelo los dispositivos IoT se conectan a un intermediario ALG para acceder al servicio de la nube. Este modelo implica el uso de software de aplicación que actúa como puerta de enlace local y es el intermediario entre la nube y el dispositivo (Castro, D & Gonzáles, 2018, p.34).

2.3.5.4. Comunicación de Intercambio de data mediante Back-end

Permite a los usuarios la administración sobre los insumos recolectados a través de objetos inteligentes. Este modelo extiende el modelo de comunicación de dispositivo a nube para que terceros usuarios autorizados accedan a los datos y dispositivo. (Castro, D & Gonzáles, 2018, p.34).

2.3.6. Áreas de Aplicación

En la actualidad las posibles áreas de aplicación de IoT son múltiples abarcan diversos campos de actividades cotidianas.

Tabla 7-2: Distintas áreas de Aplicación del IoT

Área	Descripción	Beneficios
Smart Home	Es el concepto de darle inteligencia al hogar por ejemplo equiparla con sensores de temperatura y actuadores que permitan abrir y cerrar las persianas o de dispositivos como refrigeradoras que sepan lo que poseen dentro y su tiempo de caducidad. Los sensores son los encargados de dar información de la casa	Confort Gestión Energética Seguridad y monitoreo
Salud y Cuidado Personal	En el sector de la salud logra ayudar a los pacientes y personal de salud a mejorar la calidad de vida y de atención que reciben por ejemplo	Monitoreo y Diagnostico Atención para adultos mayores Control de medicamentos Intervenciones remotas
Smart City	Nacen de las necesidades de mantener armonía entre la parte social, económica y medioambiental, a través de dispositivos recolectan datos que facilitan la vida del ciudadano. Muchas ciudades ya han desarrollado proyectos IoT como Barcelona que dispone del proyecto CityOS centrado en el transporte inteligente.	Control de Trafico Vehiculos Autonomos Seguridad y prevención de delitos Energía y cuidados medioambientales
Industrial	Llamado también IIoT, se trata de una tecnología emergente y todavía no existe ninguna plataforma que domine este sector, su objetivo es	Optimización y Automatización de procesos Mantenimiento preventivo Control de inventario Robots y Vehículos Autónomos

	mejorar la eficiencia operativa y mejorar la producción.	
Wearables	Se trata de dispositivos pequeños que permiten monitorear durante todo el día parámetros de nuestro cuerpo. Estos dispositivos pueden ser tecnología vestible, tecnología corporal, ropa tecnológica o complementos inteligentes. Por ejemplo usar unos zapatos con dispositivos wearables permitirá conocer la ubicación de la persona.	Acceso a datos en tiempo real. Enviar información visual Balance del estado de salud Permite dejar malos hábitos Mejora la comunicación

Realizado por: Flores, Diego; 2021

2.3.7. Beneficios y Desventajas del Internet de las Cosas

El IoT según varios autores tiene más beneficios que desventajas es por ello por lo que se analizaron los puntos de vista de cada uno y a continuación se presenta una tabla.

Tabla 8-2: Ventajas y desventajas generales que presenta el IoT

Ventajas	Desventajas
Ahorro del tiempo y esfuerzo.	Provocan un daño ambiental debido a la cantidad de residuos de dispositivos.
Mayor eficiencia.	Saturación aun mayor a la que existe del espectro.
Facilita el acceso de información.	IoT aún no está estandarizado por lo que podría existir una incompatibilidad.
Automatización de tareas sin necesidad de intervención humana	La información no se encuentra cifrada del todo por lo que no existe garantías de seguridad.
Seguimiento a las actividades diarias.	Requiere una inversión tecnológica.
Ahorro energético.	El software, Hardware y las redes IoT son propensas a hackers.
Principal proveedor de información para sistemas de BigData, IA, computación cognitiva.	Brecha tecnológica.
Hace la vida más cómoda mejorando la experiencia de usuarios.	A diferencia de los equipos de TI los IoT no son diseñados pensando en la seguridad.
Comunicación más transparente	Encarecimiento de dispositivos.
Nuevas oportunidades de negocio.	Sedentarismo.

Fuente: Varios

Realizado por: Flores, Diego; 2021

2.3.8. Plataformas de desarrollo IoT

Los sistemas IoT son sistemas embebidos diseñados para realizar funciones dedicadas en tiempo real. Implica la integración de sensores, la finalidad es crear un entorno donde lo físico, lo digital y lo virtual converjan para crear entornos automáticos e inteligentes.

Estos sistemas necesitan ser programados para realizar una única tarea, es por ello su costo reducido. En la actualidad existe en el mercado múltiples plataformas de desarrollo IoT como los Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU, entre otros que son utilizados en el diseño de sistemas embebidos de todo tipo.

2.3.8.1. Hardware

Algunas de las más importantes plataformas de IoT que permiten la recopilación, procesamiento y gestión de dispositivos y datos son los siguientes:

- **Arduino.** Es una plataforma fácil de usar de código abierto tanto en hardware y el software, nació en el Ivrea Interaction Design Institute (IDII) destinado a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación.



Figura 14-2: Modelos de Arduino
Fuente: Penalva, 2016

Todas las plataformas son de código abierto lo que permite a los usuarios construir lo que sea de forma independiente y adaptando a sus necesidades. Es así como se ha adaptado la placa Arduino permitiendo desarrollar en ella desde entornos IoT, Wearables, Impresión 3D y entornos integrados.

Además de las placas Arduino existen también componentes llamados Shields o mochilas, las cuales son placas alternas que se conectan a a principal para añadir funciones extras, como GPS, GSM, reloj, pantallas, Bluetooth, Conectividad por tecnología inalámbrica, etc

- **Raspberry Pi.** Es una placa de microordenador que inicio en el 2012, se basa en software de código abierto pero su hardware no se sabe con certeza si es libre o con derechos de marca. Raspberry prosee diversos modelos que varían en su procesamiento y número de entradas/salidas, además posee complementos y accesorios, como cámaras NoIR, Sintonizadores TDT, pantallas táctiles, módulos Wi-Fi, etc

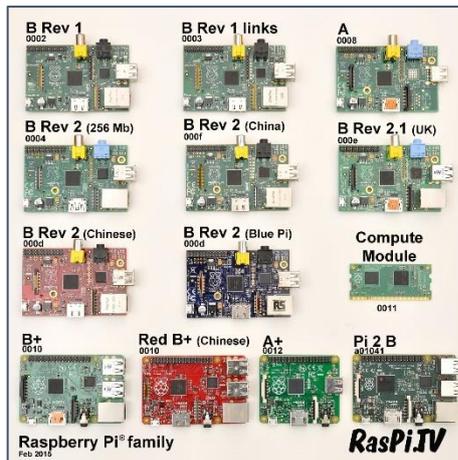


Figura 15-2: Modelos de Paspberry
 Fuente: Raspi.TV, 2015

Con esta plataforma de desarrollo se logra gestionar gran cantidad de datos dentro de entornos como la robótica, aplicaciones móviles, domótica, IoT, entre otros.

- **NodeMCU**, Es una placa de desarrollo totalmente abierta tanto en el hardware como en el software, lo que le permite ser una plataforma flexible y fácil de operar. NodeMCU fue creada por diciembre del 2013 basada en la ESP12E

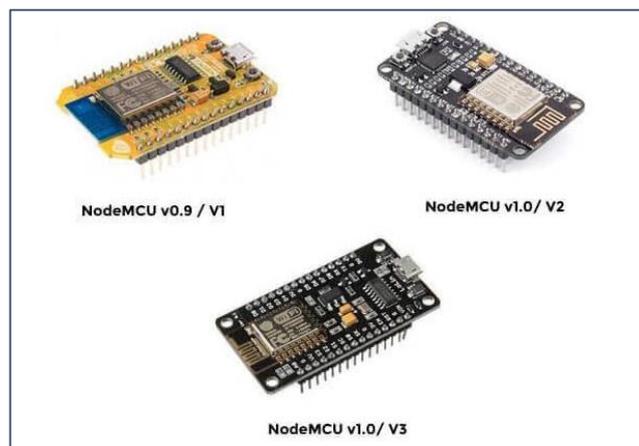


Figura 16-2: Generaciones del NodeMCU
 Fuente: Del Valle,2018

Algunas de las aplicaciones que abarca esta placa de desarrollo son el Internet de las cosas, Control y automatización y para propósitos generales.

2.3.8.2. Software

Las plataformas de desarrollo de software sirven para crear servidores de aplicaciones y almacenamiento web para tratar la información que se recoge mediante sensores. Para ello existen diversos tipos de software que nos brindan esos servicios de acorde a nuestras necesidades (Saltos, 2018: pp.21-40).

- **ThingSpeak.** Es un servicio de plataforma de análisis de IoT de código abierto, sus principales características son agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube.



Figura 17-2: Plataforma de desarrollo Thingspeak

Fuente: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/23/thingspeak/>

Es una plataforma API la cual permite recoger y almacenar datos de sensores en la nube, estos datos de sensores pueden ser enviados desde distintas plataformas de hardware como Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU, entre otras.

ThingSpeak se usa para prototipos y pruebas de sistemas IoT los cuales están destinada para estudiantes, educadores, monitoreo ambiental, monitoreo de energía, agricultura inteligente

- **Blynk.** Es un Software que provee de soluciones para los usuarios que desarrollen aplicaciones IoT. Puede controlar el hardware de forma remota, mostrar datos de los sensores, almacenar y visualizar datos, etc.

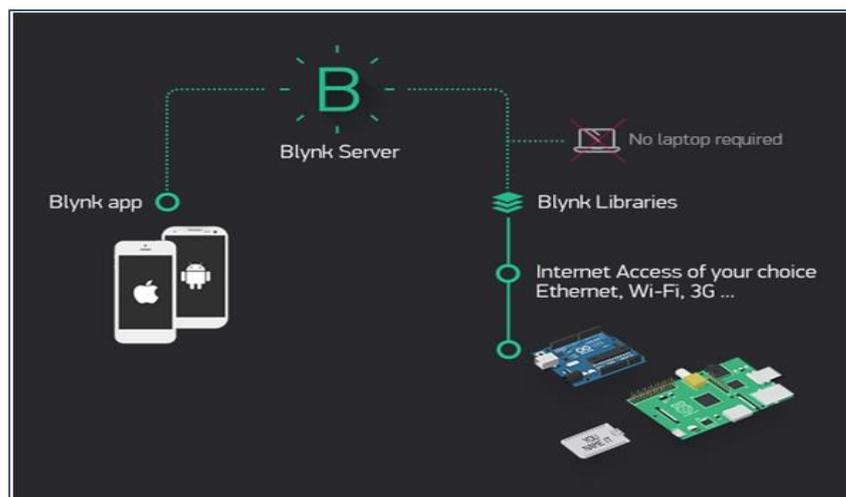


Figura 18-2: Blynk Server

Fuente: <https://humanizationoftechnology.com/blynk-plataforma-de-internet-de-las-cosas-en-la-red/revista/2018/volumen-4-2018/11/2018/>

Usa arquitectura API con interfaz de usuario (UI) fácil de usar para todos los clientes y hardware compatible, la conexión a la nube se la realiza a través de diversas tecnologías como WI-fi, Ethernet, GSM,4G.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se presenta los procedimientos realizados para el diseño del prototipo de geolocalización para adultos mayores con problema de desorientación, mediante un proceso que involucró una revisión bibliográfica de base de datos con trabajos previos además de técnicas de observación, recolección de datos, y solución del problema. Se detallará cada uno de los elementos a nivel de hardware y software requeridos en el diseño del prototipo.

3.1. Metodología

3.1.1. Metodología Descriptiva

Se utilizó esta metodología para poder establecer las diversas características idóneas que las plataformas de desarrollo IoT a usar debe tener, además de las características de los módulos GSM y GPS.

3.1.2. Metodología Teórica

Mediante esta metodología aplicada al proyecto se adquirieron nuevos conocimientos para poder dar un criterio y establecer el grupo de adultos mayores con problemas de desorientación a cuál está destinada el diseño final.

3.1.3. Metodología Experimental

Mediante la experimentación se comprobó el correcto funcionamiento del prototipo el cual está destinado al monitoreo y alerta del adulto mayor en tiempo real.

3.1.4. Metodología Analítica

En este apartado se realizó un análisis de la factibilidad del prototipo debido a que está destinado a personas de bajo recurso es necesario realizar una comparación con dispositivos existentes en el mercado.

3.2. Grado de salud mental del adulto mayor aplicable al Prototipo

En el capítulo previo se realizó la investigación de los diversos problemas respecto a la salud mental del adulto mayor y bajo esos conceptos se dedujo que no todos los adultos mayores con etapas y fases ya sea de demencia o Alzheimer requieren del prototipo si bien el problema de la desorientación está presente en todas las etapas, algunas de estas son demasiado grave y por ende los adultos mayores son dependientes de una persona y de nada sirve en este caso el uso del prototipo y de igual manera si la etapa de estos problemas es inicial no hace falta uso del prototipo. Bajo estos conceptos más el criterio de un profesional de la salud en el ámbito de la gerontología con el que se pudo mantener un dialogo en el cual mencionó que el prototipo propuesto lo ve aplicable hasta para una demencia moderada es decir si se habla en términos médicos GDS el número 5.

Tabla 1-3: Grupo de adultos mayores aplicable el prototipo

	Deterioro Cognitivo						
	GDS 1	GDS 2	GDS 3	GDS 4	GDS 5	GDS 6	GDS 7
Aplica al Prototipo					x		

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

3.3. Elección de las tecnologías involucradas en nuestro prototipo

Las tecnologías que estuvieron envueltas en el prototipo son:

- GSM/GPRS: Su uso permitió conectarnos al mundo del internet y así poder enviar los datos obtenidos y que estos sean visualizados en cualquier parte donde se tenga acceso al internet.
- GPS: Permitted obtener las coordenadas del dispositivo que usó el adulto mayor.
- IOT: Su uso permite tener un sistema embebido el cual incorpora sensores, software y la coexistencia de tecnologías las cuales permiten recolectar datos para visualizar o analizarlos.
- SMS: Sirvió de ayuda para enviar mensajes de alerta si la persona se siente desorientada, funciona como un botón de pánico para dar a conocer la ubicación y tener una rápida respuesta de los familiares.
- Cloud: Permitted obtener un servidor o Plataforma IoT dedicada además de permitir el almacenamiento de datos recolectados, solución de aplicaciones y fácil acceso remoto desde cualquier lugar.

3.4. Requerimientos a nivel de Hardware y Software

A continuación, se muestra la selección de los elementos tanto del hardware como del software que fueron empleados para el diseño e implementación del prototipo a desarrollar, los respectivo datasheet de cada componente de hardware se encuentran en el Anexo A.

- **Tarjeta de desarrollo**

Para la selección de las tarjetas de desarrollo se analizaron diversas características propias de cada tarjeta y en base a eso se escoge la que este acorde a las necesidades que el prototipo demande.

Tabla 2-3: Tabla para decisión de la mejor tarjeta de desarrollo

Características Tarjetas de Desarrollo	Incluye módulos de tecnologías Analógicas		Microcontrolador	Fácil adquisición en el país		Nivel de programación	Compatible con Modulo GSM 8001	Compatible con Modulo GPS NEO 6m	Precio			Tamaño		
	Si	No		Si	No				Bajo	Medio	Alto	Pequeño	Mediano	Grande
Rasberry Pi	X		ARM11	X		Intermedia	X	X		X				X
Arduino Nano		X	ATmega	X		Fácil	X	X	X			X		
NodeMCU	X		SoC ESP8266	X		Fácil	X	X	X			X		
Beaglebone	X		ARM Cortex A8		X	Intermedia	X	X			X			X
Lilygo Ttgo	X		ESP32		X	Fácil	Incluido	X		X			X	

Realizado por: Flores, Diego, 2021

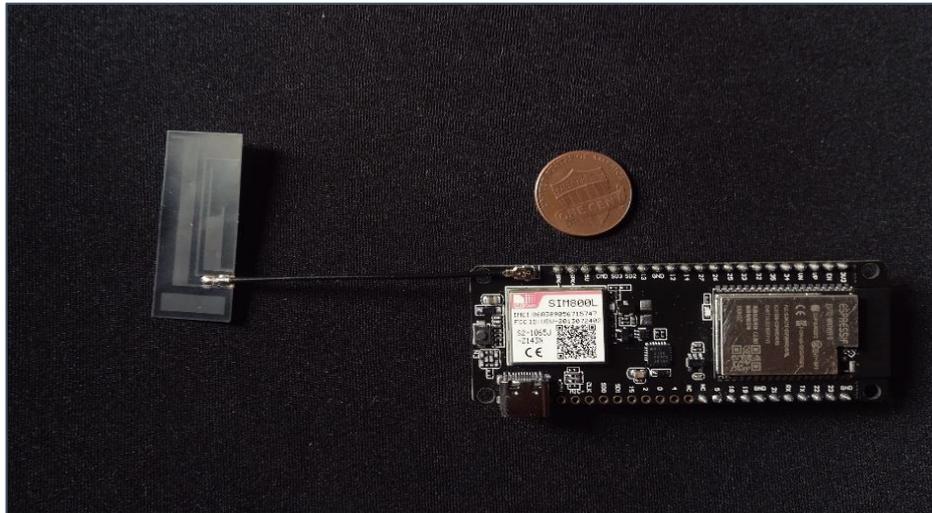


Figura 1-3: Módulo de desarrollo Lily TTGO T-call basado en ESP32
Realizado por: Flores, Diego, 2021

Bajo estas características mostrada en la tabla 2-3 la tarjeta que mejor se adaptó a los requerimientos del prototipo es la Lylygo Ttgo T-Call , destaca por su versatilidad e incluir tecnologías inalámbricas como Wi-Fi , Bluetooth, además de tener incorporado el módulo Sim8001 lo cual facilita la comunicación que requiere el proyecto.

- **Modulo GPS**

GPS tiene estandarizado un protocolo de comunicación por lo que la elección del módulo a utilizar fue de acorde a la precisión, precio y facilidad de conseguir dicho dispositivo en el país.

Tabla 3-3: Características de Módulos GPS

Características Módulos GPS	Multi-GNSS		Oscilador	Área de Cobertura	Tamaño [mm]	Fácil de conseguir en el País	Precio	Sensibilidad	Precisión
	Si	No							
U-Blox NEO 6m		X	TCXO (Cristal)	Global	12,2 x 16 x 2,4	Si	Bajo	-165dBm	3m
Ubox NEO 7m	X		TCXO (Cristal)	Global	12,2 x 16 x 2,4	Si	Bajo	-161dBm	1.5m
NEO/LEA-M8T series	X		TCXO (Cristal)	Global	17 x 22,4 x 2,4	No	Alto	-167dBm	0.9m

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Mediante la Investigación realizada sobre módulos GPS se ha logrado dar con diversas marcas, La marca U-blox presentó una gran variedad de módulos GPS que se adaptan a los requerimientos de cada proyecto, estos módulos tienen características importantes como la gran precisión, son sumamente fiables además que el precio es muy económico.

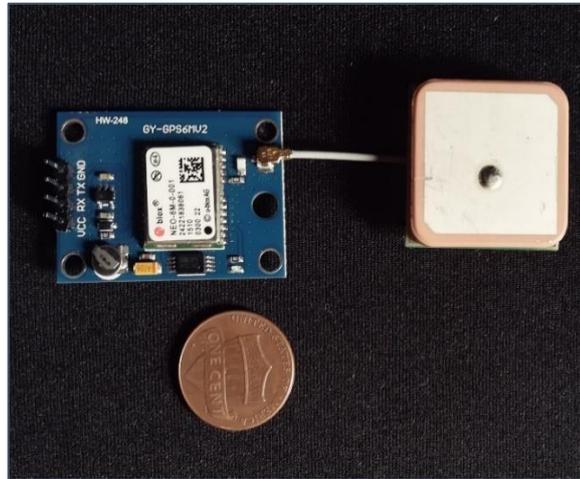


Figura 2-3: Modulo GPS6Mv2

Realizado por: Flores, Diego, 2021

En base a estas características se definió para el presente desarrollo del prototipo la utilización del U-Blox NEO-6m el cual presentó una precisión aceptable, y se ajustó al factor económico.

- **Modulo GSM/GPRS**

Las redes móviles permiten realizar llamadas, enviar mensajes, conexión a internet y otros servicios de valor añadido. En el presente trabajo necesitó de un módulo que permita enviar las coordenadas obtenidas al mundo del internet. Mediante la elección correcta del módulo se pretendió que el módulo que se utilice cumpla con las características del presente trabajo para no añadir funcionalidades que no sean necesarias.

Tabla 4-3: Características de Módulos GSM/GPRS

Modulo	Características	Tecnologías que soporta	Tamaño	Fácil de conseguir en el país	Precio	Homologados en el País	Velocidad de Transmisión Max.	Consumo de corriente [mA]	
								Sleep	Idle
Sim 800L		GPRS	Pequeño	Si	Bajo	Si	85.6Kbps	<0.7	<500
Sim 808		GPRS	Grande	Si	Medio	Si	85.6Kbps	<1	<800
Sim 900		GPRS	Grande	Si	Medio	Si	85.6Kbps	<1.5	<500
LE910		GPRS/ EDGE/ UMTS/ LTE/ NB/ GNSS (opcional)	Grande	No	Alto	No	85.6Kbps – 100Mbps (Según la conexión)	n/a	n/a

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Existen módulos que incluyen conectividad 2G, 3G,4G e inclusive 5G dependiendo de la generación depende, la velocidad de transmisión, latencia, y otras características propias de cada generación de telefonía así mismo el precio se eleva y para el presente trabajo no resulta factible.



Figura 3-3: Modulo SIMCom Sim8001

Realizado por: Flores, Diego, 2021

El módulo seleccionado finalmente fue el Sim8001 además de estar ya integrado en la tarjeta de desarrollo seleccionada, es el más económico, esta correctamente legalizado en el país por el órgano regulador ARCOTEL para su funcionamiento.

- **Fuente de Alimentation**

Basado en los documentos de especificaciones técnicas de cada objeto a utilizar, el nivel lógico del voltaje de alimentación oscila entre 3-5 Voltios. Autores que han utilizado estos objetos recomiendan una fuente de alimentación de 3.7 Voltios.



Figura 4-3: Batería recargable de Litio

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Para la elección de la batería se tomó en cuenta dimensiones del circuito final y de la misma batería, así también como su relación (capacidad /precio).

Con esta batería se estimó una autonomía de entre 8-12 horas y su carga se la realiza mediante el módulo Lilygo que soporta carga de batería mediante USB-C.

- **Servidor**

La característica principal de Blynk es que permitió la simplicidad e integridad permitiendo avanzar fluidamente en el desarrollo de prototipos desde sus inicios hasta el lanzamiento comercial en un futuro.

Blynk está basado en HTTP RESTful API esta arquitectura permitió leer y escribir valores de una forma fácil y sencilla, no fue necesario escribir una propia aplicación ya que Blynk APP permitió crearlas únicamente arrastrando y soltando widgets, botones, campos de texto, gráficos, reportes, etc.

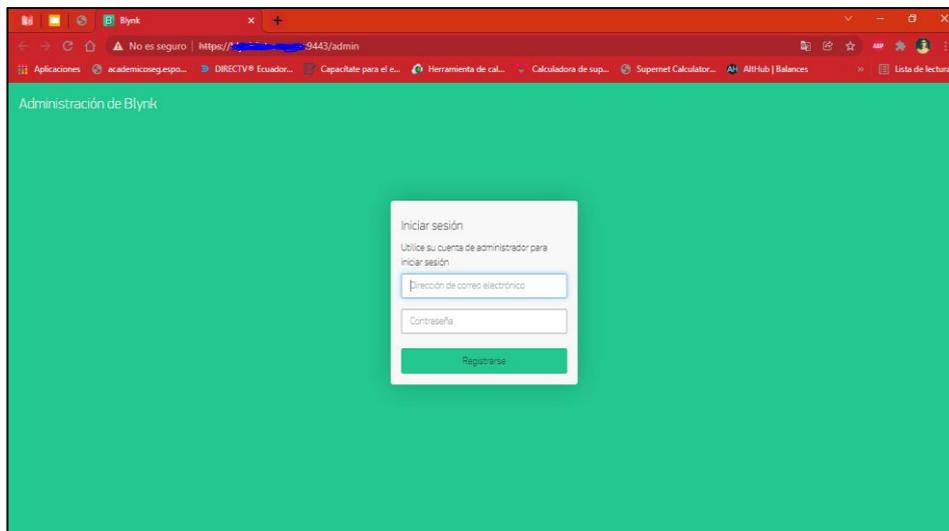


Figura 5-3: Blynk Server

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Otra característica por la que se eligió Blynk es que posee 2 formas de conexión: Blynk cloud (limitada) o un Blynk Server privado (ilimitado).

- **Plataforma IoT**

Blynk de forma predeterminada tiene deshabilitado el almacenamiento de datos debido a que consume gran espacio de disco cuando se habilita mediante comandos la función de almacenamiento es necesario instalar una base de datos PostgreSQL. Pero para no centralizar nuestro prototipo se escogió ThingSpeak, La cual es una plataforma del Internet de las cosas que no únicamente permite almacenar los datos sino visualizarlos y analizarlos en un software muy familiar llamado Matlab. Nos facilita una API para el almacenamiento y recuperación de datos

obtenidos utilizando el protocolo HTTP. Se puede mencionar que el uso de ThingSpeak fue como tener un conjunto de servidor web, más una base de datos y una API.

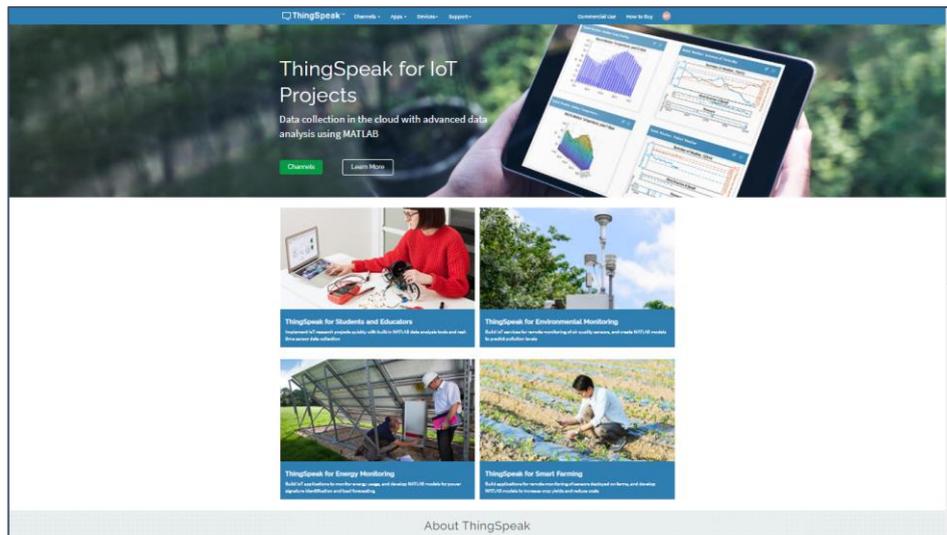


Figura 6-3: ThingSpeak for IoT Projects

Fuente: Thingspeak

Entre las características más importantes que la plataforma como tal tiene son las siguientes:

- **API**

La principal función fue facilitar el trabajo permitiendo el ahorro de dinero y tiempo, no se tuvo que escribir códigos desde cero. Al ser una plataforma de Open Source permite modificar su código fuente con el fin de obtener nuevas características (Loureiro, 2015).

Para esta plataforma se tuvo de un API disponible en el repositorio online gratuito llamado GitHub que permite la descarga en un servidor propio.

- **Canales**

Channels, es la manera que se utilizó en la plataforma para almacenar y publicar los datos obtenidos de los sensores. Con solo realizar clics y determinar el tipo de canal (público o privado) que se requiere ya se tendrá listo para usar. A medida que se va profundizando en la plataforma se va a descubrir la simplicidad de esta (Loureiro, 2015).

- **Plugin**

Permite crear aplicaciones nativas en la plataforma. Puede soportar lenguajes de programación como HTML, CSS, JavaScript entre otros.

- **Integración**

Uno de los puntos más fuertes de la plataforma es que permite una integración con casi todos los dispositivos hardware y software: Arduino, Raspberry Pi, ESP32, RealTime.io, Redes

sociales, Análisis de datos con Matlab, Aplicaciones Web y móviles son algunas de las integraciones en hardware o software que permite Thingspeak.

- **Apps en ThingSpeak**

Las aplicaciones permiten tener un complemento a los proyectos desarrollados dotándole así de características que lo hacen más interesante. Entre algunas de las aplicaciones que se tiene son:

ThingTweet: Aplicación que actúa como un proxy, permitiendo enviar status a la red social Twitter

TweetControl: Escucha los hashtags de la red social Twitter y permite tener el control de cualquier cosa.

ThingHTTP: Permite a las plataformas de desarrollo o dispositivos de bajo nivel conectarse a servicio web a través del internet. Puede soportar métodos como el GET, POST, PUT, DELETE.

React: Permite crear acciones mediante las condiciones que tengan los datos.

Así mismo existen otras aplicaciones como TalkBack, Time control que nos sirven para ejecutar un ThingHTTP o un ThingTweet.

Por todo lo anteriormente mencionado como ser una plataforma de Código Abierto, facilidad a la hora de configurar, tener una API documentada, permitir la compatibilidad de nuestro modulo Lilygo Ttgo ESP32, la familiaridad del software de análisis de datos Matlab, entre otras características son el motivo por el cual se eligió esta plataforma.

3.5. Comunicación con los elementos que componen el Prototipo

- **Comunicación con el módulo GPS**

EL módulo GPS se encargó de obtener las señales de los satélites de posicionamiento para mostrarnos las coordenadas en donde se encuentra el dispositivo, el módulo utilizó comunicación serial por ende posee 2 pines uno de transmisión (TX) y uno de recepción (RX), los cuales se conectaron inversamente a los pines del microcontrolador es decir el TX del GPS al RX del Microcontrolador y el RX del GPS al TX del Microcontrolador.

Debido a que el GPS recibe los datos con una estructura NMEA fue necesario instalar librerías como <TinyGps++.h> que permitió obtener la longitud y latitud sin tener que recurrir a algoritmos complejos.

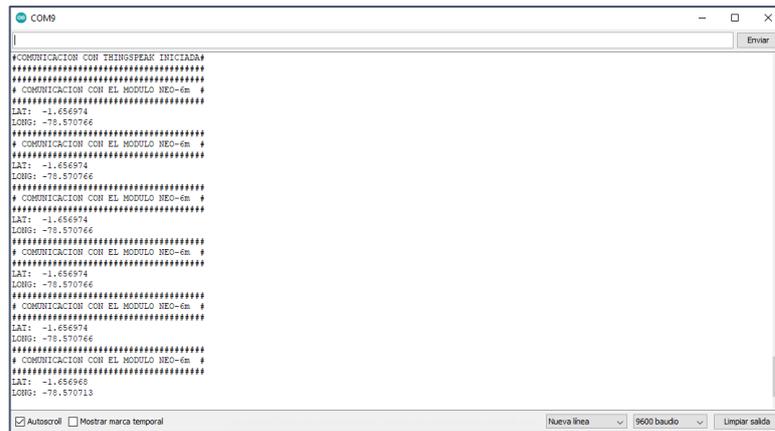


Figura 7-3: Monitor Serial de la comunicación con el módulo GPS

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Como se muestra la comunicación ha sido correcta, se debió tomar en cuenta algunos detalles como al momento de inicializar por primera vez el GPS que demoró aproximadamente 20-45 segundos o más; la precisión depende del tipo de dato declarado a las variables, factores naturales como el clima, las nubes y otros como edificaciones afectaran a la comunicación

- **Comunicación con el módulo GSM**

La comunicación con el módulo GSM se realizó mediante software serial, para ello se necesita igualmente una librería <TinyGSM.h> la cual sabe que comando enviar y cómo manejar las respuestas.

Al escribir comandos AT el módulo nos contestó con un OK, lo que significa que la conexión se ha establecido para verificar se utilizó una consola serial que esta incorporada en el IDE. Para ello fue necesario introducir una tarjeta NanoSIM, conectar la antena y esperar que el módulo establezca conexión

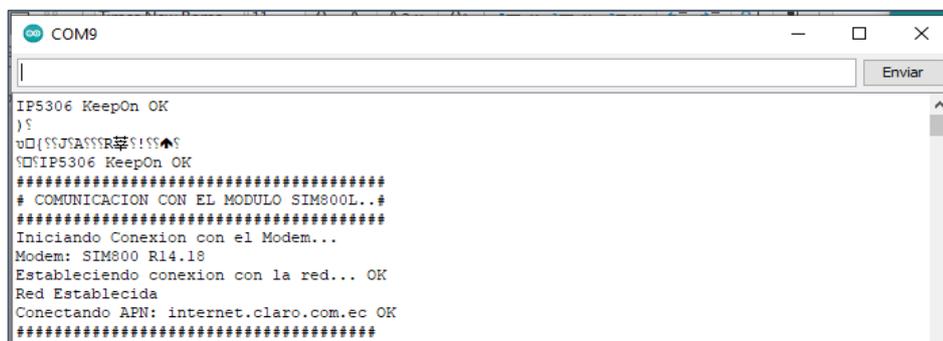


Figura 8-3: Monitor Serial de la comunicación con el módulo GSM

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Además de comunicación GPRS para conectarse al internet se añadió comunicación mediante SMS para enviar las coordenadas de una forma directa como SOS sin necesidad del internet.

- **Comunicación con el servidor**

La comunicación se la realizó por medio de tecnologías inalámbricas y con el módulo Lilygo Ttgo T-call ESP32, la función principal fue establecer conexión con el servidor Blynk.



Figura 9-3: Monitor Serial de la comunicación con el servidor Blynk

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Como en los anteriores casos fue necesario incluir la librería <BlinkSimpleSIM800.h>, esperar que la comunicación con el módulo GSM se establezca y listo se comprobó que está conectado al servidor

Para entablar la comunicación fue necesario haberse registrado y logueado en la plataforma, así se obtuvo un token el cual se incluyó en el código para lograr comunicación con el servidor.

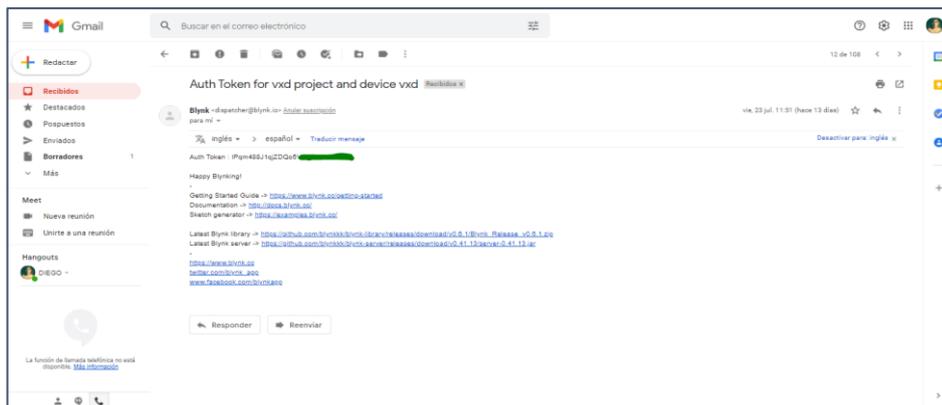


Figura 10-3: Token Obtenido Para la comunicación con el Servidor Blynk

Realizado por: Flores, Diego, 2021

- **Comunicación con la Plataforma IoT**

ThingSpeak almacena los datos y los publica mediante “canales”, la plataforma permite al usuario crear múltiples canales privados o públicos de una manera muy sencilla. Para esto únicamente fue necesario crear el canal agregar los Field que sean requeridos y se tuvo en cuenta el Número del

Canal y la Write API Key que fueron incluidos en nuestro código y así se logró escribir los datos obtenidos en el canal.

Para entablar la comunicación fue necesario utilizar la librería <ThingSpeak.h> la cual esta disponible en GitHUB o en el propio IDE, además de incluir la librería se debió crear un objeto de la clase TinyGsmClient que fue el encargado de enviar la petición HTTP.

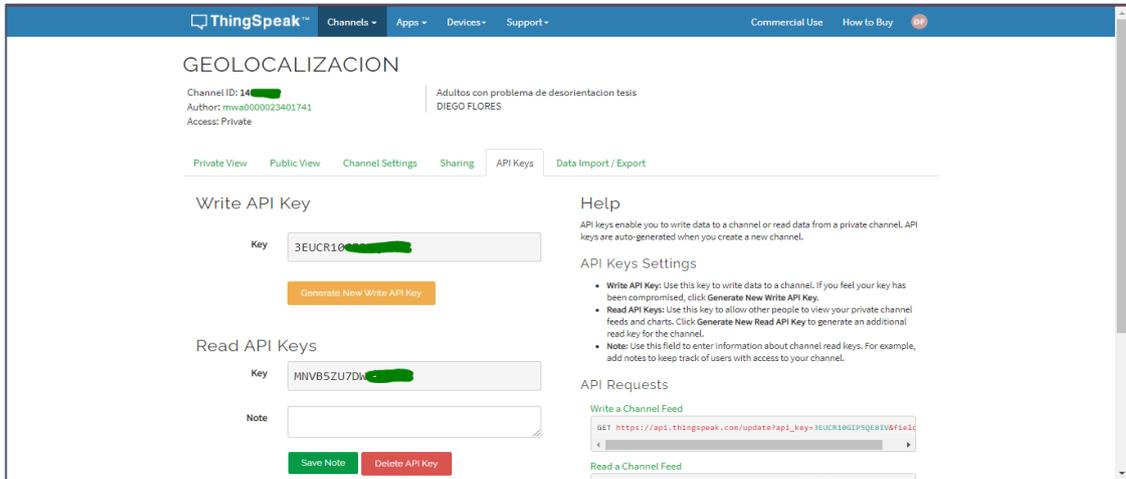


Figura 11-3: API Key y Channel ID obtenidos

Realizado por: Flores, Diego, 2021

• Comunicación con la Aplicación Móvil

Para realizar la comunicación con la Aplicación móvil de Blynk se debió crear un nuevo proyecto una vez dentro del proyecto se utilizó widgets, a los cuales se asignó un pin virtual permitiendo el intercambio de cualquier dato entre el hardware y la aplicación móvil Blynk.

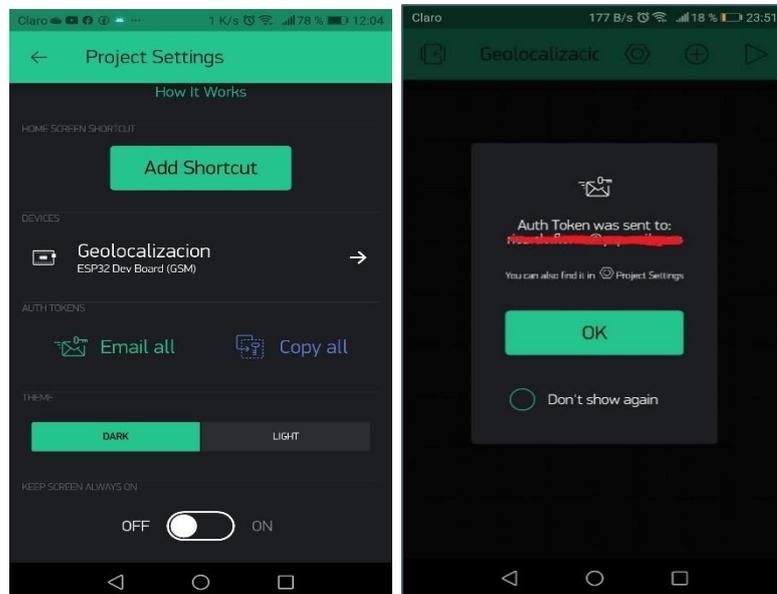


Figura 12-3: Generación del token creado con la aplicación Blynk.

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Estos pines virtuales fueron un concepto introducido e inventado por Blynk Inc, son diferentes a los pines de (E/S) tanto digitales y analógicos.

Para ello fue necesario que en la programación usada, en cada valor leído por la aplicación agregar el siguiente comando “Blynk.virtualWrite(vPIN, valor)”, cada widget al momento de arrastrar nos indica la forma en que se debe programar para ser correctamente leído el valor.

3.6. Esquema Final IoT del Prototipo

Luego de seleccionar tanto la parte de hardware como la del software nuestro esquema final del prototipo IoT quedó de la siguiente manera

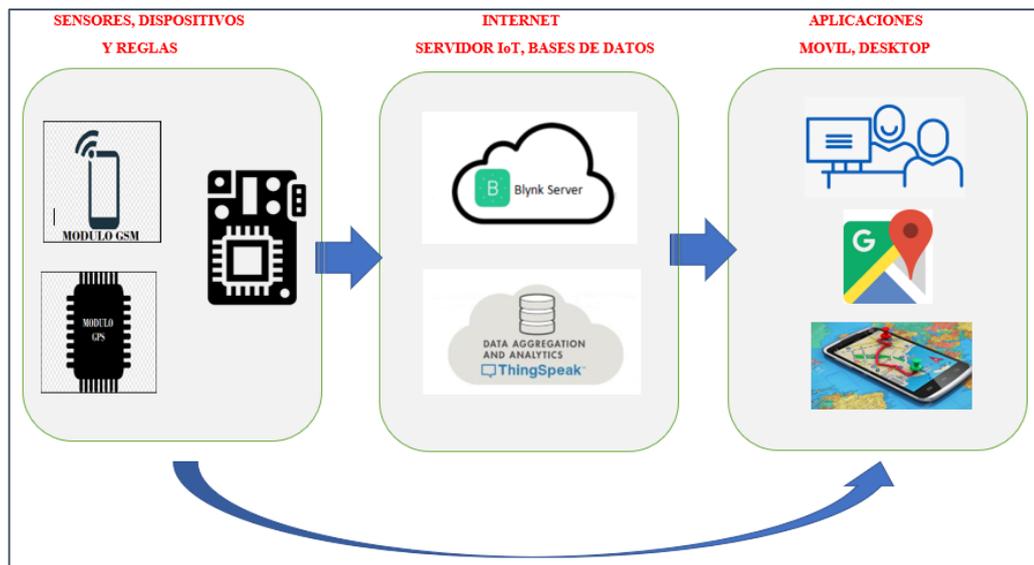


Figura 13-3: Esquema del prototipo Propuesto

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Basada en las 4 capas o fases de la arquitectura que fue propuesta por Sumit Sharma de MuleSoft la cual está centrada en la creación de software para conectar aplicaciones, fuente de datos y APIs se obtuvo nuestra arquitectura final en la cual:

Los sensores, Dispositivos y reglas Offline pertenecen a la capa de Percepción, esta capa permitió recoger información que se requiere de las cosas, objetos y dispositivos.

La capa de Punto de acceso permitió la conectividad del dispositivo al internet mediante tecnología 2G la cual es robusta y tiene gran alcance de cobertura.

Procesamiento de datos es la siguiente capa la cual es la principal del Internet de las cosas ya que esta capa permitió recolectar información, almacenarla y posteriormente analizarla. Las reglas, instancias, medidas de seguridad fueron primordial de esta capa.

Finalmente, en la capa de aplicación, sirvió para monitorear la información recabada en ella fue necesario de aplicaciones que permitieron conectarse a los datos y mostrar a los usuarios, esto se produjo gracias al uso de APIs y servicios Web.

3.7. Diagrama Esquemático

La figura 14-3. Nos muestra como está planteado las conexiones de la tarjeta de desarrollo con el módulo GPS y el SIM800L (incluido en Lilygo), también nos muestra la conexión con el pulsador que trabaja como un SOS para enviar una dirección web con las coordenadas de donde se encuentra a un determinado número.

Se tomó en cuenta que la alimentación se la realiza mediante un conector JST de 2 pines y 0.0049in, también fue importante verificar los pines a utilizar para evitar problemas con la tarjeta de desarrollo ya que son muy sensibles.

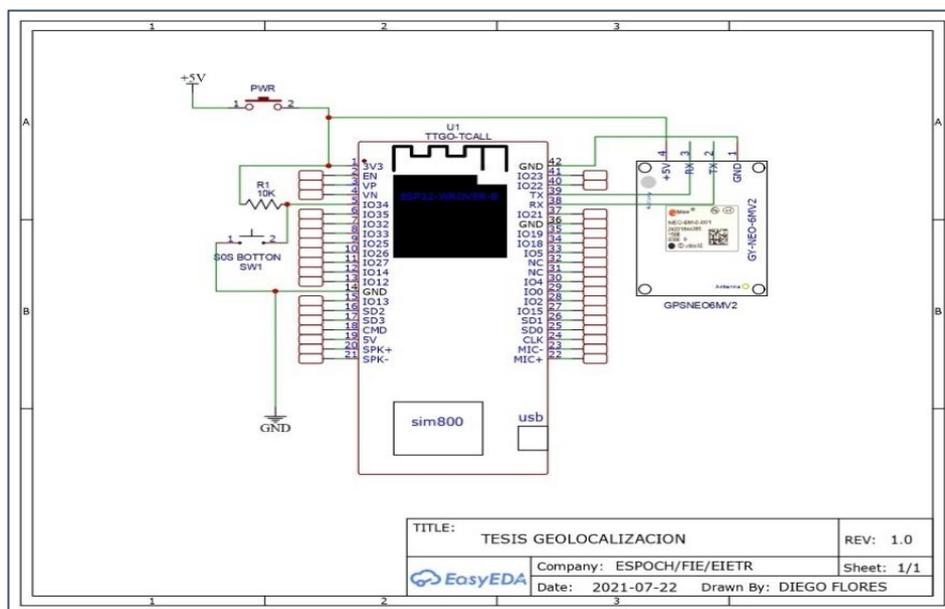


Figura 14-3: Conexiones de Lilygo con el módulo GPS y demás componentes.

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Posterior luego de realizar el esquemático del prototipo se construyó dimensionando y encaminando las conexiones en una placa PCB de 2 capas usando la herramienta EasyEDA , en ella existen múltiples librerías disponibles para utilizar, también existe la posibilidad de crear un elemento desde cero o utilizar librerías de otras personas que comparten sus creaciones. Todo esto fue con el objetivo de poder obtener un dispositivo final portable

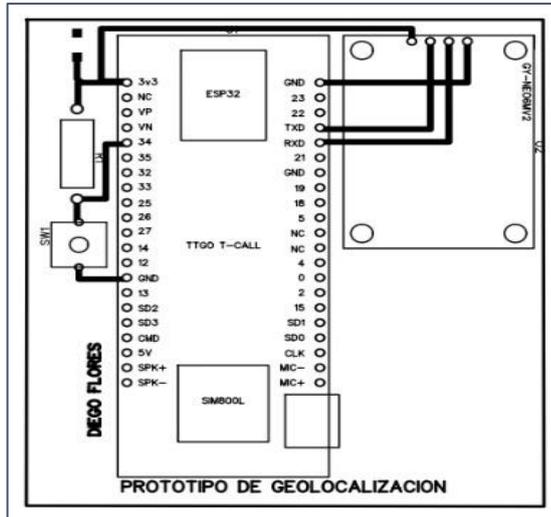


Figura 15-3: Vista de las pistas y huecos del circuito impreso PCB
Realizado por: Flores, Diego, 2021

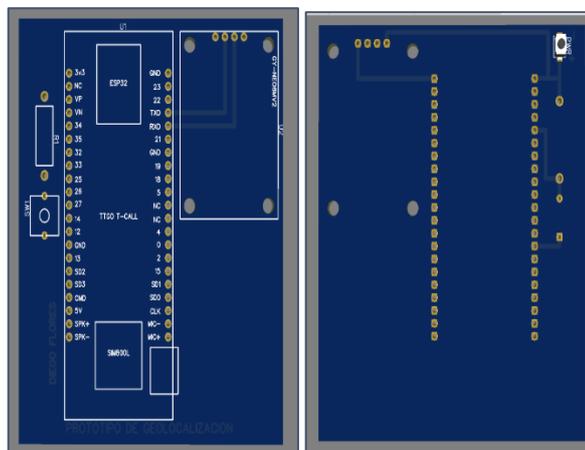


Figura 16-3: Vista 3D de las 2 capas del PCB
Realizado por: Flores, Diego, 2021

Para evitar exista interferencia entre la energía y las antenas tanto del GPS como del GSM se ubicaron contrarias y alejadas, logrando así tener una mejor recepción de la señal del satélite como de telefonía.

3.8. Desarrollo de la aplicación móvil.

Como se mencionó anteriormente la Plataforma Blynk facilita el desarrollo de las aplicaciones móviles gracias a que en si incluye widgets los cuales únicamente se necesita arrastrar asignar un nombre el tipo de entrada para la creación de la aplicación se sigue los siguientes pasos:

1. Primeramente, se creó un nuevo proyecto. Asignó un nombre al proyecto, seleccionó la tarjeta de desarrollo y el tipo de conexión.

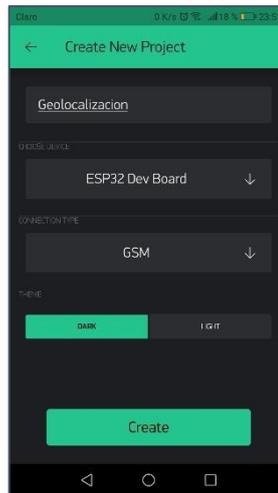


Figura 17-3: Creación del proyecto en la Aplicación Blynk

Realizado por: Flores, Diego, 2021

2. Se debió ubicar en símbolo \oplus y agregar los widgets con los siguientes parámetros: Seleccionar el widget “Map”, este widget nos permitimos geolocalizar en el mapa de Google mediante las coordenadas que se obtengan previamente.

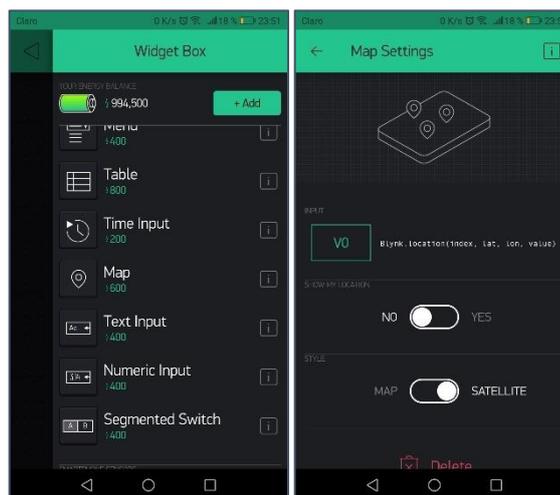


Figura 18-3: Configuración del Widget Map

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Posteriormente se seleccionó 5 widgets Value Display los cuales nos sirvieron para mostrar los datos obtenidos por el módulo GPS, los valores a mostrar fueron: Latitud (Latitude), Longitud (Longitude), Velocidad (Speed), Dirección (Direction) y el número de satélites (Satellites). En

cada variable la entrada fue mediante Pin Virtual va desde V1 hasta V5 respectivamente, además la tasa de lecturas se actualiza cada 15.

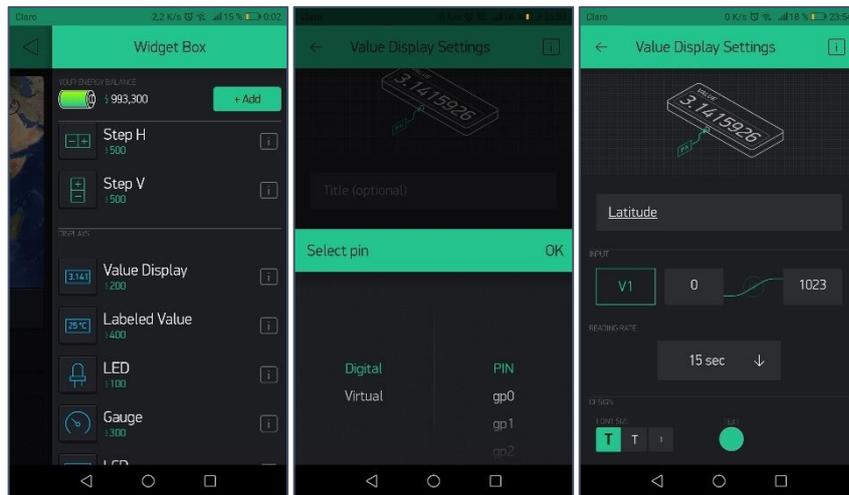


Figura 19-3: Configuración del Widget Value Display

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Se obtuvo los widgets deseados los cuales nos permiten desde el teléfono monitorear el dispositivo, existen en Blynk muchos más widgets que se podrían agregar como son reportes, graficas en tiempo real, Terminal, Notificaciones, tablas, interfaces, Numeric Input para el área de aceptabilidad, entre otros widgets que permitieron tener una aplicación aún mejor.

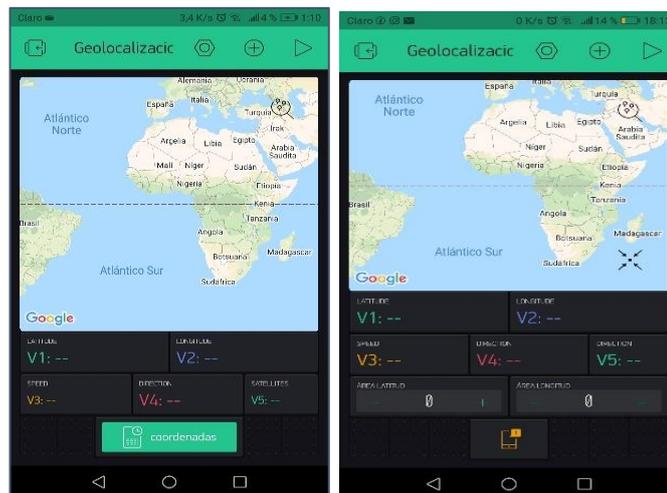


Figura 20-3: Aplicación para Geolocalización terminada

Realizado por: Flores, Diego, 2021

3. Finalmente darle al botón de ▷ y se esperó que los datos obtenidos del satélite empezasen a mostrarse en los widgets previamente configurados.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo de geolocalización. Se realizó una comparación con prototipos comerciales para comprobar los requerimientos del sistema logrados y finalmente se presenta la factibilidad y análisis económico.

4.1. Obtención de las coordenadas y alertas

Como resultado de la comunicación entre los módulos la tarjeta de desarrollo y diversas tecnologías que intervienen se obtuvo ya los datos tanto en la plataforma que nos servirá como Base de Datos así mismo en la aplicación móvil.

Como se observa en la Figura 1-4. Cada variable de los Field (Latitude y longitude) que fueron usados tienen una gráfica temporal y un Display numérico de los datos que llegan. Thingspeak fue configurada para recibir las coordenadas de latitud y longitud cada 15 segundos.

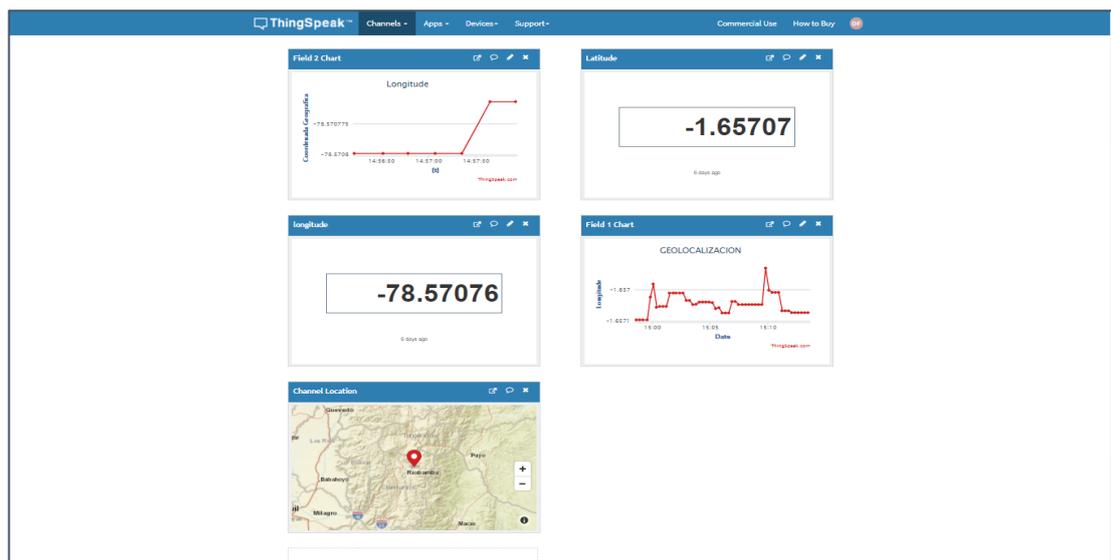


Figura 1-4: Primeros datos obtenidos en ThingSpeak

Realizado por: Flores, Diego, 2021

ThingSpeak además permitió exportar los datos almacenados en diversos formatos: JSON, XML, CSV. También permite la visualización de las gráficas en el software Matlab para tener una mejor interpretación.

Al igual que en la plataforma de ThingSpeak los datos de las coordenadas obtenidas en la aplicación móvil Blynk se actualiza cada 15 segundos o menos si se requiere de una actualización más rápida se puede configurar tanto en el código como en las aplicaciones.

Se tiene 2 formas de vista en satélite y en mapa la más recomendable es en vista de mapa ya que ahí nos mostraba como referencia lugares cercanos a la ubicación, las calles específicas entre otras cualidades de ese modo de vista.

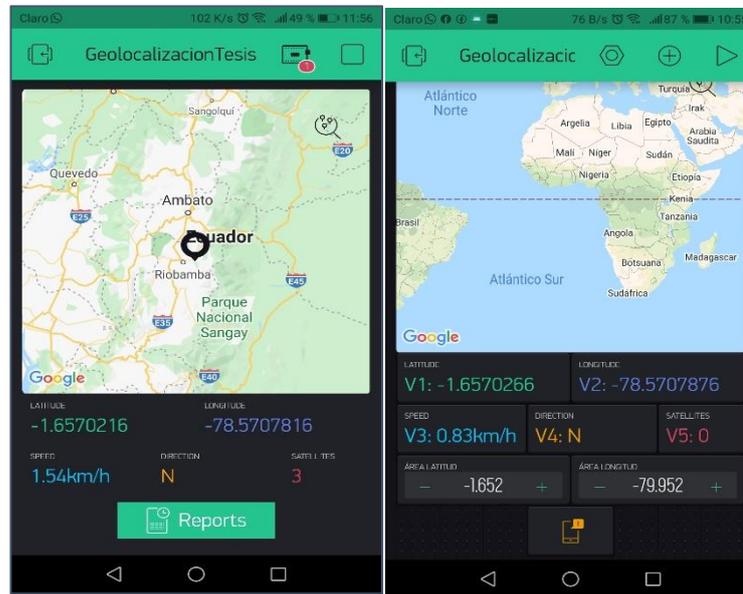


Figura 2-4: Primeros datos obtenidos en la aplicación móvil Blynk.

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Como un valor agregado la otra forma que se logró obtener la localización y es independiente no requiere del internet para el envío de la ubicación fue mediante un mensaje de texto SMS en el cual la persona adulta mayor únicamente necesita aplastar un botón de SOS, en este mensaje incluye un link ([https://maps.google.com/maps?q="](https://maps.google.com/maps?q=) latitud" +" longitud") que al hacer clic nos direcciona a la aplicación de Google Maps en el teléfono y nos muestra la localización geográfica de donde se encontraba ubicada la persona en ese instante que accionó el botón de SOS. Una vez se obtuvo la ubicación fue posible realizar una ruta hacia el lugar, permitiendo conocer la distancia a la que se encuentra, las diferentes rutas de acceso y el tiempo estimado de llegada hacia el lugar.

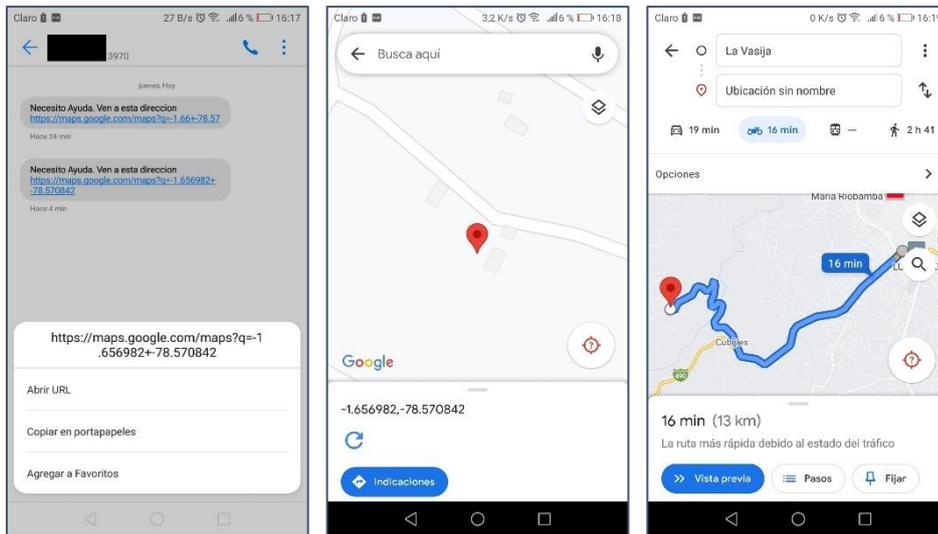


Figura 3-4: Mensaje de SOS con enlace de localización.

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Con estos datos obtenidos con la base de datos y con un exhaustivo análisis de los datos se pueden crear alertas tempranas, preventivas y monitoreo de la persona adulta mayor en base a eventos y movimientos que se tenga.

Una de las alertas que se logró crear es si la persona ha salido de una determinada área de aceptabilidad. Según el Instituto de Estadísticas y Censos el promedio de espacio de una vivienda es de 128m². (Calle y Ortega, 2010) mencionan si la persona se encuentra en centros de acogida de adultos mayores el área de aceptabilidad debe aumentar entre 100 a 200 metros debido a que estos centros poseen terrenos muy grandes de un promedio de 2000m².

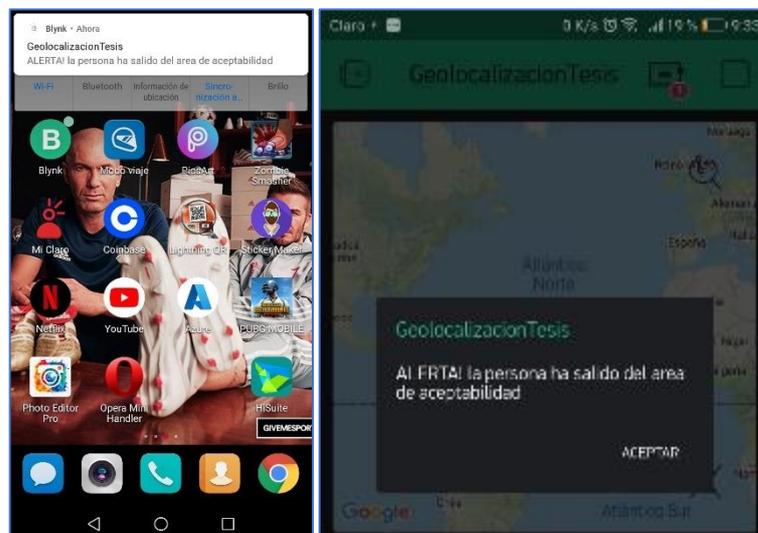


Figura 4-4: Alerta de fuera del área de Aceptabilidad mediante notificaciones Push.

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Otras alertas importantes que fueron agregadas gracias a la facilidad que nos brinda Blynk en el desarrollo de las aplicaciones móviles.

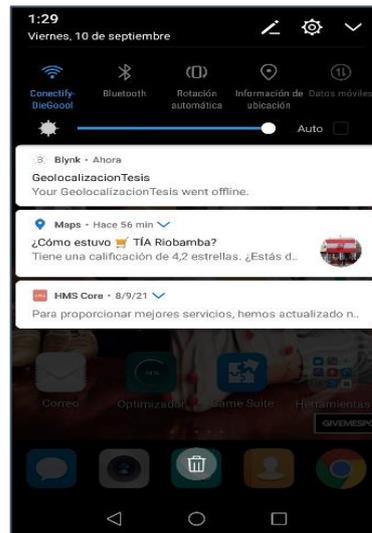


Figura 5-4: Alerta de dispositivo desconectado mediante notificación Push
 Realizado por: Flores, Diego, 2021

La Figura 5-4 nos muestra una alerta mediante notificaciones push que se generó el momento que el dispositivo perdió la conexión.

4.2. Precisión del Prototipo

Para el análisis de la precisión y exactitud que nuestro prototipo desarrollado tiene, se tomó un tamaño de muestras sin considerar a la población según (Torres, 2010 citado en Diaz y Rojas, 2021).

$$n = (z^2 * p * q) / E^2 \quad (1 - 4)$$

Donde:

n: Tamaño de muestra buscado

z: Parámetro estadístico de confianza

p: Probabilidad que ocurra el evento <5m

q: Probabilidad que no ocurra el evento estudiado >5m

E: Error estimado máximo aceptado

Si el intervalo de confianza es del 95% nuestro parámetro z es igual a 1.96, con un error estimado del 5%, la probabilidad que de tener una distancia menor a 5m es del 98% y la probabilidad que no ocurra el evento es (1-p) = 2% entonces se logró sacar el número de muestras que se necesitaron. Remplazando los datos en nuestra formula se obtuvo que:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.98 * 0.02}{0.05^2} = 30.118 \text{muestras}$$

Como en número de muestras debe ser un valor entero se consideró 31 muestras.

Con las 31 muestras fue necesario sacar un valor promedio o media de los datos para así con un punto de referencia obtener la precisión de la distancia en metros.

Para ello se utilizó la fórmula de distancia entre dos puntos geográficos:

$$d = (111.18) * d^{\circ}[km] \quad (2 - 4)$$

Donde:

$$d^{\circ} = \arccos[\sin(lat1)\sin(lat2) + \cos(lat1)\cos(lat2)\cos(lon2 - lon1)] \quad (3 - 4)$$

reemplazando la ecuación (3-4) en la ecuación (2-4) se obtiene la distancia entre los 2 puntos geográficos en kilómetros, si se desea obtener en metros únicamente se multiplica este resultado $d[m]=d[km]*1000$.

Para comprobar la precisión del sistema de geolocalización se realizó varias mediciones y tomas de datos en diversos escenarios.

- **Caso 1: Lugar cerrado**

Como primera medición se la realizó dentro del hogar en una habitación cerrada con 3 ventanas de aproximadamente 1m x 1m. La fecha de la recolección de datos fue del día 13 de agosto del 2021 en la hora mostrada a continuación. El arranque en frío del dispositivo fue aproximadamente 4 minutos y nos dio como resultado los siguientes valores.

Tabla 1-4: Muestras obtenidas en el Caso 1

Muestra	Latitud	Longitud	Hora GMT-05
1	-1,656981	-78,57075	10:11:38
2	-1,656981	-78,570751	10:11:55
3	-1,656981	-78,570751	10:12:12
4	-1,656981	-78,570751	10:12:30
5	-1,656981	-78,570751	10:12:47
6	-1,656981	-78,570751	10:13:04
7	-1,656981	-78,570751	10:13:22
8	-1,656981	-78,570751	10:13:39
9	-1,656981	-78,570746	10:13:56
10	-1,656985	-78,570749	10:14:13
11	-1,656987	-78,570744	10:14:32
12	-1,656987	-78,570744	10:14:50
13	-1,656987	-78,570744	10:15:17
14	-1,656988	-78,570742	10:15:34
15	-1,656988	-78,570742	10:15:51
16	-1,656988	-78,570742	10:16:09
17	-1,656988	-78,570742	10:16:26
18	-1,656993	-78,570747	10:16:43
19	-1,656993	-78,570747	10:17:01
20	-1,656993	-78,570747	10:17:18
21	-1,656986	-78,570763	10:17:35
22	-1,656987	-78,57076	10:17:52
23	-1,656987	-78,57076	10:18:11

24	-1,656989	-78,570764	10:18:18
25	-1,656989	-78,570764	10:18:34
26	-1,656989	-78,570764	10:18:51
27	-1,656989	-78,570763	10:19:08
28	-1,65699	-78,570753	10:19:34
29	-1,65699	-78,570753	10:19:51
30	-1,65699	-78,570755	10:20:08
31	-1,65699	-78,570755	10:20:25

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

De la tabla obtenida se realizó una gráfica con Matlab para representar en un plano los puntos, también se obtuvo una media y en base a un punto de referencia se logró sacar la distancia de error respecto a la media.

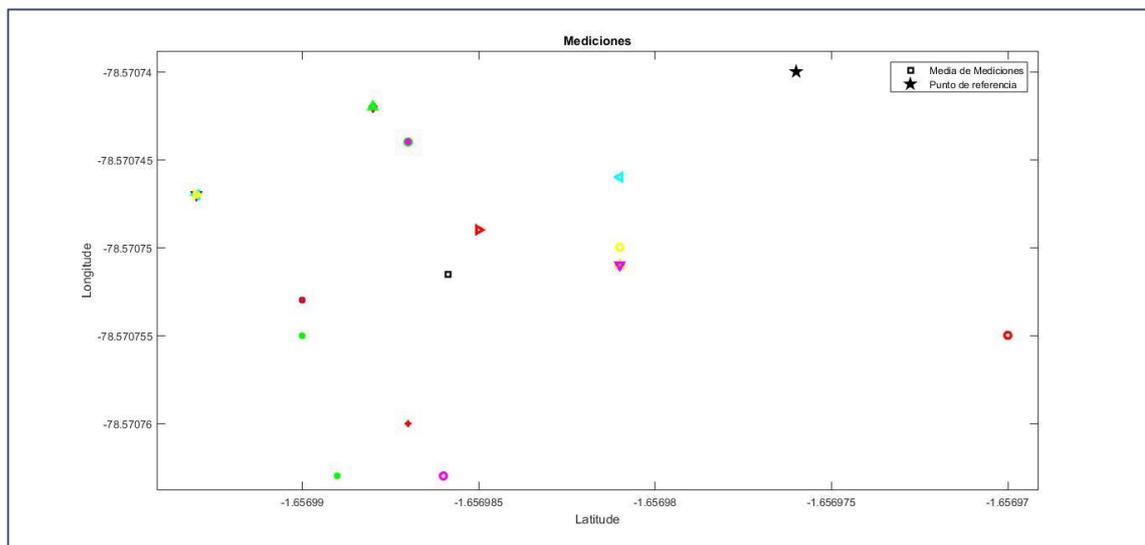


Figura 6-4: Representación de las mediciones Caso I, el promedio de las mediciones y el punto de referencia

Realizado por: Flores, Diego, 2021

El valor de media obtenido fue de (-1.656986,-78.57075152), el punto de referencia fue (-1.656976,-78,570740). Con estos datos se aplicó la fórmula mencionada anteriormente para el cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos.

La distancia que nos quedó como resultado de la media y el punto de referencia es de 1,10 metros.

- **Caso 2: Aire libre-cielo despejado**

Como segundo escenario se comprobó la precisión en un lugar abierto con vista directa al cielo, se evaluó bajo las mismas condiciones que el primer caso. La fecha de toma de datos fue el 20 de agosto del 2021 en la hora especificada en la Tabla 2-4.

En este caso el arranque en frío del dispositivo fue de 2 minutos aproximadamente, menor que en el primer caso ya que las condiciones son más favorables existe visión de los satélites sin obstáculo alguno y no existió presencia de nubes en el cielo.

Tabla 2-4: Muestras obtenidas en el Caso II

Muestra	Latitud	Longitud	Hora GMT-05
1	-1,656900	-78,570649	10:21:53
2	-1,656900	-78,570649	10:22:12
3	-1,656892	-78,570652	10:22:27
4	-1,656895	-78,570648	10:22:46
5	-1,656896	-78,570645	10:23:03
6	-1,656887	-78,570625	10:23:23
7	-1,656891	-78,570627	10:23:40
8	-1,656893	-78,570635	10:23:59
9	-1,656897	-78,570646	10:24:18
10	-1,656898	-78,570650	10:24:37
11	-1,656896	-78,570655	10:24:54
12	-1,656884	-78,570650	10:25:14
13	-1,656881	-78,570646	10:25:33
14	-1,656886	-78,570649	10:25:51
15	-1,656895	-78,570651	10:26:17
16	-1,656891	-78,570650	10:26:35
17	-1,656891	-78,570650	10:26:53
18	-1,656891	-78,570650	10:27:11
19	-1,656891	-78,570650	10:27:43
20	-1,656883	-78,570649	10:28:04
21	-1,656883	-78,570649	10:28:22
22	-1,656883	-78,570649	10:28:41
23	-1,656883	-78,570649	10:29:04
24	-1,656890	-78,570647	10:29:24
25	-1,656895	-78,570641	10:29:39
26	-1,656894	-78,570641	10:29:57
27	-1,656893	-78,570639	10:30:16
28	-1,656892	-78,570640	10:30:34
29	-1,656891	-78,570640	10:30:52
30	-1,656891	-78,570641	10:31:10
31	-1,656897	-78,570642	10:31:27

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

De la tabla obtenida se realizó una gráfica con Matlab para representar en un plano los puntos de las mediciones tomadas, también se obtuvo una media y en base a un punto de referencia se logró sacar la distancia de error respecto a la media.

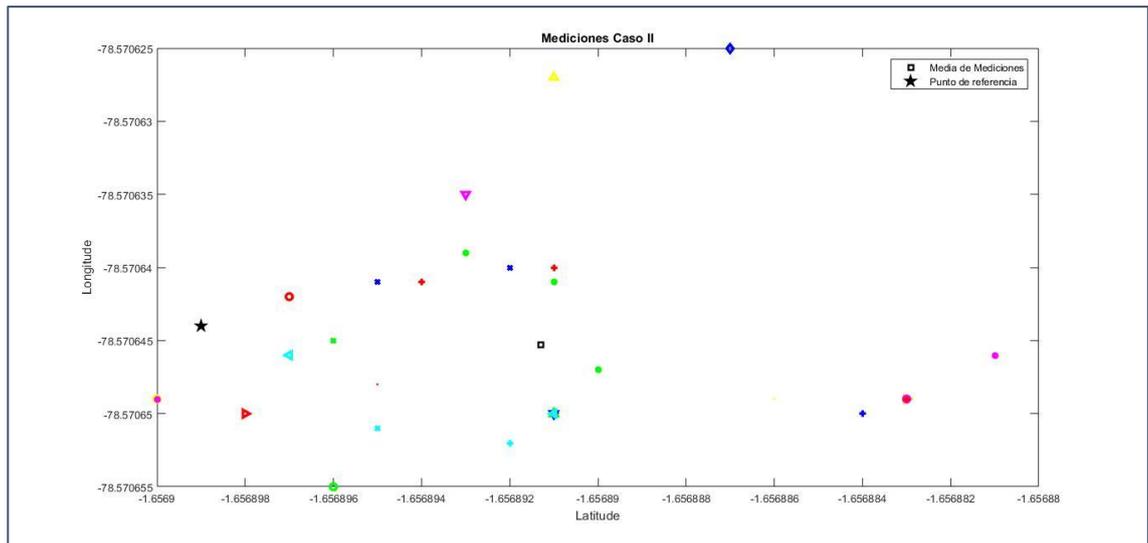


Figura 7-4: Representación de las mediciones Caso II, el promedio de las mediciones y el punto de referencia

Realizado por: Flores, Diego, 2021

El valor de media obtenido para este caso fue de (-1.6569,-78.5706), el punto de referencia fue (-1.656899,-78.570644). Con esto se aplicó la fórmula del primer caso para el cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos.

La distancia que nos quedó como resultado de la media y el punto de referencia es de 0.86 metros.

- **Caso 3: Aire libre -Cielo nublado lluvioso**

Como tercer escenario se comprobó la precisión en un lugar abierto con vista directa al cielo, pero con nubosidad densa, se evaluó bajo las mismas condiciones que el primer y segundo caso. La fecha de toma de datos fue el 18 de agosto del 2021 en la hora especificada en la Tabla 3-4.

En este caso el arranque en frío del dispositivo fue de 4 minutos aproximadamente esto debido a las condiciones climáticas del momento en realizar las mediciones.

Tabla 3-4: Muestras obtenidas en el Caso III

Muestra	Latitud	Longitud	Hora GMT-05
1	-1,657020	-78,570779	11:14:25
2	-1,656995	-78,570813	11:14:48
3	-1,656995	-78,570813	11:15:11
4	-1,656995	-78,570813	11:15:35
5	-1,657027	-78,570765	11:15:57
6	-1,657027	-78,570765	11:16:19
7	-1,657026	-78,570767	11:16:42
8	-1,657074	-78,570761	11:17:04
9	-1,657025	-78,570811	11:17:55
10	-1,657025	-78,570811	11:18:18

11	-1,656921	-78,570733	11:18:41
12	-1,656912	-78,570665	11:19:03
13	-1,656912	-78,570665	11:19:25
14	-1,656901	-78,570659	11:19:48
15	-1,656901	-78,570659	11:20:10
16	-1,656901	-78,570659	11:21:03
17	-1,656901	-78,570657	11:21:25
18	-1,656901	-78,570657	11:21:47
19	-1,656909	-78,570656	11:22:09
20	-1,656906	-78,570654	11:22:32
21	-1,656900	-78,570650	11:22:54
22	-1,656894	-78,570649	11:23:16
23	-1,656896	-78,570655	11:23:38
24	-1,656894	-78,570660	11:24:01
25	-1,656894	-78,570660	11:24:23
26	-1,656894	-78,570660	11:24:46
27	-1,656892	-78,570652	11:25:09
28	-1,656892	-78,570652	11:25:32
29	-1,656892	-78,570652	11:25:53
30	-1,656892	-78,570652	11:26:16
31	-1,656892	-78,570648	11:26:38

Realizado por: Flores, Diego, 2021

El valor de media obtenido fue de (-1.6569,-78.5707), el punto de referencia fue (-1.656917,-78.570669). Con esto se empleó la formula del primer y segundo caso para el cálculo de la distancia entre dos puntos geográficos.

La distancia que nos quedó como resultado de la media y el punto de referencia fue de 2,46 metros.

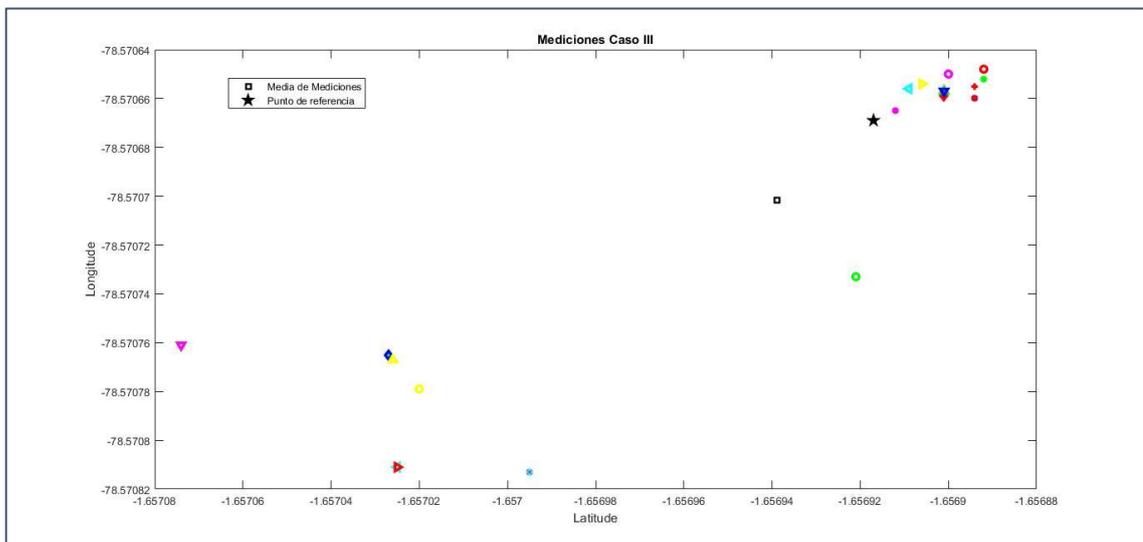


Figura 8-4: Representación de las mediciones Caso III, el promedio de las mediciones y el punto de referencia

Realizado por: Flores, Diego, 2021

Se logró evidenciar un error de distancia respecto al primer y segundo caso mayor debido a que las condiciones climáticas no favorecieron a la obtención de nuestra ubicación. Aun así, la distancia obtenida del resultado de la media de mediciones y el punto de referencia es muy bueno y superó las expectativas.

4.3. Periodo de Prueba

Con el fin comprobar el correcto funcionamiento del sistema, detectar errores en componentes electrónicos y en la programación se realizó pruebas del prototipo durante 3 días. Es importante que la tarjeta de desarrollo este optimizada la programación a utilizar para que la batería logre un tiempo de funcionamiento mayor.

Tabla 4-4: Pruebas del sistema

Fecha	Tiempo de Funcionamiento	Voltaje Inicial de las pruebas (Voltios)	Voltaje final de las pruebas (Voltios)	Paquetes enviados.
19/08/2021	De 11:10 am a 2:10pm	4.02	3.60	293
19/08/2021	De 7:50 pm a 10:50 pm	4.01	3.65	296
20/08/2021	De 1:30pm a 4:30pm	4.02	3.55	445
21/08/2021	De 3:10pm a 5:10pm	4.04	3.45	311

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

Uno de los principales problemas detectados es en modulo GPS el cual incluye una pequeña pila MS621FE que le sirve para almacenar datos, la cual debido al tiempo que han pasado guardadas hasta adquirirlas y que entren en funcionamiento tienen un pequeño desgaste. La solución fue soldar una nueva pila con similares características a la original. También debido a la manipulación el cable de la antena GPS se desoldó por lo que se procedió a realizar un cambio de cable.

Otro problema detectado es la longitud en el periodo de prueba existió un dato que no concordaba ya que el valor de longitud era 0, esto se debió a una desconexión temporal en el módulo GPS por un instante debido a la falla en la pila mencionada anteriormente.

Sin embargo, luego de estos problemas presentados en las pruebas correspondientes tanto la aplicación móvil Blynk como nuestra base de datos ThingSpeak funcionaron correctamente. Al igual el botón de SOS se utilizó sin presentar inconveniente alguno.

El dispositivo necesita 2.7-3.6 voltios de alimentación para que funcione correctamente y basándonos en el consumo de las pruebas se puede deducir que este se apaga después de funcionar 6 horas, por lo que fue necesario mejorar la optimización y trabajar en modos sleep.

En lo que respecta calentamiento el dispositivo funcionó correctamente y no mostró un calentamiento a considerar en las pruebas.

4.4. Mediciones de Retardo

El retardo no es más que el tiempo que ocurre a partir del envío de datos hasta ser recibidos en el destino. El retraso permitió determinar la calidad de la red, cuando menor es el retardo mejor será la calidad de la red y viceversa.

El retraso o retardo esta dado por la siguiente formula:

$$\text{Retraso} = \text{Hora de llegada de datos} - \text{hora de entrega de datos}$$

La siguiente prueba se realizó visualizando en el monitor serial el momento que la tarjeta de desarrollo envía los datos, mientras que en la plataforma ThingSpeak se visualizó la hora de llegada de los datos.

Tabla 5-4: Mediciones de retardo (Delay measurement).

Dato	Hora de envío (Tarjeta de desarrollo Ttgo T-call ESP32)	Hora de llegada (Plataforma ThingSpeak)	Retraso [ms]
1	10:51:43.153	10:51:45	1847
2	10:52:04.220	10:52:07	2780
3	10:52:25.779	10:52:29	3221
4	10:52:47.137	10:52:49	1863
5	10:53:08.114	10:53:11	2886
6	10:53:29.461	10:53:31	1539
7	10:53:50.719	10:53:53	2281
8	10:54:11.708	10:54:14	2292
9	10:54:32.713	10:54:35	2287
10	10:54:54.301	10:54:56	1699
11	10:55:15.293	10:55:18	2707
12	10:55:36.904	10:55:39	2096
13	10:55:58.534	10:56:01	2524
14	10:56:19.581	10:56:23	3419
15	10:56:41.849	10:56:44	2151
16	10:57:03.073	10:57:06	2927
17	10:57:24.406	10:57:27	2594
18	10:57:45.471	10:57:48	2529
19	10:58:07.207	10:58:09	1793
20	10:58:28.232	10:58:30	1768
21	10:58:49.912	10:58:51	1088
22	10:59:10.875	10:59:12	1125
23	10:59:31.838	10:59:35	3162
24	10:59:53.133	10:59:56	2867
25	11:00:15.005	11:00:17	1995
26	11:00:36.406	11:00:39	2594
27	11:00:57.775	11:01:01	3225
28	11:01:19.451	11:01:23	3549
29	11:01:40.488	11:01:43	2512
30	11:02:01.457	11:02:04	2543
31	11:02:23.224	11:02:26	2776

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

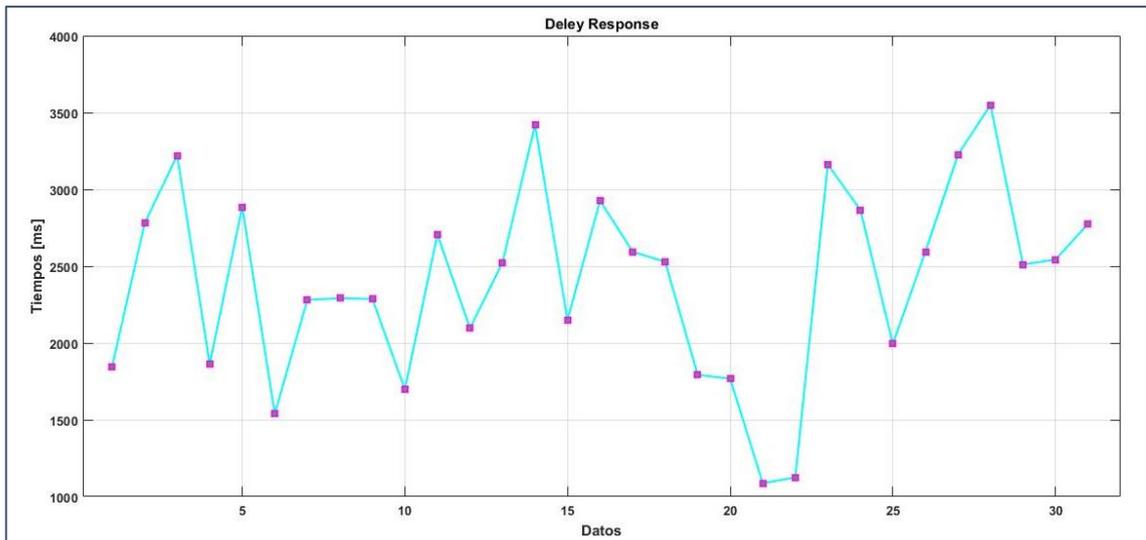


Figura 9-4: Pruebas de Delay Response

Fuente: FLORES, Diego, 2021.

La prueba realizada enviando 31 datos usando la red 2G que se caracteriza por tener latencias entre 500ms y 1 segundo. Se evidenció tanto en la Figura 9-4 como en la tabla 5-4 que el retardo que existió desde el envío de los datos desde la tarjeta TTGO T-call hasta ser almacenadas y mostradas en la plataforma IoT los retardos son mayores a los 1000 milisegundos esto fue debido a diversos factores como a la distancia respecto de la estación base, condiciones climáticas, efecto rebote de la señal, procesamiento de la plataforma, entre otros factores que crean un retardo mayor.

4.5. Prueba de Geolocalización en actividades de tiempo real.

La prueba de seguimiento se realizó desde las calles Monseñor A. machado 20-40 y Juan de Velasco hasta llegar al hospital Geriátrico Dr. Bolívar Arguello de la ciudad de Riobamba.

De los datos guardados en ThingSpeak se extrajeron y mediante Matlab se generó un archivo KML que permitió visualizar en Google Earth el recorrido realizado. Todo esto con el fin de tener una mejor interpretación debido a que la plataforma si bien tiene visualizaciones mediante un plugin con un mapa propio este no está tan desarrollado como lo es Google Earth.

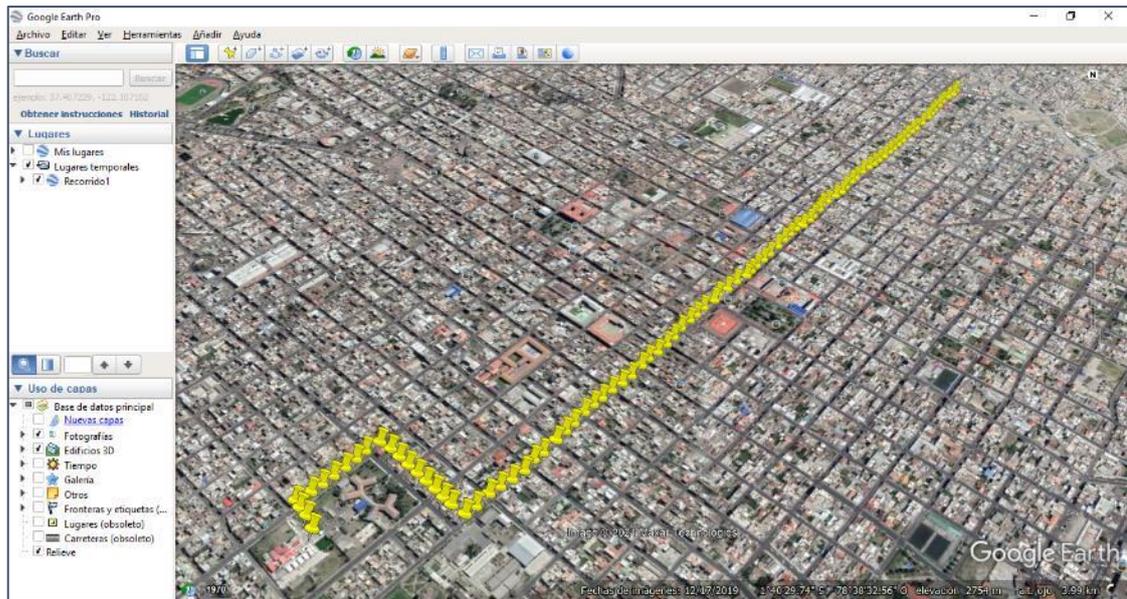


Figura 10-4: Pruebas de recorrido

Fuente: Autor, 2021

La distancia de recorrido fue aproximadamente 2.4 Kilómetros en los que se pudo comprobar que los puntos de geolocalización que se muestran en la figura 10-4 corresponde a recorrido. Fueron en total 91 puntos de geolocalización en un tiempo de 28min que duro aproximadamente el recorrido.

4.6. Comparativa entre Sistemas en el mercado vs Prototipo desarrollado

Una vez conocido todas las características propias del prototipo desarrollado fue conveniente comparar con sistemas que están en el mercado para determinar varios factores que permitan

Tabla 6-4: Prototipo Desarrollado Vs Dispositivos del mercado

Sistema	Prototipo Propuesto	Jimi Qbit Mini GPS	Jimi Q2	SOS-COM3
Características				
Tecnología móvil	2G	2G	2G	2G
SoS de emergencia	Si, con enlace a Google Maps	Si	Si	Si con enlace a Google Maps
Dimensiones [mm]	68x75x18	45x45x16	69x41x16	66x37x16
Precisión [metros]	<2.5	<10	<10	[10-15]
TTFB (cielo despejado)	<2min	<32seg	<32seg	<32seg
Batería [mA]	900 Li-Po	500 Li-Po	900 Li-Po	500 Li-Po
Tiempo de cada posicionamiento	15seg	Hasta 10 min	Hasta 10min	Hasta 10min

Plataformas de monitoreo	Blynk-ThingSpeak-Google Maps	Track Solid-Google Maps	Track solid-Google Maps	Google Maps
Precio [\$ dólar americano]	\$100	\$129	\$152,22+envío	\$70,19+envío
Alertas	Área de Aceptabilidad, Desconexión	Geo- Cerca, Batería Baja	Batería baja, Cambio de SIM, Caída, Geo-cerca	Frecuencia cardiaca, Presión sanguínea, Geo-cerca
Sistema de posicionamiento	GPS (Escalable a WIFI y A-GPS)	GPS+WIFI+LBS	GPS+WIFI+LSB	GPS+LSB+WIFI
Tipo de SIM	Nano SIM	Nano SIM	Nano SIM	Micro SIM
Carga mediante	USB-C	USB 2.0	USB 3.0	Micro USB
Entorno Operativo	IP00	IPX5	IP65	IP67
Área de aplicación	Cuidado de ancianos con problemas de desorientación	Seguridad infantil- Cuidado de ancianos	Seguridad Infantil, Cuidado de ancianos, Tracking Vehicular	Cuidado de Personas mayores - Alzheimer
Lugar de colocación del dispositivo	Cuello	Cuello-Bolcillo	Cuello-Bolcillo	Muñeca
Imagen de Referencia				

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

De la tabla 6-4 se pudo observar que el prototipo propuesto está a la par con los dispositivos comerciales a pesar de como su nombre lo indica un prototipo y aún tiene mucho que mejorar hasta su lanzamiento comercial. En algunas características el prototipo está por debajo, pero en otras sobresale de los demás.

4.7. Análisis Económico

En este apartado se determinó si el prototipo es factible para el uso en adultos mayores, Basado en (Diaz & Rojas, 2021): El costo fijo, variable y el punto de equilibrio son las variables de evaluación para determinar la viabilidad de un proyecto.

4.7.1. Costos de Materiales y Módulos

Para la implementación del prototipo en el capítulo anterior se realizó la debida selección de la tarjeta de desarrollo y módulos que cumplan con las necesidades del proyecto, estas necesidades fueron especialmente la priorización de costos para lograr un costo bajo.

Tabla 7-4: Materiales para la implementación del Prototipo

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Total
Tarjeta de desarrollo Lilygo Ttgo T-call Esp32	1	\$26	\$26
Chip Móvil Claro	1	\$3	\$3
Modulo GPS NEO-6m	1	\$10	\$10
Resistencia 10K ohm	1	\$0.05	\$0.05
Pulsador 2P	1	\$0.15	\$0.15
Interruptor deslizable	1	\$0.25	\$0.25
Batería Lipo 3.7V	1	\$9.50	\$9.50
Placa PCB (Fabricación Propia)	1	\$4	\$4
Colgante	1	\$0.50	\$0.50
		Total	\$53.45

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

4.7.2. Costos de Mano de Obra

El tiempo que demora una persona en ensamblar un prototipo es de 2 horas, contando con todas las materias primas correspondientes a su alcance. Según datos el salario por mano de obra por hora de un Ingeniero Eléctrico/Electrónico es de \$ 4,08 la hora.

No existe fórmula para determinar la ganancia para el creador por invención del prototipo, es por ello por lo que se estimó por cada prototipo un 10% del valor final, es decir un costo fijo para el inventor de 10\$ por prototipo. A mayor prototipos creados y puestos en el mercado mayor ganancia para cubrir el esfuerzo y tiempo dedicado a la invención.

Tabla 8-4: Mano de obra e Invención del Prototipo

Tipo de Costo	Cantidad de horas	Precio Unitario por Hora	Total
Mano de Obra	2	\$4.08	\$8.16
Invención del Prototipo	n/a	n/a	\$10
		Total	\$18.16

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

4.7.3. Proyecto

Los valores finales tomados en cuenta se detallan a continuación:

Tabla 9-4: Precio Total del Proyecto

Inversión	Valor
Prototipo	\$53.45
Mano de obra e Invención del Prototipo	\$18.16
Servicio Móvil (Mensual)	\$10.00
Blynk Energy (Un solo pago)	\$6.90
ThingSpeak	\$0.00
TOTAL	\$ 88.51

Realizado por: FLORES, Diego, 2021

De la Tabla 9-4 se reflejó el costo final del prototipo incluido el servicio de telefonía móvil que puede variar dependiendo de la operadora seleccionada y la base de datos ThingSpeak la cual la prueba gratuita que ofrece es suficiente para los requerimientos.

- **Costo Fijo**

Son gastos que no están sujetos a cambio sensibles y pueden mantenerse constantes durante un largo periodo de tiempo.

- **Costo Variable**

Son gastos que se modifican en relación con la actividad de producción generada, es decir si se anula la producción no hay costo variable y si se produce muchas unidades el costo variable es alto.

- **Punto de equilibrio**

Es un indicador de solvencia y rentabilidad en el que la empresa consigue cubrir la totalidad de sus costos obteniendo beneficio cero (Universidad Veracruzana, 2013).

$$Q_e = \frac{C_F}{(P - C_v)} \quad (4 - 4)$$

Donde:

Q_e : Es el punto de equilibrio

C_f: Es el costo fijo

C_v: Es el Costo Variable

P: Precio Unitario

De la tabla 9-4 se obtuvo los valores para sacar el punto de equilibrio para el prototipo fue de la siguiente forma.

$$Q_e = \frac{71.61}{(100 - 16.90)} = 0.86$$

El precio de los dispositivos de similares características como los mostrados en la tabla 6-4 rondaba un promedio de \$125 dólares por lo que el prototipo es viable en precio y competitivo en el mercado. Y las ganancias por equipo rondaría el 13.83%.

CONCLUSIONES

El prototipo desarrollado es un sistema versátil y de bajo costo, su elemento principal es la tarjeta de desarrollo Lilygo Ttgo t-Call ESP32 la cual permite tener un sistema embebido de geolocalización permitiendo la visualización de los datos obtenidos y monitoreo en tiempo real de las personas adultas mayores con problemas de desorientación mediante aplicaciones móviles y plataformas IoT.

Si en algún momento por determinadas razones el uso de la tecnología de geolocalización es usada para fines no pacíficos, se puede modificar la precisión de los satélites alterando todos los prototipos que utilicen este sistema.

Se concluye el análisis del rendimiento del prototipo desarrollado en los que se puede notar que el módulo GPS Neo-6m es muy confiable y alcanza una diferencia de distancia respecto a un punto de referencia de alrededor de 1 a 3 metros, lo que indica que está siguiendo la hoja de características proporcionada con precisión.

La coexistencia entre diversas plataformas hace que el mundo del IoT sea mucho más sencillo y se pueda usar diversas plataformas con distinto enfoque a un prototipo.

Al realizar la respectiva comparación de equipos comerciales de Geolocalización de Adultos mayores y el prototipo desarrollado resulta económico y con múltiples ventajas que los dispositivos comerciales dando a notar que el prototipo supero las expectativas planteadas en un inicio de la investigación.

RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de cualquier proyecto es necesario seleccionar hardware que esté disponible en el país caso contrario elevaría el costo final del proyecto.

Seguir con el desarrollo y miniaturización del prototipo con el fin de buscar una comercialización en el mercado que sea accesible al público.

Comprar la última versión o a su vez actualizar el firmware de las tarjetas de desarrollo para permitir disfrutar de todas las funcionalidades que ofrecen sin ningún inconveniente.

Como un valor agregado se puede integrar a futuros trabajos otros sensores propios de la rama biomédica como: Sensores EMG, Sensores GSR, Sensor de ritmo cardiaco, entre otros para tener un monitoreo total del adulto mayor.

BIBLIOGRAFÍA

AGUGLIARO, F. *Introducción al sistema GPS: Principios de funcionamiento* [en línea]. s.f., pp. 8-10. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Victor-Corchete/publication/266136783_Topografia_por_satelite_GPS_Global_Positioning_System/links/54259a050cf26120b7acafe1/Topografia-por-satelite-GPS-Global-Positioning-System.pdf

ARISTASUR, *Cómo funciona el sistema de posicionamiento GPS*. [en línea]. España: AristaSur, 2014. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://www.aristasur.com/contenido/como-funciona-el-sistema-de-posicionamiento-gps>

BARRIO, A. *Internet de las cosas* [en línea]. Madrid-España: Editorial Reus, 2018. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/121519>

BENAVIDES, C. “Deterioro cognitivo en el adulto mayor”. *Revista Mexicana de anestesiología*, vol. 40, n° 2 (2017), (México) pp. 107-112.

CABELLO, L. “Geolocalización a través de direcciones IP”. *Revista de derecho UNED* [en línea], 2017, (España) 20(1). pp. 283-301. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:RDUNED-2017-20-5050/Geolocalizacion.pdf>

CALLE, C. & GUILLEN, L. Proyecto de inversión empresarial Guardería de Ancianos "Jardines Años Dorados" [en línea]. (Trabajo de titulación) (maestría). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2010. pp. 21-40. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1368/14/UPS-CT002233.pdf>

CAPDEVILA, J. *El Sistema de Posicionamiento Global (GPS)* [en línea]. 2018, pp. 3-27. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://ansenuza.unc.edu.ar/comunidades/bitstream/handle/11086.1/1258/El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTRO, D. & GONZÁLES, J. *Construcción de procedimientos para minimizar las vulnerabilidades a las que se ven expuestas las organizaciones (frente al IoT.)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2018. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/18134/1/17421632.pdf>

CHUQUIPUL, P. & IZAGUIRRE, C. Deterioro cognitivo y calidad de vida del adulto mayor de la asociación organización social del adulto mayor, Villa los reyes, Ventanilla 2018 [En línea] (Tesis). Universidad Privada Norbert Wiener, Lima, Perú. 2018. pp. 14-43. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2575/TESIS%20Chuquipul%20Pamela%20-%20Izaguirre%20Carito.pdf>

DATACENTRIC, *Cómo distinguir entre geolocalización y georreferenciación*. [en línea]. España: DATACENTRIC, s.f. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <https://www.datacentric.es/blog/geomarketing/diferencia-entre-geolocalizacion-y-georeferenciacion/>

DE CARVALHO, J. & RODRIGUES, J. & ALBERTI, A. & SOLIC, P. & AQUINO, A. “LoRaWAN — A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities” *IEEE (SpliTech)* [en línea], 2017, (Croatia) 2(1), pp. 1-6. [Consulta: 14 junio 2021]. ISBN 978-953-290-071-2. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8019271>

DEL VALLE, L. *NodeMCU tutorial paso a paso desde cero* [en línea]. 2018. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>

DIAZ, J. & ROJAS, J. Desarrollo de un dispositivo de rastreo para personas adultas mayores en una red IOT y CLOUD. [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Escuela Superior Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2021. pp. 4-39. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20238/1/UPS%20-%20TTS357.pdf>

ESCUADER-MOLLON, P. *Educación y calidad de vida en personas mayores* [en línea]. Madrid-España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions, 2014. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/106022>

EVANS, D. *Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo* [en línea]. 2011, pp. 4-11. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: <http://audentia-gestion.fr/cisco/IoT/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>

FALLAS, J. *Sistema de posicionamiento global* [en línea]. 2002, pp. 6-9. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/complementarias/Sistemas_de_posicionamiento_global.pdf

FONTAN, L. “La Enfermedad de Alzheimer: elementos para el diagnóstico. *Biomedicina*”. *Biomedicina* [en línea], 2012, (Uruguay) 7(1). pp. 34-43. [Consulta: 7 junio 2021]. ISSN 1510-9747 Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56290035/alzheimer-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1630705078&Signature=fzu-kywIuX0w7zv-UMIHAKvtYeVPUX38JqLtHknET8QJ9wWvj~SsLYnveUJj5GZPmJ1~eCPPC3X03vG7BHvUgAAw90ww~J4FLV8TUEPYL0reCSBWp7Xkxn2rXJ0ythLS6Z5UiVzZQKHE2R6Lb0RawlGWMtXF6rQwQubYdmKEUTHEoHK5huGTUt8GTEmcOvlhhSFmekaHuUhQpc2E5PyigtQ-cLOhXShLGSz6yBHWJLehrcwaRp0NNuwwq6UCtYZs7fetrJlqXBD0DduDU3vyVqyJh-Pr6Pzg2Utq3XH1WjhyiXzQFDKUyct1DaEkoYevWswI4Mrap3B4h01Z5Iv5HA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

GONZÁLEZ, A. IoT : Dispositivos , tecnologías de transporte y aplicaciones [en línea]. (tesis) (pregrado). Universitat Oberta de Catalunya. 2017. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/64286/3/agonzalezgarcia0TFM0617memoria.pdf>

ITU-T, Y.2060: Overview of the Internet of Things [en línea], 2012. Disponible en: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-S&type=items

LOUREIRO, R. *Estudio Plataformas IoT* [en línea]. 2015. [Consulta: 07 septiembre 2021]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/42812/6/rloureiroTFC0615memoria.pdf>

MARAGALL, F. *Las fases de la enfermedad de Alzheimer* [blog]. Dra. Nina Gramunt, sin fecha [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <https://blog.fpmaragall.org/las-fases-de-la-enfermedad-de-alzheimer>.

NAIRALAND. *New Bluetooth Update Allows For Direct Internet Access For Iot - Phones* [en línea]. Nigeria: Romoruyi, febrero 11, 2016 [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.nairaland.com/2927679/new-bluetooth-update-allows-direct>

NIETO, J. & SANTOS, L. & VARGAS, L. & SALINAS, S. “Geolocalización para pacientes con alzhéimer: una propuesta”. *Visión Electrónica* [en línea], 2017, (Colombia) 11(1). pp. 40-44. [Consulta: 7 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22484728.12791>

NOUSSA, C. Estudio de tecnologías inalámbricas para la localización y detección de actividad de personas [En línea] (Trabajo de Grado). Universidad del País Vasco, Euskadi-España. 2021. pp. 20-29. [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/50830/TFG_CDNOussa.pdf

PALLONI, A. & MCENIRY, M. & WONG, R. & PELAEZ, M. “The Tide to Come: Elderly Health in Latin America and the Caribbean”. *Journal of Aging and Health* [en línea], 2006, (Colombia) 18(2). pp. 180-206. [Consulta: 7 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0898264305285664>

PENALVA, J. *Placas Arduino/Genuino: guía de compras con modelos compatibles y kits de iniciación.* XATAKA [en línea]. 2016. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://www.xataka.com/makers/empezar-con-arduino-genuino-como-elegir-la-placa-modelos-compatibles-y-kits-de-iniciacion>

PISANO, A. Internet de las cosas (Tesis) (maestría). Universidad de San Andres, Buenos Aires, Argentina. 2018. pp. 22-30. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.ar/jspui/bitstream/10908/16159/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.%20M.%20Ges.%20Pisano%2c%20Ariel.pdf>

POZO, A. & RIBEIRO, A. & GARCIA, M. & GARCIA, L. & GUINEA, D. & SANDOVAL, F. *Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro* [en línea]. 2000, pp. 2-5. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <http://www.car.upm-csic.es/gpa-energia/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf>

RASPI.TV. Updated Pi Family Photo to include Pi 2 B. RasPi.TV [en línea]. 2015. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en: <https://raspi.tv/2015/updated-pi-family-photo-to-include-pi-2-b>

ROSE, K. & ELDRIDGE, S. & CHAPIN, L. *THE INTERNET OF THINGS:AN OVERVIEW* [en línea]. 2015, pp. 1-50. [Consulta: 07 junio 2021]. Disponible en: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>

SALTOS, J. Diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la FIE utilizando tecnologías basado en el Internet de las Cosas [en línea]. (Trabajo de titulación) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Riobamba-Ecuador. 2018. pp.

21-40. [Consulta: 14 junio 2021]. Disponible en:
<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/10930/1/98T00224.pdf>

STATISTA. *Number of IoT connected devices worldwide 2019-2030* [en línea]. New York:Arne Holst, agosto 25, 2021. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en:
<https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/#professional>

UNIVERSIDAD VERACRUZANA. *Clasificación de los Costos* [en línea]. 2013, pp. 1-6. [Consulta: 21 agosto 2021]. Disponible en:
<https://www.uv.mx/personal/alsalas/files/2013/02/CLASIFICACION-DE-LOS-COSTOS.pdf>

VALDIVIA, P. “Envejecimiento y atención a la dependencia en Ecuador”. *Banco Interamericano de Desarrollo* [en línea], 2020, (Ecuador). [Consulta: 6 junio 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18235/0002982>

ZAMBRANO, A. & CALDERON, X. & ZAMBRANO, M. & URQUIZA, L. “Sistema de localización de personas desaparecidas basado en IoT y Cloud Computing (caso de estudio: Quito)”. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação* [en línea], 2019, (Portugal) 1(1). pp. 63-67. [Consulta: 7 junio 2021]. Disponible en:
<https://www.proquest.com/docview/2260411368/fulltextPDF/421CC121BF8A4435PQ/1>

ANEXOS

ANEXO A: DATASHEET DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS

DATASHEET TARJETA DE DESARROLLO LILYGO TTGO T-CALL ESP32 SIM800L

Lista de especificaciones de Hardware

- Chipset: ESP8266S1H-ESP32 240MHz
- Fl. Ant. 1: 2400MHz
- Fl. Ant. 2: 433MHz
- Fl. Ant. 3: 433MHz
- Fl. Ant. 4: 433MHz
- Fl. Ant. 5: 433MHz
- Fl. Ant. 6: 433MHz
- Fl. Ant. 7: 433MHz
- Fl. Ant. 8: 433MHz
- Fl. Ant. 9: 433MHz
- Fl. Ant. 10: 433MHz
- Fl. Ant. 11: 433MHz
- Fl. Ant. 12: 433MHz
- Fl. Ant. 13: 433MHz
- Fl. Ant. 14: 433MHz
- Fl. Ant. 15: 433MHz
- Fl. Ant. 16: 433MHz
- Fl. Ant. 17: 433MHz
- Fl. Ant. 18: 433MHz
- Fl. Ant. 19: 433MHz
- Fl. Ant. 20: 433MHz
- Fl. Ant. 21: 433MHz
- Fl. Ant. 22: 433MHz
- Fl. Ant. 23: 433MHz
- Fl. Ant. 24: 433MHz
- Fl. Ant. 25: 433MHz
- Fl. Ant. 26: 433MHz
- Fl. Ant. 27: 433MHz
- Fl. Ant. 28: 433MHz
- Fl. Ant. 29: 433MHz
- Fl. Ant. 30: 433MHz
- Fl. Ant. 31: 433MHz
- Fl. Ant. 32: 433MHz
- Fl. Ant. 33: 433MHz
- Fl. Ant. 34: 433MHz
- Fl. Ant. 35: 433MHz
- Fl. Ant. 36: 433MHz
- Fl. Ant. 37: 433MHz
- Fl. Ant. 38: 433MHz
- Fl. Ant. 39: 433MHz
- Fl. Ant. 40: 433MHz
- Fl. Ant. 41: 433MHz
- Fl. Ant. 42: 433MHz
- Fl. Ant. 43: 433MHz
- Fl. Ant. 44: 433MHz
- Fl. Ant. 45: 433MHz
- Fl. Ant. 46: 433MHz
- Fl. Ant. 47: 433MHz
- Fl. Ant. 48: 433MHz
- Fl. Ant. 49: 433MHz
- Fl. Ant. 50: 433MHz
- Fl. Ant. 51: 433MHz
- Fl. Ant. 52: 433MHz
- Fl. Ant. 53: 433MHz
- Fl. Ant. 54: 433MHz
- Fl. Ant. 55: 433MHz
- Fl. Ant. 56: 433MHz
- Fl. Ant. 57: 433MHz
- Fl. Ant. 58: 433MHz
- Fl. Ant. 59: 433MHz
- Fl. Ant. 60: 433MHz
- Fl. Ant. 61: 433MHz
- Fl. Ant. 62: 433MHz
- Fl. Ant. 63: 433MHz
- Fl. Ant. 64: 433MHz
- Fl. Ant. 65: 433MHz
- Fl. Ant. 66: 433MHz
- Fl. Ant. 67: 433MHz
- Fl. Ant. 68: 433MHz
- Fl. Ant. 69: 433MHz
- Fl. Ant. 70: 433MHz
- Fl. Ant. 71: 433MHz
- Fl. Ant. 72: 433MHz
- Fl. Ant. 73: 433MHz
- Fl. Ant. 74: 433MHz
- Fl. Ant. 75: 433MHz
- Fl. Ant. 76: 433MHz
- Fl. Ant. 77: 433MHz
- Fl. Ant. 78: 433MHz
- Fl. Ant. 79: 433MHz
- Fl. Ant. 80: 433MHz
- Fl. Ant. 81: 433MHz
- Fl. Ant. 82: 433MHz
- Fl. Ant. 83: 433MHz
- Fl. Ant. 84: 433MHz
- Fl. Ant. 85: 433MHz
- Fl. Ant. 86: 433MHz
- Fl. Ant. 87: 433MHz
- Fl. Ant. 88: 433MHz
- Fl. Ant. 89: 433MHz
- Fl. Ant. 90: 433MHz
- Fl. Ant. 91: 433MHz
- Fl. Ant. 92: 433MHz
- Fl. Ant. 93: 433MHz
- Fl. Ant. 94: 433MHz
- Fl. Ant. 95: 433MHz
- Fl. Ant. 96: 433MHz
- Fl. Ant. 97: 433MHz
- Fl. Ant. 98: 433MHz
- Fl. Ant. 99: 433MHz
- Fl. Ant. 100: 433MHz

Lista de especificaciones de Software

- Fl. Ant. 1: 2400MHz
- Fl. Ant. 2: 433MHz
- Fl. Ant. 3: 433MHz
- Fl. Ant. 4: 433MHz
- Fl. Ant. 5: 433MHz
- Fl. Ant. 6: 433MHz
- Fl. Ant. 7: 433MHz
- Fl. Ant. 8: 433MHz
- Fl. Ant. 9: 433MHz
- Fl. Ant. 10: 433MHz
- Fl. Ant. 11: 433MHz
- Fl. Ant. 12: 433MHz
- Fl. Ant. 13: 433MHz
- Fl. Ant. 14: 433MHz
- Fl. Ant. 15: 433MHz
- Fl. Ant. 16: 433MHz
- Fl. Ant. 17: 433MHz
- Fl. Ant. 18: 433MHz
- Fl. Ant. 19: 433MHz
- Fl. Ant. 20: 433MHz
- Fl. Ant. 21: 433MHz
- Fl. Ant. 22: 433MHz
- Fl. Ant. 23: 433MHz
- Fl. Ant. 24: 433MHz
- Fl. Ant. 25: 433MHz
- Fl. Ant. 26: 433MHz
- Fl. Ant. 27: 433MHz
- Fl. Ant. 28: 433MHz
- Fl. Ant. 29: 433MHz
- Fl. Ant. 30: 433MHz
- Fl. Ant. 31: 433MHz
- Fl. Ant. 32: 433MHz
- Fl. Ant. 33: 433MHz
- Fl. Ant. 34: 433MHz
- Fl. Ant. 35: 433MHz
- Fl. Ant. 36: 433MHz
- Fl. Ant. 37: 433MHz
- Fl. Ant. 38: 433MHz
- Fl. Ant. 39: 433MHz
- Fl. Ant. 40: 433MHz
- Fl. Ant. 41: 433MHz
- Fl. Ant. 42: 433MHz
- Fl. Ant. 43: 433MHz
- Fl. Ant. 44: 433MHz
- Fl. Ant. 45: 433MHz
- Fl. Ant. 46: 433MHz
- Fl. Ant. 47: 433MHz
- Fl. Ant. 48: 433MHz
- Fl. Ant. 49: 433MHz
- Fl. Ant. 50: 433MHz
- Fl. Ant. 51: 433MHz
- Fl. Ant. 52: 433MHz
- Fl. Ant. 53: 433MHz
- Fl. Ant. 54: 433MHz
- Fl. Ant. 55: 433MHz
- Fl. Ant. 56: 433MHz
- Fl. Ant. 57: 433MHz
- Fl. Ant. 58: 433MHz
- Fl. Ant. 59: 433MHz
- Fl. Ant. 60: 433MHz
- Fl. Ant. 61: 433MHz
- Fl. Ant. 62: 433MHz
- Fl. Ant. 63: 433MHz
- Fl. Ant. 64: 433MHz
- Fl. Ant. 65: 433MHz
- Fl. Ant. 66: 433MHz
- Fl. Ant. 67: 433MHz
- Fl. Ant. 68: 433MHz
- Fl. Ant. 69: 433MHz
- Fl. Ant. 70: 433MHz
- Fl. Ant. 71: 433MHz
- Fl. Ant. 72: 433MHz
- Fl. Ant. 73: 433MHz
- Fl. Ant. 74: 433MHz
- Fl. Ant. 75: 433MHz
- Fl. Ant. 76: 433MHz
- Fl. Ant. 77: 433MHz
- Fl. Ant. 78: 433MHz
- Fl. Ant. 79: 433MHz
- Fl. Ant. 80: 433MHz
- Fl. Ant. 81: 433MHz
- Fl. Ant. 82: 433MHz
- Fl. Ant. 83: 433MHz
- Fl. Ant. 84: 433MHz
- Fl. Ant. 85: 433MHz
- Fl. Ant. 86: 433MHz
- Fl. Ant. 87: 433MHz
- Fl. Ant. 88: 433MHz
- Fl. Ant. 89: 433MHz
- Fl. Ant. 90: 433MHz
- Fl. Ant. 91: 433MHz
- Fl. Ant. 92: 433MHz
- Fl. Ant. 93: 433MHz
- Fl. Ant. 94: 433MHz
- Fl. Ant. 95: 433MHz
- Fl. Ant. 96: 433MHz
- Fl. Ant. 97: 433MHz
- Fl. Ant. 98: 433MHz
- Fl. Ant. 99: 433MHz
- Fl. Ant. 100: 433MHz

PNOUT
ESP32 SIM CARD SIM800L

UART	GPIO	ADC	BT
I2C	GPIO	ADC	BT
SPI	GPIO	ADC	BT
Touch	GPIO	ADC	BT

DATASHEET GPS NEO 6M



SYNACORP TRADING & SERVICES
 No. 2, 3rd Floor, Jlg. 1525, Binondo, Tondo, Manila, 1010, Singapore, Angel, S. Paul, Jr., Pasig
 Tel: +602-554-1017 Faxing: 012-3033-4747 Fax: +602-552-1752
 (www.synacorp.com) Email: sales@synacorp.com

Arduino GY-NEO6M-V2 GPS Module with Antenna & High Control EEPROM



GY-NEO6M-V2 board features the u-blox NEO-6M GPS module with an external antenna and built-in EEPROM. This is compatible with various flight controller boards designed to work with a GPS module.

Technical Specifications:

- Power Supply Range: 3 V to 5 V
- Model: GY-NEO6M-V2
- Centimeter accuracy
- EEPROM for saving the configuration data when powered off
- Backup battery
- LED status indicator
- Mounting Hole Diameter: 3 mm
- Default Baud Rate: 9600 bps
- Module size: 29mm x 30mm
- Accuracy: size 12 x 12mm
- Cable: 20mm

Features:

- Use XM157-1012 module, MTK platform, with high-gain external antenna
- TTL level, compatible with 3.3V/5V system
- The default baud rate: 9600
- With external backup battery, can save the configuration data when it power down, and make the warm start.
- Suitable for RC, quad copter, navigator

For purchase & enquiries, please contact sales@synacorp.com.my or call 04 5941617

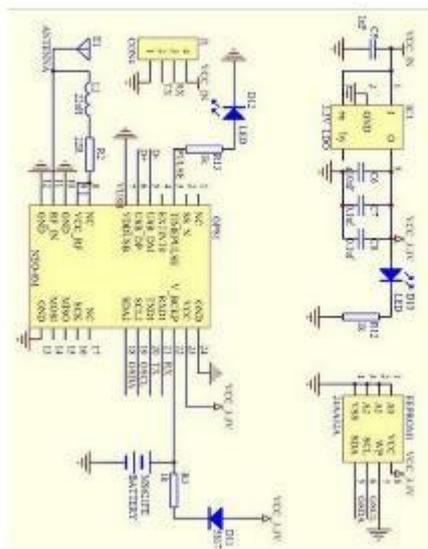


SYNACORP TRADING & SERVICES
 No. 2, 3rd Floor, Jlg. 1525, Binondo, Tondo, Manila, 1010, Singapore, Angel, S. Paul, Jr., Pasig
 Tel: +602-554-1017 Faxing: 012-3033-4747 Fax: +602-552-1752
 (www.synacorp.com) Email: sales@synacorp.com

Pin out:

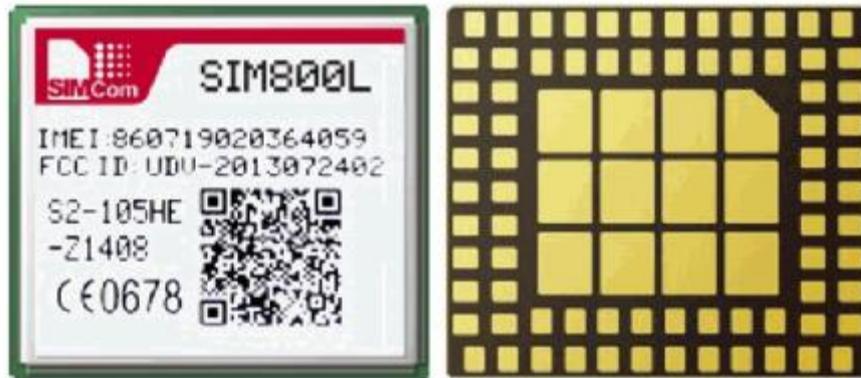
- VCC: Connect 3.3V/5V
- GND: Connect GND
- TX: Connect MCU TX
- RX: Connect MCU RX

Schematic:



For purchase & enquiries, please contact sales@synacorp.com.my or call 04 5941617

DATASHEET SIM800L



Mode	Function	
Normal operation	GSM:GPRS SLEEP	Module will automatically go into sleep mode if the conditions of sleep mode are enabling and there is no on air and no hardware interrupt (such as GPIO interrupt or data on serial port). In this case, the current consumption of module will reduce to the minimal level. In sleep mode, the module can still receive paging message and SMS.
	GSM IDLE	Software is active. Module is registered to the GSM network, and the module is ready to communicate.
	GSM TALK	Connection between two subscribers is in progress. In this case, the power consumption depends on network settings such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
	GPRS STANDBY	Module is ready for GPRS data transfer, but no data is currently sent or received. In this case, power consumption depends on network settings and GPRS configuration.
	GPRS DATA	There is GPRS data transfer (PPP or TCP or UDP) in progress. In this case, power consumption is related with network settings (e.g. power control level); uplink/downlink data rates and GPRS configuration (e.g. used multi-slot settings).
Power down	Normal power down by sending AT command "AT+CPWD=1" or using the PWRKEY. The power management unit shuts down the power supply for the baseband part of the module, and only the power supply for the RTC is remained. Software is not active. The serial port is not accessible. Power supply (connected to VBAT) remains applied.	
Minimum functionality mode	AT command "AT+CFUN" can be used to set the module to a minimum functionality mode without removing the power supply. In this mode, the RF part of the module will not work or the SIM card will not be accessible, or both RF part and SIM card will be closed, and the serial port is still accessible. The power consumption in this mode is lower than normal mode.	

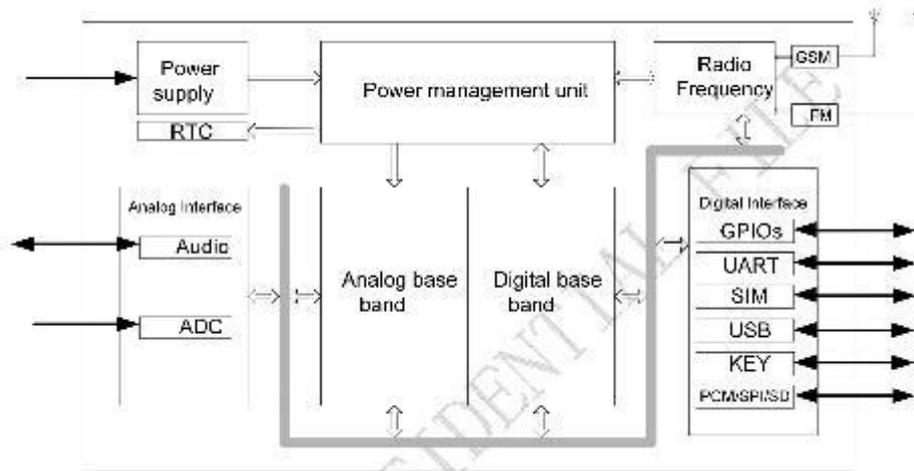
Table 1: SIM800L key features

Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~4.4V
Power saving	typical power consumption in sleep mode is 0.7mA (AT+CFUN=0)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900, SIM800L can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands can also be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to document [1]. Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> Class 4 (12W) at GSM 850 and EGSM 900 Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> GPRS multi-slot class 12 (default) GPRS multi-slot class 1~12 (option)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> Normal operation: -40°C ~ +85°C
	<ul style="list-style-type: none"> Storage temperature: -45°C ~ +100°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 PAP protocol for PPP connect Integrate the TCP/IP protocol. Support Packet Broadcast Control Channel (PBCC) CSD transmission rates: 2.3, 4.8, 9.6, 17.1 kbps
CSD	<ul style="list-style-type: none"> Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none"> Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none"> MT, MO, CB, Text and PDU mode SMS storage: SIM card
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Half Rate (ETS 06.20) Full Rate (ETS 06.10) Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) Adaptive multi rate (AMR) Echo Cancellation Noise Suppression
Serial port and debug port	<p>Serial port:</p> <ul style="list-style-type: none"> Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous 1200bps to 115200bps. Can be used for AT commands or data stream. Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control. Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 57600bps. upgrading firmware <p>Debug port:</p> <ul style="list-style-type: none"> USB DM and USB DP Can be used for debugging and upgrading firmware.
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Timing functions	Use AT command set
Physical characteristics	<p>Size: 15.8*17.8*2.4mm</p> <p>Weight: 1.35g</p>
Firmware upgrade	Main serial port or USB port.

2.3. Functional Diagram

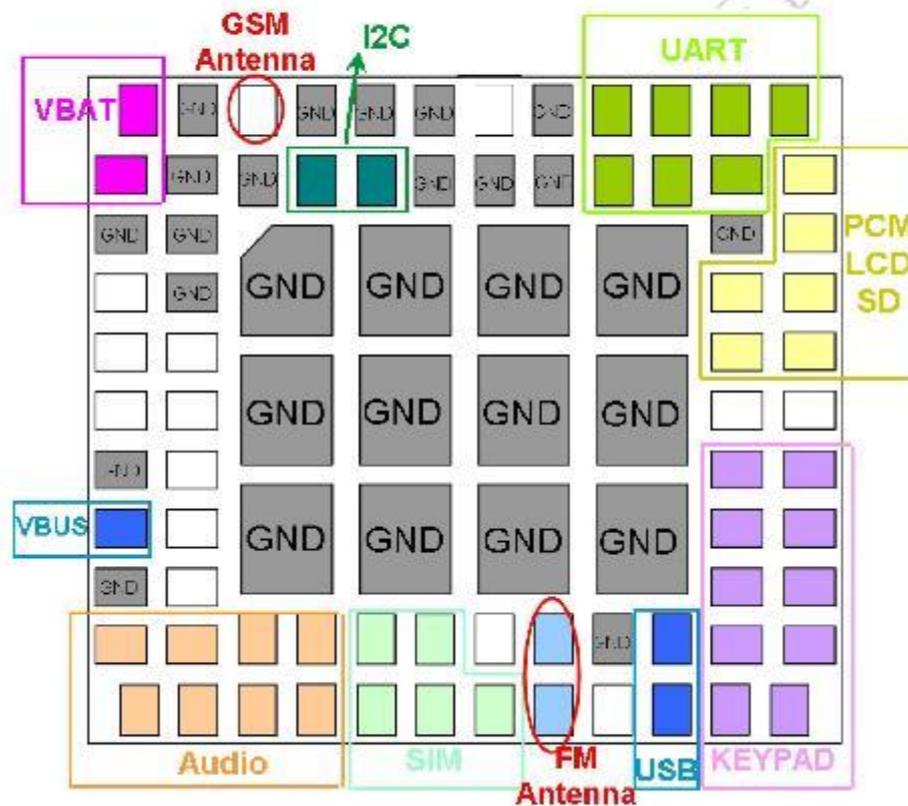
The following figure shows a functional diagram of SIM800L:

- GSM basband
- GSM RF
- Antenna interface
- Other interface



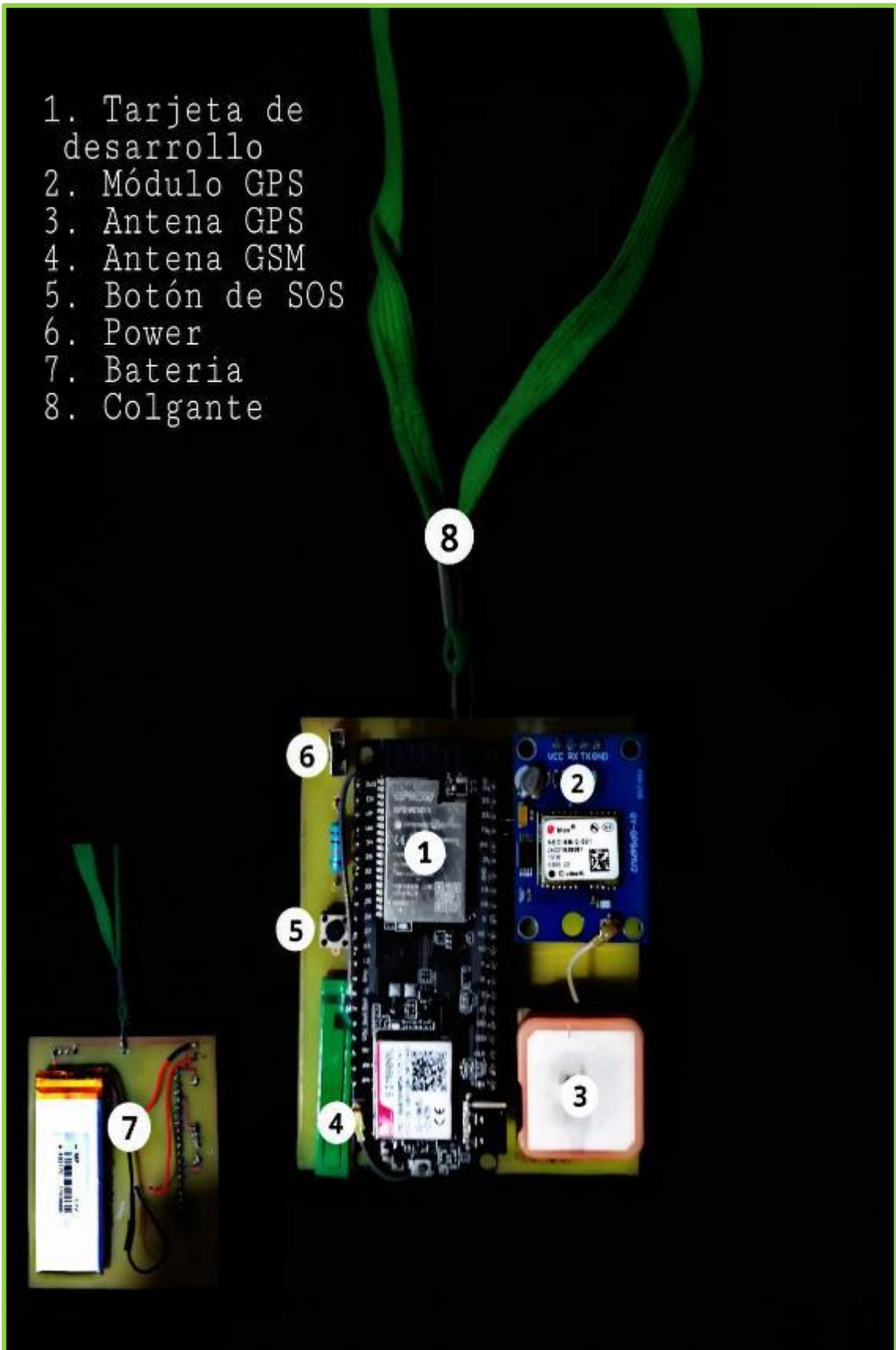
5.1 Pin Assignment

Before PCB layout, we should learn well about pin assignment in order to get reasonable layout with so many external components. Following figure is the overview of pin assignment of the module.



ANEXO B: COMPONENTES DEL PROTOTIPO

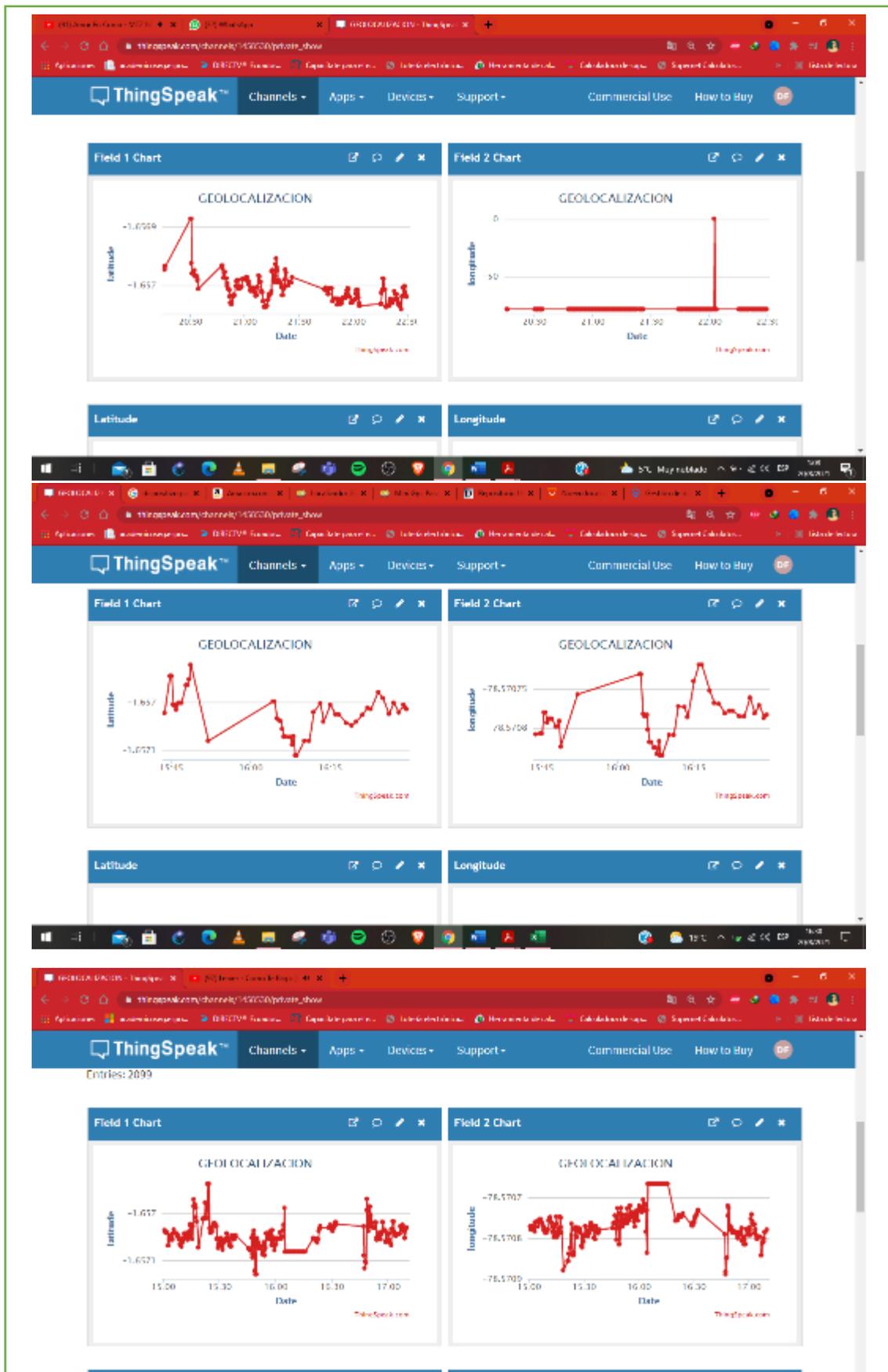
1. Tarjeta de desarrollo
2. Módulo GPS
3. Antena GPS
4. Antena GSM
5. Botón de SOS
6. Power
7. Bateria
8. Colgante



ANEXO C: COLLAGE DE LA FABRICACIÓN DE LA PCB



ANEXO D: PRUEBAS DEL SISTEMA



ANEXO F: CÓDIGOS DE MATLAB

CODIGO PARA GRAFICAR LAS CORRDENADAS, MEDIA Y PUNTO DE REFERENCIA

```
%%Presicion del Dispositivo
%%media
Mlat=mean(Latitude)
Mlog=mean(Longitude)
%punto de referencia
P_refLat=-1.6xxxxxx;
P_refLog=-78.5xxxxxx;
%Grafica de coordenadas obtenidas
figure('Name','Presicion Del Dispositivo');
p=plot(Mlat,Mlog,'ks',P_refLat,P_refLog,'kp',....
Latitude(1),Longitude(1),'yo',Latitude(2),Longitude(2),'m*',Latitude(3
),Longitude(3),'c+',.....
Latitude(4),Longitude(4),'r.',Latitude(5),Longitude(5),'gx',Latitude(6
),Longitude(6),'bd',.....
Latitude(7),Longitude(7),'y^',Latitude(8),Longitude(8),'mv',Latitude(9
),Longitude(9),'c<',.....
Latitude(10),Longitude(10),'r>',Latitude(11),Longitude(11),'go',Latitu
de(12),Longitude(12),'b+',.....
Latitude(13),Longitude(13),'m*',Latitude(14),Longitude(14),'y.',Latitu
de(15),Longitude(15),'cx',.....
Latitude(16),Longitude(16),'rd',Latitude(17),Longitude(17),'g^',Latitu
de(18),Longitude(18),'bv',.....
Latitude(19),Longitude(19),'c<',Latitude(20),Longitude(20),'y>',Latitu
de(21),Longitude(21),'mo',.....
Latitude(22),Longitude(23),'r+',Latitude(24),Longitude(24),'g*',Latitu
de(25),Longitude(25),'bx',.....
Latitude(26),Longitude(26),'r+',Latitude(27),Longitude(27),'g*',Latitu
de(28),Longitude(28),'bx',.....
Latitude(29),Longitude(29),'r+',Latitude(30),Longitude(30),'g*',Latitu
de(31),Longitude(31),'ro','LineWidth',2.5)
title('Mediciones Caso X')
xlabel('Latitude')
ylabel('Longitude')
hold on
legend('Media de Mediciones','Punto de referencia')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Calcula distancia entre Media y p. referencia
do=acos(sin(P_refLat)*sin(Mlat)+cos(P_refLat)*cos(Mlat)*cos(Mlog-
P_refLog))
d=(111.18)*do %Km
dm=d*1000 %m
```

CODIGO PARA GENERAR UN ARCHIVO .KML

```
filename = fullfile('Recorrido1.kml'); %nombre.kml
kmlwritepoint(filename,field1,field2); %(Lat->field1,Long-fieldf2)
openKML(filename)
kmlFileNames{end+1} = filename; filename = fullfile('Recorrido1.kml');
%nombre.kml
kmlwritepoint(filename,field1,field2); %(Lat->field1,Long-fieldf2)
openKML(filename)kmlFileNames{end+1} = filename;
```

ANEXO G: PRUEBAS DE RETARDO DEL PROTOTIPO.

The image shows a computer screen with two windows. The left window is a terminal titled 'COM9' displaying a stream of data points. Each line consists of a timestamp, a status, and a set of coordinates (LONG and LAT). The right window is a web browser showing an XML feed from 'thingspeak.com/chann...'. The feed contains several entries, each with a timestamp, an entry ID, and two fields (field1 and field2) containing coordinates. The timestamp '2021-09-10T11:02:26-05:00' is highlighted in blue.

```
10:58:07.207 -> LONG: -78.570866
10:58:07.207 -> Datos enviados
10:58:28.232 -> LAT: -1.656951
10:58:28.232 -> LONG: -78.570866
10:58:28.232 -> Datos enviados
10:58:49.858 -> LAT: -1.656961
10:58:49.912 -> LONG: -78.570866
10:58:49.912 -> Datos enviados
10:59:10.823 -> LAT: -1.656951
10:59:10.823 -> LONG: -78.570866
10:59:10.823 -> Datos enviados
10:59:31.798 -> LAT: -1.656966
10:59:31.838 -> LONG: -78.570824
10:59:31.838 -> Datos enviados
10:59:53.085 -> LAT: -1.656886
10:59:53.085 -> LONG: -78.570824
10:59:53.139 -> Datos enviados
11:00:15.005 -> LAT: -1.656906
11:00:15.005 -> LONG: -78.570824
11:00:15.005 -> Datos enviados
11:00:36.359 -> LAT: -1.656874
11:00:36.359 -> LONG: -78.570826
11:00:36.406 -> Datos enviados
11:00:57.720 -> LAT: -1.656874
11:00:57.728 -> LONG: -78.570826
11:00:57.775 -> Datos enviados
11:01:19.461 -> LAT: -1.656973
11:01:19.461 -> LONG: -78.570839
11:01:19.461 -> Datos enviados
11:01:40.432 -> LAT: -1.656959
11:01:40.488 -> LONG: -78.570828
11:01:40.488 -> Datos enviados
11:02:01.409 -> LAT: -1.656959
11:02:01.457 -> LONG: -78.570828
11:02:01.457 -> Datos enviados
11:02:23.224 -> LAT: -1.656959
11:02:23.224 -> LONG: -78.570828
11:02:23.224 -> Datos enviados
```

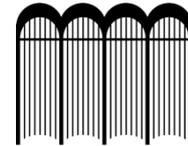
```
<field2>-78.570826</field2>
</feed>
<feed>
  <created-at type="dateTime">2021-09-10T11:01:23-05:00</created-at>
  <entry-id type="integer">2616</entry-id>
  <field1>-1.656972</field1>
  <field2>-78.570839</field2>
</feed>
<feed>
  <created-at type="dateTime">2021-09-10T11:01:43-05:00</created-at>
  <entry-id type="integer">2617</entry-id>
  <field1>-1.656999</field1>
  <field2>-78.570828</field2>
</feed>
<feed>
  <created-at type="dateTime">2021-09-10T11:02:04-05:00</created-at>
  <entry-id type="integer">2618</entry-id>
  <field1>-1.656999</field1>
  <field2>-78.570828</field2>
</feed>
<feed>
  <created-at type="dateTime">2021-09-10T11:02:26-05:00</created-at>
  <entry-id type="integer">2619</entry-id>
  <field1>-1.656999</field1>
  <field2>-78.570828</field2>
</feed>
</feeds>
</channel>
```

ANEXO H: DIALOGO CON JOSÉ LUIS ORTIZ MEDICO GERIÁTRICO (HOSPITAL GERIÁTRICO DR BOLIVAR ARGUELLO DE RIOBAMBA)





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**

DBRA

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: DIEGO RICARDO FLORES USCA

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Carrera: TELECOMUNICACIONES

Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



0060-DBRA-UPT-2022