



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA: “SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO REMOTO PARA BICICLETAS,
USANDO GEOLOCALIZACIÓN Y SERVICIO MÓVIL AVANZADO”.

AUTOR: DIANA MARIBEL VALLE CHICAIZA.

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA-ECUADOR

2022

CERTIFICACIÓN

MAGISTER JAIME MICHILENA CALDERÓN, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO REMOTO PARA BICICLETAS, USANDO GEOLOCALIZACIÓN Y SERVICIO MÓVIL AVANZADO”, ha sido desarrollado por la Señora Diana Maribel Valle Chicaiza, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad



Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc.

C.I. 100219843-8

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100323635-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Valle Chicaiza Diana Maribel		
DIRECCIÓN:	Carlos Elías Almeida 8-138 y Gabriela Mistral		
EMAIL:	dmvallec@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062954287	TELÉFONO MÓVIL:	0995649513

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO REMOTO PARA BICICLETAS, USANDO GEOLOCALIZACIÓN Y SERVICIO MÓVIL AVANZADO
AUTOR:	Valle Chicaiza Diana Maribel
FECHA: DD/MM/AAAA	04 de enero de 2022
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
DIRECTOR:	Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el

titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de Enero de 2022.

EL AUTOR:



.....
Diana Maribel Valle Chicaiza

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis queridos padres María Clara Chicaiza y José Valle, hermanos Edison, Dario y Mirian, mi esposo Juan Diego y a mis bellas hijas Keyla y Noemí, quienes me han apoyado con su amor, consejos y paciencia.

AGRADECIMIENTO

Mi inmensa gratitud a Dios por darme la inteligencia, la fortaleza y la dedicación para poder culminar esta meta tan anhelada.

A mis padres por su apoyo incondicional tanto materialmente como espiritualmente, por sus consejos y su ejemplo de perseverancia y sueños cumplidos.

A mis hermanos y hermana por animarme y ser ejemplo para mí en disciplina y constancia.

A mi esposo por su amor y dedicación a su hogar y su apoyo constante en cada etapa de mi vida.

No hay un amor más sincero y genuino que el de los niños, por eso gracias a mis bellas hijas por entender esta etapa de estudios y darme su cariño.

A mi tutor por guiarme en este proceso, por compartir sus enseñanzas y experiencias vividas, por su responsabilidad en su asesoramiento para poder finalizar este proyecto con excelencia, pero sobre todo por enseñarme que antes de un título hay que ser un gran ser humano.

El que con lágrimas siembra, con regocijo cosecha. El que llorando esparce la semilla, cantando recoge sus gavillas.

Salmo 126:5-6

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	I
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	II
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Alcance.....	3
1.4 Justificación.....	5
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
2.1 Sistema de Monitoreo.....	9
2.2 Tecnologías Móviles	9
2.2.1 Primer Generación 1G	9
2.2.2 Segunda Generación 2G	10
2.2.3 Generación 2.5 G	19
2.2.4 Tercera Generación.....	19
2.2.5 Cuarta Generación	21
2.2.6 Resumen de la evolución de las Tecnologías móviles.....	22
2.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	23
2.3.1 Componentes del GPS	23
2.3.2 Funcionamiento del GPS	26
2.3.3 Disponibilidad selectiva (SA).....	27
2.3.4 GPS diferencial	28
2.3.5 Aplicaciones del GPS	28
2.4 Hardware libre.....	30
2.4.1 Raspberry Pi.....	30
2.4.2 Arduino	30

2.4.3	Baterías	32
2.5	Sistemas operativos móviles	32
2.5.1	IOS	32
2.5.2	Android	32
2.6	Plataformas de Desarrollo de Aplicaciones Móviles	33
2.6.1	Xamarin.....	33
2.6.2	Ionic	33
2.6.3	Android Studio.....	33
2.7	Plataformas en la Nube	34
2.7.1	IaaS (infraestructura como servicio).....	35
2.7.2	PaaS (plataforma como servicio).....	35
2.7.3	SaaS (software como servicio).....	35
2.8	Modelo en cascada	35
2.9	ESTÁNDAR ISO / IEEE 29148:2018	37
CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL SISTEMA		39
3.1	Descripción General del Sistema	39
3.2	Análisis de la Situación Actual	40
3.3	Diagrama General del Funcionamiento.....	45
3.4	Requerimientos del Sistema	46
3.4.1	Stakeholders.....	47
3.4.2	Requerimientos Stakeholders.....	48
3.4.3	Requerimientos del Sistema.....	49
3.4.4	Requerimientos Arquitectura.....	51
3.5	Selección de Hardware y Software	52
3.5.1	Selección de Hardware	53
3.5.2	Selección de Software.....	61
3.6	Diagrama de Hardware del Prototipo.....	64
3.6.1	Diagrama de Flujo del sistema de seguridad	66
3.6.2	Diagrama en Bloques de Funcionamiento del Sistema.....	67
3.6.3	Fuente de Alimentación de la Batería.....	84
3.7	Pruebas de Integración	87
3.7.1	Test de Funcionamiento de Arduino Nano	87
3.7.2	Test de Funcionamiento del Módulo Sim 808	90
3.7.3	Test de Funcionamiento de elevador de voltaje.....	93
3.8	Programación en Arduino Nano.....	94

3.9	Desarrollo de Aplicación Android	98
3.9.1	Diagrama de flujo	99
3.9.2	Diseño de la aplicación en Android Studio.....	100
3.9.3	Agregar la aplicación en Firebase.....	113
CAPÍTULO 4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO		118
4.1	Prueba de Funcionamiento de la Aplicación con el dispositivo electrónico.....	118
4.2	Implementación y Funcionamiento.....	127
4.2.1	Resultados.....	138
4.3	Costo del proyecto.....	138
4.3.1	Costo de hardware.....	139
4.3.2	Costo del software.....	139
4.3.3	Costo del plan celular.....	140
4.3.4	Costos Totales del Sistema	140
4.4	Beneficios de la implementación del sistema de monitoreo remoto para bicicletas	140
4.4.1	Beneficios Económicos.....	141
4.4.2	Beneficios Tecnológicos.....	141
4.4.3	Beneficio Social	142
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		144
5.1	CONCLUSIONES	144
5.2	RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA		146
ANEXO 1.....		175
ANEXO 2.....		177
ANEXO 3.....		179
ANEXO 4.....		183
ANEXO 5.....		194

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Banda de frecuencias usada por GSM</i>	11
<i>Tabla 2. Características del Raspberry pi</i>	30
<i>Tabla 3: Comparativa de las placas Arduino</i>	31
<i>Tabla 4: Abreviaturas y su Descripción</i>	47
<i>Tabla 5: Stakeholders y la descripción</i>	47
<i>Tabla 6: Requerimientos de Stakeholders</i>	49
<i>Tabla 7: Requerimientos del sistema</i>	50
<i>Tabla 8: Requerimiento de Arquitectura</i>	51
<i>Tabla 9: Selección de placa de procesamiento</i>	53
<i>Tabla 10: Especificaciones técnicas del Arduino Nano</i>	54
<i>Tabla 11: Elección del módulo de comunicación con GPS integrado.</i>	55
<i>Tabla 12: Características del Módulo Sim 808</i>	56
<i>Tabla 13: Distribución de pines del módulo Sim 808</i>	57
<i>Tabla 14: Selección del Módulo elevador de voltaje</i>	57
<i>Tabla 15: Características del módulo XL6009E1</i>	58
<i>Tabla 16: Comparativa de los tipos de batería</i>	59
<i>Tabla 17: Características principales batería</i>	61
<i>Tabla 18: Costos de planes móviles de las operadoras</i>	81
<i>Tabla 19: Consumo de energía</i>	82
<i>Tabla 20: Comandos AT para la comunicación con el modulo Sim 808 por medio del puerto serial</i>	90
<i>Tabla 21: Comandos AT para el uso del GPS</i>	92

<i>Tabla 22: Itinerario de Pruebas</i>	128
<i>Tabla 23: Costo de hardware del prototipo</i>	139
<i>Tabla 24: Costo del software</i>	139
<i>Tabla 25: Costo del plan celular</i>	140
<i>Tabla 26: Costos Totales del Sistema</i>	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distintivo de la tecnología GSM	11
Figura 2: Esquema de la Arquitectura GSM	13
Figura 3: Representación de una distribución de celdas en forma de hexágonos en la telefonía celular	17
Figura 4: Tarjeta Sim Card	18
Figura 5: Resumen de las Evolución de las Tecnologías móviles	22
Figura 6: Componentes del Sistema de Posicionamiento Global	23
Figura 7: Constelación NAVSTAR	24
Figura 8: Segmento de Control instalados en diferentes países	25
Figura 9: Segmento de usuario	26
Figura 10: Técnica de Trilateración	27
Figura 11: Modalidades de Servicios en la Nube	34
Figura 12: Esquema del modelo en cascada	36
Figura 13: Cifras de los diferentes tipos de robos de enero a junio del año 2020 y 2021	41
Figura 14: Pastel de los sistemas operativos más usados	42
Figura 15: Ciclovías iniciales de la ciudad de Ibarra	43
Figura 16: Ciclovías permanentes creadas por GAD municipal de Ibarra	44

Figura 17: Diagrama de bloques del prototipo del sistema de localización satelital	46
Figura 18: Batería de Li-ion de 3.7 V, 3000mAh	60
Figura 19: Área de trabajo de Arduino	62
Figura 20: Entorno de desarrollo de Android Studio.....	63
Figura 21: Interfaz de la Plataforma Firebase.....	64
Figura 22: Esquema del prototipo.....	65
Figura 23: Diagrama de flujo del sistema de seguridad.....	67
Figura 24: Bloque General del Funcionamiento del sistema	68
Figura 25: Diagrama de bloques del sistema de control.....	68
Figura 26: Diagrama de comunicación.....	69
Figura 27: Cobertura 2G Claro	70
Figura 28: Cobertura 3G Claro	71
Figura 29: Cobertura 4G Claro	72
Figura 30: Cobertura 2G Movistar.....	73
Figura 31: Cobertura 3G Movistar.....	74
Figura 32: Cobertura 4G Movistar.....	75
Figura 33: Cobertura 2G CNT	76
Figura 34: Cobertura 3G CNT	77
Figura 35: Cobertura 4G CNT	78
Figura 36: Conexión dispositivos receptores.....	79
Figura 37: Esquema del sistema de alimentación	82
Figura 38: Diagrama del circuito de la fuente de alimentación para la batería	84
Figura 39: Selección de la placa Arduino Nano	87
Figura 40: Selección del Código Blink.....	88

Figura 41: Código Blink	89
Figura 42: Arduino Nano en funcionamiento	89
Figura 43: Comunicación del módulo Sim 808 mediante comandos AT	91
Figura 44: Módulo Sim 808 en Funcionamiento	91
Figura 45: Datos obtenidos del GPS mediante comandos AT	92
Figura 46: Módulo Sim 808 conectado al GPS	93
Figura 47: Test elevador de voltaje.....	94
Figura 48: Creación de variables para el uso del Módulo Sim 808	95
Figura 49: IDE de Arduino	95
Figura 50: Código para leer los caracteres entrantes al módulo	96
Figura 51: Código de encendido de alarma	96
Figura 52: Código de la comparación de coordenadas	97
Figura 53: Código de alerta de robo de la bicicleta	97
Figura 54: Código para apagar el sistema de monitoreo.....	98
Figura 55: Diagrama de Flujo Aplicación móvil	100
Figura 56: Versiones de Android con el porcentaje en dispositivos móviles	101
Figura 57: Maqueta de la aplicación móvil realizada en Adobe Illustrator	103
Figura 58: Ventana de presentación de Android Studio	104
Figura 59: Ventana de Nuevo Proyecto	104
Figura 60: Selección de parámetros para la aplicación móvil.	105
Figura 61: Ventana para añadir una actividad a la app móvil.....	105
Figura 62: Ventana Customize Activity	106
Figura 63: Ventana IDE de la aplicación.....	106
Figura 64: Archivos del proyecto en la vista de Android.	107

Figura 65: Ingreso al activity_main.xml.....	108
Figura 66: Herramientas de uso de Palette	108
Figura 67: Interfaz gráfica para autenticación de usuario	109
Figura 68: Código MainActivity.....	110
Figura 69: Interfaz Traker Bike	110
Figura 70: Visualización del código de los componentes.....	111
Figura 71: Interfaz mapa.....	112
Figura 72: Código MapsActivity.java.....	112
Figura 73: Pagina inicial Firebase.....	113
Figura 74: Agregar nuevo proyecto	114
Figura 75: Nombre del proyecto	114
Figura 76: Habilitar Google Analytics.....	115
Figura 77: Aceptar condiciones	115
Figura 78: Proyecto creado	116
Figura 79: Compilación de Firebase	116
Figura 80: Usuarios creados.....	117
Figura 81: Almacenamiento de datos Firestore Database.....	117
Figura 82: Interfaz inicio de sesión.....	119
Figura 83: Interfaz TrackerBike.....	119
Figura 84: Interfaz para el contacto	120
Figura 85: Interfaz Mapa	121
Figura 86: Recepción de mensaje de activación.....	121
Figura 87: Envío de mensaje de alarma encendida.....	122
Figura 88: Recepción de mensaje de confirmación	122

Figura 89: Datos obtenidos GPS.....	123
Figura 90: Envío mensaje de alerta.....	123
Figura 91: Recepción de mensaje en el dispositivo móvil.....	124
Figura 92: Botón Terminar en la aplicación móvil.....	125
Figura 93: Recepción mensaje APAGA	125
Figura 94: Mensaje de confirmación de apagado alarma	126
Figura 95: Visualización del sistema apagado.....	126
Figura 96: Comunicación de los módulos a la red GSM y GPS.....	129
Figura 97: Dispositivo electrónico listo para su instalación	129
Figura 98: Dispositivo instalado en la bicicleta.....	130
Figura 99: Simulación de bicicleta dejada en el poste de la iluminaria del parque Céntrica	130
Figura 100: Activación del sistema Alerta de robo mediante el Botón ON en la aplicación móvil	131
Figura 101: Familiar simulando llevarse la bicicleta.....	132
Figura 102: Recepción del mensaje de alerta de robo en la aplicación móvil.....	133
Figura 103: Recepción de mensajes de texto con las coordenadas del GPS de la bicicleta.	134
Figura 104: Actualización del marcador en la trayectoria recorrida por la bicicleta.....	135
Figura 105: Finalización del sistema de monitoreo.....	136
Figura 106: Historial de coordenadas del GPS de la bicicleta.....	137
Figura 107: Almacenamiento de las coordenadas del Database de Firebase.....	137
Figura 108: Entrevista al ciclista Carlos Revelo.....	177
Figura 109: Entrevista al Club de Ciclismo KRK	177
Figura 110: Entrevista a la Señora Verónica Cepeda, trabajadora de Compassion Internacional	178

Figura 111: Icono de la aplicación móvil instalada en el celular.....	179
Figura 112: Interfaz de inicio de sesión de la app	179
Figura 113: Interfaz de Registro de un nuevo usuario.....	180
Figura 114: Menú de la app	180
Figura 115: Interfaz para el ingreso del número del chip del dispositivo electrónico	181
Figura 116: Interfaz del icono de rastreo	181
Figura 117: Interfaz de las coordenadas de las ubicaciones de la bicicleta.	182
Figura 118: Interfaz icono de Información para el uso de la app	182

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula de la distancia	79
Ecuación 2: Suma corrientes.....	83
Ecuación 3: Capacidad de la batería	83
Ecuación 4: Capacidad de consumo del prototipo.....	84
Ecuación 5: Fórmula de la corriente en función de la carga.....	85
Ecuación 6: Fórmula del voltaje pico inverso.....	85
Ecuación 7: Fórmula de la corriente máxima del rectificador	86
Ecuación 8: Fórmula para sacar el voltaje del capacitor.....	86
Ecuación 9: Fórmula de la tensión del rizado.....	86

RESUMEN

El presente proyecto de investigación describe el desarrollo de un sistema seguridad que permite evitar el robo de la bicicleta. Este sistema se basa en la implementación de dispositivos electrónicos que hacen uso de la Geolocalización para obtener la ubicación en tiempo real de la bicicleta; y del Servicio Móvil Avanzado, el cual permite la comunicación con la aplicación móvil para visualizar los datos enviados, con la finalidad de brindar seguridad y eficiencia para ante un robo.

El sistema está formado por un dispositivo GSM/ GPS ubicado de manera estratégica en la parte trasera del sillín de la bicicleta mediante el cual se realiza la geolocalización, la obtención de la información es enviada hacia una aplicación móvil instalado en el Smartphone del ciclista, encargada de recibir la información y alertar del posible robo. La metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto fue el modelo en cascada que ayudo a identificar los problemas presentados por la falta de seguridad en las bicicletas, un punto de partida para el diseño del prototipo y la elección de los componentes de software y hardware necesarios para el cumplimiento de los objetivos planteados.

El dispositivo instalado en bicicleta emite una alerta cuando la bicicleta estacionada procede a desplazarse alejándolo del punto de partida, lo que significa que la bicicleta está siendo robada, esta alerta se envía a la aplicación móvil la cual informa en tiempo real la posición de la bicicleta con lo cual el propietario puede por sus propios medios o mediante la policía recuperar la bicicleta.

ABSTRACT

This research project describes the development of a security system that prevents bicycle theft. This system is based on the implementation of electronic devices that make use of Geolocation to obtain the real-time location of the bicycle; and the Advanced Mobile Service, which allows communication with the mobile application to view the data sent, in order to provide security and efficiency against theft.

The system consists of a GSM / GPS module and an Arduino Nano module for obtaining and sending the coordinates using free software and hardware; and a mobile application to view this data. The methodology used in the development of this project was the cascade model that helped to identify the problems presented by the lack of safety in bicycles, a starting point for the design of the prototype and the choice of the necessary software and hardware components for the fulfillment of the objectives.

The device installed on the bicycle emits an alert when the parked bicycle proceeds to move away from the starting point, which means that the bicycle is being stolen, this alert is sent to the mobile application which informs in real time the position of the bicycle with which the owner can recover the bicycle by his own means or through the police.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

En este capítulo se detallará los aspectos iniciales del proyecto de titulación como el problema, los objetivos, la delimitación del alcance, la justificación y el contexto en que se está desarrollando.

1.1 Planteamiento del Problema

El uso de la bicicleta como medio de transporte ha venido tomando auge a lo largo de los años, pero aún más en tiempos de pandemia y pos pandemia, obligando a la gente a pensar en otras posibilidades de movilización, considerando que el transporte público es un espacio apto para el contagio, y la bicicleta se ha convertido en una opción atractiva.

Debido a los lineamientos dados por la organización mundial de la Salud (OMS) el uso de la mascarilla, el lavado continuo de las manos y sobre todo el distanciamiento social ha hecho que muchos de los ciudadanos opten por este medio de transporte, además debido a las medidas de restricción vehicular dadas por el COE Nacional el uso de la bicicleta se ha incrementado mes a mes en un 7,5 %. Lo cual es beneficioso para cumplir con el distanciamiento físico y evitar los medios de afluencia masiva para disminuir un posible contagio (Expreso, 2020).

Pero a pesar del beneficio que presenta y que muchos de los ciudadanos opten por usar este medio de transporte la delincuencia también ha hecho su parte. En la actualidad el incremento de robos de bicicleta ha ido en aumento, siendo las más cotizadas las de montaña o ruta, cuyo valor supera los \$ 1.500 (Expreso, 2020).

Según las denuncias recibidas por la policía en la capital los reportes hablan de 150 sustracciones hasta octubre del 2020 desde la finalización de la cuarentena a nivel nacional, pero

hay numerosos casos que no se denuncian en la Fiscalía por lo que no se puede dar una cifra exacta de la cantidad de bicicletas sustraídas por los delincuentes a la fecha (Elcomercio.com).

Siendo este una cifra de la capital en nuestra ciudad no ha sido diferente pues cada día se puede evidenciar por medio de las redes sociales y otros medios de comunicación el aumento de robos para este medio de transporte, que lamentablemente es casi imposible poder recuperarlo pues al no contar con un sistema de localización los métodos tradicionales como las cadenas y candados no son suficientes a la hora de recuperarlos, haciéndolos más vulnerables ante ojos de los delincuentes.

Por tal motivo se ha considerado la implementación de un sistema de seguridad basada en la tecnología GPS que permitirá la monitorización constante de la bicicleta, y si fuere sustraído el propietario tendrá la posibilidad de localizarlo y conocer el lugar exacto de donde se encuentra la bicicleta y poder recuperarla en el menor tiempo posible, antes que los delincuentes hagan beneficio del mismo. Esta información se podrá visualizar en la app móvil que el propietario tendrá instalado en su Smartphone.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Implementar un sistema de seguridad autónomo mediante monitoreo remoto a través de geolocalización y servicio móvil avanzado para evitar el robo de la bicicleta.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información del uso de la bicicleta en la ciudad de Ibarra.
- Diseñar y desarrollar un sistema de geolocalización para bicicletas; usando microcontroladores y módulos para la comunicación del servicio móvil avanzado.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita visualizar la información obtenida del dispositivo en tiempo real para bicicletas.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema de monitoreo instalado en la bicicleta para comprobar su correcto funcionamiento.

1.3 Alcance

En Ibarra desde hace varios años han sido creadas diferentes ciclovías que permiten el desarrollo de la actividad deportiva, dichas rutas ciclísticas han conectado las vías más usadas entre las cuales tenemos Yahuarcocha, Parque “Ciudad Blanca”, la Avenida Eugenio Espejo y el Corredor Periférico Sur (Valladares, 2019).

Debido a la pandemia el GAD Municipal de Ibarra por medio de la empresa pública de movilidad (EPM) incorporo espacios seguros para la movilidad individual, mediante una red de ciclovías. Considerando el uso de la bicicleta como la mejor opción de transporte en la emergencia por COVID-19 para mantener el distanciamiento, evitar aglomeraciones y así mismo mejorar la salud de quienes hacen uso de ese medio no motorizado (EPM, 2020).

Actualmente por la pandemia la bicicleta no solo se usa para fines deportivos, muchas personas lo usan para desplazarse a sus trabajos y otros le han dado un uso comercial utilizando este medio de transporte para realizar delivery (entregas a domicilio) por lo que la EPM (Empresa Pública de Movilidad) creó el "Programa de ciclovías temporales y definitivas" las

cuales se suman cerca de 40 km de longitud abarcando algunas avenidas y calles de la ciudad (Epm ciclovias, 2020).

Por medio de estos datos se puede llegar a la conclusión de que el número de ciclistas ha ido en aumento este último año, haciendo que los delincuentes se enfoquen más en este medio de transporte, debido a que los elementos de seguridad que estos poseen como candados, cadenas, etc., no son lo suficientemente fuertes para contrarrestarlos, por tal motivo este proyecto de investigación trata de brindar al usuario una mayor seguridad al adquirir este medio de transporte, pues al ser monitoreadas podrá conocer su ubicación, de tal manera que si es hurtada se pueda recuperar de forma inmediata.

Para la realización de este proyecto se hará uso de microcontroladores, módulos de comunicación celular y módulo GPS que permitirán el intercambio de datos y mensajes cortos para la comunicación celular.

Mediante la tecnología GPS obtendremos las coordenadas de latitud y longitud las cuales se podrán visualizar en la aplicación móvil, mostrando la ubicación en tiempo real de la bicicleta de manera que la localización sea eficiente.

La aplicación móvil a desarrollarse se lo hará en Android de Google la cual es uno de los sistemas operativos que domina el mercado en la actualidad. Android está desarrollado bajo una plataforma de código abierto, lo que permite una amplia interacción por parte de los desarrolladores y usuarios. Es un sistema operativo creado por Google, lo que facilita y acelera el

uso de varios de servicios de Internet, como Gmail, Gtalk, Google Maps y YouTube lo que para nuestro proyecto es muy importante. (Semana, 2021).

El dispositivo diseñado estará ubicado en la bicicleta de la manera más segura y estratégica posible; el sistema de alerta entra en operatividad cuando el usuario lo active mediante una orden en la aplicación móvil. Si el propietario es el que mueve la bicicleta podrá mediante otra orden desactivar el sistema de seguridad.

Finalmente, el dispositivo instalado en la bicicleta contará con una fuente de alimentación a batería, ésta deberá ser cargada continuamente para que el sistema de monitoreo funcione correctamente.

En vista del desarrollo que requiere este proyecto, se usará el modelo en cascada que nos permite estructurar y organizar los procesos a realizar, pues sigue una secuencia lineal. Esto permite identificar las etapas específicas que se deben realizar en orden a medida que se van implementando las adecuaciones pertinentes y las pruebas para disminuir los errores que se puedan presentar (González, Castañeda, & Diego Fernando Loaiza Buitrago, 2019).

1.4 Justificación

En las circunstancias actuales, con la pandemia amenazando la vida de la gente, la bicicleta se ha convertido en un medio de transporte que ayuda a cumplir el distanciamiento social. El uso de la bicicleta ha sido una de las opciones más escogidas por los ciudadanos para poder realizar ejercicio pues permite que las personas que la usan, de alguna manera, mejoren o

aumenten su sistema inmunológico; y esto ayuda que en caso de contagio se evite que la enfermedad sea tan agresiva, como en otras personas con factores de riesgo (Hora, 2020).

La Constitución de la República del Ecuador menciona en el Art. 32.- “La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

La Asamblea General de las Naciones Unidas decidió declarar el 3 de junio como Día Mundial de la bicicleta, reconociendo la singularidad, la longevidad y la versatilidad de la misma, que lleva en uso dos siglos, y que constituye un medio de transporte sostenible, sencillo, asequible, fiable, limpio y ecológico que contribuye a la gestión ambiental y beneficia la salud (OPS, 2020).

Uno de los grandes inconvenientes que tiene la bicicleta es el riesgo de robo o sustracción junto con la seguridad vial, esto constituye grandes preocupaciones a los ciclistas y les restan autonomía ante el temor de sufrirlos, limitando muchas veces su uso en determinados momentos del día y/o zonas de la ciudad.

Antes de la pandemia LactaLAB–Ciudades Sustentables, en colaboración con la Fundación Bici acción presentaron los resultados de la 1ra Encuesta Nacional Ciclistas Urbanos para establecer una línea base sobre la utilización de la bicicleta como medio de transporte en el Ecuador.

Los datos obtenidos de la encuesta fueron los siguientes: en la ciudad de Ibarra, de un total de 349 personas, el 50% de los encuestados usa la bicicleta todos los días, el 24% la usa al menos una vez a la semana, el 12% al menos una vez al mes y el 14% ocasionalmente. De los 349 encuestados se han seleccionado a un grupo de 106 personas de los cuales se obtienen los siguientes datos, el 27% usa la bicicleta para compras diarias y trámites, un 75% dice usarlo para ocio y recreación y en cuanto a la seguridad un 41% dice no usar la bicicleta por la delincuencia. (LlactaLAB & Biciacción, 2018)

Ley de seguridad pública y del estado menciona en el Art. 3.- “De la garantía de seguridad pública.- Es deber del Estado promover y garantizar la seguridad de todos los habitantes, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos del Ecuador, y de la estructura del Estado, a través del Sistema de Seguridad Pública y del Estado, responsable de la seguridad pública y del Estado con el fin de coadyuvar al bienestar colectivo, al desarrollo integral, al ejercicio pleno de los derechos humanos y de los derechos y garantías constitucionales.” (Asamblea Nacional, 2014)

Por tal motivo el tener un sistema de seguridad en la bicicleta es imprescindible, esto generará seguridad al usuario y aumentará el uso de la misma, pues al contar con un sistema de monitoreo remoto mediante la tecnología GPS podrá recuperar su medio de transporte.

La tecnología GPS, es un sistema de navegación que permite determinar la posición las 24 horas del día en cualquier parte del mundo, fue desarrollado y operado por el Departamento

de Defensa de los Estados Unidos teniendo como objetivo la determinación de coordenadas espaciales con fines militares. El sistema GPS determina: latitud, longitud, altitud, velocidad entre otros valores. Esta información permite obtener la ubicación en tiempo real de la bicicleta de manera que la localización sea eficiente (Chamba, 2017).

Para la comunicación celular usaremos el servicio móvil avanzado la cual permite comunicarse mediante voz, mensajes de texto, video llamadas, internet entre otros. Estos servicios son proporcionados por las operadoras existentes en nuestro país como lo son Claro, CNT, Movistar y Tuenti, siendo la que más cobertura tiene Claro ya que cuenta con una infraestructura de red que opera sobre el 96% del país.

Por todas estas características se hará uso de la tecnología GPS y el servicio móvil avanzado, las cuales aportan significativamente a esta investigación. Y así evitar el hurto de este medio de transporte o recuperarlo.

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se describirán los conceptos involucrados en el desarrollo del diseño de un sistema de monitoreo remoto tales como dispositivos electrónicos, tipos de software, entre otros; los cuales se usarán para el desarrollo del proyecto.

2.1 Sistema de Monitoreo

Un sistema de monitoreo es una combinación de dos o más elementos que se encuentran conformados por hardware y software con el fin de vigilar o dar seguimiento a procesos de forma automática, los mismos que deben trabajar de forma conjunta a fin de crear sistemas que administren, detecten, reporten y vigilen en tiempo real las operaciones de los equipos. Este sistema se puede implementar en cualquier ambiente en cooperación con otros servicios como: telefonía, multimedia, TV, etc. (Bryan, 2020).

2.2 Tecnologías Móviles

A continuación se realizará un recuento histórico del Servicio Móvil Avanzado hasta la llegada a la cuarta generación en la que actualmente nos encontramos.

2.2.1 Primer Generación 1G

La primera generación de la telefonía móvil fue lanzado 1979 por NTT (Nippon Telegraph and Telephone) en Japón en 1979 y se caracterizó por introducir los teléfonos “celulares” que estaban basados en conjuntos de celdas interconectadas para dar servicio a los dispositivos que estaban dentro de su área de cobertura (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2017).

- **Características**
 - Utilizó tecnología analógica y solo servía para voz
 - El estándar usado fue el AMPS(Advanced Mobile Phone System)
 - La velocidad fue de 1kbps a 2,4 kbps
 - Frecuencia - 800- 900 MHz
 - Tenía malas comunicaciones de voz y no proporcionaba seguridad

2.2.2 Segunda Generación 2G

La generación 2G inició en los años 90's utilizando protocolos de codificación más sofisticados que la primera generación y se caracterizó por ser digital. Las tecnologías predominantes son:

- GSM (Global System for Mobile Communications)
- IS-136 (conocido también como TIA/EIA- 136 o ANSI-136)
- CDMA (Code Division Multiple Access)
- PDC (Personal Digital Communications) utilizado en Japón.

El Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) se considera una segunda generación en los estándares de sistemas celulares y el más exitoso sistema de comunicaciones móviles hasta ahora. Inicialmente se pensó utilizar GSM en Europa para lograr una mejor y más eficiente solución para las comunicaciones móviles; en otras palabras, proporcionar más capacidad de usuario, facilidad de uso y servicios adicionales en un mundo digital. Además de permitir el roaming sin fronteras pero actualmente se utiliza también en otros países (TechTarget, 2017).

En la Figura 1 se puede observar el distintivo de la tecnología GSM.



Figura 1: Distintivo de la tecnología GSM

Fuente: (UA, 2019)

2.2.2.1 Frecuencias usadas por la red GSM

En la tabla 1 se describe las bandas de frecuencia usadas por la red GSM diseñadas por el ITU para el funcionamiento en los teléfonos móviles.

Tabla 1: Banda de frecuencias usada por GSM

Banda	Nombre	Canales	Uplink (Mhz)	Downlink (Mhz)	
GSM 850	GSM 850	128-251	824-849	869-894	USA, Sudamérica y Asia
	P-GSM 900	1-124	890-915	935-960	Banda con que nació en Europa
GSM 900	E-GSM 900	975-1023	880-915	925-960	E-GSM extensión de GSM 900
	R-GSM 900	955-1023	876-915	921-960	Usado por personal de ferrocarriles
GSM 1800	GSM 1800	512-885	1710-1785	1805-1880	
GSM 1900	GSM 1900	512-810	1850-1910	1930-1990	Usada en América

Fuente: (Sensagent, 2016)

2.2.2.2 *Servicios y Características*

- Servicios telefónicos: servicios de portador, tele servicios y servicios suplementarios.
- Servicio de Datos: protocolos de conmutación de paquetes con velocidades de datos de 300bps a 9.6Kbps. Los datos se transmiten usando codificación estándar o especial.
- Servicios ISDN (Red pública de datos de paquetes conmutados) suplementarios: naturaleza digital
 - Desvío de llamadas
 - Grupos de usuarios cerrados
 - Identificador de llamadas
 - Servicio de mensajes cortos (SMS)
- La característica más notable de GSM es el módulo de identidad de suscriptor (SIM) que es una memoria que almacena información de usuario tales como:
 - Número de identificación del suscriptor
 - Redes y países donde el suscriptor puede tener servicio.
 - Las llaves privacidad.
- SIM puede ser usado en diferentes teléfonos y dispositivos, por lo que el usuario no se limita a un dispositivo específico
- Otra característica notable es que todos los datos en la interfaz de aire está cifrada. Por lo tanto, es imposible robar información de un usuario.
- Todo el sistema es totalmente estandarizado para tener compatibilidad entre distintos fabricantes.

2.2.2.3 Arquitectura GSM

La arquitectura GSM consta de 4 subsistemas como se muestra en la Figura 2, interconectados que interactúan entre sí y con el usuario utilizando ciertas interfaces de red.

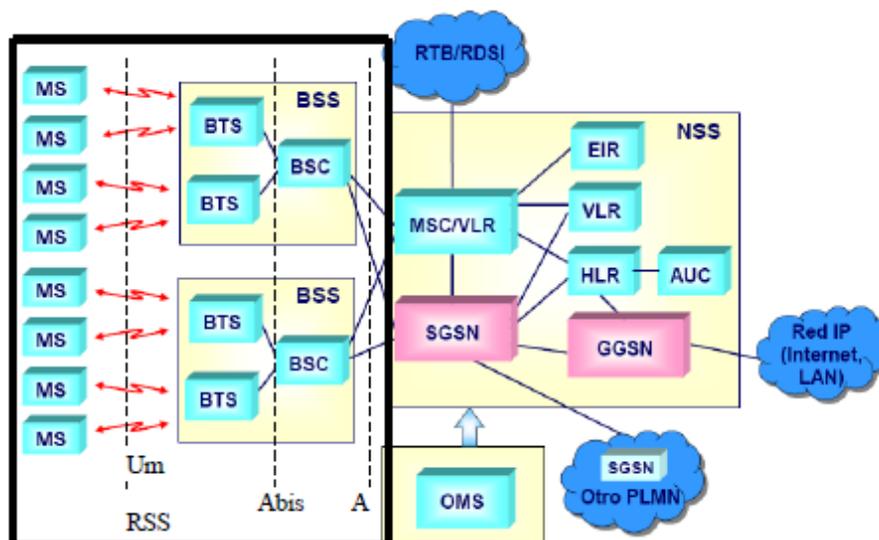


Figura 2: Esquema de la Arquitectura GSM

Fuente: (Heras, 2017)

2.2.2.3.1 Radio Subsystem (RSS)

La subestación de radio cubre la comunicación entre las estaciones móviles (MS) y las estaciones base (BTS). El interfaz radio entre ellas se denominan Um.

2.2.2.3.2 Base Station Subsystem (BSS)

Proporciona y gestiona rutas de transmisión de radio entre la estación móvil (MS) y el centro de conmutación móvil (MSC), entre la MS y todos los demás subsistemas.

Cada BSS consta de un transceptor de estación base (BTS) y un controlador de estación base (BSC). El primero establece y mantiene la conexión del MS con su celda. El segundo conecta el MS al NSS a través de los MSC. (Huidobro, 2014)

- **BTS (Base Transceiver Station):** Aloja al menos, las antenas, el hardware de RF y el software de acceso múltiple y transcodificador (TC) y están conectados al BSC mediante enlaces de fibra o microondas.
- **BSC (Base Station Controller):** La BSC se comunica con las BTS a través de un interfaz Abis con canales de 16kbps/s y con los MSC a través del interfaz A, con canales de 64kbps/s. Además del mapeo de canales de radio sobre los canales terrestres y el Handover.

2.2.2.3.3 Network and Switching Subsystem (NSS)

Gestiona las funciones de conexión del sistema y permite al MSC comunicarse con otra red, como el PSTN, ISDN u otro operador móvil. A continuación se describen sus elementos fundamentales:

- **Mobile Services Switching Center (MSC),** es el centro de comunicaciones entre otras más funciones.
- **Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC),** permite la conexión con otras redes
- **Base de datos:**
 - Home Location Register (HLR): Contiene todos los números de los MS asociados con una sola empresa y una ubicación de cada uno.
 - Visitor Location Register (VLR): Contiene toda la información de MS de un HLR unido a un MSC que están en el área de un MSC diferente. Utiliza el TMSI.
 - Authentication Center (AUC): Verifica la identidad de cada MS solicitando una conexión. Utiliza la información almacenada en la tarjeta SIM para proporcionar seguridad

2.2.2.3.4 Operating Support Subsystem (OSS)

Es responsable de la organización y el mantenimiento operativo de cada MS, BTS, BSC y MSC.

- **Contabilidad:** Gestiona todos los procedimientos de cobro y facturación como cobrar una llamada, aplicar un descuento o generar la factura.
- **Mantenimiento:** Supervisa y mantiene todo el hardware y software de telecomunicaciones.
- **Recolección de datos:** Recopila datos como la cantidad de tráfico generado, estadísticas de tráfico, pérdidas de llamadas, llamadas rechazadas y calidad de enlaces, y toda la información necesaria para cobrar y facturar.

2.2.2.4 Funcionamiento de la Telefonía Celular

Un sistema móvil celular utiliza una gran cantidad de transmisores inalámbricos para proporcionar servicio celular en una ubicación determinada. Básicamente, el sistema celular consta de estaciones móviles (MS), estaciones base (BS) y centro de conmutación móvil (MSC).

La comunicación entre MS y BS se define mediante una Interfaz Aire Común (CAI) que especifica 4 canales diferentes:

- Canal de voz hacia adelante: BS to MS
- Canal de voz inversa: MS to BS
- Canal de control hacia adelante: iniciar una llamada desde BS a MS
- Canal de control hacia atrás: iniciar una llamada de MS a BS

Una llamada se realiza mediante los siguientes pasos:

- Después de que el teléfono se enciende, comienza a escanear el canal de control directo más fuerte para monitorearlo.
- A medida que la BS envía continuamente información de la red, la MS comienza a obtener esa información utilizando Canal de control hacia adelante.
- La MS selecciona la BS con las mejores características en términos de potencia y recursos para establecer una conexión.
- Una vez establecida la conexión, la MS y la BS realizan un protocolo de enlace en el que la MS se identifica y se registra en la red.
- Cuando la MS está registrada, comienza a esperar hasta que llega un mensaje de búsqueda con la información requerida para iniciar una llamada.

Mientras la llamada está en proceso, el BS monitorea y controla la potencia de comunicación para que la potencia de todos los MS llegue con el mismo nivel al receptor. Si se requiere un traspaso (handoff) durante una llamada, el MSC controla este proceso.

El propósito de los primeros diseños fue lograr una gran cobertura utilizando un transmisor único. Este método fue ineficiente en términos de consumo de energía, capacidad y utilización del espectro. El concepto celular hizo posible eliminar estos problemas utilizando más transmisores con baja transmisión de potencia y cobertura reducida. Estos nuevos transmisores se organizaron en celdas para que el sistema pueda compartir frecuencias y recursos como canales de voz, dando a los teléfonos la posibilidad de movilizarse por toda una ciudad y mantener la comunicación todo el tiempo.

Las celdas están reorganizadas en más celdas en orden de frecuencia y los recursos se pueden reutilizar después de cierta distancia. La forma hexagonal de la celda es teórica, en la práctica la forma será un círculo imperfecto que se superpondrá con la cobertura de otra celda formando así un patrón tipo enjambre como se muestra en la Figura 3. Esta forma fue escogida para proveer una transmisión más efectiva sin dejar huecos de cobertura por lo que al elegir un círculo no hubiese sido posible.

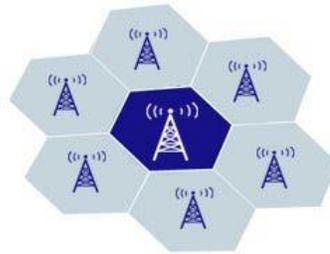


Figura 3: Representación de una distribución de celdas en forma de hexágonos en la telefonía celular

Fuente: (González, 2017)

2.2.2.5 SMS

El servicio de mensajes cortos (SMS) permite enviar y recibir mensajes de texto desde y hacia teléfonos móviles. El texto comprender palabras o números o una combinación alfanumérica. SMS fue creado como parte de la norma GSM Fase 1. El primer mensaje corto se cree que se envió en diciembre de 1992 desde un PC a un teléfono móvil en la red Vodafone GSM en el Reino Unido. Cada mensaje corto tiene hasta 160 caracteres de longitud cuando se usan alfabetos latinos y 70 caracteres de longitud cuando se usan alfabetos no latinos como el árabe y el chino. (ACTIVEXPERTS, 2017)

Los SMS son básicamente de dos tipos:

- SM MT (Short Message Mobile Terminated Point-to-Point): es un mensaje corto entrante desde el lado de la red y termina en la MS (Estación móvil).
- SM MO (Short Message Mobile Originated Point-to-Point): es un mensaje saliente, originado en el dispositivo de usuario MS, y reenviado a la red para su entrega.

2.2.2.6 Tarjeta SIM

La red GSM posee una característica importante la cual es la del módulo de identidad del suscriptor, llamada también tarjeta SIM. En la Figura 4 se muestra la imagen de un Sim Card.



Figura 4: Tarjeta Sim Card

Fuente: (HSI MOBILE, 2016)

El SIM proporciona seguridad y la portabilidad necesarias para acceder a una serie de servicios móviles en muchos sistemas de telecomunicaciones. Se introdujo para proporcionar una identificación al usuario de un teléfono GSM a través de la autenticación con PIN. La tarjeta SIM también contiene ciertos parámetros de suscriptor, como derechos de acceso, almacenamiento de datos personales como números de teléfono (Atkins, 2004).

Este módulo es una tarjeta inteligente que transporta los datos de la lista de contactos, calendario, agenda, mensajes e información personal. El suscriptor puede usar esta tarjeta entre diferentes teléfonos móviles tener sus contactos y recibir las llamadas al mismo número telefónico.

2.2.3 Generación 2.5 G

La generación 2.5G introdujo el servicio General Packet Radio Service (GPRS) en respuesta a la demanda del cliente para el acceso inalámbrico a Internet. El servicio de radio basado en paquetes GPRS permite conexiones “siempre activas”, eliminando las conexiones de marcado repetitivo y que consumen mucho tiempo. Para proporcionar acceso a Internet de “alta velocidad”, una red GPRS requiere una actualización en la arquitectura de GSM y, por lo tanto, estos nuevos terminales son compatibles con el paquete y / o la conmutación de circuitos. GPRS se considera parte de la generación 2.5 y es una actualización de GSM (Universidad Internacional de Valencia, 2016).

- **Características:**
 - Conexión siempre activa
 - Las velocidades de transferencia van desde 56 a 144 Kbps
 - Estándares: GPRS y EDGE
 - Cuenta con Datos codificados.
 - Más redundancia
 - Frecuencia: 850 -1900 MHz
 - Aplica TDM (Multiplexación por división en el tiempo).
 - Cifrado mejorado
 - Conmutación de paquetes para la transferencia de datos

2.2.4 Tercera Generación

Las redes móviles de tercera generación están diseñadas para la comunicación multimedia, mejorando la calidad de la imagen y el video y aumentando las velocidades de datos dentro de las redes públicas y privadas. En los foros de estandarización, la tecnología WCDMA surgió como la interfaz de aire de tercera generación más ampliamente adoptada.

La industria afirma que las velocidades de transmisión de la señal 3G alcanza 2 millones de bits por segundo (Mbps) para usuarios en ubicaciones fijas, más de 35 veces más rápido que los módems de computadora personal de acceso telefónico más rápidos de la actualidad. Para usuarios móviles, las tarifas de datos 3G (y las capacidades del servicio) serán significativamente más bajas. Los servicios 3G podrían incluir acceso a Internet inalámbrico móvil, videoconferencia móvil, música digital en tiempo real y almacenamiento y recuperación de información personal. Los teléfonos pueden ser operados por una pantalla sensible al tacto o por comandos de voz, y ser usados de manera similar a los dispositivos portátiles ordenadores. El objetivo final es permitir que los suscriptores de servicios móviles utilicen el mismo servicio, así como el mismo teléfono, en cualquier parte del mundo (es decir, roaming global) con un número mínimo de tecnologías diferentes llamadas modos operativos (Nunno, 2001).

Las tecnologías 3GPP evolucionaron de la siguiente manera:

- El servicio general de radio por paquetes (GPRS) ofrecía velocidades de hasta 114 Kbps.
- Las tasas de datos mejoradas para la evolución global (EDGE) alcanzaron hasta 384 Kbps.
- El sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) de banda ancha CDMA (WCDMA) ofrecía velocidades de enlace descendente de hasta 1,92 megabits por segundo (Mbps).
- El acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA) aumentó el enlace descendente a 14 Mbps.
- Evolución a largo plazo (LTE), o Acceso de radio terrestre universal evolucionado (E-UTRA), destinado a 100 Mbps.

2.2.5 Cuarta Generación

El Sistema móvil de cuarta generación 4G, es una mejora de 3G y actualmente es el servicio más amplio, brinda mayor acceso a la red. Se diseñaron para acomodar un volumen mucho mayor de dispositivos móviles y actividades de Internet con más datos, como la transmisión de video de alta definición. Como resultado, necesitaban implementar tecnologías de telecomunicaciones que no se habían utilizado en generaciones anteriores.

Cuando el ITU-R estableció las velocidades mínimas para 4G, en su mayoría eran inalcanzables, las velocidades máximas de transmisión de datos debían estar entre 100 Mbit/s para una movilidad de alta y 1 Gbit/s para movilidad baja, a pesar de la inversión que los fabricantes hicieron no pudieron lograrlas. Después de que el ITU-R se dio cuenta de que las velocidades mínimas establecidas para las redes 4G estaban lejos del alcance de los proveedores de servicio decidió que la tecnología LTE (Long Term Evolution) podría etiquetarse si como 4G si proporcionaba una mejora sustancial sobre la tecnología 3G. Aunque las redes LTE ofrecen velocidades más bajas que una verdadera red 4G, la ITU-R permitió mediante la autoridad reguladora la comercialización con el nombre 4GLTE. (Valencia, 2018).

- ***Ventajas de 4G LTE***

- Velocidades: La velocidad de carga y descarga de datos que puede ser de entre 50 y 60 megas (la subida) y de 150 megas por segundo (la bajada)
- Streaming de audio: Buffer de 1 segundo.
- Ancho de Banda: 5-20 MHz, opcionalmente hasta 40 MHz
- Bandas de frecuencia: LTE cubre una gama de diferentes bandas.
- Datos Multimedia en formato digital
- Baja latencia

- Permite descargar un video de 700 MB en un tiempo de 90 Segundos
 - Servicios: diversos campos como entretenimiento, multimedia, educación, aplicaciones basadas en la nube, respuesta a emergencias y telemedicina acceso TV móvil de alta definición, videoconferencia.
- **Requisitos para contar con la red 4G-LTE**
 - Smartphone que soporte tecnología LTE
 - Estar en una zona con cobertura 4G LTE
 - Tarjeta SIM que soporte tecnología LTE
 - Tener una tarifa 4G

2.2.6 Resumen de la evolución de las Tecnologías móviles

En la Figura 5 se muestra un resumen de la evolución de las tecnologías móviles a lo largo de los años hasta la actualidad y lo que se espera para un futuro cercano.

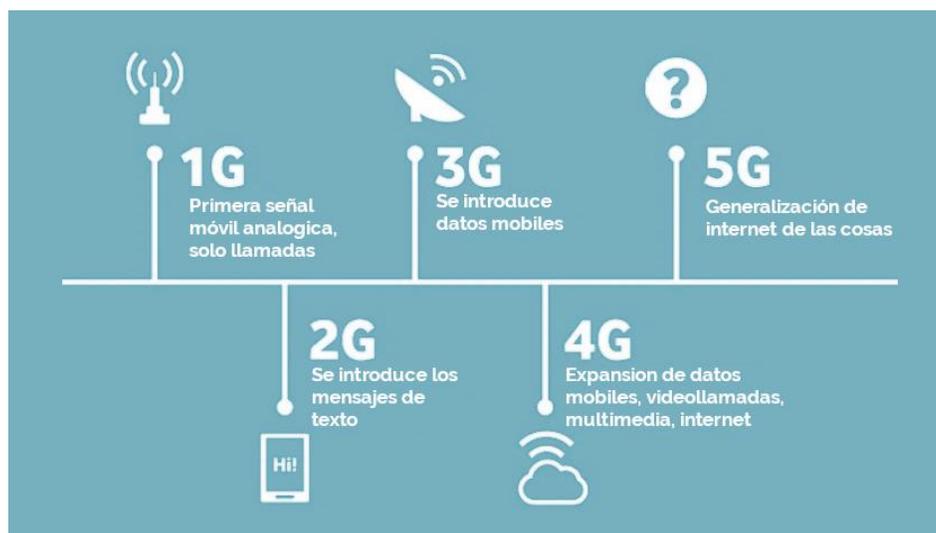


Figura 5: Resumen de las Evolución de las Tecnologías móviles

Fuente: (Amoo, 2019)

La tecnología 4G-LTE para el Servicio Móvil Avanzado tiene como finalidad brindar mayor velocidad a las conexiones de Internet y mejor calidad. Esta tecnología móvil permite al usuario usar aplicaciones en alta definición y en 3D; hacer streaming en alta definición y en tiempo real, sin interrupciones.

2.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un servicio propiedad de los EE.UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. Este sistema está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolla, mantiene y opera los segmentos espacial y de control. (GPS, 2016)

2.3.1 Componentes del GPS

Los componentes del GPS están dados por el Segmento Espacial, Segmento de Control y el Segmento del Equipo del Usuario como se mira en la Figura 6, los cuales se describirán a continuación.

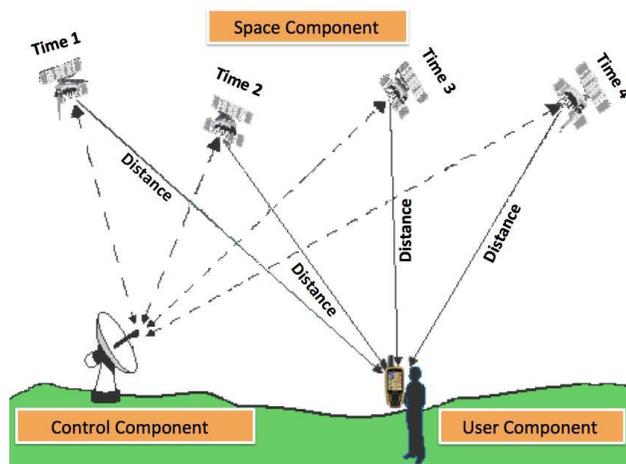


Figura 6: Componentes del Sistema de Posicionamiento Global

Fuente: (Llerena & Suárez, 2015)

2.3.1.1 Segmento Espacial

La constelación de GPS consta de 24 satélites dispuestos en 6 planos orbitales de 55 grados de inclinación, 20,051 kilómetros (12,532 millas) sobre la Tierra. Cada satélite completa una órbita en la mitad de un día sidéreo y, por lo tanto, pasa sobre el mismo lugar de la Tierra una vez cada día sidéreo, aproximadamente 23 horas y 56 minutos. Con esta configuración orbital y el número de satélites, un usuario en cualquier lugar de la Tierra tendrá al menos cuatro satélites a la vista las 24 horas del día. (Marine, 2021)

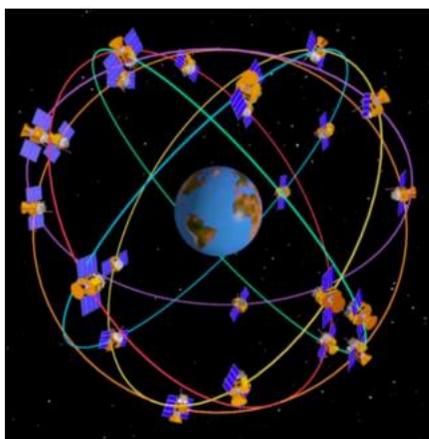


Figura 7: Constelación NAVSTAR

Fuente: (Llerena & Suárez, 2015)

2.3.1.2 Segmento de Control

El segmento de control consta de la estación de control principal (Master Control Station, MCS), ubicada en la Base de la Fuerza Aérea Falcon en Colorado Springs, Colorado; estaciones de monitoreo remoto, ubicadas en Hawái, Diego García, Isla Ascensión y Kwajalein; y antenas de enlace ascendente, ubicadas en tres de las cuatro estaciones de monitoreo remoto y en el MCS. Las ubicaciones de estas instalaciones se muestran en el mapa de la Figura 8.

Las cuatro estaciones de monitoreo remoto contribuyen al control de los satélites rastreando cada satélite GPS en órbita, monitoreando su señal de navegación y transmitiendo esta información al MCS. Las cuatro estaciones pueden rastrear y monitorear el paradero de cada satélite GPS de 20 a 21 horas por día. Las comunicaciones terrestres y espaciales conectan las estaciones de monitoreo remotas con el MCS (Marine, 2021).

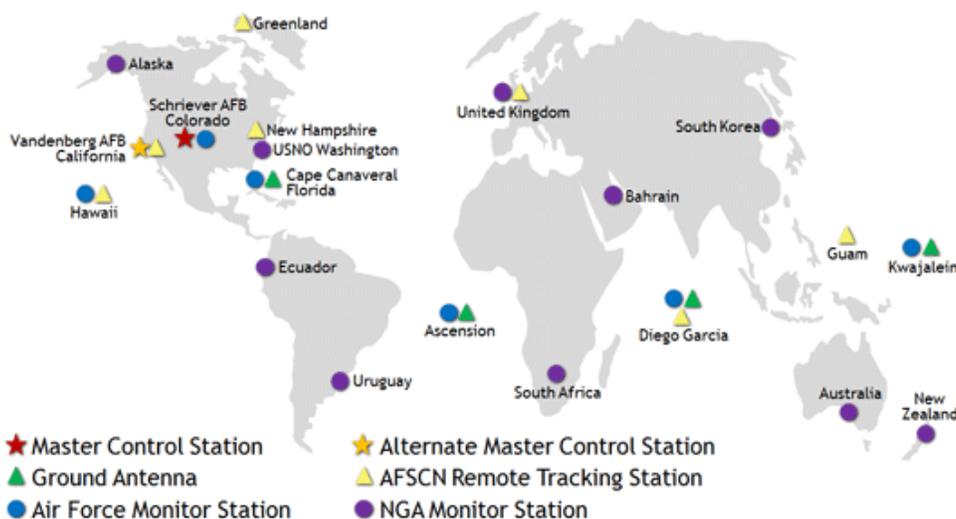


Figura 8: Segmento de Control instalados en diferentes países.

Fuente: (GPS, 2021)

2.3.1.3 Segmento del Equipo de Usuario

Los equipos de usuario de GPS varían ampliamente en costo y complejidad, según el diseño y la aplicación del receptor. Los equipos receptores, pueden variar desde dispositivos bastante simples que brindan solo información básica de posicionamiento hasta unidades multicanales complejos que rastrean todos los satélites a la vista y realizan una variedad de funciones. La mayoría de los receptores GPS constan de tres componentes básicos: una antena, que recibe la señal y, en algunos casos, tiene capacidad anti-interferencias; una unidad de receptor-procesador, que convierte la señal de radio en una solución de navegación utilizable; y

una unidad de control/visualización, que muestra la información de posicionamiento y proporciona una interfaz para el control del receptor (National Academy of Sciences, 1997).

En la Figura 9 se muestra el segmento de usuario la cual compone de cientos de aplicaciones que afectan todos los aspectos de la vida moderna.



Figura 9: Segmento de usuario

Fuente: (GPS, 2021)

2.3.2 Funcionamiento del GPS

La trilateración funciona al encontrar su posición en la Tierra una vez que se conoce la ubicación de los satélites GPS que orbitan la Tierra y su distancia desde su ubicación. Dado que no podemos medir físicamente la distancia de estos satélites directamente, necesitamos usar la velocidad conocida de la señal enviada por los satélites GPS y la hora en que se enviaron las señales. Esto es bastante fácil, porque los satélites envían señales electromagnéticas constantemente. Si nuestro receptor GPS detectara la señal de un solo satélite, todo lo que podríamos decir es que podríamos estar en cualquier lugar de la superficie de una esfera de radio igual a la distancia calculada desde el satélite. Si solo recibiéramos señales de dos satélites (satélite A y B, por ejemplo), podríamos decir que estamos en algún lugar a lo largo del círculo dibujado por las intersecciones de las esferas descritas por las dos señales. Pero con una tercera

señal de satélite podemos saber la ubicación exacta de nuestro dispositivo, porque las tres esferas se cruzarán en un solo punto. Podemos simplificar este concepto en 2D, utilizando círculos en lugar de esferas como podemos observar en la Figura 10.

Para aumentar la precisión de su posición, el receptor GPS recibe y analiza señales de al menos cuatro satélites en cualquier momento, por lo que este sistema está ajustado para brindar los mejores resultados posibles (Quantum Technology).

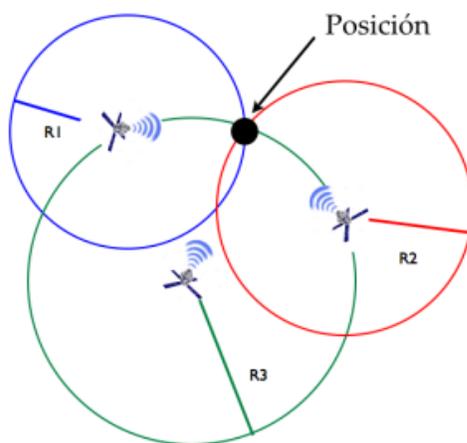


Figura 10: Técnica de Trilateración

Fuente: (Nicolas, 2015)

2.3.3 Disponibilidad selectiva (SA)

Es una degradación deliberada de la precisión del GPS que se logra al variar intencionalmente la hora exacta de los relojes a bordo de los satélites, lo que introduce errores en la señal del GPS, y al proporcionar datos de posicionamiento orbital incorrectos en el mensaje de navegación GPS. SA normalmente se establece en un nivel que proporcionará una precisión de posicionamiento de 100 metros a los usuarios del servicio de posicionamiento estándar (SPS).

En la práctica, existen varias fuentes de error distintas de SA que pueden afectar la precisión de una posición derivada de GPS. Estos incluyen errores involuntarios de reloj y

orbitales, errores causados por demoras atmosféricas, errores de trayectos múltiples, errores causados por el ruido del receptor y errores debidos a una geometría deficiente del satélite. Se han diseñado muchas técnicas y sistemas técnicos para mejorar la precisión del GPS SPS. Estas técnicas van desde la integración del equipo de usuario de GPS con otros sistemas de navegación/ posicionamiento, como las unidades de navegación inercial, hasta la mejora del GPS a través de técnicas de seguimiento diferencial y de portadora (National Academy of Sciences, 1997).

2.3.4 GPS diferencial

El método de GPS diferencial (DGPS) se basa en el conocimiento de la ubicación de una estación de referencia GPS, de alta precisión y levantada geodésicamente, que observa las señales de GPS en tiempo real y compara su información de rango con los rangos que se espera observar en su punto fijo. Las diferencias entre los rangos observados y los rangos predichos se utilizan para calcular las correcciones de los parámetros del GPS, las fuentes de error y / o las posiciones resultantes. Las correcciones diferenciales se pueden transmitir a los usuarios de GPS, quienes pueden aplicar las correcciones a sus señales GPS recibidas o posiciones calculadas. Las correcciones también se pueden almacenar para su posterior análisis y difusión. Las técnicas diferenciales se utilizan en muchas aplicaciones civiles para eliminar los efectos de SA (National Academy of Sciences, 1997).

2.3.5 Aplicaciones del GPS

En los inicios de la navegación por satélite solo fue de uso militar, pero con el paso del tiempo se ha ido extendiendo sus aplicaciones para numerosas actividades y dispositivos de nuestra vida cotidiana.

2.3.5.1 *Uso militar*

Se puede usar para mapear la ubicación de vehículos y otra maquinaria, como misiles, durante una guerra (Grind, 2018).

2.3.5.2 *Navegación terrestre, marítima y aérea*

Algunas de estas herramientas terminaron también siendo utilizadas por civiles y militares en todo tipo de medios, como la navegación terrestre, marítima y aérea.

2.3.5.3 *Localización de personas, animales y cosas*

Permite obtener la ubicación de personas, animales, vehículos u otro tipo de objetos con diferentes fines como actividades de rescate, investigación, entre otros (Moveris, 2020).

2.3.5.4 *Topografía*

Se utiliza para determinar los límites terrestres, cartografiar los fondos marinos y resaltar los cambios en la forma de las estructuras (Grind, 2018).

2.3.5.5 *Dispositivos y teléfonos móviles*

El GPS actualmente viene en los teléfonos inteligentes permitiendo obtener la ubicación en tiempo real de nuestra posición, trazar rutas de ejercicio, o nos ayuda a encontrarlo en caso de robo o pérdida.

2.3.5.6 *Deportes de riesgo o actividades al aire libre*

Gracias al GPS se puede conocer el ritmo de carrera que hemos llevado, la distancia que hemos recorrido, el desnivel logrado, entre otros (Moveris, 2020).

2.3.5.7 *Automóviles*

Actualmente la mayoría de los coches o motos que se venden o alquilamos cuentan con GPS que permite saber dónde está el coche o la moto, y en caso de robo poder recuperarlos.

2.4 Hardware libre

Hardware libre permite crear dispositivos electrónicos de forma abierta donde las personas puedan hacer uso de las especificaciones y diagramas esquemáticos para estudiarlos y modificarlos (BBVA, 2018).

2.4.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi es una computadora de placa única diseñada para enseñar habilidades de programación, construir proyectos de hardware, hacer automatización del hogar y explorar aplicaciones industriales de tecnología informática. Ejecuta Linux (un sistema operativo de computadora) y proporciona pines de entrada y salida de propósito general (GPIO) que permiten al usuario controlar componentes electrónicos para computación física y explorar Internet de las cosas (IoT) (Raspberrypi, 2019).

En la Tabla 2 se presentan las características del Raspberry pi.

Tabla 2. Características del Raspberry pi.

Especificaciones	Raspberry Pi Zero	Raspberry pi pico
Velocidad de la CPU	1 GHz	133 MHz
Memoria	512 MB	264 KB
Tamaño	65 mm x 30 mm	21 mm × 51 mm
Energía	3,3 V - 5 V	1,8 V – 5,5 V
Conectores	40	20 GPIO
Software	Raspberry PI OS	MicroPython / C

Fuente: (Puckett, 2021)

2.4.2 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica basado en hardware y software de código abierto se enfoca en la electrónica mediante la utilización de microcontroladores de tal manera que se

puedan realizar proyectos multidisciplinarios y sea de fácil manejo para los usuarios (ARDUINO, 2017).

Arduino es diferente a otras plataformas del mercado por las siguientes características:

- Puede usarse en los diferentes sistemas operativos como Windows, Macintosh y Linux.
- Es de código abierto y se puede usar en cualquier placa Arduino
- Los programas se pueden cargar mediante cable USB, es de gran utilidad ya que no todos los computadores cuentan con puerto serial.
- El hardware y software fáciles de usar.
- Arduino fue desarrollado en un ambiente educativo

En la Tabla 3 se presenta una comparativa de las placas de Arduino con sus diferentes características.

Tabla 3: Comparativa de las placas Arduino

Características	Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Nano	Arduino Pro mini
Procesador	ATmega328P	ATmega32U4	ATmega168 ATmega328P	ATmega328P
Voltaje de funcionamiento / entrada	5 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V	3.3 V / 3.35-12 V 5V/5-12V
Velocidad de la CPU	16 MHz	16 MHz	16 MHz	8/16 MHz
Entrada / salida analógica	6/0	12/0	8/0	6/0
IO / PWM digital	14/6	20/7	14/6	14/6
EEPROM [kB]	1	1	0,512/1	1
SRAM [kB]	2	2.5	1/2	2
Flash [kB]	32	32	16/32	32
USB	Regular	Micro	Mini	-
UART	1	1	1	1

Fuente: (Didácticos, 2019)

2.4.3 Baterías

Las baterías son dispositivos que almacenan energía eléctrica, mediante el uso de procesos electroquímicos, y que posteriormente esta energía es liberada de forma controlada como corriente continua y usada en diferentes aplicaciones.

Las baterías se clasifican en dos categorías: celdas primarias y celdas secundarias

- **Las celdas primarias**, son de un solo uso (desechables), esto se debe a que los electrones viajan de un ánodo a un cátodo hasta que el ánodo se queda sin electrones
- **Las celdas secundarias**, puede revertir el flujo de electrones y, como tal, restaurar el exceso inicial de electrones en el ánodo mediante reacciones electroquímicas que son eléctricamente reversibles.

2.5 Sistemas operativos móviles

Un sistema operativo (SO) para móviles es un conjunto de órdenes capaces de ejecutarse sobre el hardware del dispositivo para satisfacer las necesidades del usuario (MARTÍNEZ, 2021).

2.5.1 IOS

IOS es un sistema operativo diseñado por Apple utilizado en dispositivos como: iPhone, iPad, iPod Touch, y Apple TV permitiendo aumentar las funcionalidades de los dispositivos. El 25% de los dispositivos móviles usan iOS. (BELLO, 2021)

2.5.2 Android

Es un sistema operativo caracterizado por su código abierto basado en Linux impulsado por Google es utiliza en 2500 millones de dispositivos activos. El 74% de dispositivos móviles utilizan el sistema operativo Android. Android está disponible para: desarrolladores, diseñadores

y fabricantes de dispositivos, lo que significa que pueden experimentar, imaginar y crear cosas nunca que en el pasado no existían. (Android, 2021)

2.6 Plataformas de Desarrollo de Aplicaciones Móviles

Son entornos de desarrollo donde se pueden crear aplicaciones móviles dependiendo de los tipos de aplicaciones como nativas o híbridas.

2.6.1 Xamarin

Es una plataforma de desarrollo compuesta por herramientas, lenguajes de programación y bibliotecas para crear diferentes tipos de aplicaciones para Android, iOS, tvOS, watchOS, macOS y Windows. (Microsoft, 2021)

2.6.2 Ionic

Ionic es una estructura de código abierto, ofrece una biblioteca de componentes, gestos y herramientas de interfaz de usuario optimizados para dispositivos móviles para crear aplicaciones rápidas y altamente interactivas (Yeeply, 2021).

2.6.3 Android Studio

Android Studio el entorno de desarrollo integrado (IDE), proporciona las herramientas más rápidas para crear aplicaciones en todo tipo de dispositivo Android para teléfonos, tabletas, televisores y automóviles que utilizan miles de millones de personas todos los días. Está basado en IntelliJ IDEA con un potente editor de códigos que aumentan la productividad en el desarrollo de las apps.

2.6.3.1 Características

- Un sistema de compilación flexible basado en Gradle
- Un emulador rápido y cargado de funciones

- Un entorno unificado donde puedes desarrollar para todos los dispositivos Android
- Aplicación de cambios para insertar cambios de código y recursos a la app en ejecución sin reiniciarla
- Integración con GitHub y plantillas de código para ayudarte a compilar funciones de apps comunes y también importar código de muestra
- Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba
- Herramientas de Lint para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de versiones, entre otros
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Compatibilidad integrada con Google Cloud Platform, que facilita la integración con Google Cloud Messaging y App Engine.

2.7 Plataformas en la Nube

Actualmente, existe una tendencia a diferenciar 3 modalidades diferentes de servicios en la nube: IaaS, PaaS y SaaS como se muestra en la Figura 11.

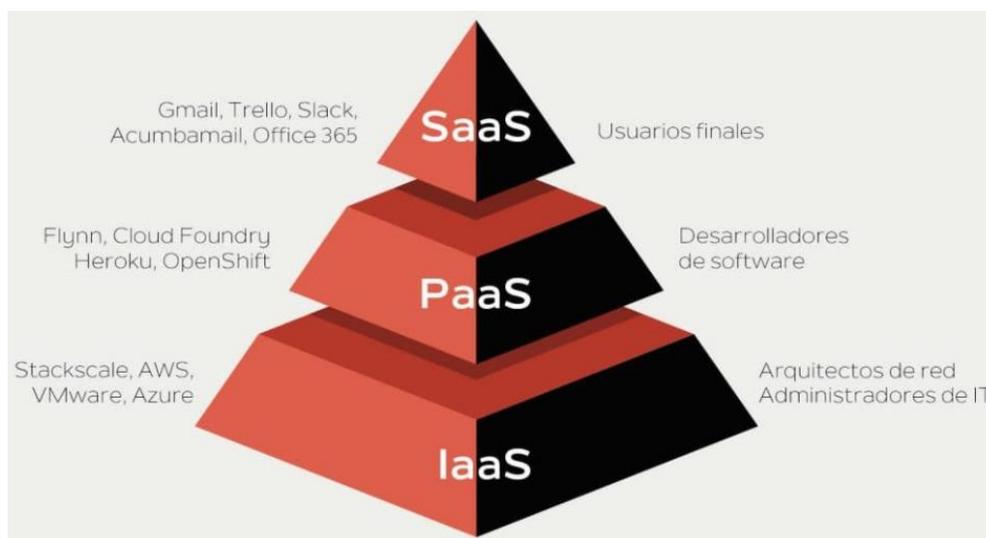


Figura 11: Modalidades de Servicios en la Nube

Fuente: (Stackscale, 2021)

2.7.1 IaaS (infraestructura como servicio)

Este es el nivel de soluciones de software orientado al arquitecto y abarca todo lo relacionado con la infraestructura necesaria, incluido el hardware y el software. Esta capa incluye los servicios y soluciones en la nube que ofrecen las grandes empresas del sector tecnológico como Microsoft, Amazon o Google, a través de sus productos Azure, AWS (Amazon Web Services) y GCP (Google Cloud Platform), respectivamente (Antoniony, 2020).

2.7.2 PaaS (plataforma como servicio)

La plataforma como servicio está dirigido a programadores y usuarios técnicos; consiste en entorno de desarrollo sin preocuparse del sistema operativo que facilita a los desarrolladores la construcción de aplicaciones que los usuarios finales pueden consumir directamente en la nube. Algunos ejemplos de PaaS son Firebase, Heroku, Apache Stratos y OpenShift. (Azure, 2021).

2.7.3 SaaS (software como servicio)

Este es un software que permite al usuario final conectarse a aplicaciones basadas en la nube con conexión a Internet, sin necesidad de instalar nada, y generalmente utilizando un navegador, accede al servicio y lo consume; Puede ser una plataforma de transmisión de video, una red social, un videojuego en línea, una plataforma de gestión empresarial, etc. (Azure, 2021)

2.8 Modelo en cascada

El modelo en cascada es un modelo utilizado en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas para crear un sistema con un enfoque lineal y secuencial. Este modelo se divide en diferentes fases y la salida de una fase se utiliza como entrada de la siguiente fase de forma secuencial como se muestra en la Figura 12. Cada fase debe completarse antes de que comience la siguiente y no hay superposición de fases (Times, 2020).

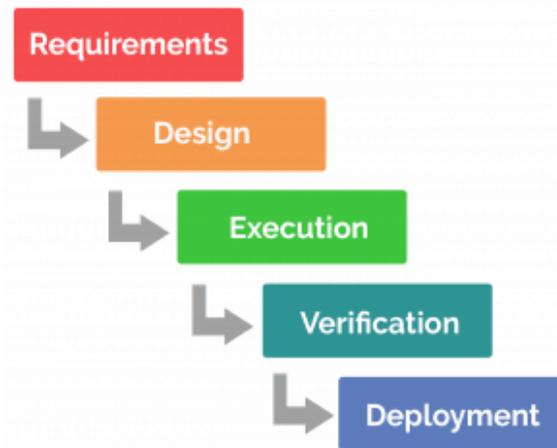


Figura 12: Esquema del modelo en cascada

Fuente: (Datascience)

Las Fases del modelo en cascada son las siguientes:

- ***Requisitos***

En esta fase se recopila todos los requisitos posibles sobre el sistema a desarrollarse y se lo plasma en un documento de especificaciones de requisitos.

- ***Diseño***

Las especificaciones de diseño son creadas, estudiadas y evaluadas en un esfuerzo por comprender cómo debería ser el producto final, junto con los requisitos del sistema y del hardware que ayuda a definir la arquitectura general del sistema (ProjectManager, 2021).

- ***Ejecución o implementación***

Tomando los requisitos y especificaciones de las fases anteriores el sistema se desarrolla primero en pequeños programas llamados unidades, que se integran en la siguiente fase. Cada unidad se desarrolla y prueba para su funcionalidad, lo que se conoce como prueba unitaria.

- ***Verificación***

Una vez completada la codificación, se realizan pruebas para garantizar que no haya errores antes de que se entregue el software al cliente.

- ***Despliegue***

Poner el producto en marcha en el entorno de producción una vez completadas todas las pruebas funcionales y no funcionales.

2.9 ESTÁNDAR ISO / IEEE 29148:2018

Este documento proporciona un tratamiento unificado de los procesos y productos involucrados en la ingeniería que describe los requisitos de procesos de ingeniería para el desarrollo de software y productos de desarrollo de sistemas a lo largo del ciclo de vida. Proporciona detalles para la construcción de requisitos textuales bien formados, para incluir características y atributos, en el contexto de la ingeniería de sistemas y software. Este documento también proporciona orientación para la implementación de los procesos relacionados con los requisitos de ISO / IEC / IEEE 15288 e ISO / IEC / IEEE 12207. Finalmente, este documento identifica elementos de información relacionados con la ingeniería de requisitos y su contenido(IEEE, 2018).

Este documento es aplicable a:

- Aquellos que usan o planean usar ISO / IEC / IEEE 15288 e ISO / IEC / IEEE 12207 en proyectos relacionados con sistemas artificiales, sistemas intensivos en software, productos de software y hardware, y servicios relacionados con esos sistemas y productos, independientemente del alcance del proyecto, producto (s), metodología, tamaño o complejidad;
- Cualquier persona que realice actividades de ingeniería de requisitos para ayudar a garantizar que su aplicación de los requisitos de los procesos de ingeniería se ajusta a ISO / IEC / IEEE 15288 y / o ISO / IEC / IEEE12207;
- Aquellos que usan o planean usar ISO / IEC / IEEE 15289 en proyectos relacionados con sistemas creados por el hombre, sistemas de uso intensivo de software, productos y servicios de software y hardware relacionados con esos sistemas y productos,

independientemente del alcance del proyecto, producto (s), metodología, tamaño o complejidad.

CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta la descripción general del sistema de monitoreo remoto para bicicletas. Se determinará los requerimientos para la selección de hardware y software que se usarán en el diseño del sistema y finalmente se realizará las pruebas de funcionamiento.

3.1 Descripción General del Sistema

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto, que permita evitar el robo de bicicletas mediante la geolocalización y el servicio móvil avanzado. Este sistema de seguridad está compuesto por un dispositivo electrónico que deberá ser instalado en la bicicleta, dicho dispositivo está formado por un microcontrolador y un módulo GPS/GSM que enviará la información correspondiente a una aplicación móvil diseñada específicamente para la visualización de estos datos.

Este sistema permite conocer la ubicación de bicicleta, mediante una petición realizada por el usuario o cuando se activa la alerta de desplazamiento de la bicicleta, en ambos casos esto lo hace mediante mensajes de texto SMS, dándonos la información de latitud y longitud, la cual puede ser visualizada en el mapa a través de la aplicación móvil.

Además, con la aplicación móvil que únicamente funcionará con el número celular registrado en el sistema, el usuario tendrá las funciones de control total de los diferentes recursos de manera remota, en donde exista cobertura de telefonía celular de acuerdo a la operadora previamente seleccionada.

3.2 Análisis de la Situación Actual

El ciclismo es una actividad que en la ciudad de Ibarra se ha ido incrementando a causa de la pandemia del Covid-19, por ser un medio de transporte que permite cumplir el distanciamiento social, medida de bioseguridad para evitar el contagio y la propagación del virus. A raíz de esto las personas han optado por la bicicleta dándole diferentes usos: como medio de transporte para movilizarse a sus trabajos, en emprendimientos como delivery, la práctica de deporte, entre otros.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en 2020 el uso de la bicicleta creció 83% en relación al 2019, siendo las personas de entre 12 a 19 años las que más usan, conformando el 34,69% de este sector de la población (Telégrafo, 2021).

Además desde hace varios años se ha venido incentivando el uso de la bicicleta por varios grupos ciclistas, tomando más fuerza en el último año por la emergencia Sanitaria, un ejemplo claro es Bicivilizados que ha venido trabajando con el GAD Municipal para incentivar a la ciudadanía a usar la bicicleta como un medio de transporte sostenible debido a que la ciudad es una ciudad amigable por sus características geográficas (Arias, 2020).

Los miembros de la agrupación de ciclistas Correcaminos y Búhos en una entrevista a la Televisión Universitaria UTV han mencionado la preocupación en cuanto a la falta de seguridad que tienen los ciclistas en las diferentes rutas y ciclovías, y la falta de políticas públicas para transitar de manera segura por lo que han decidido realizar este deporte de manera grupal para sentirse más seguros y protegidos (Pupiales, 2021).

Según los datos proporcionados por la página de la Fiscalía General del Estado, las cifras de robos entre enero y junio del 2020 y 2021, se ha observado un incremento de todos los tipos de robos como se muestra en la Figura 13, demostrando así que la inseguridad es un problema palpable que aqueja a la ciudadanía (FGE, 2021) .



Figura 13: Cifras de los diferentes tipos de robos de enero a junio del año 2020 y 2021

Fuente: (FGE, 2021)

Las cifras seleccionadas para el interés del proyecto serán los robos a personas y a domicilios debido a que el robo a bicicletas entra en este tipo de robos al ser un bien.

- **Robo a personas**

Según la Fiscalía el robo a personas es cuando una persona o grupo de personas, vulneran la seguridad sobre la o las víctimas mediante amenazas, fuerza o intimidación para sustraer o apoderarse de un bien mueble propio o del que sea custodio, que porte en el momento del hecho, sea en un lugar público o privado. (FGE, 2021)

- **Robo a domicilios**

La Fiscalía define el robo a domicilios cuando una persona o grupo de personas ingrese a un domicilio ajeno mediante amenazas, violentando o haciendo uso de la fuerza, con el fin de sustraer o apoderarse de un bien u objeto que se encuentre en el domicilio o sea parte del bien inmueble, excepto vehículos a motor (FGE, 2021).

Cabe recalcar que los datos antes mencionados se refieren a las personas que pusieron la denuncia pero el valor pudiere aumentar si todos denunciaran.

-

- **Uso de Smartphone y tipo de sistema operativo**

Según los datos del INEC el 81.8% de la población nacional usa un teléfono inteligente, permitiendo a las personas acceder al teletrabajo, telemedicina, tele-educación, el uso de aplicaciones móviles y ocio (INEC).

En la Figura 14 se puede observar los abonados con el sistema operativo que más se usa, en el cual se puede observar que Android se toma gran parte del pastel de datos, esto se debe a que Android es más accesible y tiene una amplia gama de productos dependiente de la necesidad y economía del usuario.

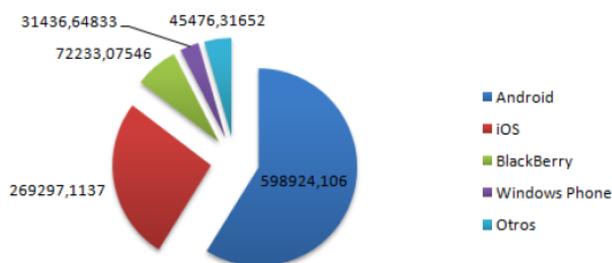


Figura 14: Pastel de los sistemas operativos más usados

Fuente: (Dominguez, 2015)

- **Ciclovías**

La ciudad de Ibarra desde hace años atrás cuenta con ciclovías por las cuales las personas pueden transitar y hacer ejercicio. Estas ciclovías están ubicadas en Yahuarcocha, Parque “Ciudad Blanca”, la Avenida Eugenio Espejo y el Corredor Periférico Sur como se observa en la Figura 15.

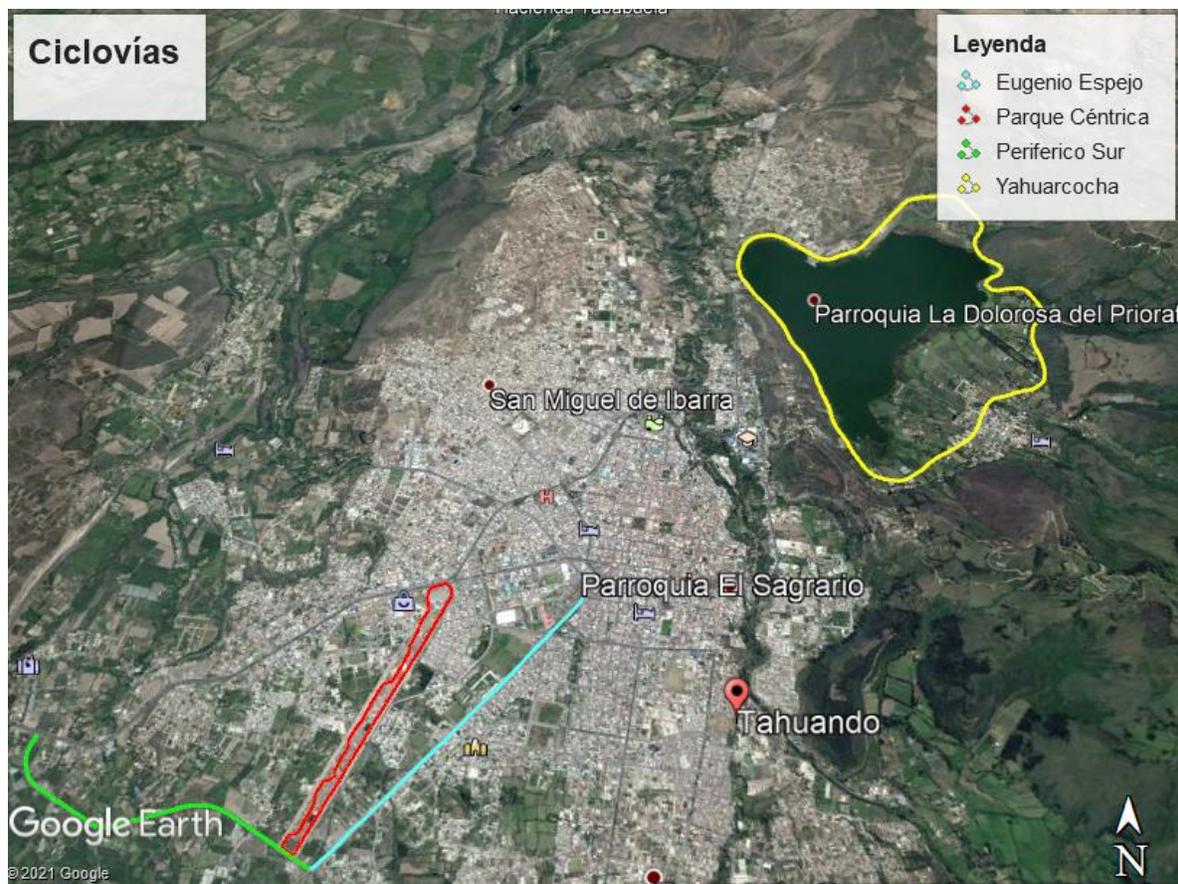


Figura 15: Ciclovías iniciales de la ciudad de Ibarra

Fuente: Adaptada de Google Earth

Debido a la pandemia el GAD municipal creó nuevas ciclovías, temporales y permanentes, con la ayuda de la Empresa Pública de Movilidad (EPM), denominada ciclovías seguras, que permitían movilizar a la ciudadanía de manera segura a sus actividades. Estas ciclovías abarcaron algunas avenidas y calles de la ciudad, quedando ya definitivamente las

siguientes: Av. Jorge Guzmán Rueda, Av. Padre Aurelio Espinoza Pólit, Calle Carlos Barahona, Calle RíoTahuando, Av.Eloy Alfaro, Parque de la Familia, Av.Jaime Rivadeneira, Av.El Retorno, como se muestra en la Figura 16.

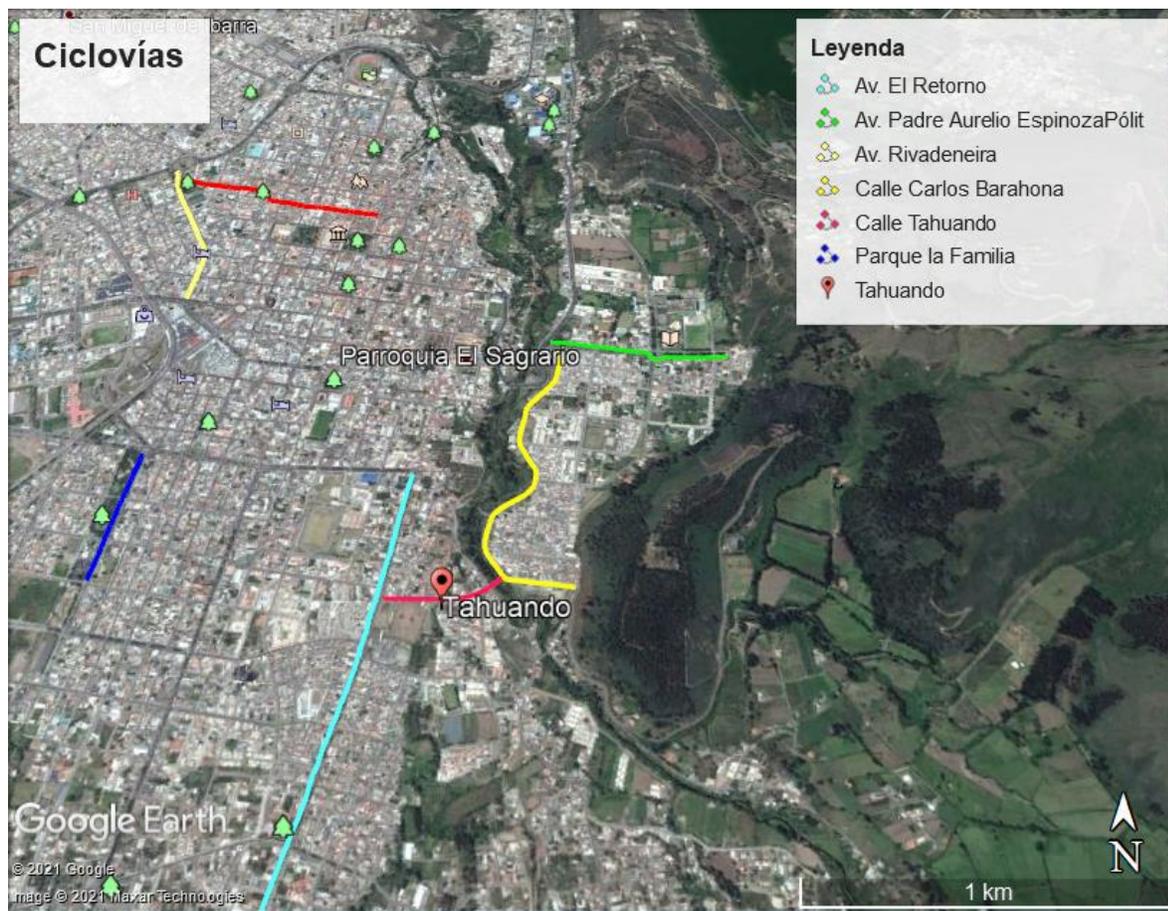


Figura 16: Ciclovías permanentes creadas por GAD municipal de Ibarra

Fuente: Adaptada de Google Earth

El presente proyecto tiene como propósito que la bicicleta cuente con un sistema de monitoreo remoto que permita evitar el robo de la bicicleta mediante la implementación de un dispositivo electrónico que permite interactuar con una aplicación móvil creada específicamente para este fin permitiendo dar tranquilidad y seguridad al propietario en los recorridos realizados donde exista buena calidad de cobertura móvil.

3.3 Diagrama General del Funcionamiento

En la Figura 17, se muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del sistema de localización. El propietario de la bicicleta lo estaciona con el sistema de seguridad ya instalado en la misma y procede a activar el sistema de seguridad, si una persona no autorizada mueve la bicicleta del lugar en donde se encontraba, el sistema de seguridad se activa en modo GSM/GPS y procede a enviar mensaje al telefono movil el mensaje de alerta de robo y las coordenadas, el cual es visualizado en la aplicación movil alertando asi al propietario el cual procede a verificar el estado del vehiculo.

El dispositivo de seguridad instalado en la bicicleta tomará las coordenada de latitud y longitud del GPS, las cuales serán enviadas a la aplicación móvil con las que el propietario podrá ver las ubicación de la bicicleta y realizar el rastreo y localizacion del mismo.

Por ultimo estos datos serán almacenados en la memoria del celular y en la Database de Firebase con lo cual se podra verificar las ubicación obtenidas por GPS en la trayectoria de la bicicleta.

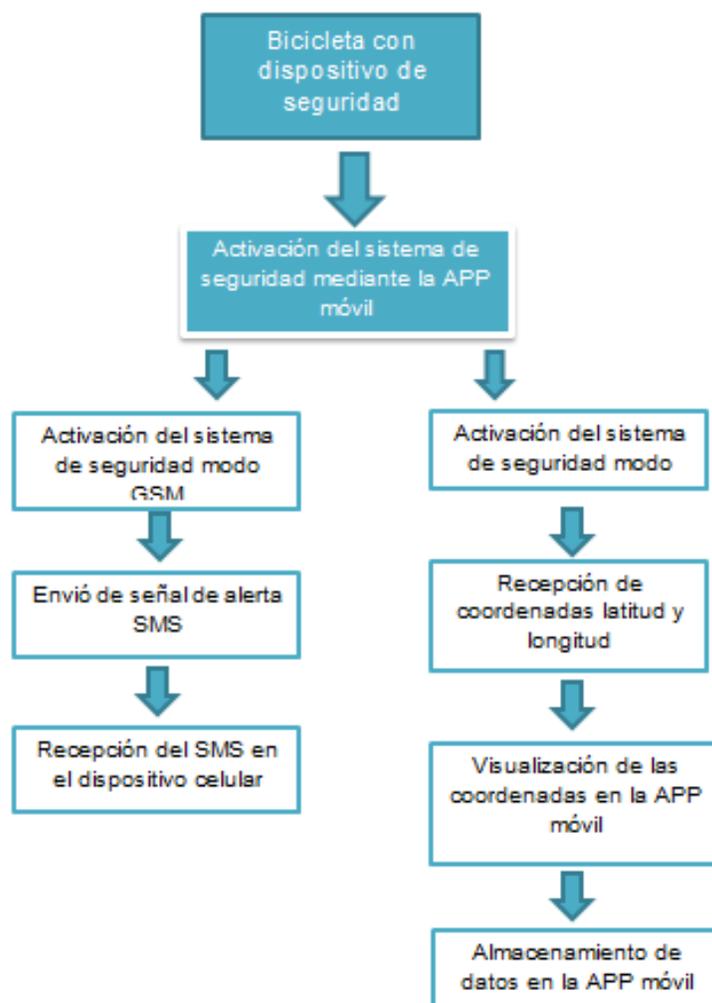


Figura 17: Diagrama de bloques del prototipo del sistema de localización satelital

Fuente: Autoría

3.4 Requerimientos del Sistema

Una vez analizado la situación actual se procede a detallar los requerimientos del diseño la cual de: Requerimientos de Stakeholder, Requerimientos del sistema y Requerimientos de arquitectura, las cuales debe cumplir con los objetivos planteados por el proyecto.

En la Tabla 4 se presenta las abreviaturas de requerimientos de Stakeholders, del sistema y de arquitectura los cuales serán usados posteriormente.

Tabla 4: Abreviaturas y su Descripción

Abreviaturas	Descripción
RSk	Requerimientos Stakeholders
RSis	Requerimientos del sistema
RArq	Requerimientos de arquitectura

Fuente: Autoría

3.4.1 Stakeholders

Los Stakeholders son grupos de personas de las partes interesadas que influyen en la relación del desempeño del proyecto. En la tabla 5 se muestra los Stakeholders que involucran en el desarrollo del proyecto.

Tabla 5: Stakeholders y la descripción

Número	Stakeholders	Descripción
1	Usuarios del sistema	Ciclistas
2	MSc. Jaime Michilena	Director de trabajo de titulación
3	MSc. Carlos Vásquez	Asesor 1
4	MSc. Pamela Godoy	Asesor 2
5	Diana Valle	Desarrolladora del trabajo de titulación

Fuente: Autoría

Después de haber identificado los Stakeholders se procede a la aplicación de los métodos de recolección de información mediante los cuales se pretender obtener información relevante para el desarrollo del proyecto de investigación.

Para ello se procedió a realizar una entrevista al Señor Carlos Revelo, ciclista y propietario de la escuela de ciclismo para niños y adultos Sport Bike, y dueño de la tienda de bicicletas con el mismo nombre, la cual tiene 30 años de experiencia en el mercado y está ligado

directamente con la bicicleta. Mediante la aplicación de este método de recolección de información se logró que el entrevistado proporcione información detallada de: actividades para las que se usa la bicicleta, el tiempo de uso, los métodos de seguridad que usan para proteger a la bicicleta de la delincuencia, y las características que debería presentar el sistema de monitoreo a desarrollarse que evite el robo de la bicicleta.

También se realizó una entrevista al Señor Raviro Tapia dirigente del club de ciclismo KRK, a quien se le aplicó el banco de preguntas del Anexo 1, mediante el cual se ha logrado obtener información importante que se usaran para realizar los requerimientos que debe cumplir el proyecto.

Y por último se realizó la entrevista a la ciudadana Verónica Cepeda trabajadora de un Proyecto de ayuda social “Compasión International, quien usa la bicicleta diariamente como medio de transporte y menciona la importancia de contar con un sistema de seguridad en la bicicleta debido al aumento de la delincuencia y lo inseguro que es transitar por las calles de la ciudad, además de otros datos relevantes para el diseño del proyecto.

Las entrevistas antes mencionadas se realizaron mediante preguntas abiertas y cerradas con el fin de que el entrevistado proporcione información específica y concisa en las respuestas dadas. En el Anexo 1 se muestra el banco de preguntas en las que se basó las entrevistas y en el Anexo 2 se encuentran las evidencias de las mismas.

3.4.2 Requerimientos Stakeholders

En la Tabla 6 se describe los requisitos de las partes interesadas que se deben tomar en cuenta para que el sistema cumpla con las necesidades del usuario. Tomando en cuenta que el

sistema de monitoreo cuenta con dos partes el hardware que es el dispositivo electrónico que va en la bicicleta y el software que es la aplicación móvil.

Tabla 6: *Requerimientos de Stakeholders*

RSk					
REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS					
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES					
#	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
RSk 1	El dispositivo debe tener alimentación por medio de baterías	X			
RSk 2	El sistema debe poder almacenar las coordenadas del GPS	X			
RSk 3	El sistema debe tener conexión inalámbrica para la transmisión de datos	X			
REQUERIMIENTOS DE USUARIO					
RSk 4	Las dimensiones del dispositivo deben ser aproximadamente de 5x10 cm para que quepa en el sillín de la bicicleta	X			
RSk 5	La aplicación móvil debe tener un registro de usuario		X		
RSk 7	Los datos de ubicación enviados por el dispositivo a la aplicación móvil deben guardarse	X			
RSk 8	La aplicación móvil debe ser intuitiva para los usuarios			X	

Fuente: Autoría

3.4.3 Requerimientos del Sistema

Los requerimientos del sistema, describen los servicios que ofrecerá el sistema y las restricciones asociadas a su funcionamiento determinadas de forma precisa que deben satisfacerse según la prioridad. Los requerimientos se subdividen en diferentes partes las cuales se pueden observar en la tabla 7.

Tabla 7: Requerimientos del sistema

RSis					
REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA					
#	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS DE USO					
RSis 1	El dispositivo electrónico, debe estar energizado mediante una batería	X			RArq 14
RSis 2	El sistema de monitoreo debe tener comunicación a las redes móviles para el envío de datos	X			
RSis 3	El dispositivo electrónico, debe contar con la tecnología GPS para la obtención de las coordenadas	X			
REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE					
RSis 4	La obtención de las coordenadas del GPS se lo realiza mediante la placa de procesamiento	X			
RSis 5	La activación del dispositivo electrónico se lo realiza mediante la app móvil		X		
RSis 6	El envío y recepción de los datos se lo realiza mediante un módulo de comunicación inalámbrica GSM	X			
REQUERIMIENTOS DE INTERFACES					
RSis 7	La placa de procesamiento deber contar con interfaces de 2 entradas/salidas digitales	X			
REQUERIMIENTOS DE MODOS/ESTADOS					
RSis 8	El dispositivo debe estar activo siempre que la bicicleta sea usada	X			
RSis 9	La batería debe estar siempre cargada	X			
REQUERIMIENTOS FÍSICOS					

RSis 10	Dispositivo de tamaño reducido para cumplir sus funciones	X
----------------	---	---

Fuente: Autoría

3.4.4 Requerimientos Arquitectura

Este requerimiento permite determinar los componentes tanto de hardware como de software que satisfagan las necesidades del proyecto. En la Tabla 8 se detallan los requerimientos de arquitectura.

Tabla 8: Requerimiento de Arquitectura

RArq					
REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA					
#	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS LÓGICOS					
RArq 1	2 Entradas/Salidas digitales para Tx y Rx	X			
RArq 2	Comunicación del todo el sistema mediante la tecnología GSM	X			
RArq 3	Los datos enviados del dispositivo deben verse en la aplicación móvil	X			
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO					
RArq 4	Unir el módulo de comunicación y la placa de procesamiento en un solo circuito con su respectivo elevador de voltaje	X			
RArq 5	Dispositivo debe contar con una estructura de protección para evitar cualquier daño.	X			
RArq 6	El sistema debe usar Hardware y software libre	X			
RArq 7	El software de la placa de procesamiento debe contar con librerías compatibles con el módulo de	X			

comunicación inalámbrica.

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE		
RArq 8	El Software de programación debe ser compatible con la placa de procesamiento	X
RArq 9	Lenguaje de programación del sistema debe ser código abierto	X
RArq 10	Aplicación móvil debe ser amigable e intuitiva para interactuar con el usuario	X
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE		
RArq 11	Placa de procesamiento de software libre que cumpla con las funciones requeridas de transmisión y recepción de información	X
RArq 12	Módulos elevadores de voltaje de 3.7V a 12V	X
RArq 13	Módulo de comunicación inalámbrica compatible con la placa de procesamiento	X
REQUERIMIENTOS ELECTRICOS		
RArq 14	Batería de 3,7 V a 3000mAh para alimentar el dispositivo	X
RArq 15	Se necesita de una fuente de alimentación externa para recargar la batería	X

Fuente: Autoría

3.5 Selección de Hardware y Software

La selección de Hardware y Software para el diseño del sistema de monitoreo remoto para bicicletas se lo realizara a partir de los requerimientos planteados anteriormente. La selección se realizara mediante una comparación de las diferentes opciones asignando 1 cuando cumpla el requerimiento y 0 cuando no, el que tenga mayor valoración será seleccionando.

3.5.1 Selección de Hardware

Una vez seleccionando al hardware con mayor valoración se procede a describir todas sus características.

3.5.1.1 Placa de procesamiento

La placa de procesamiento se elegirá teniendo en cuenta la cantidad de elementos a conectar y los requisitos anteriormente planteados como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Selección de placa de procesamiento

Selección de Placa de procesamiento						
Hardware	RSk 4	RSis 4	RSis 7	Rarq 1	RArq 12	Total
Arduino Uno	0	1	1	1	1	4
Arduino Leonardo	0	1	1	1	1	4
Arduino Nano	1	1	1	1	1	5
Arduino Pro-Mini	1	1	1	1	1	5

Cumple=1 No cumple=0

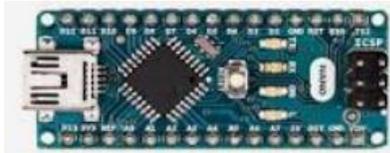
Fuente: Autoría

Se selecciona la placa Arduino nano porque cumple con los requisitos planteados para el desarrollo de este proyecto, pues ofrece la misma conectividad y especificaciones de la placa Arduino UNO en un formato más pequeño.

Las ventajas que posee la placa Arduino Nano para el desarrollo del prototipo propuesto respecto a otras placas similares, son las siguientes: es mucho más pequeño que el Arduino Mega, Uno y Leonardo lo que es esencial para el prototipo, está basado en el microcontrolador ATmega328, tiene una entrada mini-USB a través de la cual se puede subir el código fuente para la ejecución de los comandos, por lo cual se descarta a la placa Arduino Pro mini debido a que no posee esta característica. En la Tabla 10 se presentan las especificaciones técnicas del Arduino Nano.

En la Tabla 10 se presenta las Especificaciones técnicas del Arduino Nano.

Tabla 10: Especificaciones técnicas del Arduino Nano

Arduino Nano	
	
Microcontrolador:	ATmega328P
Chip USB:	CH340
Voltaje de Alimentación:	7V -12V DC
Voltaje de I/O:	5V
Pines Digitales I/O:	14 (6 PWM)
Entradas Analógicas:	8
Corriente máx. entrada/salida:	40mA
Memoria FLASH:	32KB (2KB usados por el Bootloader)
Memoria SRAM:	2KB
Memoria EEPROM:	1KB
Frecuencia de Reloj:	16 MHz
Dimensiones:	18.5 mm x 43.2 mm

Fuente: (Arduino, Arduino Store, 2021)

3.5.1.2 Módulo de comunicación inalámbrica con integración de la tecnología GPS

El módulo de comunicación a elegirse debe tener la integración de la tecnología GPS y cumplir con los requerimientos previamente planteados para el correcto funcionamiento de todo el sistema de monitoreo.

En la Tabla 11 se describe una tabla comparativa de acuerdo a los requerimientos establecidos con los diferentes módulos existentes en el mercado.

Tabla 11: Elección del módulo de comunicación con GPS integrado.

Selección de Modulo de Comunicación con GPS							
Hardware	RSk 3	RSis 2	RSis 3	RSis 6	Rsis 10	Rarq 7	Total
SIM 900	1	1	0	1	0	1	4
SIM 908	1	1	1	1	0	1	5
SIM 808	1	1	1	1	1	1	6
Cumple=1			No cumple=0				

Fuente: Autoría

Para este proyecto se trabajará con el módulo Sim 808 ya que cumple con todos los requerimientos. Este módulo tiene integrado el sistema de navegación con capacidad GNSS con sensibilidad de -165 dBm en comparación con el SIM908 con sensibilidad de -160dBm. GNSS es una terminología utilizada para GPS + GLONASS, el dispositivo admite la navegación con satélites de EE. UU. (Llamados GPS) y satélites rusos (llamados GLONASS). Por otra parte el módulo SIM908 solo puede rastrear el uso de sistemas satelitales estadounidenses, mientras que el SIM808 puede adquirir la corrección de ubicación utilizando sistemas de navegación satelital estadounidenses y rusos, lo cual es útil cuando un sistema no puede proporcionar una ubicación precisa con buena intensidad de señal.

El módulo SIM808 viene en un tamaño compacto con dimensiones de 37*37mm, lo cual es favorable para este proyecto. Soporta voltajes de alimentación de 5V a 12V, su programación los realiza mediante comandos AT y trabajan en las bandas usadas en nuestro país.

En la Tabla 12 se detalla las características del Módulo Sim 808.

Tabla 12: Características del Módulo Sim 808

Módulo Sim 808



Características	Descripción
GSM de banda cuádruple	850/900/1800/1900 MHz
GPRS multi-ranura	clase 12/10
GPRS estación móvil	clase B
Clase 4	2 W 850/900 MHz
Clase 1	1 W 800/1900 MHz
Control mediante comandos AT	3GPP TS 27.007, 27.005 y SIM con Comandos AT mejorados
Rango de tensión de alimentación	3.4 v ~ 4.4 v
Consumo de energía	Bajo
Tipo de receptor GPS	22 tracking / 66 canal de adquisición
Sensibilidad	Seguimiento: -157 dBm Arranque en frío: -144 dBm
Time-To-First-Fix	Arranque en frío: 100s (típico). Arranque en caliente: 1s (típico).
Precisión	Posición horizontal: <2,5 m
Tamaño	37*37mm

Fuente: (Shenzhen and Technologies, 2017)

En la Tabla 13 se presenta la distribución de los pines del módulo GSM/GPRS/GPS Sim 808 con sus respectivas descripciones.

Tabla 13: Distribución de pines del módulo Sim 808

Nombre Pin	# Pin	Etiqueta en PCB	Descripción	Comentario
SLEEP	0	S	Control module into sleep mode	Connect with DTR via R124
GND	1,6	G	GND	
PWRIN	2	V	The power supply	5V-10V
PWRKEY	3	K	Power down	Shorted with GND via R104 by default
TXD	4	T	Transmit Data	TTL Series data Output
RXD	5	R	Receives Data	TTL Series data Input

Fuente: (Shenzhen and Technologies, 2017)

3.5.1.3 Elevador de Voltaje

El módulo elevador de voltaje debe cumplir con los requisitos del sistema, permitiendo que la alimentación al circuito sea el más óptico y eficiente para su correcto funcionamiento. Como se mira en la Tabla 14 se realiza la comparación de los módulos elevadores de voltaje existentes en el mercado para posterior elegir el que más valoración tenga.

Tabla 14: Selección del Módulo elevador de voltaje

Selección Módulo Elevador de Voltaje				
Hardware	Rsk	Rsis	Rarq 7	Total
XL 6009E1	1	1	1	3
LM 2577	1	1	1	3
Cumple=1		No cumple=0		

Fuente: Autoría

Se selecciona el módulo XL6009E1 el cual es un módulo que utiliza la segunda generación de chip de núcleo de tecnología de conmutación de alta frecuencia que ofrece un rendimiento superior sobre la tecnología de primera generación LM2577.

En la Tabla 15 se puede observar las características del módulo elevador de voltaje XL6009E1.

Tabla 15: Características del módulo XL6009E1

Modulo Elevador de Voltaje



Voltaje de Entrada:	3V - 32Vdc
Voltaje de Salida (ajustable):	5V - 35Vdc
Corriente de salida:	2.5A
Máxima corriente de salida:	3A (con disipador)
Eficiencia :	>90%
Frecuencia de Conmutación:	400KHz
Regulación de voltaje:	± 0.5%
Ripple de salida:	50mV
Dimensiones:	43 * 21 * 14 mm

Fuente: Datasheet XL6009E1

3.5.1.4 Batería

Para poder elegir el tipo de batería a usar en el prototipo es necesario tomar en cuenta las características de los tipos de baterías que existen en el mercado como se mira en la Tabla 16.

Tabla 16: Comparativa de los tipos de batería

Tipo	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Ion de litio (Li-ion)	Polímero de litio (LiPo)
Voltaje por célula	1,2V	3,7V	3,7V
Memoria	Muy alto	Inexistente	Inexistente
Amperaje Hora	0,5 – 1A	Varios tipos	Varios tipos
Sobrecarga	Soportado	Soportado	Soportado
Numero de cargas (aprox)	500	4000	5000
Tiempo de descarga(mes)	30%	25%	5%
Tiempo de carga	10 – 14h	2 - 4h	1 – 1.5h
Eficiencia energética	72.5	90.0	90.0

Fuente: (Mediavilla, 2017)

Se hizo uso de una batería recargable de litio (Li-ion), dado que esta es más comercial y accesible en el mercado, hemos descartado la batería de Níquel-Cadmio tomando en cuenta las características de la tabla, el voltaje por célula es muy bajo y su amperaje no sobrepasa el 1 A lo que no favorece al prototipo, también se ha podido ver que el tiempo de descarga es más rápido en comparación con otras baterías y el tiempo es extremadamente extenso para poder cargarlas habiendo más desventajas al usar este tipo de baterías.

La batería de Ion de litio o más conocida como Lion ha evolucionado el mercado por su precio y tamaño reducido, su desarrollo es debido a la telefonía móvil, puesto que consiguen

almacenar mucha energía. A diferencia de las anteriores no sufre del efecto memoria, ni tiene una gran pérdida de capacidad por el efecto de no utilizarse. Estas dos características hacen que se haya incrementado su uso en aparatos portátiles, teléfonos, ordenadores portátiles, entre otros. Su eficiencia energética es de 90.0% con un tiempo de carga de 2 a 4 horas.

Y por último tenemos las baterías de polímetro de Litio más conocidas como Lipo estas baterías son una variación de las baterías de litio aunque tienen mejores características que las baterías mencionadas anteriormente estas requieren un trato más delicado, además se vuelven inestables si las sobrecargamos, del mismo modo que si se descargan por debajo de un valor determinado y usan un cargador específico.

Poniendo en consideración todo lo mencionado anteriormente se elige la batería recargable de Li-ion como se mira en la Figura 18, que proporciona la corriente necesaria para abastecer el circuito.



Figura 18: Batería de Li-ion de 3.7 V, 3000mAh

Fuente: (Fernández, 2018)

En la tabla 17 se presentan las características de la batería seleccionada.

Tabla 17: Características principales batería

Descripción	valor
Voltaje	3.7 V
Capacidad	3000mAh
Velocidad de descarga	20 C

Fuente: (Fernández, 2018)

3.5.2 Selección de Software

Después de haber seleccionado el hardware que integran el proyecto, se iniciará con la selección de las mejores opciones de software y plataformas para el desarrollo del sistema.

3.5.2.1 Software de programación para la placa Arduino Nano

Para la programación de código en Arduino existen varias herramientas, sin embargo el software Arduino IDE es el entorno oficial para desarrollar proyectos en Arduino y cumple con los requisitos preestablecidos para el desarrollo del proyecto. Anteriormente ya se ha manejado este software lo que facilita el desarrollo de la creación de los códigos. Mediante la programación se obtendrá los datos del GPS para posterior enviarlo mediante mensaje de texto a la aplicación móvil. En la Figura 19 se puede ver el IDE de Arduino.

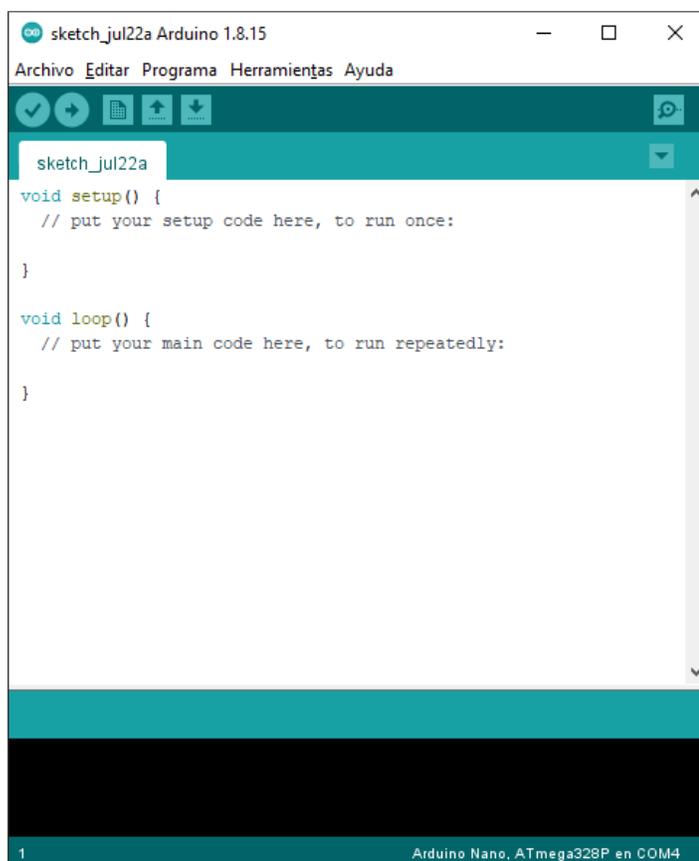


Figura 19: Área de trabajo de Arduino

Fuente: IDE Arduino

3.5.2.2 Plataformas de desarrollo para aplicaciones móviles

Para el desarrollo de la aplicación móvil se elige Android Studio que es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android de Google, las cuales proporcionan herramientas más rápidas para todas las clases de dispositivos Android. La plataforma de Android Studio aprovechar al máximo las características de un dispositivo ya que es un desarrollo nativo y al ser de Google se puede usar todos los servicios que ofrece como: Gmail, Google Drive, YouTube, Google maps y Firebase, entre otros., haciendo esta elección la más adecuada para el desarrollo del proyecto. En la Figura 20 se puede observar el entorno de desarrollo de Android Studio donde se realizará la aplicación móvil para el proyecto.

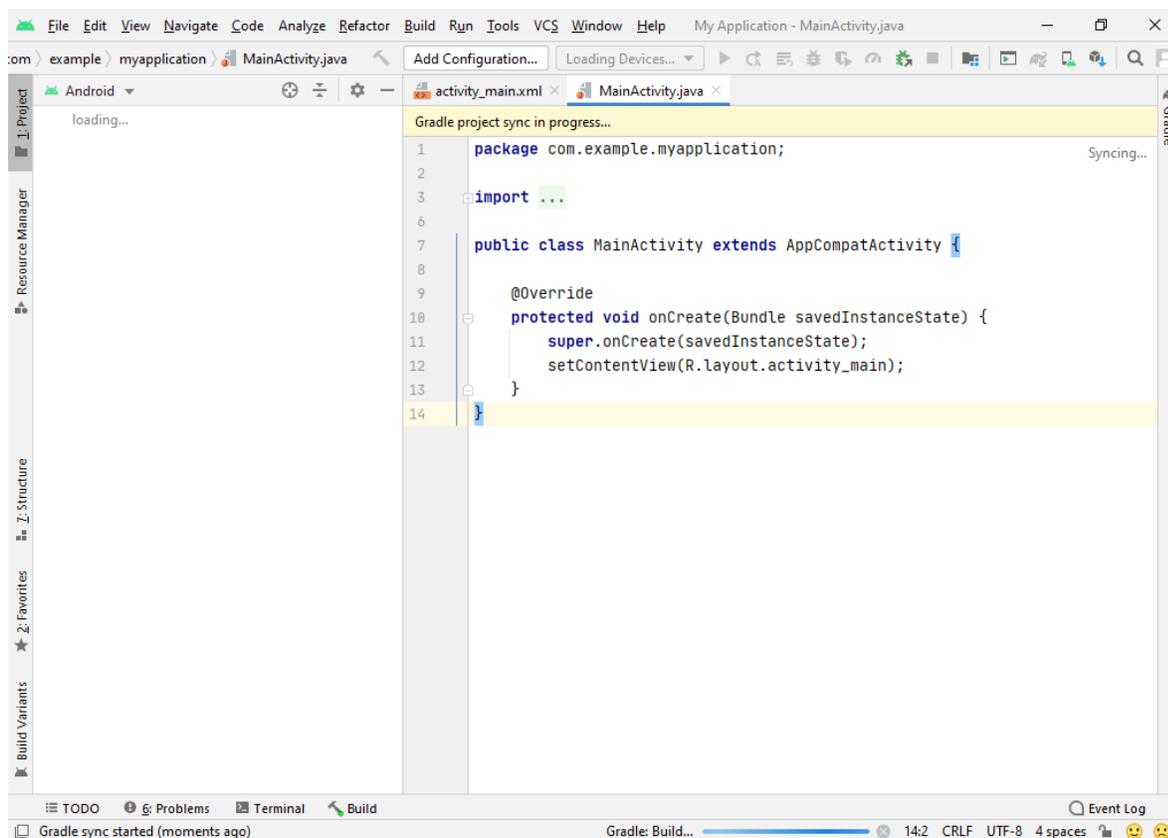


Figura 20: Entorno de desarrollo de Android Studio

Fuente: Programa Android Studio

3.5.2.3 Plataforma como servicio

Firestore de Google es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones web y móvil cuya principal función es desarrollar y facilitar la creación de apps de elevada calidad de una manera más rápida. Se ha elegido por las características presentadas y por qué satisface los requerimientos ya establecidos anteriormente. Esta plataforma servirá para la autenticación de los usuarios en la aplicación móvil y para guardar los datos de coordenadas. En la Figura 21 se muestra la plataforma Firestore.

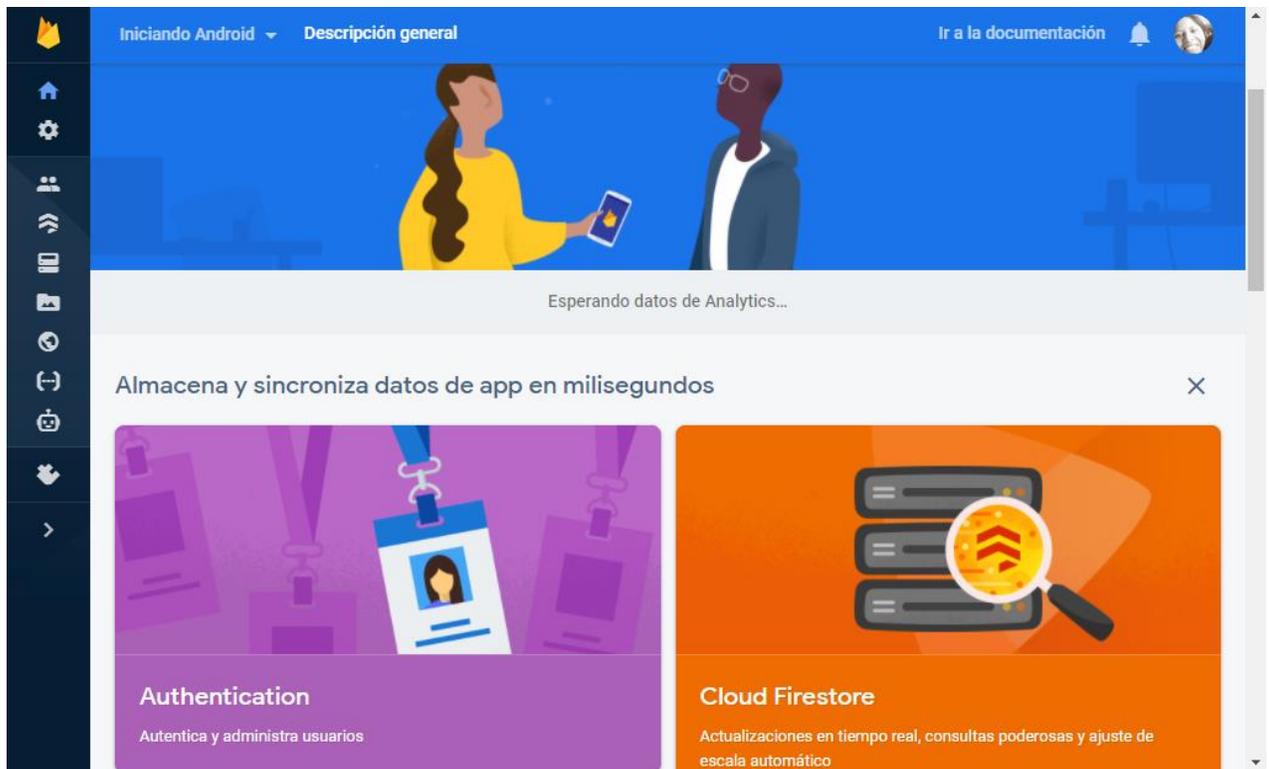


Figura 21: Interfaz de la Plataforma Firebase

Fuente: (Firebase, 2021)

3.6 Diagrama de Hardware del Prototipo

En la Figura 22 se procede a mostrar las conexiones electrónicas del desarrollo del sistema de monitoreo remoto para bicicletas, mostrando en detalle los elementos utilizados y la interconexión de los mismos.

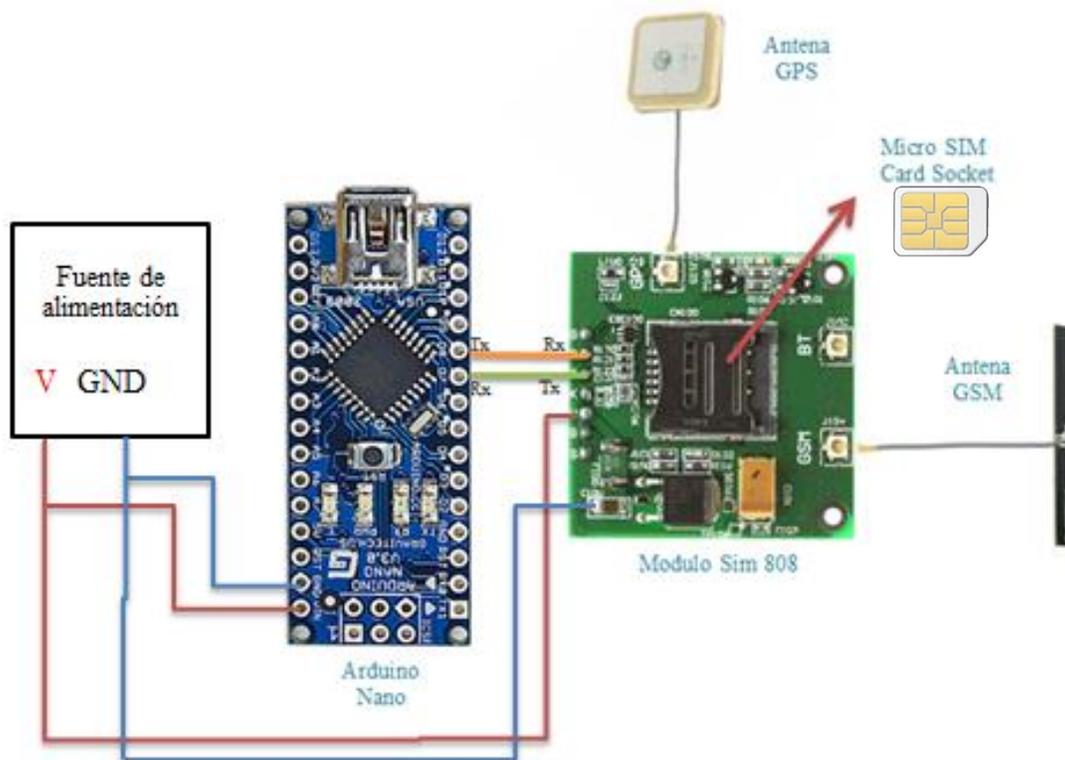


Figura 22: Esquema del prototipo

Fuente: Autoría

El sistema de monitoreo remoto para bicicletas consta de un módulo Arduino nano, un módulo GSM/GPRS/GPS SIM 808 y el módulo regulador de voltaje. El circuito de alimentación consta de una batería de 3.8 V que va conectado al módulo regulador de voltaje XL6009 el cual cumple el trabajo de elevar el voltaje ideal para suministrar energía a todo el prototipo.

El módulo Arduino se conectará a los pines de transmisión y recepción de módulo GSM/GPRS/GPS mediante los pines D7 para recepción y D8 para transmisión para la comunicación de los datos.

3.6.1 Diagrama de Flujo del sistema de seguridad

El Figura 23 se muestra el Diagrama de flujo del sistema de seguridad, se lo realiza tomando en cuenta el modelo en cascada con las que se describen las etapas que sigue este proyecto.

Para iniciar con el funcionamiento del dispositivo de seguridad se procede a encender por medio de un interruptor el cual permite la energización del Módulo Sim 808 GSM/GPS/GPRS y el módulo Arduino Nano, estos a su vez iniciarán la comunicación serial, la conexión a la operadora de red y la conexión GPS.

Si la conexión es exitosa se procede a leer los mensajes de texto, seguidamente se verifica si el mensaje de activación de la alerta de robo ha llegado, una vez leído el mensaje se procede a obtener las coordenadas del GPS (latitud y longitud), si hay algún cambio en la ubicación de la bicicleta se enviarán mensajes al Smartphone del usuario. Los datos enviados se visualizan en la aplicación móvil para que el usuario pueda tomar las medidas pertinentes para evitar el hurto del medio de transporte.

Finalmente, estos datos serán almacenados en la aplicación móvil y en Database de Firebase de Google mediante el cual se podrá tener un registro de las últimas ubicaciones de la bicicleta.

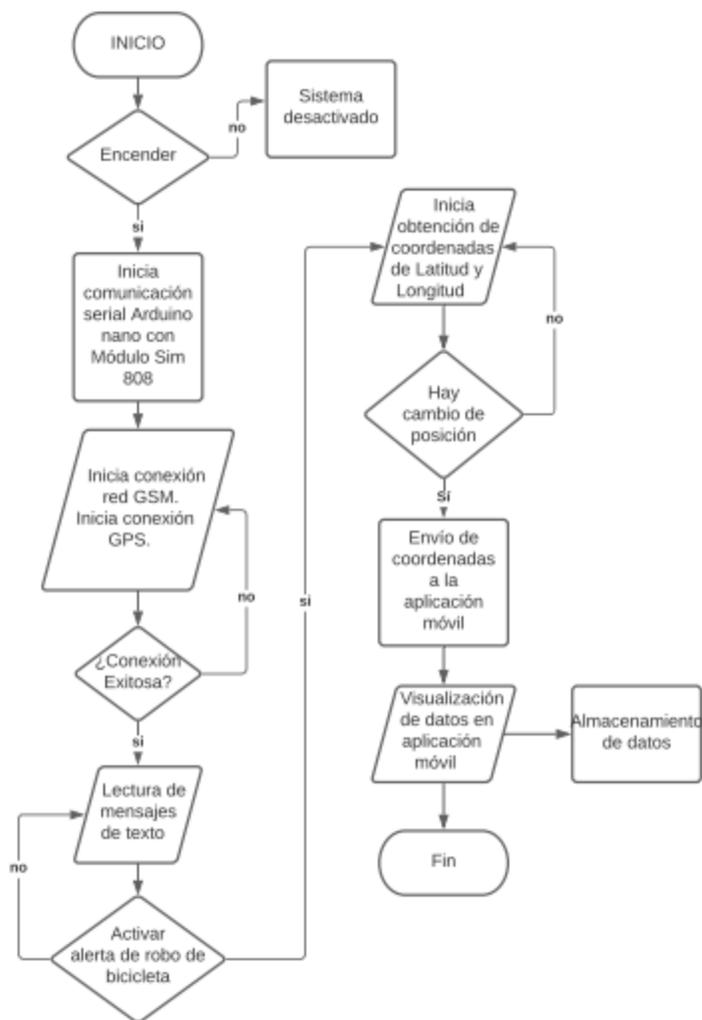


Figura 23: Diagrama de flujo del sistema de seguridad

Fuente: Autoría

3.6.2 Diagrama en Bloques de Funcionamiento del Sistema

Todas las elementos que se muestran en la Figura 24, indica cada parte del proyecto, el cual se distribuye en bloques representando cada uno de estos una función específica en el prototipo a desarrollar desde la fuente de alimentación hasta la recepción del SMS al dispositivo celular y la recepción de coordenadas del GPS en la aplicación móvil.

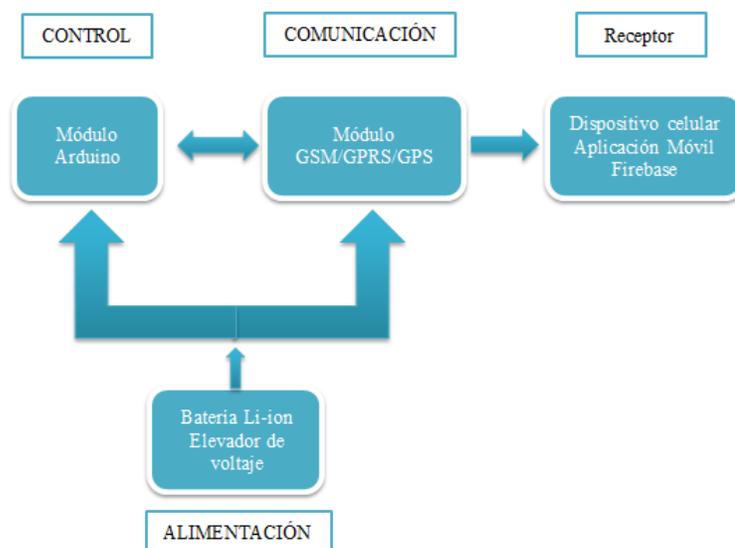


Figura 24: Bloque General del Funcionamiento del sistema

Fuente: Autoría

3.6.2.1 Bloque del Sistema de Control

El Sistema de Control es el encargado de enviar las órdenes que tiene que realizar cada uno de los bloques los cuales se encuentran interconectados los módulos usados en el desarrollo del proyecto. A continuación, se muestra en la Figura 25 el diagrama de bloques del Sistema de Control propuesto.



Figura 25: Diagrama de bloques del sistema de control

Fuente: Autoría

3.6.2.2 Bloque de comunicación

En la Figura 26 se muestra el bloque de comunicación la cual consta de un módulo GSM/GPRS/GP y el dispositivo móvil. El módulo sirve para la comunicación con el Smartphone

del propietario, ya que enviará un SMS cuando el módulo de control lo indique para alertar al usuario (propietario) del desplazamiento de la bicicleta por personal no autorizado.

Este módulo cuenta con un sistema GPS que receipta las coordenadas de localización (latitud y longitud) que serán enviadas por medio de tecnología GSM al teléfono móvil del propietario de la bicicleta; estos datos serán procesados para ser visualizados en la aplicación móvil.



Figura 26: Diagrama de comunicación

Fuente: Autoría

3.6.2.2.1 Selección de la Operadora Móvil

El Módulo Sim 808 GSM/GPRS/GPS necesita un chip de telefonía móvil para su uso, por lo que se realizará un análisis de cobertura de las operadoras existentes en el país que cubran los lugares donde existan ciclovías en la ciudad de Ibarra.

3.6.2.3 Operadoras y su cobertura

En el Ecuador actualmente existen 4 operadoras de telefonía móvil: Claro, CNT, Movistar y Tuenti, los cuales proveen el servicio móvil avanzado a los usuarios. El Módulo Sim 808 trabaja en las bandas de frecuencia 850, 900, 1800 y 1900 MHz haciéndolo compatible con las operadoras de nuestro país.

- **Claro**

En la Figura 27 se puede observar un mapeo de la cobertura 2G de la operadora móvil Claro para los sectores de: Yahuarcocha, el centro de la ciudad, Corredor Periférico Sur, el Retorno, entre otros lugares. Mostrando por medio de tres colores el nivel de la señal, siendo el color verde un nivel alto, color celeste nivel medio y color rojo nivel bajo.

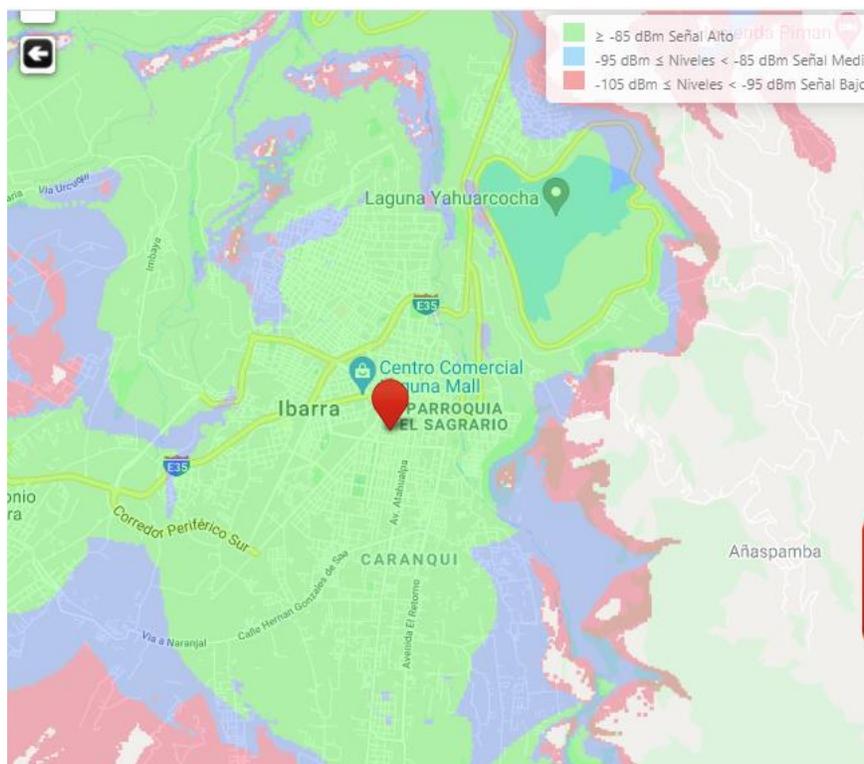


Figura 27: Cobertura 2G Claro

Fuente: (Claro, 2021)

En la Figura 28 se puede observar un mapeo de la cobertura 3G de la operadora móvil Claro, donde la intensidad de señal alto se muestra de color verde en gran parte de la ciudad abarcando las ciclovías existentes, y con intensidad medio y bajo de color celeste y rojo respectivamente en sus alrededores.

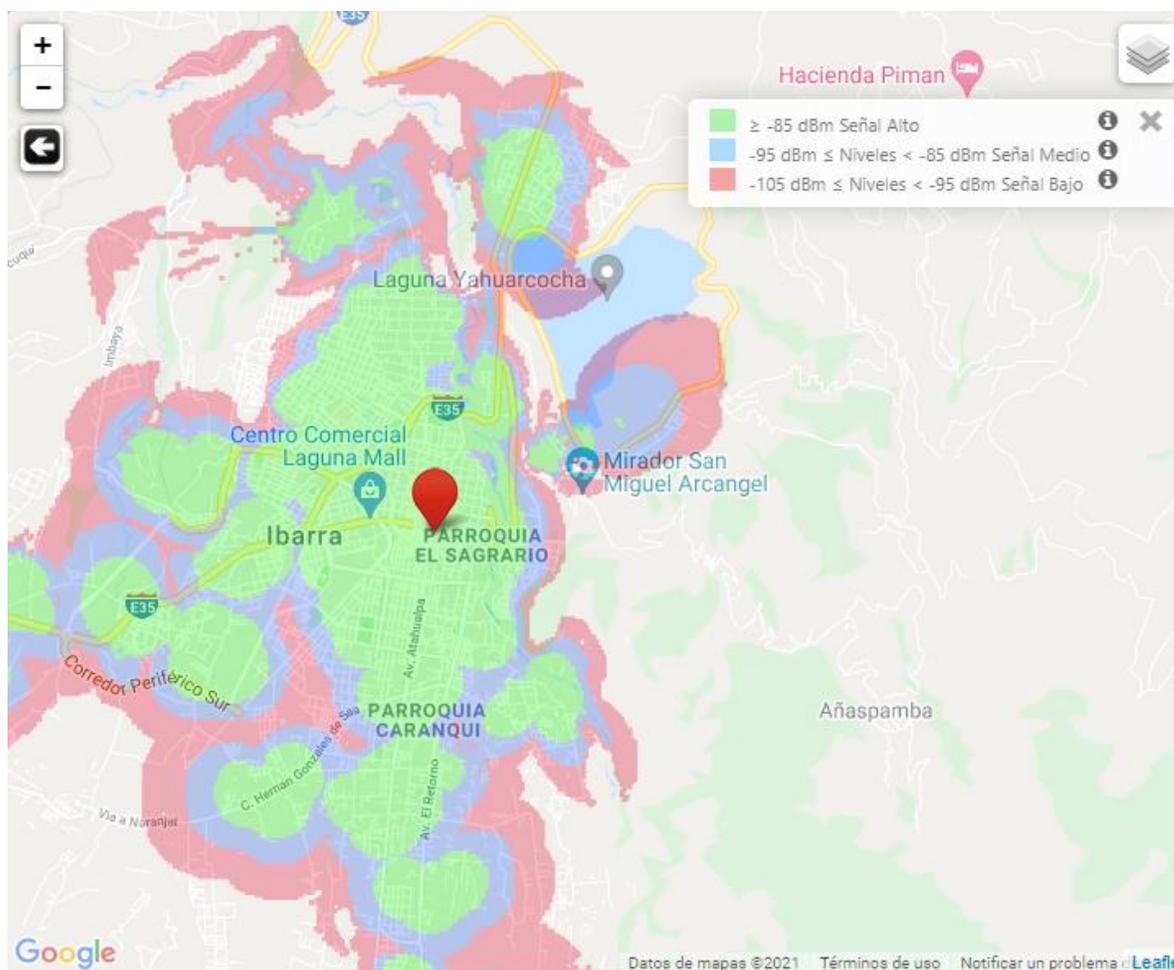


Figura 28: Cobertura 3G Claro

Fuente: (Claro, 2021)

En la Figura 29 se puede observar un mapeo de la cobertura 4G de la operadora móvil Claro, donde se puede observar el nivel de señal alto representado por el color verde que abarca sectores específicos de la ciudad, la intensidad de señal de nivel medio representado por el color celeste abarca los sectores alejados desde el centro de la ciudad y su nivel más bajo se encuentra en sus alrededores donde el servicio proporcionado no es eficiente.

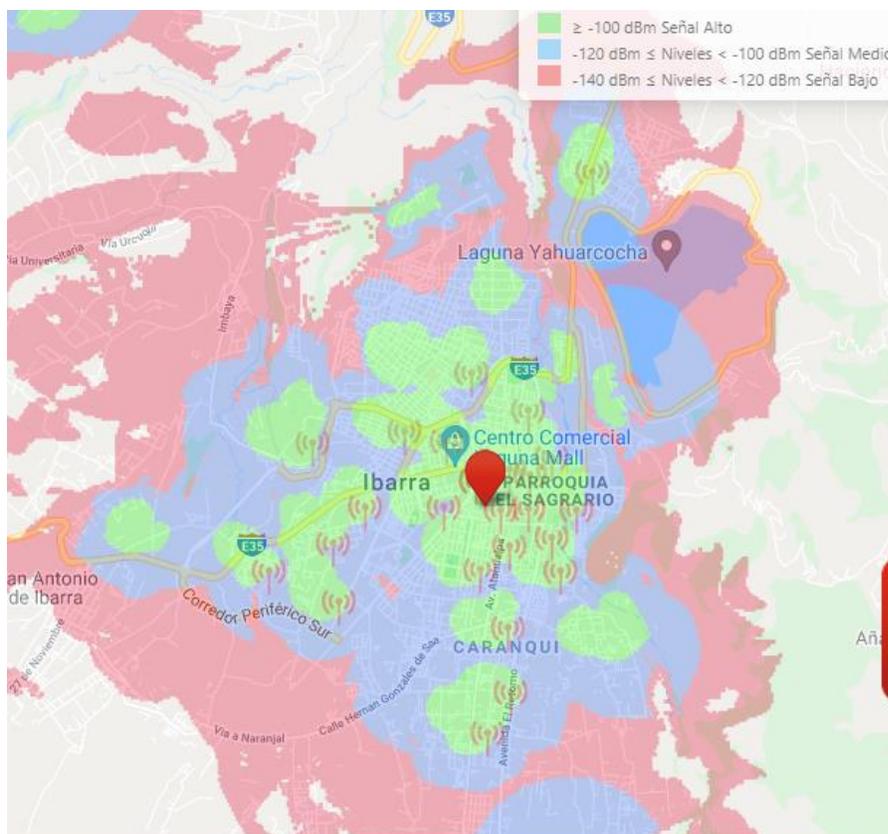


Figura 29: Cobertura 4G Claro

Fuente: (Claro, 2021)

- **Movistar**

En la Figura 30 se puede observar un mapeo de la cobertura 2G de la operadora móvil Movistar, donde además del mapa se puede observar un cuadro con la descripción de los niveles de la señal representados por medio de colores. El color verde significa que los niveles de señal son de muy buena calidad y los usuarios pueden disfrutar de los servicios proporcionados por parte de la operadora sin ningún inconveniente, el color lila por otra parte indica que el nivel de señal aún es adecuado pero los servicios serán limitados y solo se podrán usar en exteriores, por último, el color rojo significa que la señal no tiene buena calidad y la operadora no se podría garantizar los servicios proporcionados.

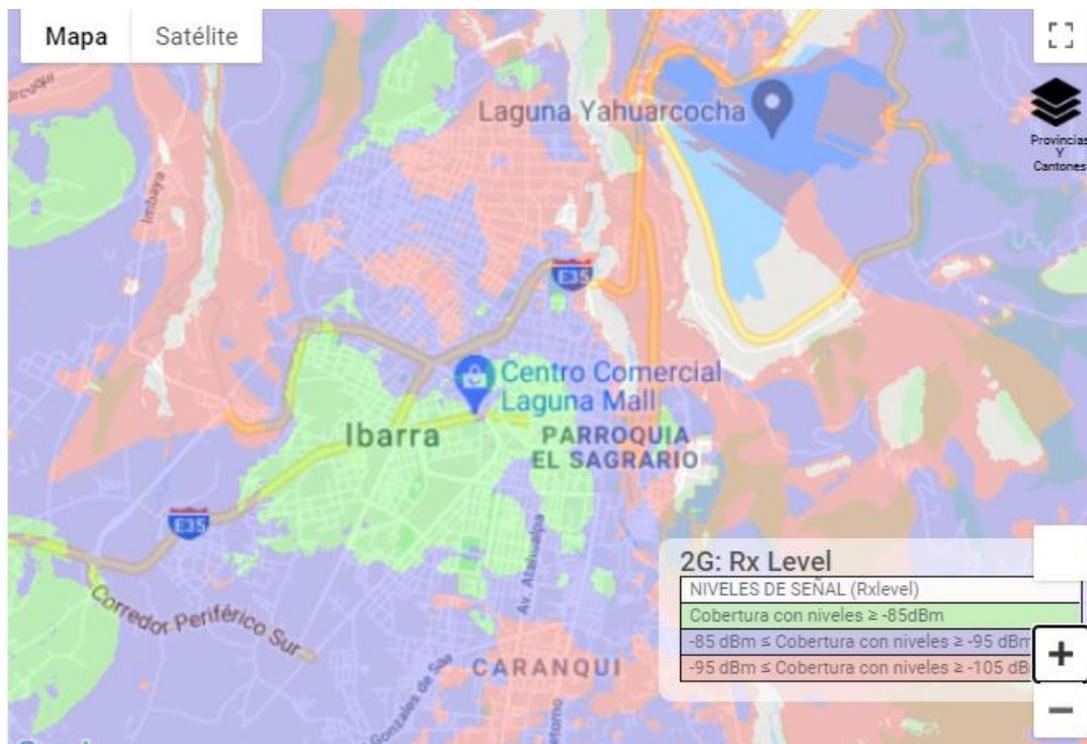


Figura 30: Cobertura 2G Movistar

Fuente: (Movistar, 2021)

En la Figura 31 se puede observar un mapeo de la cobertura 3G de la operadora móvil Movistar en la que se puede observar los niveles de señal para esta tecnología diferenciada por medio de colores, siendo el color verde un nivel de señal muy buena proporcionando servicios de mejor calidad con velocidades superiores a la tecnología 2G. Los niveles medios proporcionan servicios de voz y mensajería con niveles adecuados pero no se podrían garantizar el uso de datos móviles. En el nivel bajo solo se podría usar el servicio de voz pero con la posibilidad que exista caídas en las llamadas.

El nivel alto de señal se puede disfrutar en lugares donde hay más cantidad de población como el centro de la ciudad y lugares cercanos a ella.

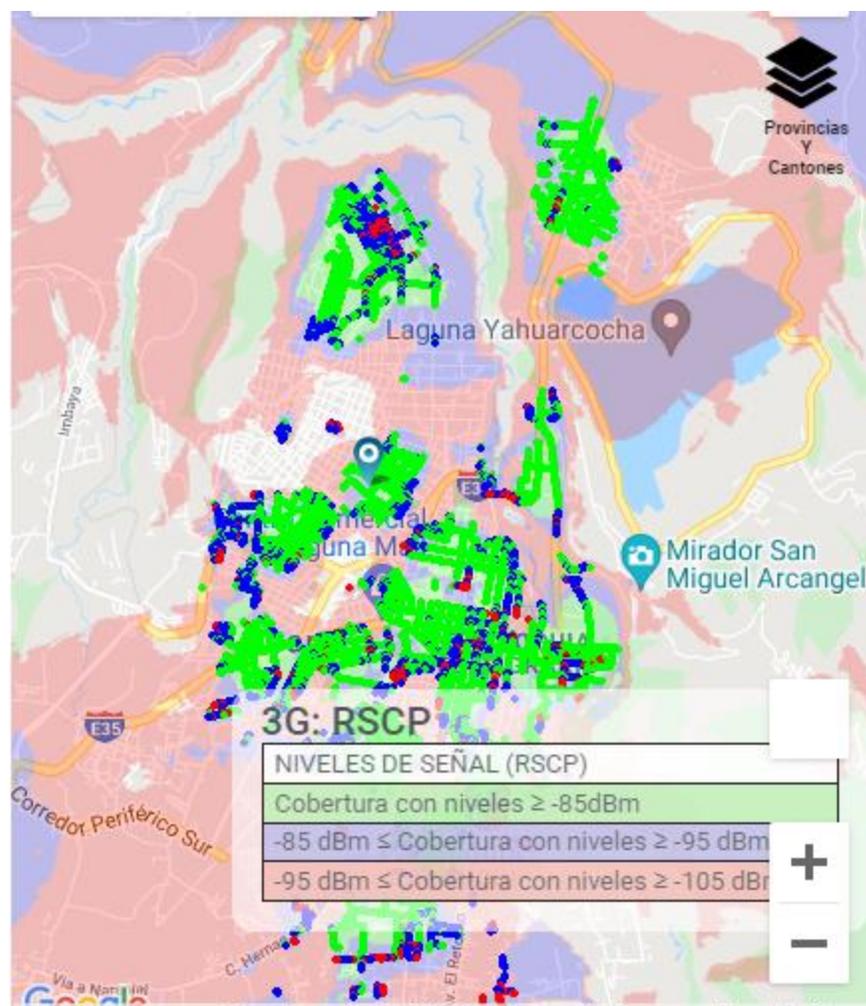


Figura 31: Cobertura 3G Movistar

Fuente: (Movistar, 2021)

En la Figura 32 se puede observar un mapeo de la cobertura 4G de la operadora móvil Movistar, en la cual se puede observar que el nivel alto de señal al igual que en 3G están en las áreas más pobladas de la ciudad y el nivel medio en los lugares un poco alejados de ella. Además, se puede notar que el nivel bajo de señal ha disminuido a comparación con las anteriores tecnologías dando a la población Ibarreña la prestación de servicios con buena calidad.

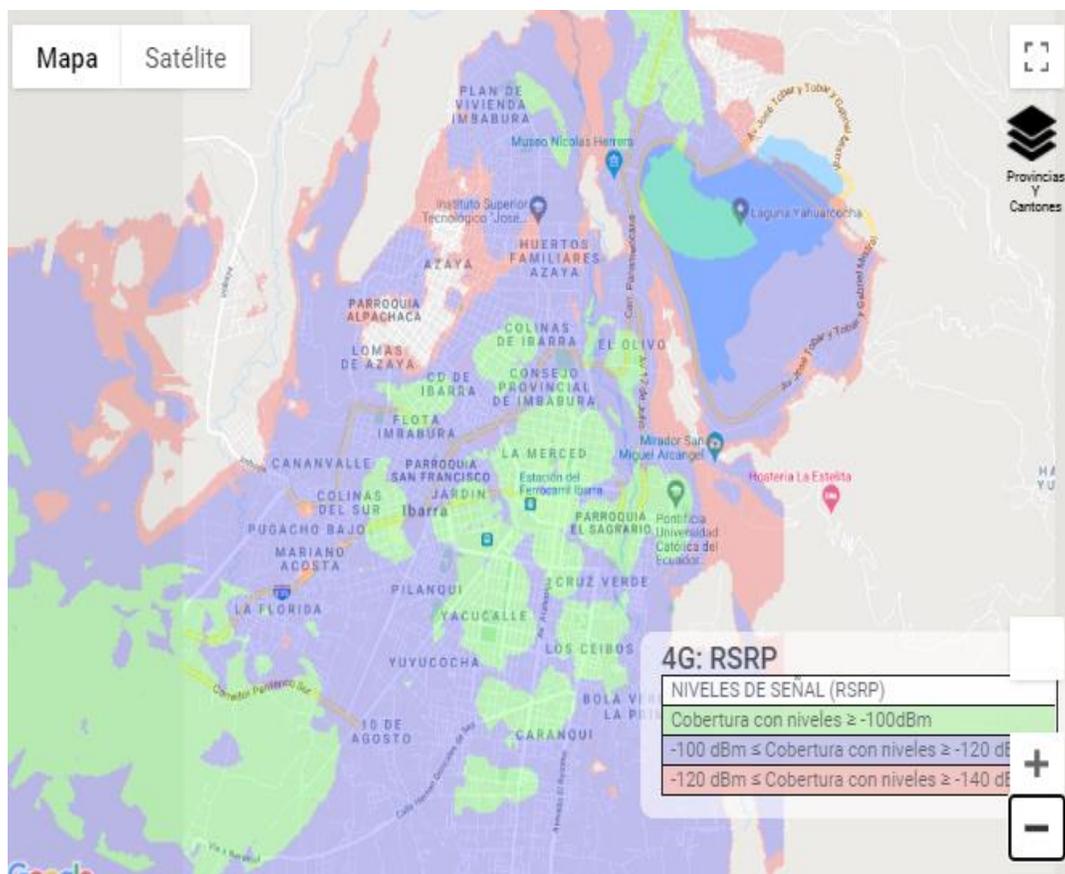


Figura 32: Cobertura 4G Movistar

Fuente: (Movistar, 2021)

- **CNT**

En la Figura 33 se puede observar un mapeo de la cobertura 2G de la operadora móvil CNT, la cual ofrece a la ciudadanía servicios de voz, mensajería y datos a una baja velocidad. Tiene una cobertura de muy buena calidad (identificada por el color verde) en todo el área que integran las ciclovías de la ciudad y con nivel medio en ciertas áreas identificadas por el color celeste pero que se encuentran en un rango muy aceptable para brindar los servicios por la operadora.

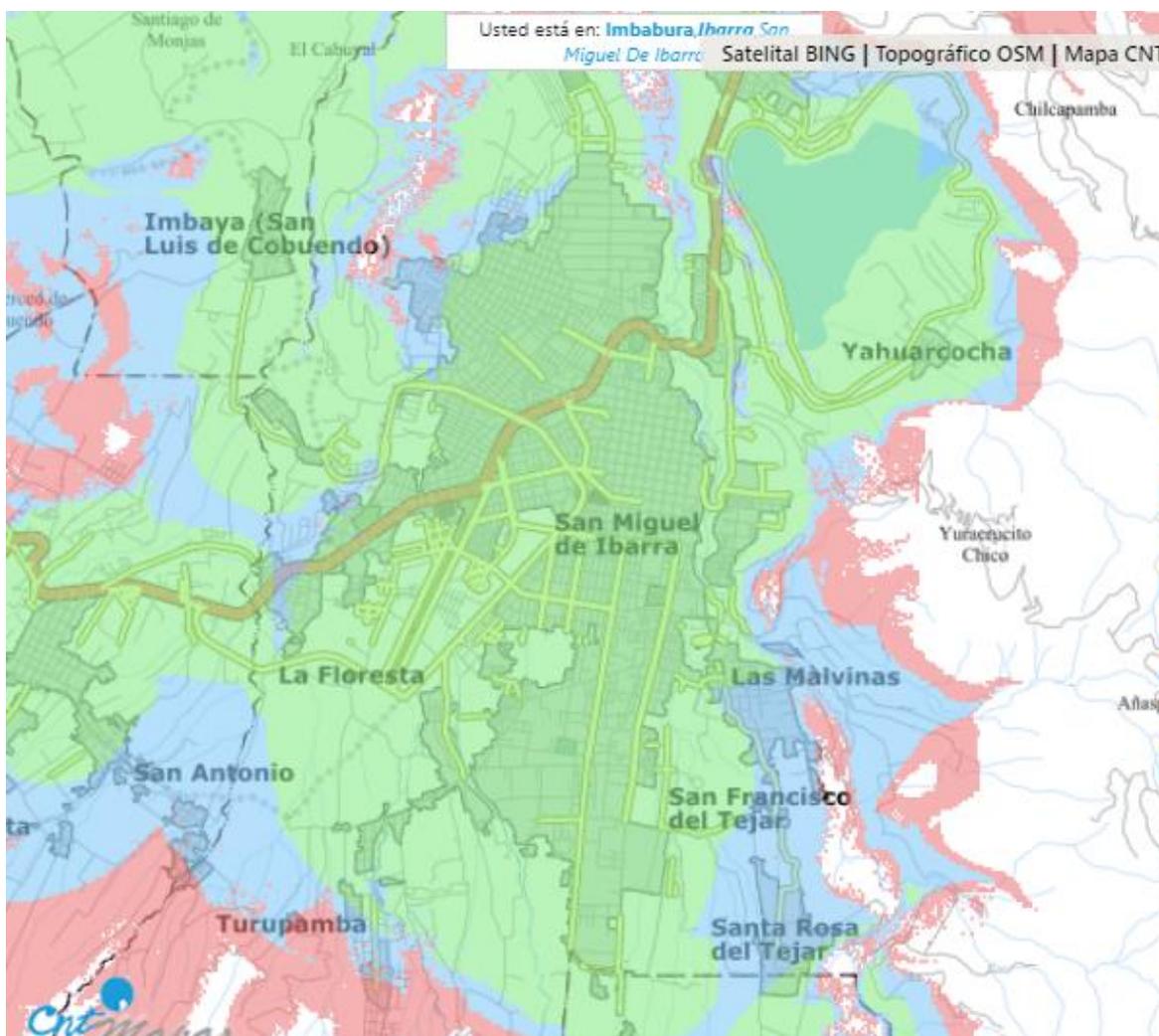


Figura 33: Cobertura 2G CNT

Fuente: (CNT, 2021)

En la Figura 34 se puede observar un mapeo de la cobertura 3G de la operadora móvil CNT, donde la tecnología proporcionada brinda el servicio de voz, SMS y datos (Internet y otros) a una velocidad de navegación superior a la tecnología 2G. El nivel de señal es de muy buena calidad con niveles de ≥ -85 dBm adecuado para el uso en interiores y exteriores.

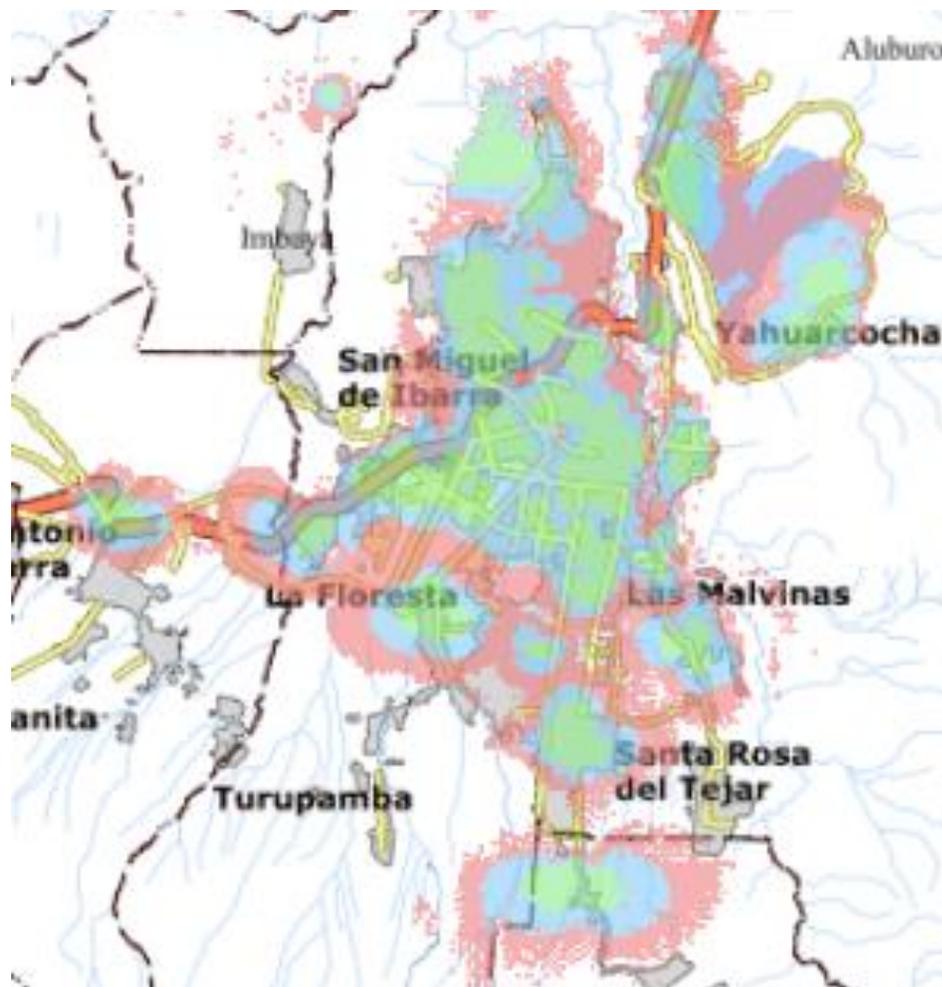


Figura 34: Cobertura 3G CNT

Fuente: (CNT, 2021)

En la Figura 35 se puede observar un mapeo de la cobertura 4G de la operadora móvil CNT proporcionando la Cobertura con niveles ≥ -100 dBm Nivel de señal adecuado para uso en interiores y exteriores que permitiría utilizar el servicio de datos (Internet y otros) a una velocidad de navegación superior a la tecnología 3G.

Los niveles medios van en el siguiente rango $-120 \text{ dBm} \leq \text{Cobertura con niveles} < -100$ dBm identificado por el color celeste en el mapa. El nivel de señal adecuado para uso de servicios de datos (Internet y otros).

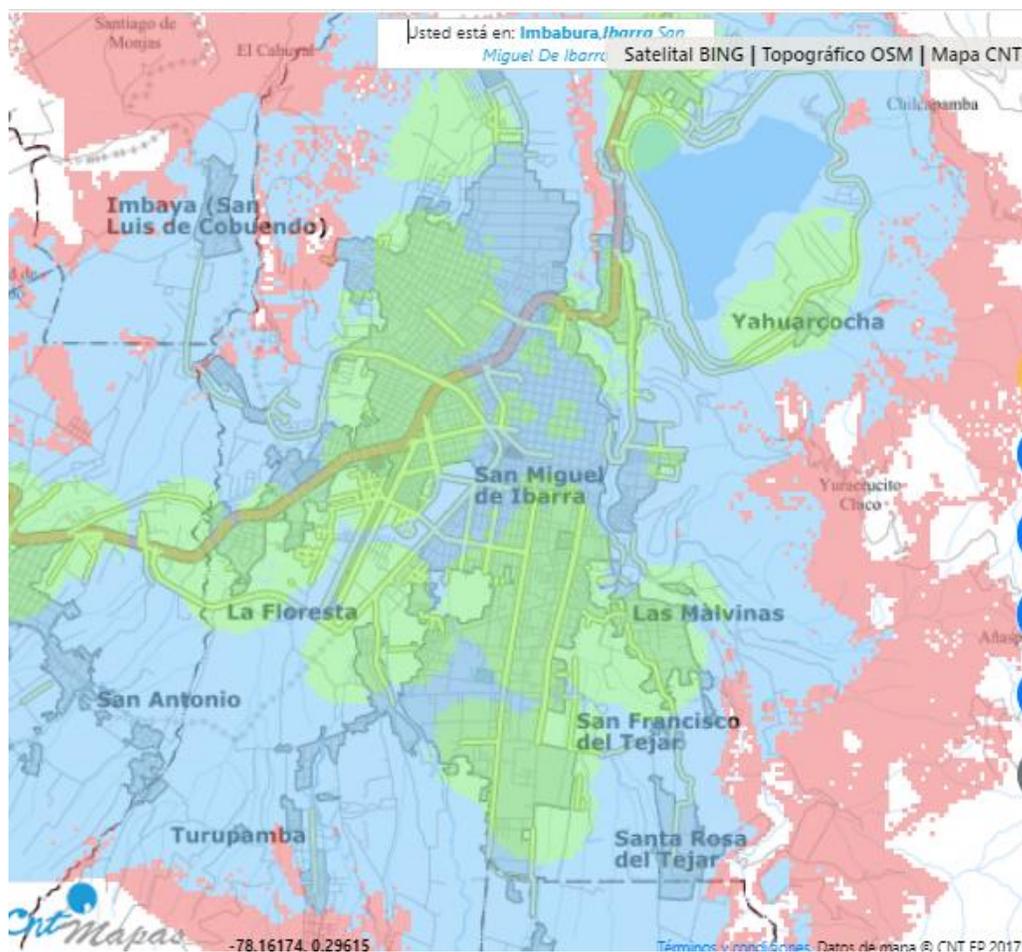


Figura 35: Cobertura 4G CNT

Fuente: (CNT, 2021)

3.6.2.4 Receptores

El dispositivo de seguridad, mediante tecnología GSM, enviará un mensaje de texto al dispositivo móvil del propietario con las coordenadas obtenidas del GPS, la aplicación móvil tomará los datos de las coordenadas de latitud y longitud llegadas al dispositivo móvil y las mostrará en un mapa como se mira en la Figura 36.



Figura 36: Conexión dispositivos receptores

Fuente: Autoría

3.6.2.4.1 Análisis y Cálculo de envío de SMS

Para el análisis de envío de mensajes por medio de tecnología GSM se ha tomado en consideración la distancia de recorrido de una bicicleta con relación a factores como: el peso del ciclista y de la bicicleta, el engranaje, el terreno, la ruta y la capacidad del ladrón en caso de robo del vehículo dentro de la ciudad en zona urbana.

Tomado como referencia que un ciclista promedio que recorre una distancia en línea recta de 100 metros que equivaldría a una cuadra, a una velocidad de 22Kmh, se procede a calcular el tiempo del envío de coordenadas para el rastreo de la bicicleta (Sierra, 2021).

Para conocer el tiempo de envío de datos del GPS, se calcula mediante la fórmula (1).

Ecuación 1: Fórmula de la distancia

$$d = v \times t$$

Dónde: d= distancia; v= velocidad; t=tiempo

Despejamos t:

$$t = \frac{d}{v}$$

$$t = \frac{100m}{22km/h} \frac{1kmh}{1000m} \frac{3600s}{1h}$$

$$t = 16.36 \text{ s}$$

Una bicicleta en caso de robo con una velocidad promedio de 22 Km/h dentro de una ciudad poblada por la diferente variación de velocidades en las curvas recorrerá una distancia de 100 metros en un tiempo de 16,36 segundos. Este tiempo se tomará para el envío de coordenadas por medio de redes celulares.

Cada 16.36 segundos se envían datos a la aplicación móvil de las coordenadas del GPS (latitud y longitud). Estos datos serán enviados por medio de la red celular cada 16.36 segundos a la aplicación móvil instalada en el Smartphone del propietario.

3.6.2.4.2 Costo del servicio por operadora

Tomando los datos obtenidos anteriormente del envío de los mensajes, se procede hacer una comparación entre las diferentes operadoras que ofrecen el servicio móvil avanzado en el país como se muestra en la Tabla 18, de tal manera que se pueda seleccionar el más adecuado por su cobertura como por su costo en el servicio.

Tabla 18: Costos de planes móviles de las operadoras

Operadoras Móviles	Descripción	Valor\$
Claro	Plan conexión 10	12.32
Movistar	Plan Basic Plus	19.09
CNT	Plan Móvil Ahorro	12.90

Fuente: (Claro, CNT, & Movistar, 2021)

Debido a que el sistema debe contar siempre con el servicio de mensajería y tomando en cuenta la tabla 18, se elige la operadora claro que cumple con las características para el cumplimiento del servicio.

3.6.2.5 Bloque de Alimentación

El Sistema de Alimentación es la parte principal del proyecto pues es el encargado de suministrar el voltaje necesario para que cada uno de los dispositivos y módulos que conforman el sistema de seguridad puedan funcionar de una manera óptima.

En la Figura 38 podemos observar que el sistema de seguridad esta alimentado con un voltaje de 7V, este voltaje se ha obtenido mediante el módulo regulador de voltaje DC-DC XL6009 para poder alimentar al módulo Arduino y a la placa sim 808. La alimentación a estos módulos con dicho voltaje se hace posible debido a que el rango de entrada de voltaje está entre 5- 10V en el caso de la placa Sim 808 y 7-12V para el Arduino. Estos valores han sido tomados de los datos del fabricante.

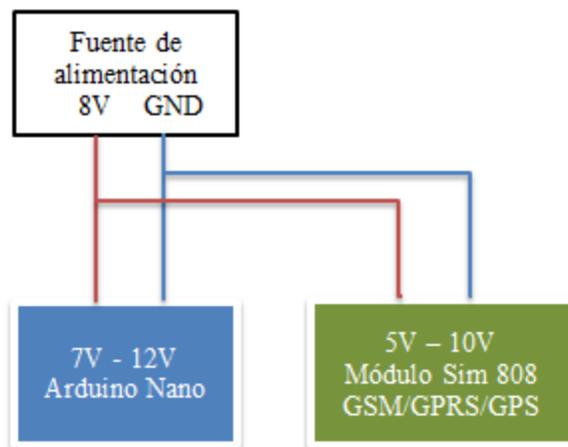


Figura 37: Esquema del sistema de alimentación

Fuente: Autoría

3.6.2.5.1 Análisis de consumo de energía

En este apartado se realiza un análisis de consumo de energía de los diferentes dispositivos que conforman la totalidad del prototipo. Se analizará el caso en el cual todos los dispositivos estén en pleno funcionamiento como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19: Consumo de energía

Dispositivo	Datos del fabricante		Datos prácticos	
	Corriente	Voltaje	Corriente	Voltaje
Módulo Arduino nano	40 mA	7V	35mA	7V
Modulo Sim 808	1.176m A	5V	1000mA	5V
Total	1256mA		1035mA	

Fuente: Autoría

Las especificaciones técnicas de la placa Arduino nano mostradas en la Tabla 18 indican que cada pin de entrada/salida puede suministrar una corriente máxima de 40mA. Entonces tomando en cuenta la comunicación del Arduino nano con el módulo Sim 808, el módulo Arduino nano necesita 2 pines con un resultado de 80mA de consumo cuando todos los

dispositivos se encuentren en pleno funcionamiento. Y por otra parte el módulo Sim 808 para trabajar correctamente necesitaría de 1.176mA

3.6.2.5.2 Consumo de energía total del prototipo

A continuación se realizara un cálculo del consumo de energía total del prototipo:

Ecuación 2: Suma corrientes

$$I_T = I_1 + I_2$$

$$I_T = 35mA + 1000mA$$

$$I_T = 1035 mA$$

3.6.2.5.3 Consumo de energía total del prototipo en modo espera (standby)

El consumo de energía total del prototipo en modo standby, esto quiere decir que cuando el prototipo se encuentre en modo espera de alguna acción por parte del usuario será diferente al consumo de energía en funcionamiento de los dispositivos por lo que sus valores serán diferentes. La alimentación del módulos Arduino presentan un consumo de energía de 15mA y la del módulo Sim 808 tiene 16.80mA en este modo espera por lo que el consumo de energía es muy bajo.

$$I_T = 15 mA + 16.80 mA$$

$$I_T = 31.80 mA$$

3.6.2.5.4 Capacidad de la batería

Los datos para poder calcular la capacidad de la batería los provee el fabricante, los cuales son de utilidad para poder realizar el cálculo.

Ecuación 3: Capacidad de la batería

$$C_{bat} = V_{bat} \times I_{bat}$$

$$C_{bat} = 3.7V \times 3000mAh$$

$$C_{bat} = 11.1 \text{Wh}$$

Una vez conocido la capacidad de la batería se procede a sacar la capacidad del prototipo con el valor del voltaje de la batería y la corriente consumida por el sistema.

Ecuación 4: Capacidad de consumo del prototipo

$$C_{sis} = V_{bat} \times I_{sis}$$

$$C_{sis} = 3.7 \times 1.035 \text{mAh}$$

$$C_{sis} = 3.82 \text{Wh}$$

Tomando en cuentas los valores sacados del consumo de la batería se tendría una abastecimiento de 4 días en modo Standby y un aproximado de 3 horas en funcionamiento constante, siendo así que la duración de la batería es ideal para la recuperación de la bicicleta.

3.6.3 Fuente de Alimentación de la Batería

En el diseño de la fuente de voltaje de 5V DC se observa en la Figura 38; se empleó un transformador que disminuye el voltaje de 110V a 12V AC para luego pasar por un rectificador de onda completa, de esa manera obtener ciclos positivos, y con el capacitor colocado paralelo a la señal podemos disminuir los rizados de la señal DC, dando como resultado la señal de 12VDC. El regulador trabaja para obtener a su salida de voltaje de 5V a 1A.

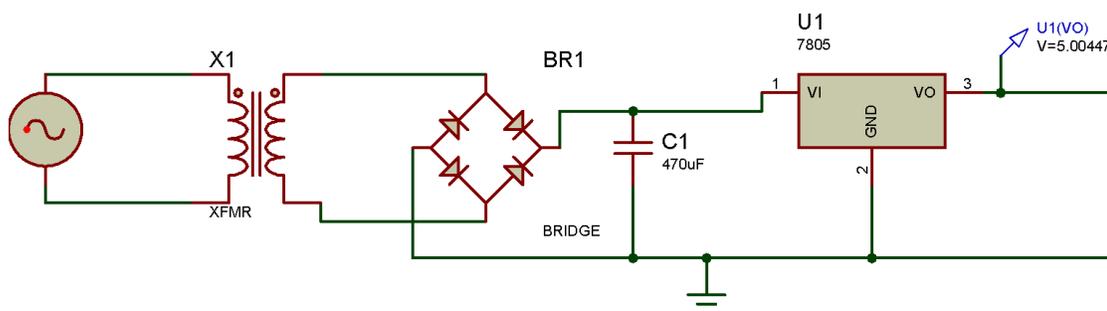


Figura 38: Diagrama del circuito de la fuente de alimentación para la batería

Fuente: Criterios del diseño

- **Transformador**

Se usará un transformador de 110V a 12V AC, debido a que constan de bobinas: primario y secundario la cual aíslan de la fuente principal, de esa manera resguardar el circuito del regulador. Otra característica que se debe tomar en cuenta, es la corriente que requiere la carga, de esa manera tenemos que:

Ecuación 5: Fórmula de la corriente en función de la carga

$$I_T = \sqrt{2} * I_c$$

Dónde:

I_T = Corriente de transformador

I_c = Corriente de carga requerida

$$I_T = \sqrt{2} * 1 = 1.41 \text{ [A]}$$

- **Rectificador**

En la etapa de la rectificación se emplea un rectificador de onda completa, debido a su alto rendimiento en comparación con la de media onda y a la configuración que tiene sus diodos. Para el dimensionamiento de los diodos se debe de considerar el valor de voltaje en polarización inversa y se obtendrá mediante la ecuación 6.

Ecuación 6: Fórmula del voltaje pico inverso

$$V_D = 2 * \sqrt{2} * V_{in}$$

Reemplazamos el voltaje de entrada $V_{in} = 12V$

$$V_D = 2 * \sqrt{2} * 12$$

$$V_D = 33.94 \text{ [V]}$$

Y para el valor de corriente se debe de considerar el máximo corriente que el rectificador puede entregar.

Ecuación 7: Fórmula de la corriente máxima del rectificador

$$I_{FSM} = I_{in}$$

$$I_{FSM} = 4[A]$$

El valor I_{FSM} es sacado del datasheet del rectificador 2W005G

- **Filtrado**

Para el filtrado se utiliza el capacitor electrolítico por sus altas capacidades, de esa manera poder disminuir el rizado en el bus DC.

Ecuación 8: Fórmula para sacar el voltaje del capacitor

$$V_C = \sqrt{2} * V_{in}$$

$$V_C = \sqrt{2} * 12 = 16.97 [V]$$

Para obtener el valor del capacitor se lo realiza mediante la Ecuación 9, donde el voltaje de rizado es de 0.7 V

Ecuación 9: Fórmula de la tensión del rizado

$$V_r = \frac{I_{in}}{2 * f * C}$$

$$C = 42.67 [\mu F]$$

Sin embargo, entre más alto sea el valor del capacitor menor será el rizado, de esa manera es que se elige 470uF.

- **Regulador**

El regulador 7805 tiene como objetivo obtener a su salida una señal estable, de manera que se tendrá una señal de corriente continua, además de modificar el voltaje de entrada de 12V a 5V requerida para la carga de la bacteria.

3.7 Pruebas de Integración

Las pruebas de integración determinan el correcto funcionamiento de los componentes usados para el desarrollo del proyecto.

3.7.1 Test de Funcionamiento de Arduino Nano

Para verificar si el Arduino Nano está funcionando correctamente se ejecutara un código de encendido del led que viene integrado en la misma placa. Para ello lo primero que debemos hacer es seleccionar la placa, el procesador y el puerto como se mira en la Figura 39.

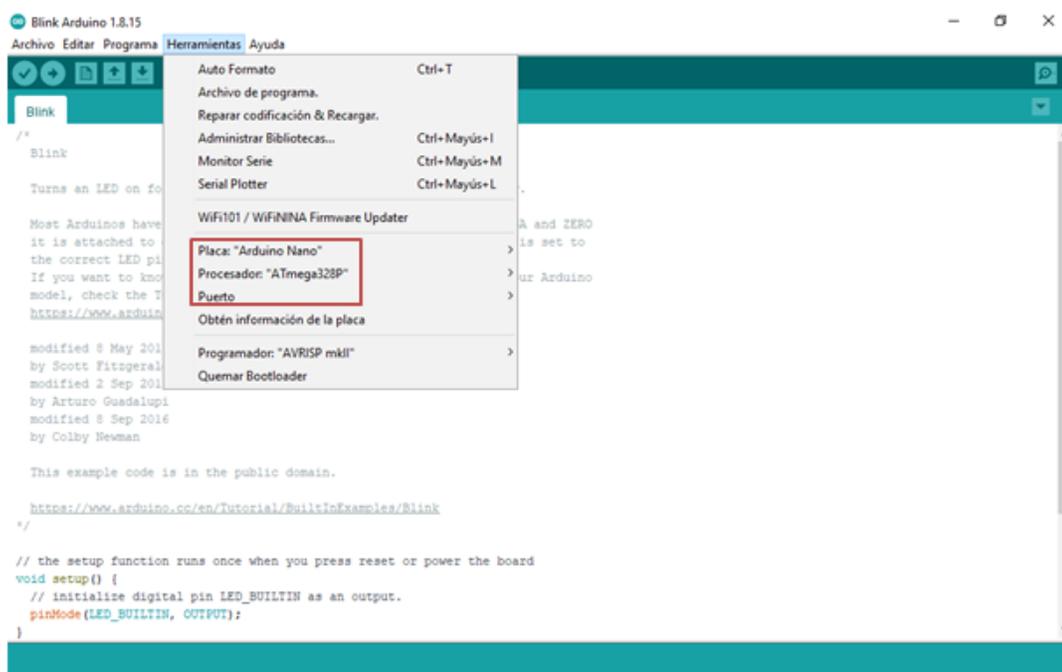


Figura 39: Selección de la placa Arduino Nano

Fuente: IDE de Arduino

En la Figura 40 se puede observar los ejemplos de códigos construidos que vienen integrados en el IDE de Arduino, uno de estos ejemplos es el programa Blink, un código que permite encender un led por un segundo y apagarlo por otro segundo.

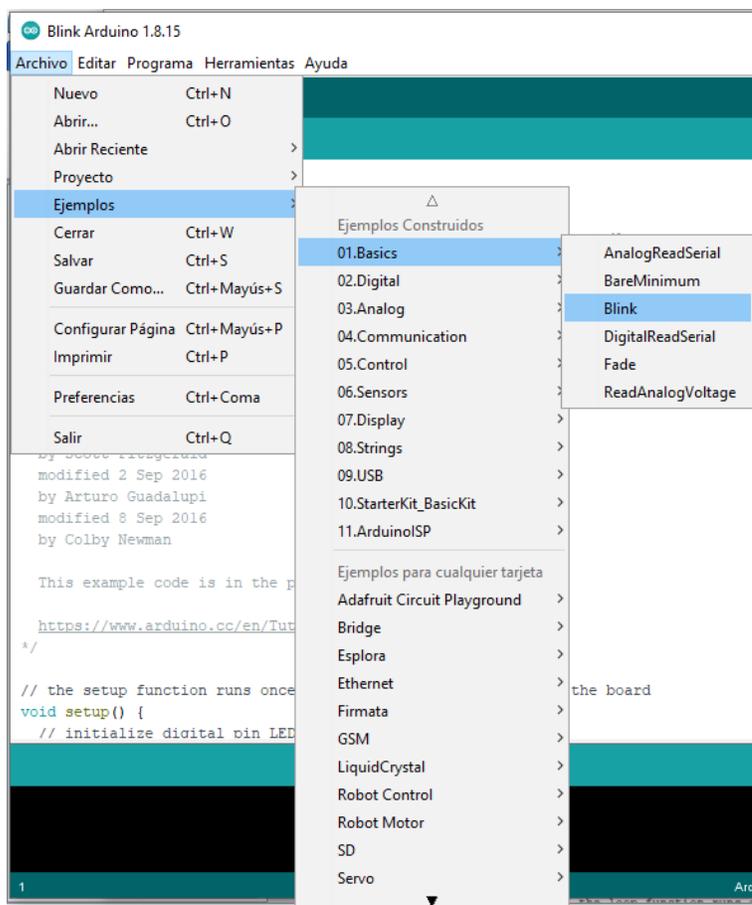
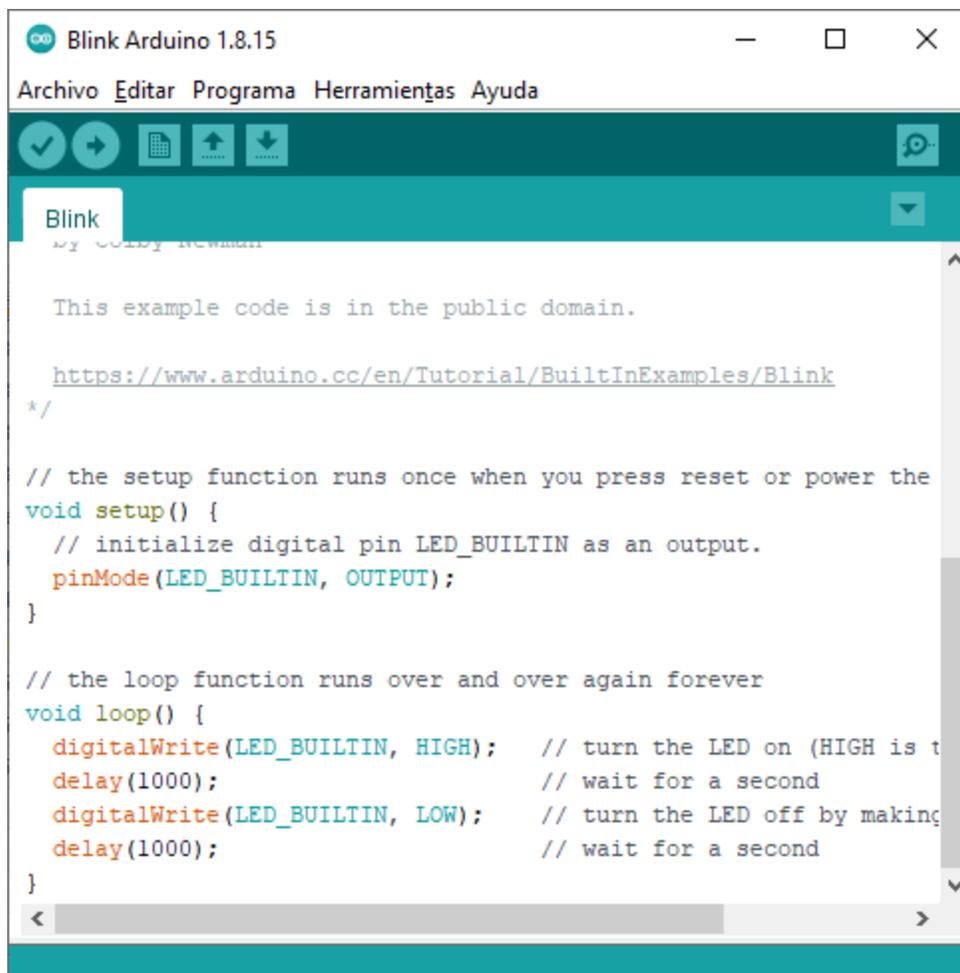


Figura 40: Selección del Código Blink

Fuente: Ejemplos IDE de Arduino

En la Figura 41 se muestra el código en detalle donde a un led de la placa Arduino que se encuentra conectado internamente al pin 13 se puede encender y apagar, mediante los comandos desarrollados por programación para este fin. Este código es muy básico y se utiliza para verificar si la placa no viene con algún defecto de fábrica o sino a tenido algún daño debido a una mala manipulación.



The image shows a screenshot of the Arduino IDE window titled "Blink Arduino 1.8.15". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". Below the menu bar is a toolbar with icons for checkmark, play, copy, upload, and download. The main area displays the "Blink" example code by Gaby Newman. The code includes a copyright notice, a URL to the Arduino website, and the following C++ code:

```

*/
// the setup function runs once when you press reset or power the
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making
  delay(1000); // wait for a second
}

```

Figura 41: Código Blink

Fuente: Ejemplos de Arduino

En la Figura 42 se puede observar el código cargado en el Arduino Nano y el correcto funcionamiento del código anteriormente descrito.

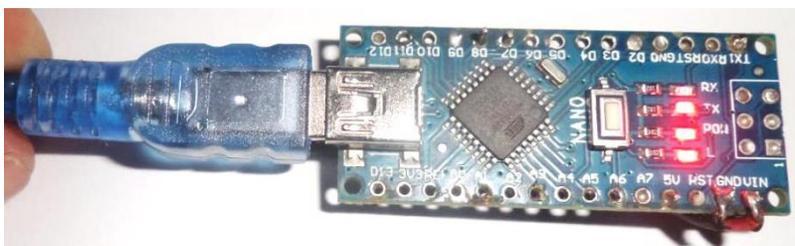


Figura 42: Arduino Nano en funcionamiento

Fuente: Autoría

3.7.2 Test de Funcionamiento del Módulo Sim 808

A continuación se detallan los comandos AT ingresados y la información que proporciona.

Tabla 20: Comandos AT para la comunicación con el modulo Sim 808 por medio del puerto serial

Comandos AT	Significado
OK	Significa que el módulo puede usarse sin ningún problema.
AT + IPR = 9600 OK	Establezca la velocidad en baudios a 9600bps
AT + COPS?	Permite ver la operadora a la que se encuentra conectada.
AT + CGSN	Da la información del IMEI del módulo.
AT + CPOWD = 1	Apague el módulo.
APAGADO NORMAL	
RDY + CFUN: 1 GPS listo + CPIN: LISTO	Listo para llamadas y listo para SMS
AT + CBC + CBC: 1,96,4175 OK	Consultar el estado de carga y la capacidad restante de la batería.
AT + CSQ + CSQ: 14,0 OK	Consultar la calidad de la señal GSM.

Fuente: Tomado del Datasheet Modulo Sim 808

En la Figura 43 se muestra el terminal del IDE de Arduino, donde por medio de comandos AT se verificara el correctamente funcionamiento del módulo Sim 808.

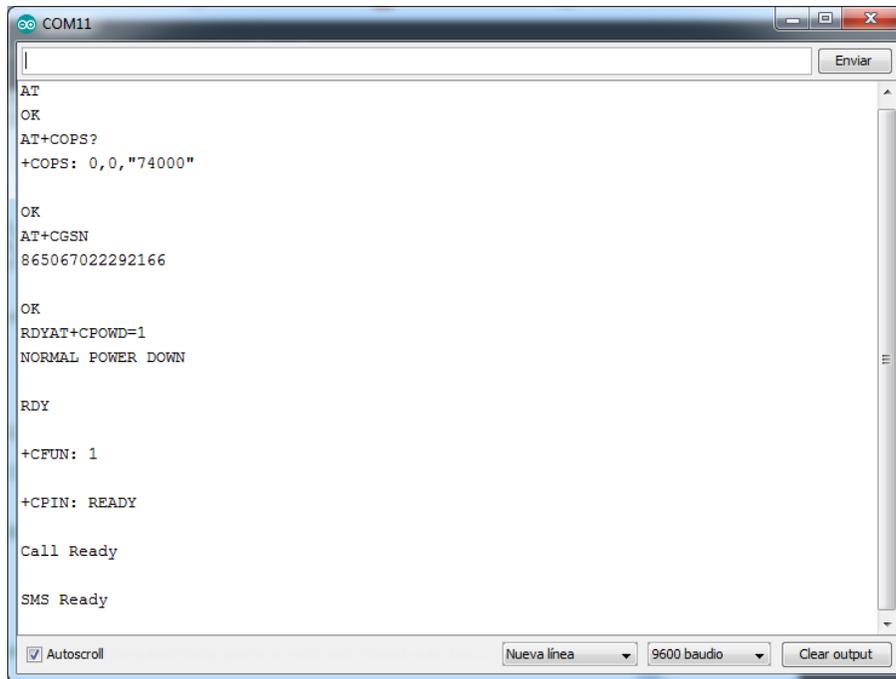


Figura 43: Comunicación del módulo Sim 808 mediante comandos AT

Fuente: Terminal IDE Arduino Nano

En la Figura 44 se puede decir que el módulo se ha conectado a la red debido a que la luz verde se enciende 64ms (ON) y se apaga 3000ms (OFF), pero si la luz se enciende 64ms y se apaga 800ms significa que no se ha registrado a la red produciéndose un parpadeo intermitente.

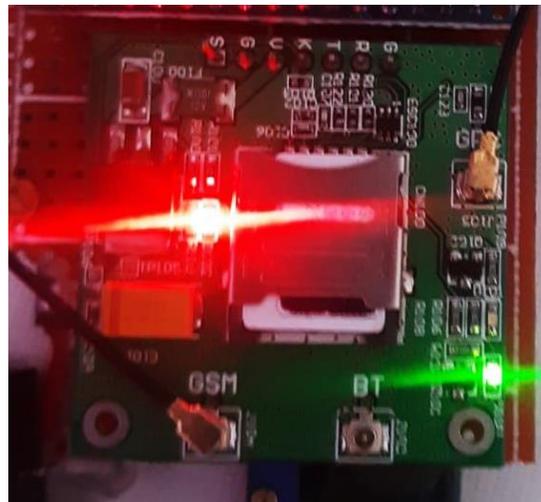


Figura 44: Módulo Sim 808 en Funcionamiento

Fuente: Autoría

En la Tabla 21 se presentan los comandos para obtener los datos proporcionados por el GPS

Tabla 21: Comandos AT para el uso del GPS

Comandos AT	Significado
AT + CGPSPWR = 1 OK	GPS abierto
AT + CGPSSTATUS? + CGPSSTATUS: Ubicación no arreglada OK	Lee el estado de la localización del GPS. La primera vez, le tomará al menos 30 segundos.
AT + CGPSINF = 0 + CGPSINF: 0,2234.931817,11357.122485, 92.461185,20141031041141.000, 88,12,0.000000,0.000000	Obtenga la información de ubicación GPS actual. Formato de los parámetros: <mode>, <altitude>, <longitude>, <UTC time>, <TTFF>, <num>, <speed>, <course>
AT + CGPSRST = 0 OK	Restablezca el GPS en el modo de arranque en frío.
AT + CGPSRST = 1 OK	Restablezca el GPS en el modo de inicio en caliente.
AT + CGPSPWR = 0 OK	Cerrar GPS.

Fuente: Tomado del Datasheet Módulo Sim 808

En la Figura 45 se muestra el terminal donde por medio de comandos AT obtiene las coordenadas del GPS.

```
Puerto Serie: >AT+CGNSINF<
Puerto Serie: >+CGNSINF: 1,1,20210913214040.000,0.360603,-78.132723,136.600,0.80,105.6,1,,1.6,<
Puerto Serie: >OK<
```

Figura 45: Datos obtenidos del GPS mediante comandos AT

Fuente: Terminal IDE Arduino Nano

En la Figura 46 se observa el módulo Sim 808 conectado al GPS, esto se puede verificar por el led azul encendido y parpadeando.

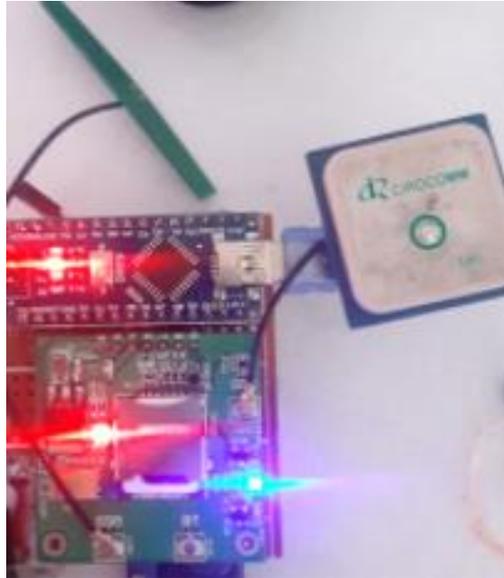


Figura 46: Módulo Sim 808 conectado al GPS

Fuente: Autoría

3.7.3 Test de Funcionamiento de elevador de voltaje

En la Figura 47 se observa el elevador de voltaje XL 60009, donde para verificar el voltaje que proporciona los pines de salidas se usa un multímetro, mediante el cual se verifica la elevación del voltaje al ingresarle un voltaje de 3.7V de una batería proporcionando el voltaje de salida de 7.93 V confirmando su buen funcionamiento.



Figura 47: Test elevador de voltaje

Fuente: Autoría

3.8 Programación en Arduino Nano

El código realizado en Arduino Nano permitirá obtener las coordenadas del GPS, leer los mensajes de texto llegados al módulo y responder con la información solicitada por el remitente.

En la Figura 48 se muestra el código en el cual se indica los pines por los que el Arduino Nano se comunicara con el módulo Sim 808, los cuales servirán para la transmisión y recepción de información.

Se crea una variable para guardar el número de celular del remitente al cual se enviará la información solicitada y la variable Buffer para la recepción de caracteres del puerto software serial.

Por medio de comandos AT se ha configurado los baudios del módulo sim, el formato de los mensajes a modo texto, lectura de mensajes de texto, encendido del GPS, envío de mensajes de texto, solicitud de información del GPS y batería. Además se maneja códigos ASCII los cuales se usan para insertar comillas dobles e indicar el fin de un mensaje.

```

SoftwareSerial sim_808 (7, 8); // RX, TX inicia el puerto software serial con la variable "sim_808".

char numero_cell[20]; //Variable para guardar número teléfono.
static char buffer[80]; // Buffer para recepción caracteres del puerto software serial.

int cont1=0;
int cont2=0;    //CONTADORES.
int cont3=0;
int cont4=0;

String baudios = "AT+IPR=9600"; //Código AT para configurar baudios módulo SIM808
String modo texto = "AT+CMGF=1"; //Código AT para configurar modo texto
String recibir_SMS = "AT+CMGR=?"; //Código AT para recibir mensajes de texto
String config_SMS = "AT+CNMI=2,2,0,0"; //Código AT para leer mensajes de texto
String prender_GPS = "AT+CGNSPWR=1"; //Código AT para prender GPS
String número_SMS = "AT+CMGS="; //Código AT para enviar mensaje de texto a numero predeterminado
String info_GPS = "AT+CGNSINF"; //Código AT para solicitar información GPS
String info_bateria = "AT+CBC"; //Código AT para solicitar información de nivel de batería

char comillas = 34; //Código ASCII para las comillas dobles (")
char fin_mensaje = 26; //Código ASCII para indicar al módulo el fin de un mensaje de texto

```

Figura 48: Creación de variables para el uso del Módulo Sim 808

Fuente: Autoría

En la Figura 49 tenemos las variables para alarma encendida y alerta encendida. En alarma encendida los comandos AT anteriormente mencionados se iniciaran, mientras que alerta encendida es para activar el sistema antirrobo.

Las variables de latitud y longitud servirán para ver la ubicación de la bicicleta, realizar una comparación entre las coordenadas y verificar un cambio de ubicación para posteriormente enviar a la aplicación móvil.

```

bool alarmaEncendida = false; //Variable encendido alarma.
bool alertaEncendida = false; // Variable encendido alerta (en caso de robo).

float lati,longi=0; //Variables numéricas coordenadas .
float latiPrev,longiPrev=0; //Variables para comparar cambio en coordenadas.

String latitud, longitud, bateria; //Variables de texto para enviar por SMS.

```

Figura 49: IDE de Arduino

Fuente: Autoría

El código mostrado en la Figura 50 lee cada uno de los caracteres que le llegan al módulo sim 808 y los va agrupando en una frase para finalmente imprimirla. Cuando no encuentra ningún dato devuelve -1.

```

//Revisa los caracteres que llegan desde el puerto serial, los guarda en una frase y devuelve cuando hay un enter (\r).
int leer_caracteres(int readch, char *buffer, int len)
{
    static int pos = 0;      //índice de posición.
    int rpos;

    if (readch > 0) {
        switch (readch) {
            case '\n':      // Ignora cambio de línea.
                break;
            case '\r':      // Devuelve la variable al recibir un enter.
                rpos = pos;
                pos = 0;
                // Reinicia índice de posición para la siguiente frase.
            default:
                return rpos;
            if (pos < len-1) {
                buffer[pos++] = readch; // Permite que no se exceda del tamaño de caracteres establecido (en 80 caracteres)
                buffer[pos] = 0;
            }
        }
    }
}
// No se encuentra un fin de línea, por lo tanto devuelve -1.
return -1;
}

```

Figura 50: Código para leer los caracteres entrantes al módulo

Fuente: Autoría

La activación de la alarma se lo realiza mediante la palabra “PRENDE” en mayúsculas como se muestra en la figura 51, cuando el buffer detecte esta palabra enviara un mensaje de texto al celular solicitante confirmando que el mensaje fue leído.

```

void alarma_on()
{
    if(buffer[0]== 'P' && buffer[1] == 'R' && buffer[2] == 'E' && buffer[3] == 'N' && buffer[4] == 'D' && buffer[5] == 'E')
    {
        Serial.println(" ALARMA ENCENDIDA CORRECTAMENTE ");

        alarmaEncendida = true;          //Pone indicador de encendido de alarma a uno.

        mensaje_encendido();             //Envía SMS con notificación de encendido al celular que solicita
    }
}

```

Figura 51: Código de encendido de alarma

Fuente: Autoría

En la Figura 52 se muestra la subrutina `comparar_gps` que realiza la función de comparar las coordenadas del GPS para verificar si hay un cambio de posición de la bicicleta y en caso de haberlo enviar las coordenadas mediante un mensaje de texto a la aplicación móvil.

```

void comparar_gps()
{
    //Compara primero si los valores no son nulos
    if (lati != 0 && longi != 0 && latiPrev != 0 && longiPrev != 0)
    {
        //Compara si alguna coordenada ha sido desplazada por un mayor valor al indicado en la variable "var"
        if ( lat< (latiPrev - var) || lati > (latiPrev + var) || longi < (longiPrev - var) || longi > (longiPrev + var))
        {
            mensaje_alerta_gps();           //Envía SMS con alerta de robo, información de coordenadas y nivel de
            bateria                          //Pone indicador de encendido de alerta a 1
            alertaEncendida = true;
        }
    }
    latiPrev=lati;   longiPrev=longi;   //Coloca el dato actual de coordenadas en una variable pasada para la comparación
    en la siguiente iteración.
}

```

Figura 52: Código de la comparación de coordenadas

Fuente: Autoría

Si la bicicleta se ha desplazado por un agente externo al propietario se enviará un mensaje de alerta a la aplicación móvil con el texto ¡ALERTA! ¡Su bicicleta ha sido trasladada! Seguido de las coordenadas de latitud y longitud tomadas del GPS como se ve en la Figura 53. Con este mensaje el propietario de la bicicleta podrá tomar las medidas necesarias para recuperar su medio de transporte.

```

void mensaje_alerta_gps( {
    preparar_sms();
    sim_808.print("ALERTA! Su bicicleta ha sido trasladada!");
    sim_808.print("LAT= ");   sim_808.print(latitud);
    sim_808.print(";");
    sim_808.print("LON= ");   sim_808.print(longitud);
    sim_808.print(";");
    sim_808.print("BAT= ");   sim_808.print(batería);

    sim_808.print(fin_mensaje); }

```

Figura 53: Código de alerta de robo de la bicicleta

Fuente: Autoría

Una vez que el propietario y su bicicleta estén seguros pueden desactivar la alarma mediante la palabra “APAGA” desde la aplicación móvil. Cuando esto suceda se enviara un mensaje de confirmación del apagado de la alarma el cual se visualizara también en la aplicación móvil. El código para ello se mira en la Figura 54.

```

void alarma_off()
{
    if(buffer[0]== 'A' && buffer[1]== 'P' && buffer[2]== 'A' && buffer[3]== 'G' && buffer[4]== 'A')
    {
        Serial.println(" ALARMA DESACTIVADA CORRECTAMENTE ");

        alarmaEncendida = false;  alertaEncendida = false;        //Pone los indicadores de alarma y alerta a cero.
        latitud = "";             longitud = "";                    //Borra los datos de longitud y latitud para evitar errores al encender nuevamente alarma.
        lati=0;                   longi=0;                       // Borra los datos numéricos para evitar errores
        latiPrev=0;               longiPrev=0;                // al encender nuevamente la alarma.
        int cont1=0;  int cont2=0;  int cont3=0;  int cont4=0;  //Pone los contadores a cero

        mensaje_apagado();                //Envía SMS con notificación de apagado al celular que solicita
    }
}

```

Figura 54: Código para apagar el sistema de monitoreo

Fuente: Autoría

En este apartado se ha presentado los códigos más importantes para explicar el funcionamiento del funcionamiento del dispositivo electrónico, en el Anexo se podrá ver todo el código realizado.

3.9 Desarrollo de Aplicación Android

Android Studio proporciona las herramientas más rápidas para crear apps en todas las clases de dispositivos Android. La edición de códigos que es de primer nivel, las herramientas de rendimiento, la depuración, un sistema instantáneo de compilación e implementación y un sistema de compilación flexible y te permite la creación de aplicaciones únicas y de alta calidad.

La aplicación Android permite al usuario registrado previamente en el sistema con el número celular controlar todas las funciones que esta presenta para la comunicación con el prototipo. El prototipo que se encuentra ubicado en la bicicleta se comunica con la aplicación móvil haciendo uso de la tecnología GSM el cual permite el envío de mensajes hacia el teléfono móvil donde se encuentra instalado la App.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se hará uso del software Android Studio 4.2.1 que primeramente se debe descargar e instalar para poder hacer uso de todas sus herramientas.

3.9.1 Diagrama de flujo

En el siguiente diagrama de flujo mostrado en la Figura 55 se presenta el funcionamiento de la aplicación móvil instalado en el celular del usuario la cual se comienza con una interfaz gráfica de inicio de sesión, seguidamente para iniciar la comunicación de la aplicación móvil con el dispositivo ubicado en la bicicleta se necesita registrar el número del chip del dispositivo en la aplicación , después de haberlo guardado se procede a usar el botón de encendido del sistema de seguridad, si presionamos el botón se envía un mensaje de texto con una orden al dispositivo ubicado en la bicicleta, la cual procesa dicha información y envía la respuesta a la app móvil.

La aplicación móvil procesa la información recibida y mediante el servicio de google maps muestra la ubicación en tiempo real de la bicicleta. Además estos datos son guardados en el historial de coordenadas pudiendo tener un registro de las últimas ubicaciones de la bicicleta.

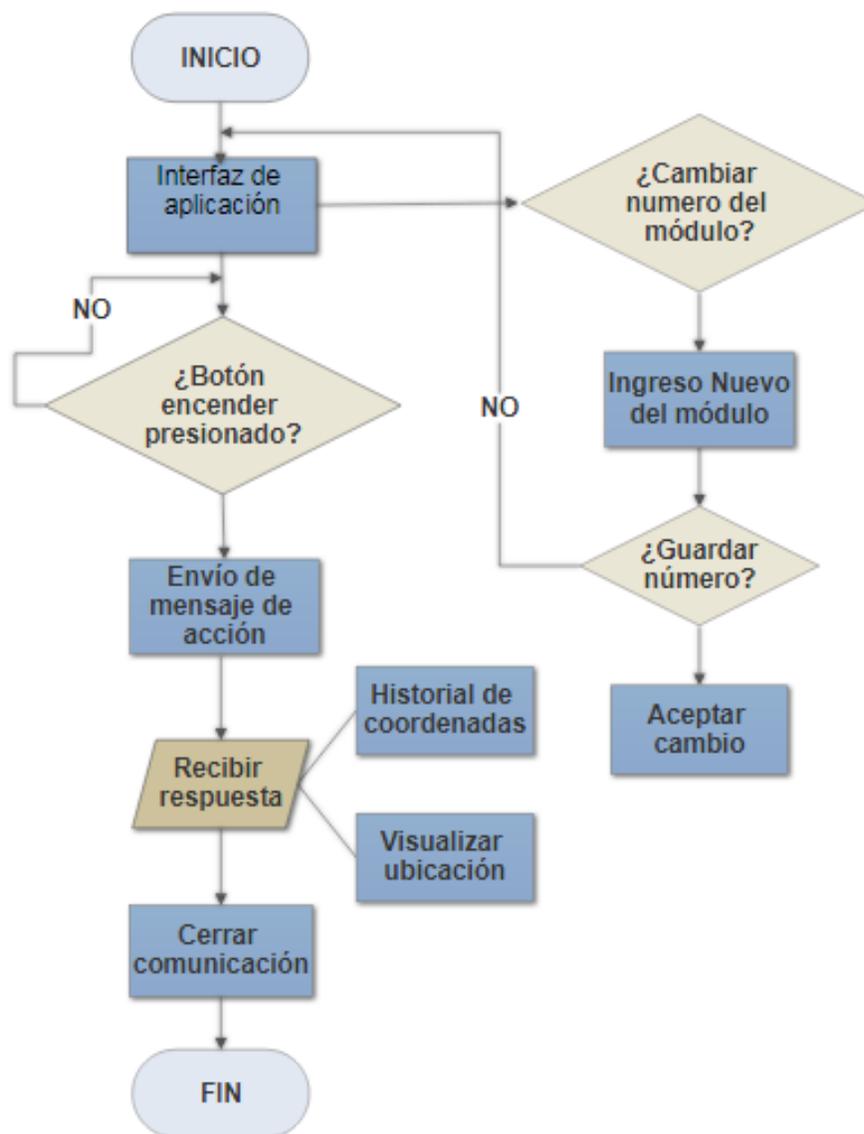


Figura 55: Diagrama de Flujo Aplicación móvil

Fuente: Autoría

3.9.2 Diseño de la aplicación en Android Studio

En el desarrollo de la aplicación se debe tomar en cuenta las versiones de Android que ofrecen API excelentes para el desarrollo de la app. Por lo que se recomienda admitir aproximadamente el 90% de los dispositivos activos y orientar la app a la versión más reciente. En la Figura 56 se puede apreciar las versiones de Android y el nivel de API y en qué porcentaje de dispositivos se encuentran cada uno. Se puede notar que los niveles de API con más

porcentaje en los dispositivos van desde la API 15 hasta la API 22, para tener mayor compatibilidad con versiones superiores y anteriores se ha elegido desarrollar en la versión con el nivel de API 18 que es un intermedio entre el rango antes mencionado.

ANDROID PLATFORM VERSION	API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.0 Ice Cream Sandwich	15	
4.1 Jelly Bean	16	99,8%
4.2 Jelly Bean	17	99,2%
4.3 Jelly Bean	18	98,4%
4.4 KitKat	19	98,1%
5.0 Lollipop	21	94,1%
5.1 Lollipop	22	92,3%
6.0 Marshmallow	23	84,9%
7.0 Nougat	24	73,7%
7.1 Nougat	25	66,2%
8.0 Oreo	26	60,8%
8.1 Oreo	27	53,5%
9.0 Pie	28	39,5%
10. Android 10	29	8,2%

Figura 56: Versiones de Android con el porcentaje en dispositivos móviles

Fuente: Plataforma Android Studio

En el diseño de la aplicación móvil es necesario tomar en cuenta los colores que se van a usar, ya que el color es un factor indispensable en el diseño, debido a que tiene la capacidad influir en el estado de ánimo de las personas para provocar o transmitir sentimientos, sensaciones y emociones (Yeeply, 2021).

Algunos de los significados asociados a algunos de los colores más usados son los siguientes:

- Rojo: pasión, violencia, fuego, seducción, poder, activo.
- Amarillo: armonía, sabiduría, agilidad, brillante.
- Azul: estabilidad, confianza, masculino, racionalidad.
- Naranja: felicidad, entusiasmo, creatividad, éxito.
- Verde: naturaleza, dinero, aire libre, tranquilidad y salud.
- Violeta: poderoso, ambicioso, misterioso, dignidad, rico.

Rosado: femenino, romance, inocencia, juvenil.

Negro: poder, lujo, emociones fuertes, conocimiento, sofisticado

Tomando en cuenta los colores y sus significados se elige el color verde que proporciona tranquilidad y salud, lo que deseamos transmitir con la aplicación móvil en el desarrollo del proyecto.

Para iniciar con el diseño de la aplicación se ha realizado una maqueta con la ayuda del programa Adobe Ilustrador la cual permite crear diseños, logos, entre otros y se pueda tener una idea clara de cómo quedaría el diseño final. En la Figura 57 se puede observar la maqueta de cómo quedaría la interfaz con las opciones de la aplicación.

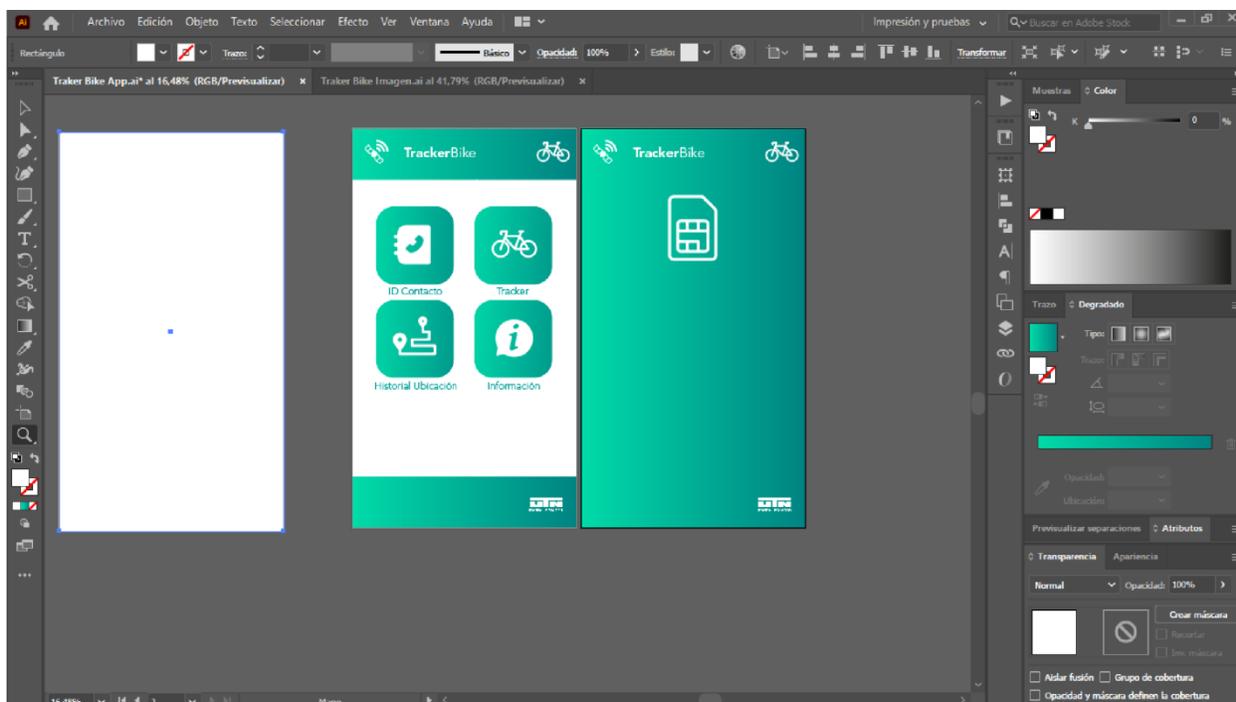


Figura 57: Maqueta de la aplicación móvil realizada en Adobe Illustrator

Fuente: Autoría

Una vez realizado esto se inicia con el desarrollo de la aplicación móvil en Android Studio con su debida programación.

Para iniciar con el desarrollo de la aplicación lo primero es descargar el software de instalación de Android Studio de la siguiente página (<https://developer.android.com/studio/index.html>), aquí encontraremos los documentos con las principales características de este programa con una explicación detallada de cada una de ellas. Como la estructura que tiene un proyecto, la interfaz de usuario, las ventanas de herramientas, compleción de código, entre otros.

En la ventana Welcome to Android Studio, haremos clic en Start a new Android Studio proyecto esto nos permite poder crear un nuevo proyecto como se muestra en la Figura 58.

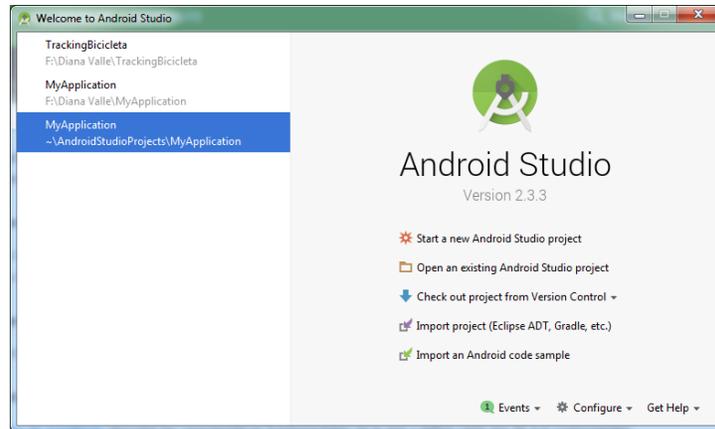


Figura 58: Ventana de presentación de Android Studio

Fuente: Plataforma Android Studio

En la pantalla New Project se debe ingresar los siguientes parámetros: Nombre que se va a dar a la aplicación móvil y el Dominio de la empresa el cual viene por defecto pero también se puede cambiar como se muestra en la Figura 59.

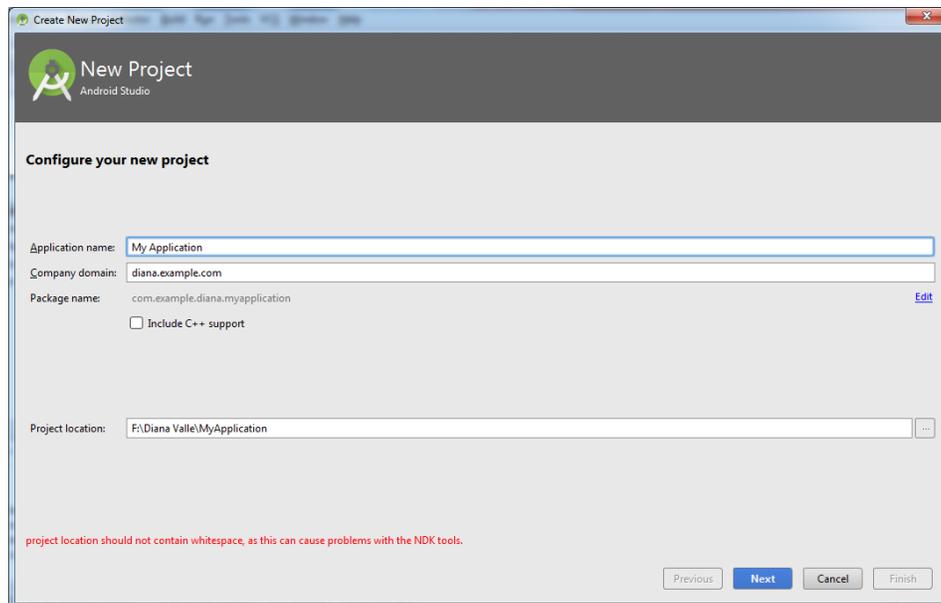


Figura 59: Ventana de Nuevo Proyecto

Fuente: Plataforma Android Studio

En la ventana Target Android Devices, seleccionar el lenguaje de programación y el SDK mínima para que la aplicación pueda correr en la mayor cantidad de dispositivos como se muestra en la Figura 60.

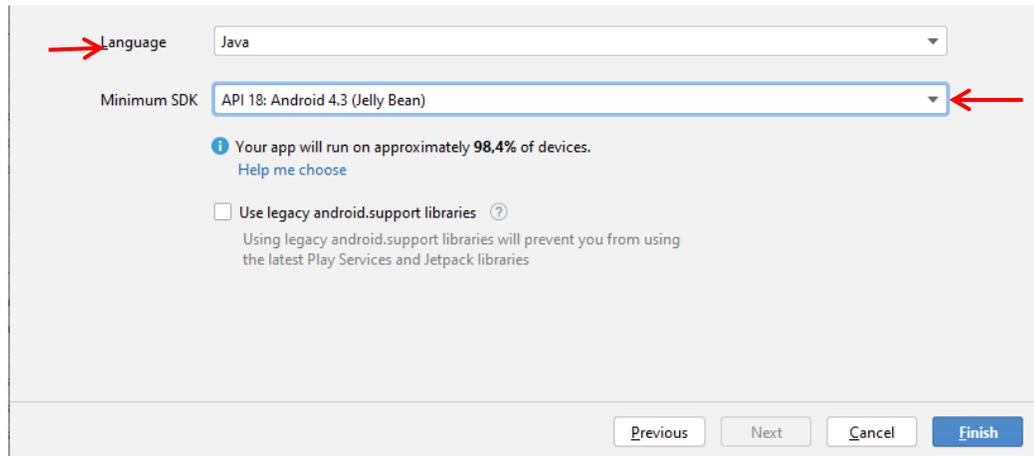


Figura 60: Selección de parámetros para la aplicación móvil.

Fuente: Plataforma Android Studio

En la pantalla Add an Activity to Mobile podemos escoger la plantilla que se ajuste al desarrollo de la aplicación que deseamos realizar. Elegir Empty Activity porque permite realizar el diseño desde cero y hacer clic en Next como se muestra en la Figura 61.

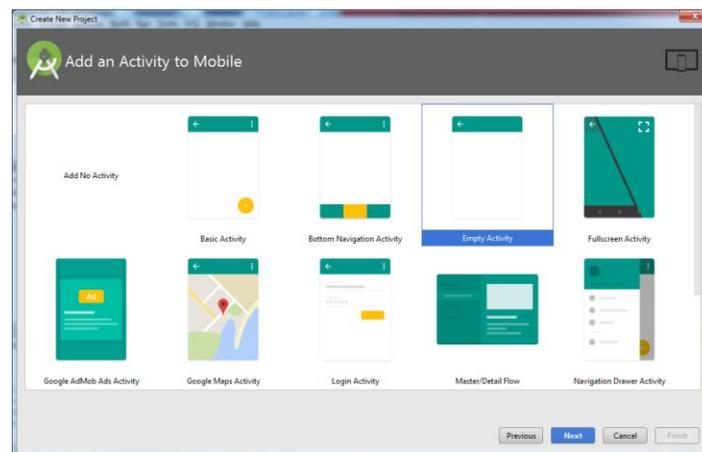


Figura 61: Ventana para añadir una actividad a la app móvil

Fuente: Plataforma Android Studio

En la pantalla Customize Activity, ingresamos los parámetros que nos aparecen o podemos conservar los valores predeterminados y finalizar como se muestra en la Figura 62.

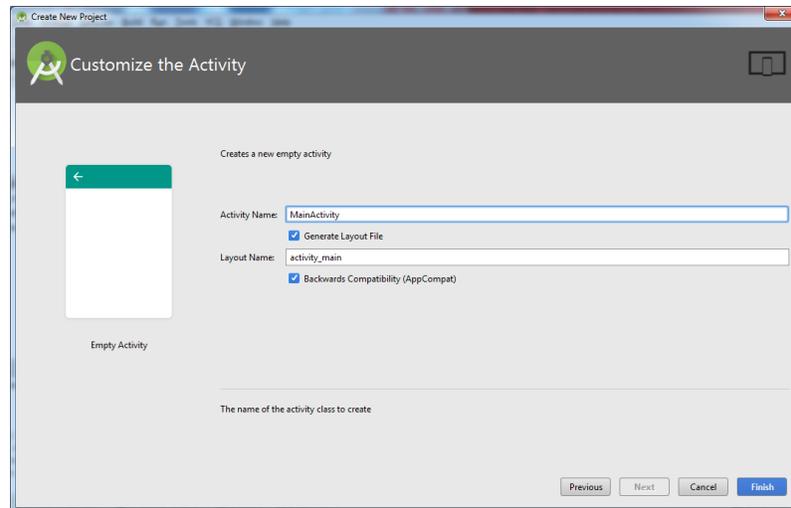


Figura 62: Ventana Customize Activity

Fuente: Plataforma Android Studio

Esperamos un tiempo hasta que procese la información para visualizar el IDE de Android Studio, en el que se procederá a realizar el código de programación de la aplicación, como se muestra en la Figura 63.

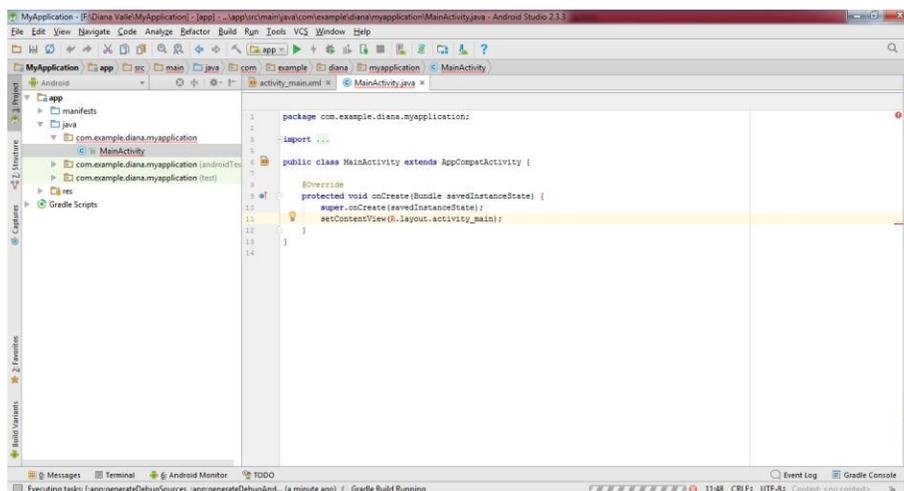


Figura 63: Ventana IDE de la aplicación

Fuente: Plataforma Android Studio

Android Studio muestra los archivos del proyecto de manera predeterminada en la vista de proyectos de Android, como se visualiza en la Figura 64. Esto permite tener un rápido acceso a los archivos del proyecto los cuales contienen las siguientes carpetas:

- **manifests**: en ella se encuentra el archivo AndroidManifest.xml.
- **java**: contiene los archivos de código fuente de Java.
- **res**: se encuentran todos los recursos, como imágenes, diseños XML, cadenas de IU e imágenes de mapa de bits.

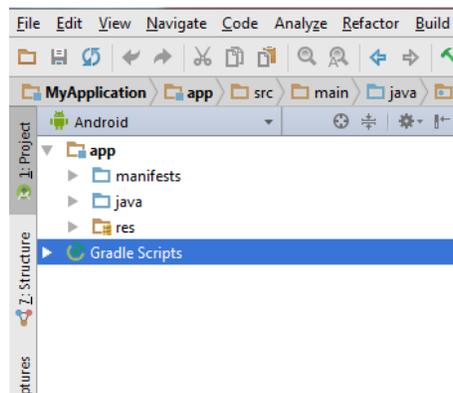


Figura 64: Archivos del proyecto en la vista de Android.

Fuente: Plataforma Android Studio

Para configurar la interfaz gráfica de la aplicación nos vamos a **app > res > layout > activity_main.xml**. En la Figura 65 se muestra el layout donde se creará todo lo necesario para la aplicación como botones, textos, entre otros.

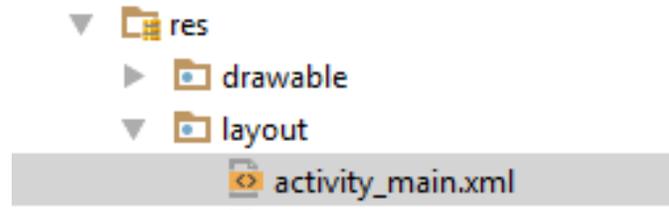


Figura 65: Ingreso al activity_main.xml

Fuente: Plataforma Android Studio

En la sección de palette como se mira en la Figura 66 encontramos una amplia gama de herramientas tales como los widgets, text, Buttons, layouts, containers, entre otros que son de gran ayuda para el diseño de la aplicación.

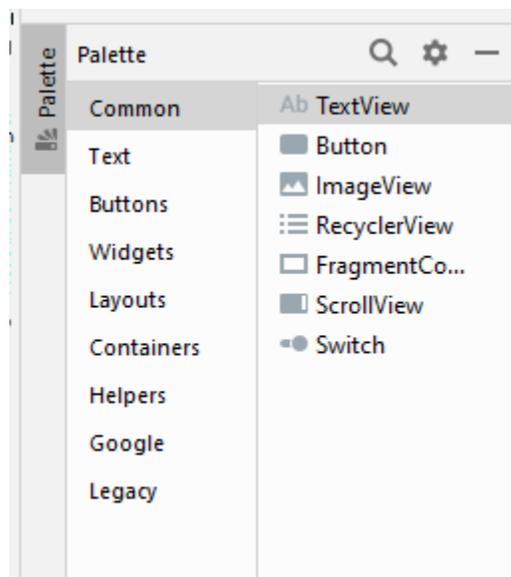


Figura 66: Herramientas de uso de Palette

Fuente: Plataforma Android Studio

Para el desarrollo de la aplicación se iniciará con la interfaz de la autenticación del usuario, para ello se usará ImageView para el logo, dos Plane Text para el email y contraseña, dos Button para inicio de sesión y registrar respectivamente, como se mira en la Figura 67.

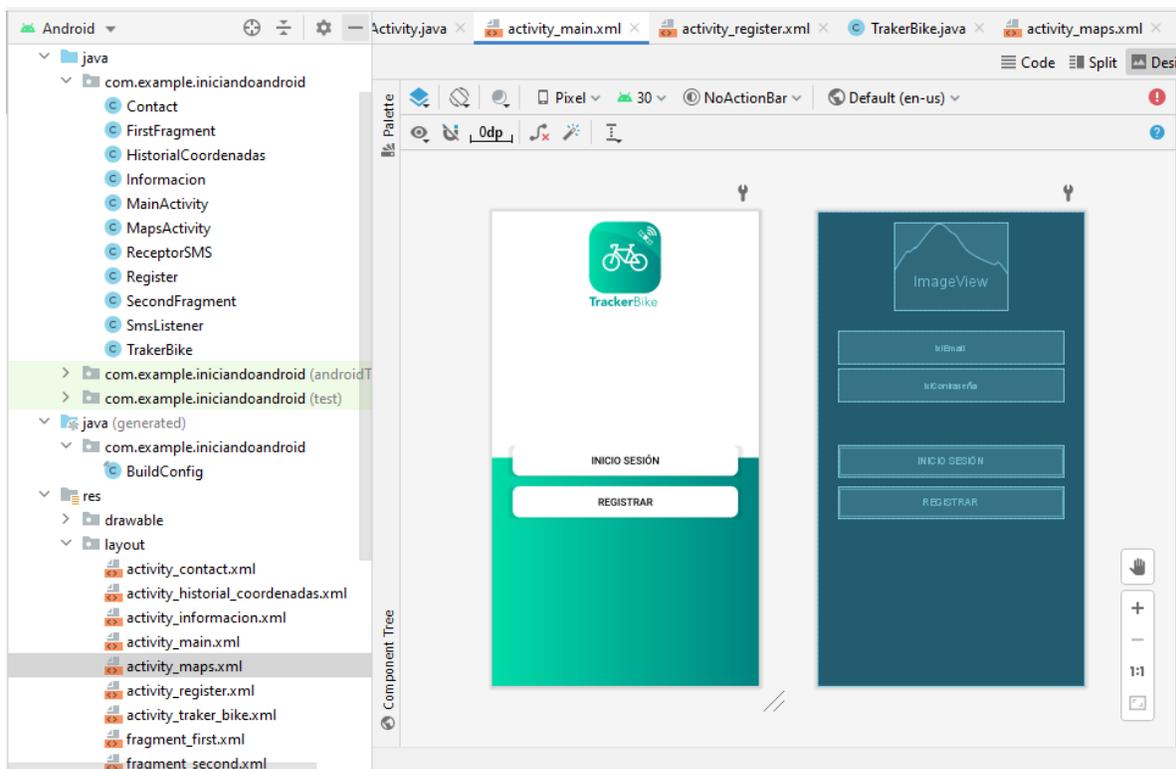


Figura 67: Interfaz gráfica para autenticación de usuario

Fuente: Plataforma Android Studio

En la Figura 68 se presenta el código realizado para la validación de los campos del email y contraseña para el inicio de sesión y el registro de un nuevo usuario. Para ello se crean las variables `mEmail`, `mPassword` que son campos donde el usuario ingresará sus credenciales y `btnlogin` permitirá validar estos campos para iniciar la sesión.

```

44     mEmail = findViewById(R.id.txtEmail);
45     mPassword = findViewById(R.id.txtContraseña);
46     btnlogin = findViewById(R.id.Btninicio);
47     FirebaseAuth mAuth = FirebaseAuth.getInstance();
48
49     btnlogin.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
50         @Override
51         public void onClick(View v) {
52             String email = mEmail.getText().toString().trim();
53             String password = mPassword.getText().toString().trim();
54             if (TextUtils.isEmpty(email)) {
55                 mEmail.setError("Email requerido");
56                 return;
57             }
58             if (TextUtils.isEmpty(password)) {
59                 mPassword.setError("Contraseña requerido");
60                 return;
61             }
62             mAuth.signInWithEmailAndPassword(email, password).addOnCompleteListener(new OnCompleteListener<AuthResult>() {
63                 @Override
64                 public void onComplete(@NonNull Task<AuthResult> task) {
65                     if (task.isSuccessful()) {
66                         Toast.makeText(MainActivity.this, "Inicio de sesión Correcto", Toast.LENGTH_SHORT).show();
67                         startActivity(new Intent(getApplicationContext(), TrakerBike.class));
68                     } else {
69                         Toast.makeText(MainActivity.this, "Credenciales incorrectas", Toast.LENGTH_SHORT).show();
70                     }
71                 }
72             });

```

Figura 68: Código MainActivity

Fuente: Plataforma Android Studio

Una vez creado la interfaz de autenticación pasamos a la creación de la interfaz de Traker Bike, para ello se usará TextView para los títulos e ImageView para los botones como se mira en la Figura 69.

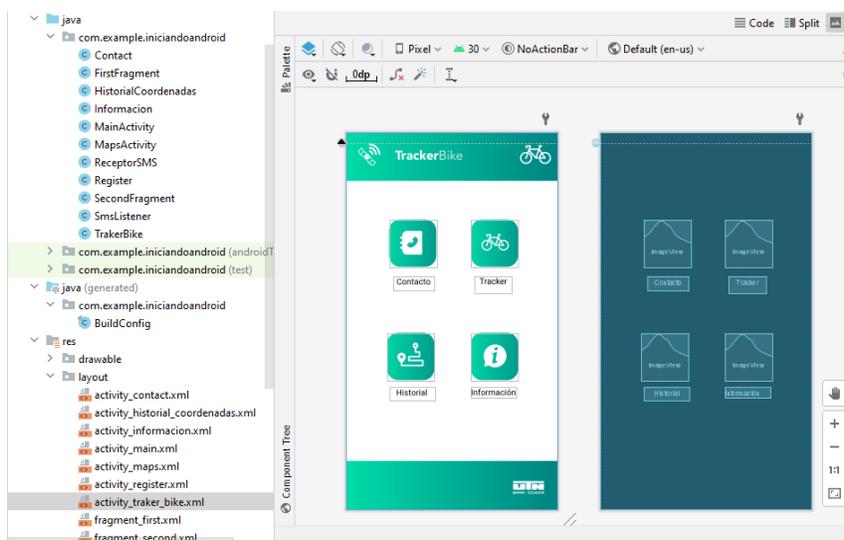


Figura 69: Interfaz Traker Bike

Fuente: Plataforma Android Studio

En la Figura 67 se muestra el código TrakerBike.java que especifica las funciones que debe realizar cada vez que se haga un clic en los botones de la Figura 70.

```

16 import java.util.ArrayList;
17
18 public class TrakerBike extends AppCompatActivity implements View.OnClickListener {
19
20     | ImageView ingresarMapa, cambiarNumero, verHistorial;
21     private ArrayList<String> datosCoordenas;
22     ArrayAdapter<String> adapter;
23
24
25     public static final String COORDS = "HistorialCoordenas"; //etiqueta key de los datos del historial de coord
26     SharedPreferences almacenarCoordenas;
27
28
29     private BroadcastReceiver receptorIntent = (context, intent) -> {
30
31         //Extract your data - better to use constants...
32         String message = intent.getStringExtra( name: "message");
33         String phoneNumber = intent.getStringExtra( name: "phoneNumber");
34
35         //
36         Toast.makeText(context, "mensaje:" + message + "from:" + phoneNumber, Toast.LENGTH_SHORT).show();
37
38         String mensajeFromNetwork = intent.getStringExtra( name: "message");
39
40
41         //Revisa si el mensaje contiene informacion del encendido del sistema de la bicicleta
42         if ("alarma encendida correctamente. Revisando cambio de posicion".equals(mensajeFromNetwork)) {
43             estado_sistema.setText("Sistema encendido");//cambia el texto del estado del sistema por ENCEN
44         }
45
46         //Devido si el mensaje contiene informacion del apagado del sistema de la bicicleta
47
48
49     }
50
51 }

```

Figura 70: Visualización del código de los componentes

Fuente: Plataforma Android Studio

En la interfaz del mapa se ha creado el botón ON, el cual envía un mensaje con la palabra “PRENDE” al módulo Sim 808 para iniciar el encendido de la alarma, el botón OFF envía un mensaje con la palabra “APAGA” para desactivar la alerta de robo, un Text View para que se muestre cuando el sistema este encendido y apagado y otro para mostrar el porcentaje de carga de la fuente de alimentación del módulo y del Arduino como se ve en la figura 71.

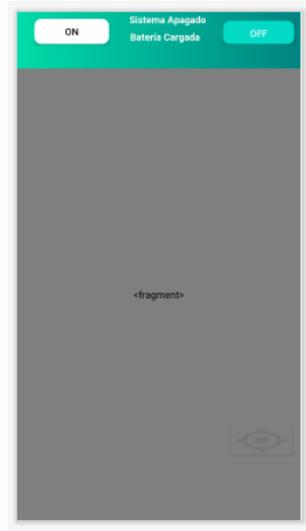


Figura 71: Interfaz mapa

Fuente: Plataforma Android Studio

En la Figura 72 se muestra el MapsActivity.java donde se realiza el código para la visualización de las coordenadas que envía el módulo sim 808 al teléfono móvil, tomando los valores de la latitud y longitud y procesándolos para mostrarse en el mapa.

```

38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
public class MapsActivity extends FragmentActivity implements OnMapReadyCallback {

    private GoogleMap mMap;
    MarkerOptions opciones;
    Marker marcador;
    Double latitud;
    Double longitud;
    String dato;

    Button startButton;
    Button btnUbicacion;
    Button endButton;
    public static final String COORDS = "HistorialCoordenadas"; //etiqueta key de los datos del historial de coordenadas
    TextView estado_bateria, estado_sistema;

    FirebaseFirestore db;

    IntentFilter filtroIntent;
    private BroadcastReceiver receptorIntent = new BroadcastReceiver() {

        @Override
        public void onReceive(Context context, Intent intent) {

            //Extract your data - better to use constants...
            String message = intent.getStringExtra( name: "message");//
            String phoneNumber = intent.getStringExtra( name: "phoneNumber");

```

Figura 72: Código MapsActivity.java

Fuente: Plataforma Android Studio

3.9.3 Agregar la aplicación en Firebase

Una vez ya terminado el diseño de la aplicación se procede a agregar el proyecto a Firebase para guardar los datos de coordenadas y la autenticación de usuario. Para ello esencialmente es necesario contar con una cuenta en Gmail como se mira en la Figura 73, y seleccionar ir a console.



Figura 73: Pagina inicial Firebase

Fuente: (Firebase, 2021)

Seleccionamos Agregar nuevo proyecto como se mira en la Figura 74.

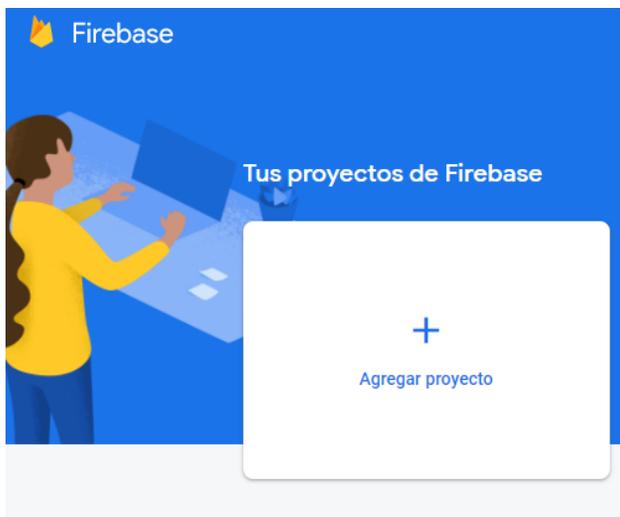


Figura 74: Agregar nuevo proyecto

Fuente: (Firebase, 2021)

Escribir el nombre del proyecto creado en Android Studio como se mira en la Figura 75 y seleccionar continuar.

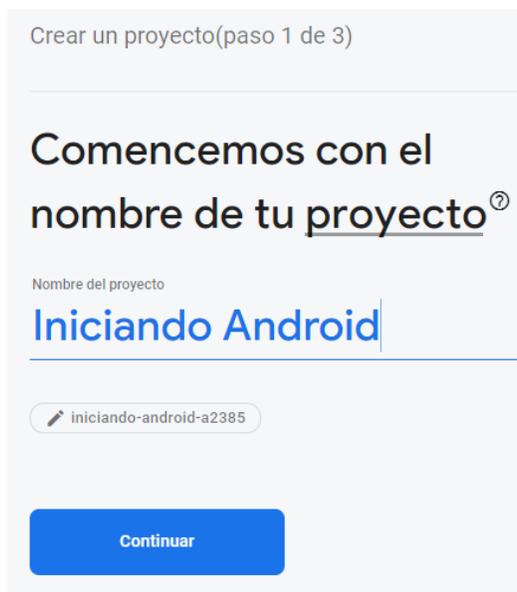


Figura 75: Nombre del proyecto

Fuente: (Firebase, 2021)

El segundo paso es aceptar la habilitación de Google Analytics y continuar como se ve en la Figura 76.

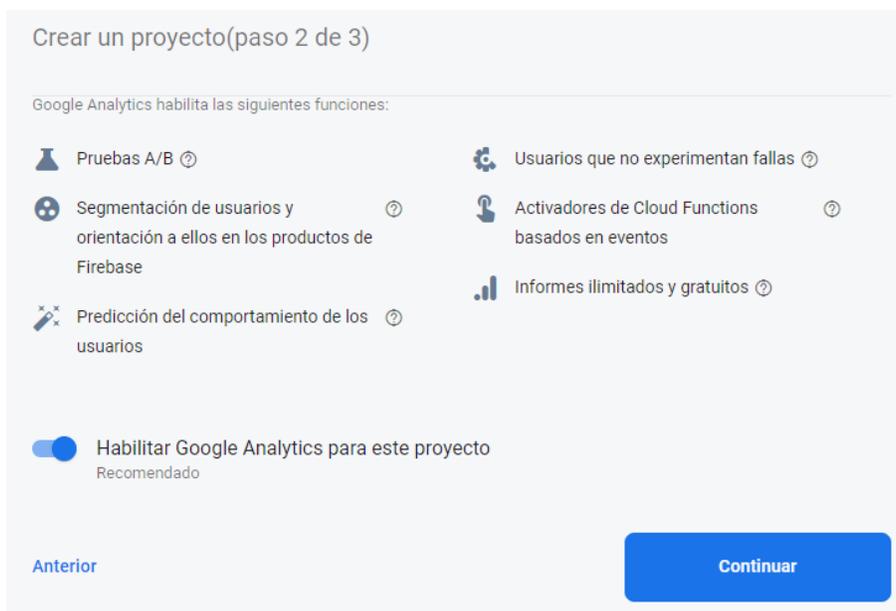


Figura 76: Habilitar Google Analytics

Fuente: (Firebase, 2021)

Finalmente, seleccionar el país, aceptar las condiciones y Crear proyecto como se muestra en la figura 77.

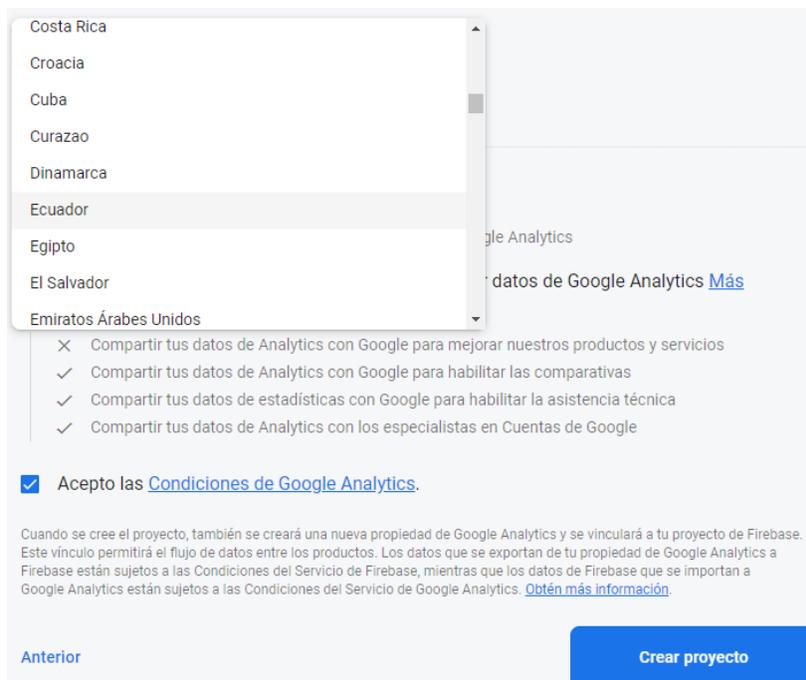


Figura 77: Aceptar condiciones

Fuente: (Firebase, 2021)

Una vez creado aparecerá de la siguiente manera como se mira en la Figura 78.

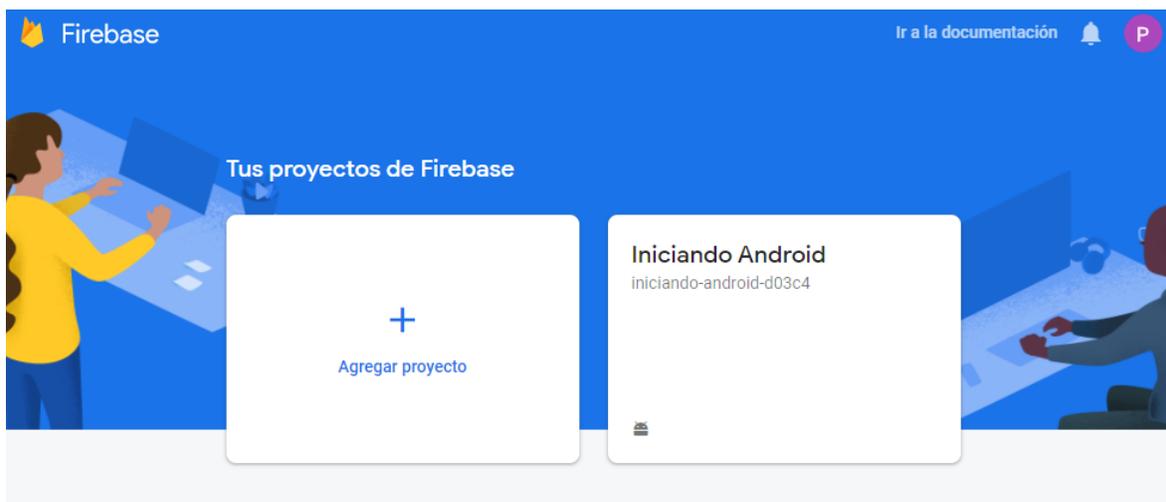


Figura 78: Proyecto creado

Fuente: (Firebase, 2021)

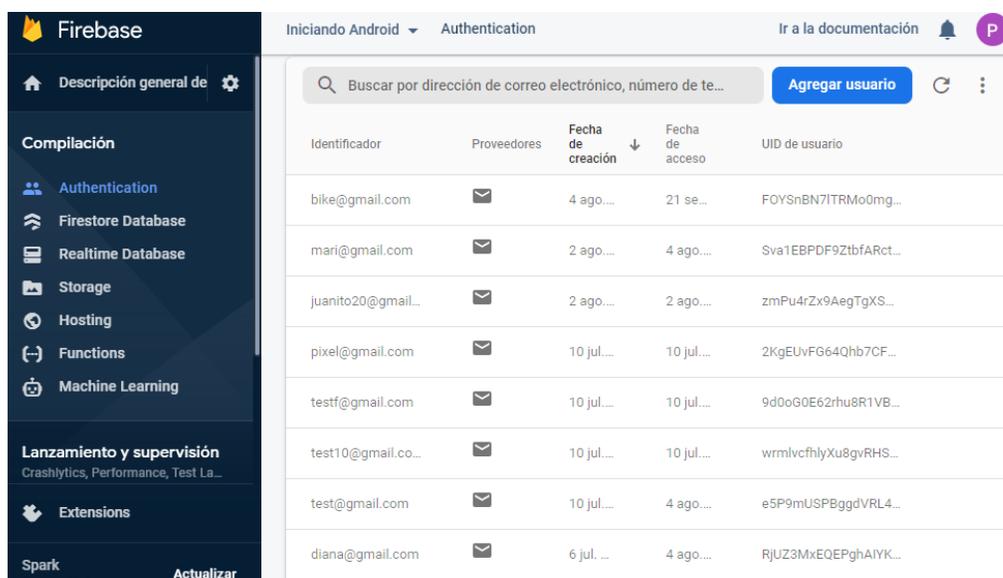
Una vez dentro se podrá hacer uso de los servicios de Firebase como Authentication, Firestore Database, entre otros, como observa en la figura 79.



Figura 79: Compilación de Firebase

Fuente: (Firebase, 2021)

Dentro de Authentication nos aparecerán los usuarios creados por la aplicación móvil para el inicio de sesión como se mira en la Figura 80.



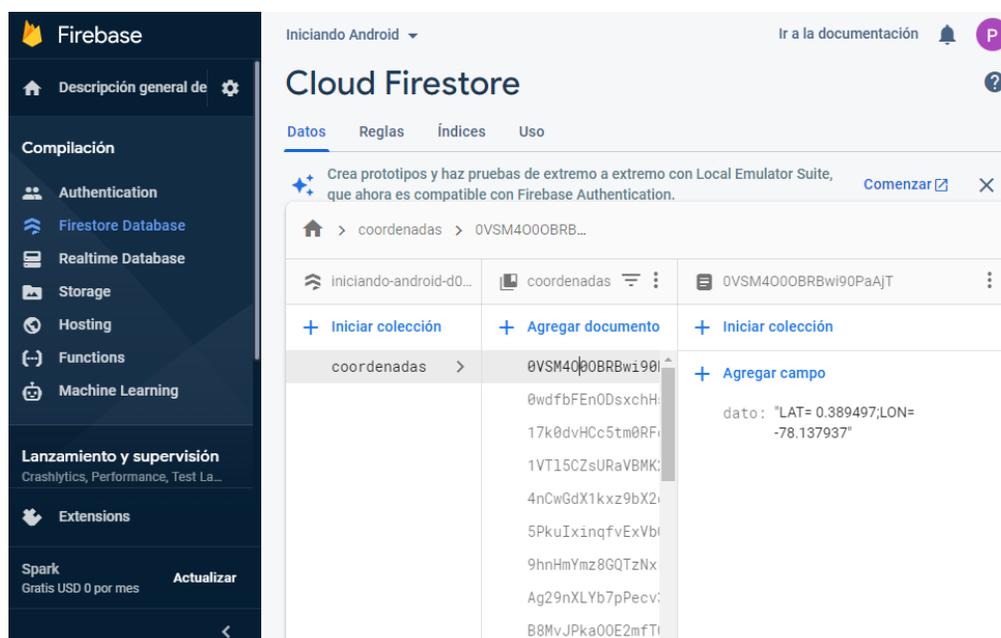
The screenshot shows the Firebase Authentication console. On the left is a navigation menu with options like 'Compilación', 'Lanzamiento y supervisión', and 'Extensions'. The main area displays a table of users with columns for 'Identificador', 'Proveedores', 'Fecha de creación', 'Fecha de acceso', and 'UID de usuario'.

Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Fecha de acceso	UID de usuario
bike@gmail.com	✉	4 ago...	21 se...	FOYSnBN7ITRMo0mg...
mari@gmail.com	✉	2 ago...	4 ago...	Sva1EBPDF9ZtbfARct...
juanito20@gmail...	✉	2 ago...	2 ago...	zmPu4rZx9AegTgXS...
pixel@gmail.com	✉	10 jul...	10 jul...	2KgEUvFG64Qhb7CF...
testf@gmail.com	✉	10 jul...	10 jul...	9d0oG0E62rhu8R1VB...
test10@gmail.co...	✉	10 jul...	10 jul...	wrmlvcfhlyXu8gvRHS...
test@gmail.com	✉	10 jul...	4 ago...	e5P9mUSPBggdVRL4...
diana@gmail.com	✉	6 jul. ...	4 ago...	RjUZ3MxEQEPghAIYK...

Figura 80: Usuarios creados

Fuente: (Firebase, 2021)

En Firestore Database se puede ver los datos guardados de las coordenadas que llegan a la aplicación móvil como se ve en la Figura 81.



The screenshot shows the Firebase Cloud Firestore console. The main area displays a collection named 'coordenadas' with a document ID '0VSM4000BRB...'. The document contains a field 'dato' with the value '"LAT= 0.389497;LON=-78.137937"'. The console also shows options to 'Iniciar colección', 'Agregar documento', and 'Agregar campo'.

Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Fecha de acceso	UID de usuario
bike@gmail.com	✉	4 ago...	21 se...	FOYSnBN7ITRMo0mg...
mari@gmail.com	✉	2 ago...	4 ago...	Sva1EBPDF9ZtbfARct...
juanito20@gmail...	✉	2 ago...	2 ago...	zmPu4rZx9AegTgXS...
pixel@gmail.com	✉	10 jul...	10 jul...	2KgEUvFG64Qhb7CF...
testf@gmail.com	✉	10 jul...	10 jul...	9d0oG0E62rhu8R1VB...
test10@gmail.co...	✉	10 jul...	10 jul...	wrmlvcfhlyXu8gvRHS...
test@gmail.com	✉	10 jul...	4 ago...	e5P9mUSPBggdVRL4...
diana@gmail.com	✉	6 jul. ...	4 ago...	RjUZ3MxEQEPghAIYK...

Figura 81: Almacenamiento de datos Firestore Database

Fuente: (Firebase, 2021)

CAPÍTULO 4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo se presenta las pruebas de funcionamiento del sistema de monitoreo remoto con el dispositivo instalado en la bicicleta; rastreo y localización de la bicicleta para verificar su operación con el sistema en ejecución, Finalmente, se realiza un análisis de costo - beneficio del sistema.

4.1 Prueba de Funcionamiento de la Aplicación con el dispositivo electrónico

La prueba tiene como objetivo verificar el funcionamiento del dispositivo electrónico y la aplicación móvil, los cuales conforman el sistema de monitoreo remoto para la localización de la bicicleta.

El encendido del dispositivo electrónico se lo hará mediante un interruptor 1/0; siendo 1 para el encendido y 0 para el apagado. Esperamos a que el dispositivo se conecte a la red GSM y GPS, para posteriormente hacer uso de la aplicación móvil.

Para usar la aplicación móvil, el nuevo usuario tendrá que registrarse primeramente para poder acceder a las demás funciones e iniciar sesión, como se mira en la Figura 82.

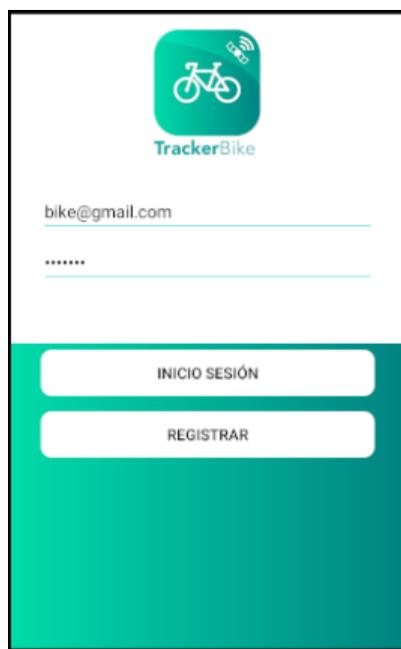


Figura 82: Interfaz inicio de sesión

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Una vez ingresadas las credenciales nos llevara a esta interfaz como se mira en la Figura 83, las cuales cuentan con las siguientes opciones: Contacto, Tracker, Historial e Información (las instrucciones para el uso de la aplicación).

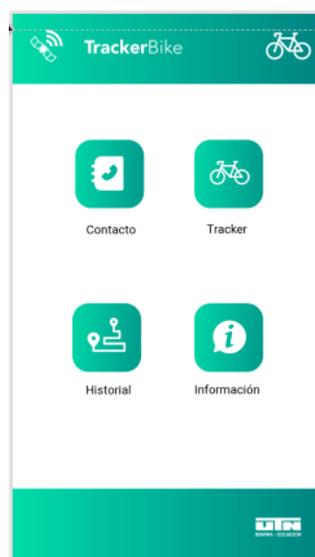


Figura 83: Interfaz TrackerBike

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Antes de iniciar el Tracker a la bicicleta, se debe ingresar el número de contacto del dispositivo electrónico y clic en actualizar, para posteriormente enviar los mensajes de activación del sistema de alerta de robo. Si no se realiza este paso no se podrá realizar el rastreo de la bicicleta. En la Figura 84 se mira la interfaz para ingresar el número de contacto.



Figura 84: Interfaz para el contacto

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Para activar el Tracker de la bicicleta se lo hace mediante el botón de ON ubicado en la parte izquierda de la aplicación móvil, como se ve en la Figura 85. Esto permitirá detectar si hay alguna variación en la posición de la bicicleta y emitir la alerta en caso de que si la hubiere.

Una vez leído el mensaje, el módulo Arduino Nano ejecuta una subrutina para enviar la información solicitada a la aplicación móvil mediante mensajes de texto como se observa en la Figura 87.

```
Puerto Serie: >AT+CMGF=1<
Puerto Serie: >OK<
Puerto Serie: >AT+CMGS="+593995649513"<
Puerto Serie: >> alarma encendida correctamente. Rebio de posicion<
Puerto Serie: >+CMGS: 217<
Puerto Serie: >OK<
Puerto Serie: >AT+CBC<
Puerto Serie: >+CBC: 0,84,4074<
Puerto Serie: >OK<
```

Figura 87: Envío de mensaje de alarma encendida

Fuente: Terminal Serie de Arduino

En la Figura 88 se comprueba la respuesta enviada por el dispositivo electrónico hacia el celular del propietario de la bicicleta.

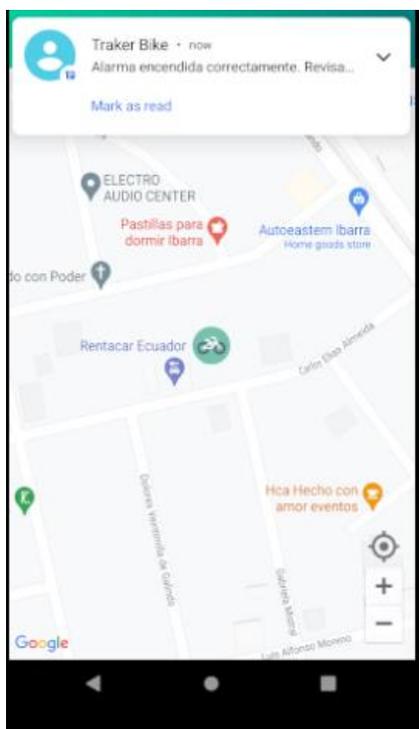


Figura 88: Recepción de mensaje de confirmación

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Para obtener la ubicación actual de la bicicleta, se lo hace mediante el botón con la imagen  que está ubicado en la parte inferior derecha del mapa en la aplicación móvil, éste enviará un mensaje con la palabra “GPS” al dispositivo electrónico, la cual leerá estos caracteres y responderá mediante mensajes de texto con los datos de latitud, longitud y el nivel de batería a la aplicación móvil, como se mira en la Figura 89.

```

Puerto Serie: >GPS<
LAT= 0.351002
LON= -78.126831
Puerto Serie: >AT+CMGF=1<
Puerto Serie: >OK<
Puerto Serie: >AT+CMGS="+0982419312"<
nivel de bateria =84
1
latitud =0.351002; longitud =-78.126835
nivel de bateria =84

```

Figura 89: Datos obtenidos GPS.

Fuente: Terminal Serie de Arduino.

En caso de que la bicicleta sea trasladada sin permiso del propietario el dispositivo electrónico enviará un mensaje de alerta de robo al propietario, como se mira en la Figura 90, seguido de las coordenadas y el nivel de la batería cada 16 segundos.

```

COM12
Enviar
1
Puerto Serie: >> ALERTA! Su bicicleta ha sido trasladada!LAT= 0.360568;LON= -78.132733;BAT= 84<
Puerto Serie: >+CMGS: 221<
Puerto Serie: >OK<
latitud =0.360568; longitud =-78.132733
Puerto Serie: >AT+CGNSINF<
Puerto Serie: >+CGNSINF: 1,1,20210913214038.000,0.360603,-78.132730,136.500,0.28,89.1,1,,1.6,1<
Puerto Serie: >OK<

```

Figura 90: Envío mensaje de alerta

Fuente: Terminal Seri de Arduino

El mensaje enviado desde el dispositivo electrónico llega a móvil del propietario, como se mira en la Figura 91.

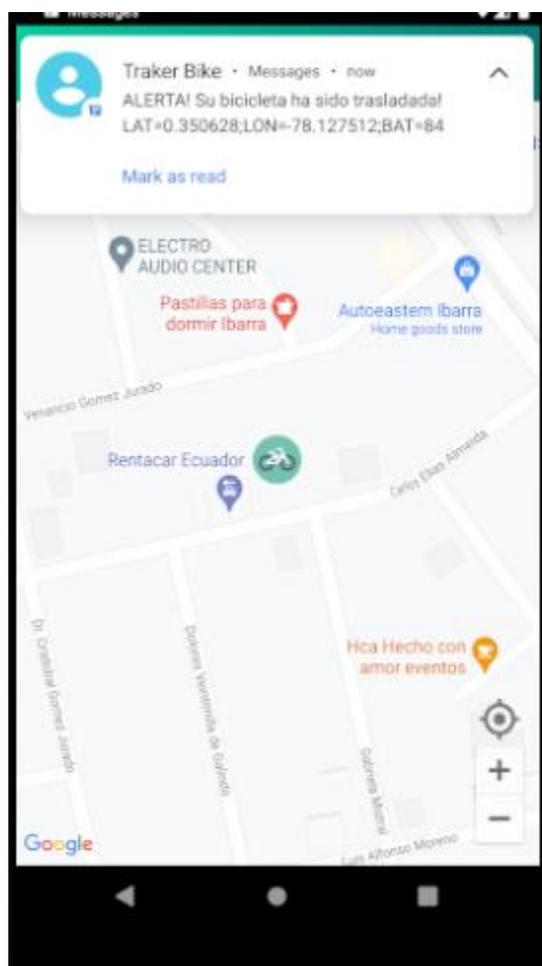


Figura 91: Recepción de mensaje en el dispositivo móvil

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Mediante el botón OFF se finaliza el sistema de monitoreo, como se muestra en la Figura 92. Una vez finalizado ya no se recibirán mensajes con las coordenadas de la bicicleta hasta activarlo nuevamente.

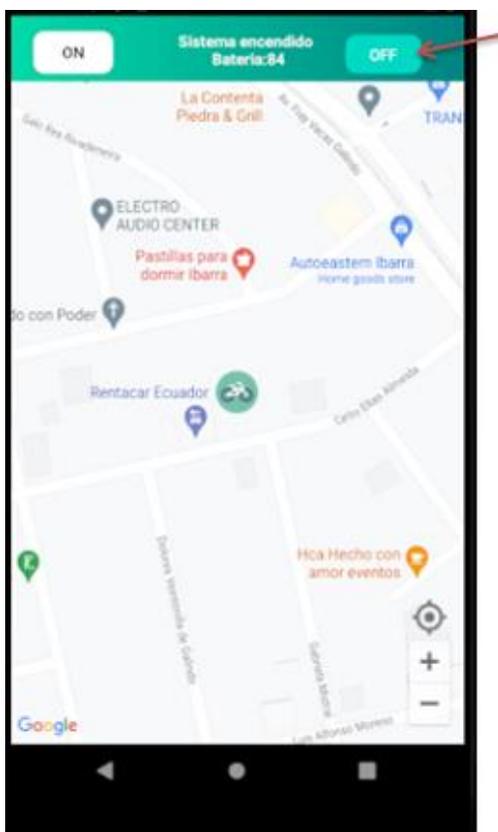


Figura 92: Botón Terminar en la aplicación móvil

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta.

Al hacer clic en el botón OFF envía un mensaje con la palabra “APAGA” al dispositivo electrónico como se mira en la Figura 93 del monitor serie.

```

Puerto Serie: >APAGA<
ALARMA DESACTIVADA CORRECTAMENTE
Sistema Apagado. En espera de mensaje de activacion...
Puerto Serie: >AT+CMGF=1<
Puerto Serie: >OK<
Puerto Serie: >AT+CMGS="+593995649513"<
Puerto Serie: >> alarma apagada correctamente<
Puerto Serie: >+CMGS: 219<
Puerto Serie: >OK<

```

Autoscroll Nueva línea 9600 baudio Clear output

Figura 93: Recepción mensaje APAGA

Fuente: Terminal Serie de Arduino.

Una vez interpretado estos caracteres el dispositivo electrónico envía un mensaje de confirmación de apagado a la aplicación móvil como se ve en la Figura 94.

```
Puerto Serie: >AT+CMGS="+593995649513"<
Puerto Serie: >> alarma apagada correctamente<
Puerto Serie: >+CMGS: 219<
Puerto Serie: >OK<
```

Autoscroll Nueva línea 9600 baudio Clear output

Figura 94: Mensaje de confirmación de apagado alarma

Fuente: Terminal Serie de Arduino

En la aplicación móvil se puede ver que el texto que decía Sistema Encendido ha cambiado a Sistema Apagado, como se ve en la Figura 95.

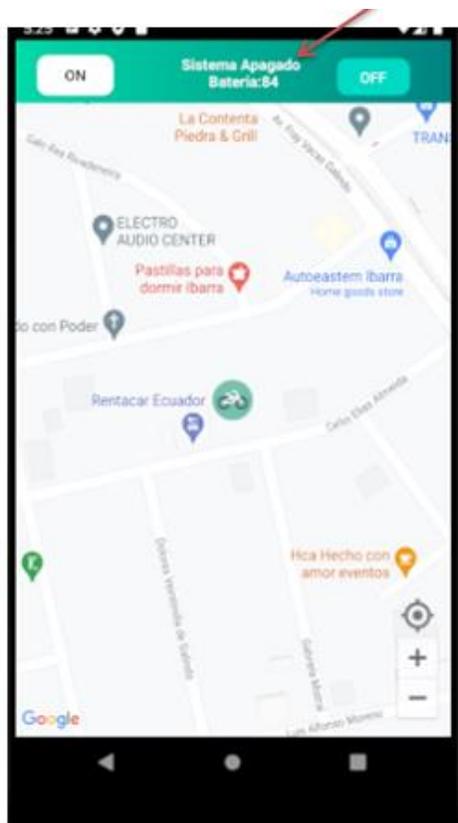


Figura 95: Visualización del sistema apagado

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta.

4.2 Implementación y Funcionamiento

En cada etapa del proyecto se realizó las pruebas pertinentes para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes como el módulo Arduino Nano, el Módulo Sim 808 GSM /GPRS/GPS, la batería y la aplicación móvil.

Inicialmente se realizó las pruebas de conexión a la red GSM y al GPS y se comprobó la comunicación del sistema de monitoreo, que consta del dispositivo electrónico y la aplicación móvil, para el envío y recepción de los mensajes con la información solicitada.

Posteriormente se realizó las pruebas de duración de la batería para verificar el tiempo de descarga, esto se realizó dejando encendido el sistema de monitoreo todo un día.

Una vez realizadas estas pruebas se procedió a la instalación de dispositivo en la bicicleta de la manera que sea imperceptible a la vista de las personas para proceder a realizar las pruebas en las ciclovías de la Céntrica Bulevar, la Av. Eugenio Espejo y el Periférico Sur.

Y por último se hizo las pruebas de verificación del almacenamiento de las coordenadas en el historial de ubicaciones de la aplicación móvil y en Firebase. Todas estas pruebas se pueden observar en la tabla 22 de las pruebas de Itinerario.

Tabla 22: Itinerario de Pruebas

Itinerario de Pruebas				
Pruebas de Conectividad a la red GSM y GPS				
#Actividad	Fecha	Muestra	Resultados	Observaciones
1	1/7/2021	Comunicación de los módulos	El modulo sim 808 se conecta satisfactoriamente a la red y al GPS, permitiendo el envío de los mensajes de las coordenadas a la aplicación móvil	Cuando se inicia por primera vez, le lleva 11 segundos aproximadamente al módulo para conectarse a la red y al GPS
2	3/7/2021	Duración batería	La batería dura aproximadamente 4 horas si se solicita información constante de datos, pero solo encendida puede durar 10 horas	
3	2/9/2021	Instalación del dispositivo en la bicicleta	La Instalación del dispositivo se realizó en el asiento de la bicicleta, siendo el lugar menos visible a la vista de terceras personas	
4	7/9/2021	Ciclovía Céntrica Bulevar	La prueba se realizó en la Ciclovía de la Céntrica Bulevar en la cual se evidencio que el dispositivo se comunica satisfactoriamente con la aplicación móvil permitiendo en caso de robo recuperar la bicicleta	
5	7/9/2021	Comprobación del historial en la aplicación móvil	Se puede notar que los datos de coordenadas se guardan tanto en la aplicación móvil	
6	10/9/2021	Presentación de la aplicación a un nuevo usuario	Se explica el uso de la aplicación al nuevo usuario, pero al ser muy intuitiva no tiene dificultades para poder usarla	

Fuente: Autoría

En la Figura 96 se muestra el circuito armado y en funcionamiento con conexión a la red GSM y GPS satisfactoriamente.

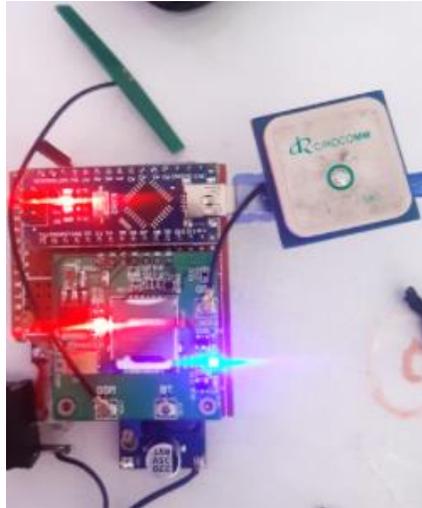


Figura 96: Comunicación de los módulos a la red GSM y GPS

Fuente: Autoría

En la Figura 97 se procede a instalar el dispositivo electrónico en la bicicleta, ubicándola en la parte baja del sillín, siendo el lugar más favorable para no ser detectado a simple vista.



Figura 97: Dispositivo electrónico listo para su instalación

Fuente: Autoría

En la Figura 98 se puede observar el dispositivo ya instalado en la bicicleta, y para ocultarlo de mejor manera se ha usado un forro de sillín.



Figura 98: Dispositivo instalado en la bicicleta.

Fuente: Autoría

Las pruebas en campo se realizaron en el Parque Céntrica Bulevar, como se mira en la Figura 99. Para ello se simuló dejar la bicicleta parqueada en el poste de la iluminaria frente a los locales de comida, que se encuentran ubicados a pocos metros del edificio del ECU-911, previamente encendido el dispositivo electrónico.



Figura 99: Simulación de bicicleta dejada en el poste de la iluminaria del parque Céntrica

Fuente: Autoría

Seguidamente se ingresó a la aplicación móvil para activar la Alerta de robo mediante el Botón ON, como se muestra en la Figura 100. Esto permitirá detectar si la bicicleta tiene algún cambio de posición o si sigue en el mismo lugar.

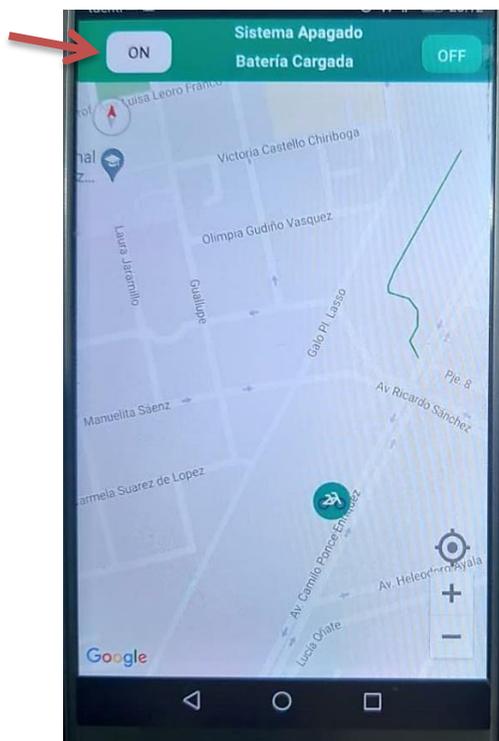


Figura 100: Activación del sistema Alerta de robo mediante el Botón ON en la aplicación móvil

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Para activar la Alarma, con la ayuda de un familiar se simuló el robo de la bicicleta como lo haría cualquier delincuente que busca cualquier oportunidad para apropiarse de lo ajeno. En la Figura 101 se muestra esta simulación.



Figura 101: Familiar simulando llevarse la bicicleta.

Fuente: Autoría

Una vez la bicicleta se moviliza, al celular llega el mensaje de: ALERTA! Su bicicleta ha sido trasladada, que es visualizado en la aplicación móvil, esto se observa en la Figura 102. Este mensaje es de vital importancia porque en este momento el usuario podrá reaccionar para recuperar la bicicleta sea por medios propios o por medio de la policía.

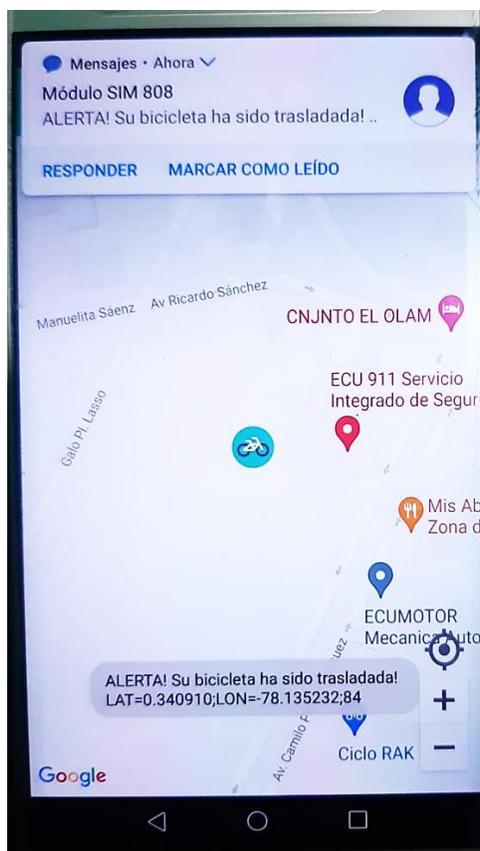


Figura 102: Recepción del mensaje de alerta de robo en la aplicación móvil.

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Los siguientes mensajes a la alerta, serán de las coordenadas del GPS (latitud y longitud) que permitirá hacer el rastreo de la bicicleta hasta poder localizarlo. Estas coordenadas llegarán a la celular mediante mensajes de texto y estos datos se visualizarán en aplicación móvil, como se observa en la Figura 103.

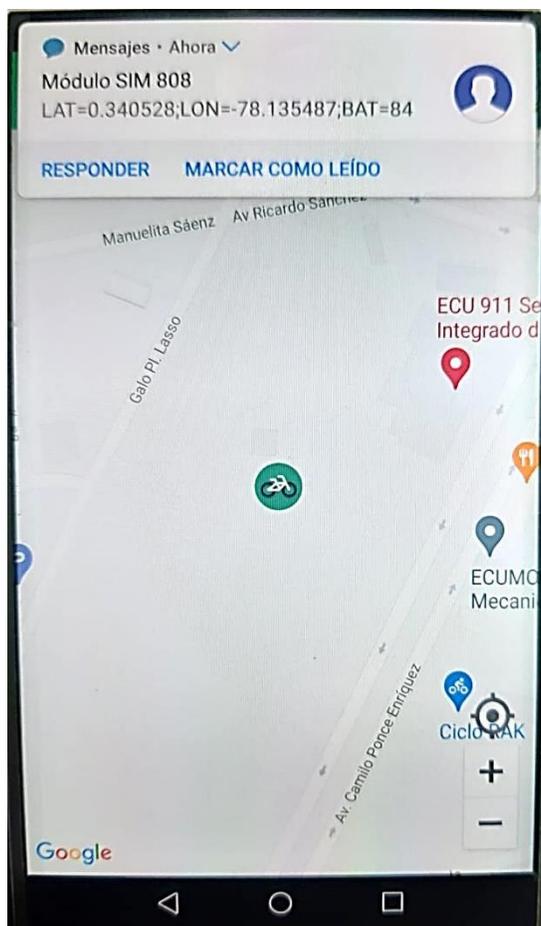


Figura 103: Recepción de mensajes de texto con las coordenadas del GPS de la bicicleta.

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

En la Figura 104, se muestra que cada vez que llega un mensaje el icono de la bicicleta se actualiza dando la posición de la bicicleta en tiempo real, estos mensajes son recibidos cada 16 segundos, lo cual hace efectivo la recuperación de la bicicleta.

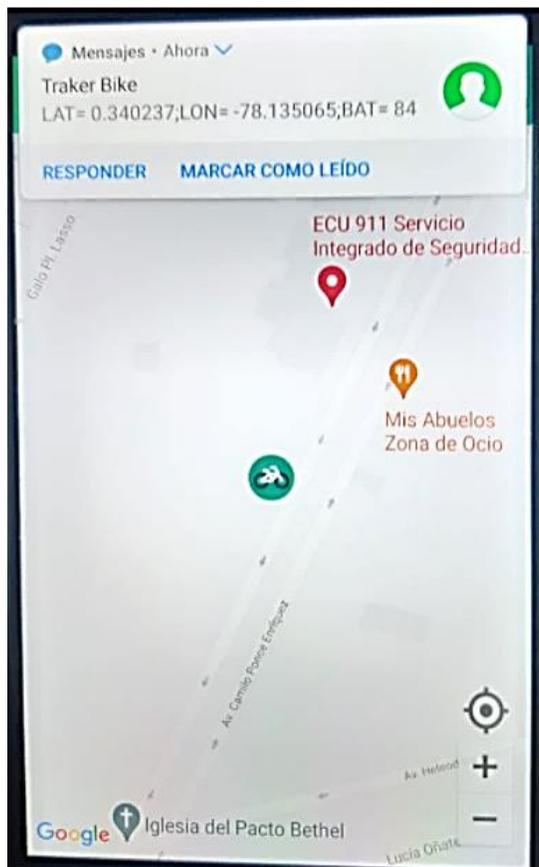


Figura 104: Actualización del marcador en la trayectoria recorrida por la bicicleta

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Una vez localizado la bicicleta, se procede a finalizar el sistema de monitoreo mediante el botón OFF ubicado en la parte superior izquierdo de la aplicación, de tal manera que después de este paso ya no se recibirá mensajes con las coordenadas del GPS, sino solo un mensaje de confirmación de que el sistema ya fue apagado, y esto se verá en la app móvil con el texto Sistema apagado como se muestra en la Figura 105.



Figura 105: Finalización del sistema de monitoreo.

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Una vez terminada el rastreo se procede a verificar los datos guardados en el Historial de coordenadas del celular, donde el primer dato es la última ubicación guardada de la bicicleta, en la cual si se hace clic nos llevará al mapa mostrándonos la ubicación de la bicicleta, esto se puede evidenciar en la Figura 106.

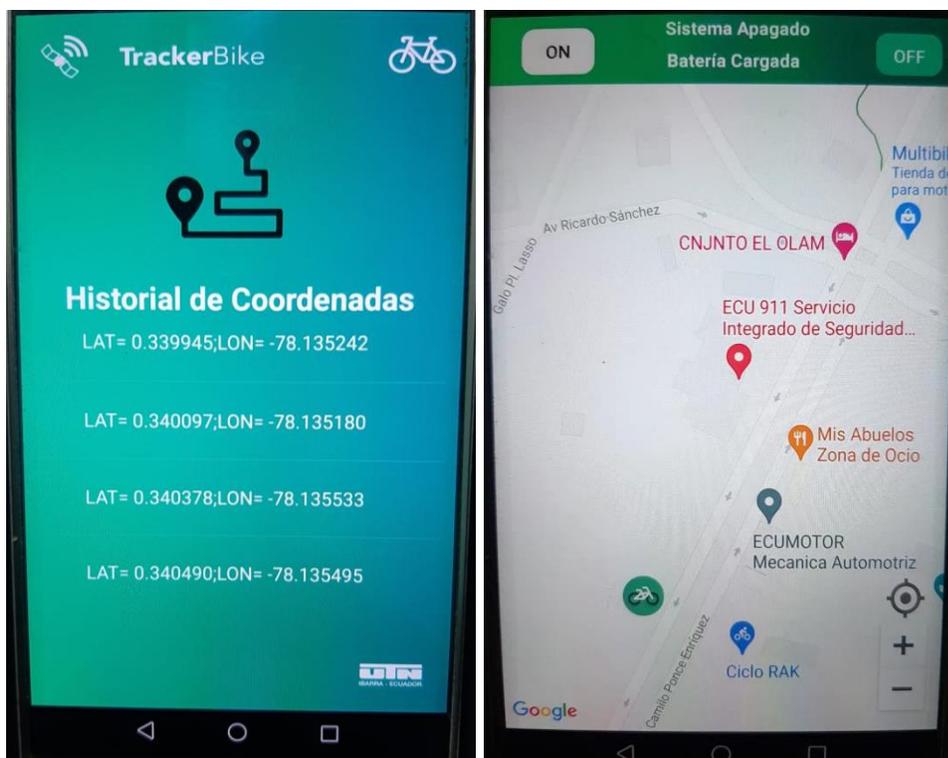


Figura 106: Historial de coordenadas del GPS de la bicicleta

Fuente: Smartphone del propietario de la bicicleta

Los datos de las coordenadas también serán guardados en la Database de Firebase, para propósitos educativos este proporciona un servicio de almacenamiento limitado de forma gratuita que para el proyecto ha sido el más indicado. En la Figura 107 se muestra los datos guardados en esta plataforma.

iniciando-android-d03c4	coordenadas	0VSM4000BRBwi90PaAjT
+ Iniciar colección	+ Agregar documento	+ Iniciar colección
coordenadas >	0VSM4000BRBwi90PaAjT : 0wdfbFEn0DsxchHsoHgn 17k0dvHCc5tm0RFqm3SE	+ Agregar campo dato: "LAT= 0.339945;LON= -78.135242"

Figura 107: Almacenamiento de las coordenadas del Database de Firebase

Fuente: (Firebase, 2021)

4.2.1 Resultados

Una vez realizado las pruebas de funcionamiento con el sistema de seguridad instalado en la bicicleta, se comprobó su operatividad con éxito. La alerta de desplazamiento de este medio de transporte por una persona no autorizada se ha realizado mediante un mensaje de texto que llega al dispositivo móvil (Smartphone) del propietario, haciendo que acuda de manera oportuna a verificar el estado de la bicicleta.

Mediante el sistema GPS se obtuvo las coordenadas de latitud y longitud de la bicicleta, las cuales se enviaron por medio de mensajes de texto al Smartphone del dueño, que mediante la aplicación móvil Traker Bike se ha logrado realizar un rastreo y la localización del vehículo..

Los datos del GPS permanecerán almacenados en la Database de Firebase y adicionalmente en el historial de la aplicación móvil, permitiendo al propietario tener a la mano las últimas ubicaciones de la bicicleta para su localización. De esta manera al contar la bicicleta con un sistema de seguridad, hará que el propietario se sienta más seguro para transitar por la ciudad y poder estacionar su vehículo en los parqueaderos exclusivos para este medio de transporte.

4.3 Costo del proyecto.

En este apartado, se procede a realizar todos los gasto realizados para el desarrollo del diseño del sistema de monitoreo remoto para bicicletas, tomando en cuenta los componentes electrónicos, así como también el software y hardware utilizados para este prototipo.

4.3.1 Costo de hardware

En la Tabla 23 se muestra los costos de los materiales utilizados para la construcción del sistema de monitoreo remoto para bicicletas. El costo total de la parte de hardware da un valor de \$128.50 dólares, valor único al momento de la implementación.

Tabla 23: Costo de hardware del prototipo

Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Módulo Arduino Nano	10	10
1	Módulo Sim 808 GSM/GPRS/GPS	85	85
1	Módulo Regulador de voltaje	3.5	3.5
1	Batería	20	20
1	Caja	10	10
Total:			128.5

Fuente: Autoría

4.3.2 Costo del software

En la Tabla 24 se presenta el costo del software usado en el prototipo dando un valor de \$0.

Tabla 24: Costo del software

Cantidad	Descripción	Valor U (\$).	Valor T (\$).
1	Arduino IDE	0	0
1	Android Studio	0	0
1	Firebase	0	0
Total			\$0

Fuente: Autoría

4.3.3 Costo del plan celular

La tabla 25 presenta el costo de la contratación del plan conexión 10 con un valor mensual \$24.64, tanto para el dispositivo electrónico como para el uso de la aplicación móvil.

Tabla 25: Costo del plan celular

Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total(\$)
2	Plan conexión 10	12,32	24,64
Total:			24,64

Fuente: Autoría

4.3.4 Costos Totales del Sistema

En la Tabla 26 se presenta los costos totales del sistema dando un valor de \$153.14, estos valores componen los costos de hardware, software y la contratación del plan celular.

Tabla 26: Costos Totales del Sistema

Descripción	Costo Total(\$)
Costos de Hardware	128,50
Costos de Software	0
Costos de plan celular	24,64
Total	153,14

Fuente: Autoría

El costo total para la implementación del sistema tiene un valor total de \$153.14 dólares americanos, en el cual está incluido todos los gastos pertinentes que se necesitó en el desarrollo del proyecto de investigación, dando como resultado un proyecto favorable para los amantes del ciclismo.

4.4 Beneficios de la implementación del sistema de monitoreo remoto para bicicletas

Los beneficios que proporciona la implementación del sistema de monitoreo en la bicicleta van en torno al área económico, tecnológico y social.

4.4.1 Beneficios Económicos.

Mediante los datos obtenidos de tiendas físicas como virtuales de bicicletas se observó que las bicicletas difieren unas de otras por el material de fabricación, los componentes y la marca, siendo así que los precios varían desde, los costos menores a \$200 gama baja, de \$480 a \$800 gama media y los de \$1000 o valores superiores gama alta que son de uso para competencias de ciclismo (MegaBikeStore). En vista de que los precios de las bicicletas representan económicamente, contar con un sistema de seguridad proporciona que la bicicleta cuente con seguridad evitando que se pierda lo invertido.

En la entrevista realizada al Ciclista Carlos Revelo en la sección 3.4.1, manifestó que en la actualidad existen seguros para bicicletas, pero estos no son para todos, sino para los que son valorados a partir de los \$1000 dólares, dejando a un lado a las de valores inferiores. El sistema diseñado permite abarcar tanto a la gama media como el alta, con una inversión inicial de \$153.14 los ciclistas podrán salvaguardar su bien de los robos de los delincuentes y así no perder el valor monetario que estos representan, estos valores pueden ser reducidos si el usuario cuenta previamente con un plan de datos.

4.4.2 Beneficios Tecnológicos

El beneficio de implementar este sistema de monitoreo en la bicicleta es permitir a los ciclistas ubicar su bicicleta en tiempo real en caso de un robo. Mediante el uso del GPS se podrá ubicar la bicicleta con un rango de error menor a 2.5 metros.

En la era tecnología en la que vivimos las aplicaciones móviles son parte de la vida cotidiana y son orientadas a un propósito en particular. Por ello el contar con una aplicación

móvil para el rastreo de la bicicleta será de vital importancia ya que por medio de ella se podrá seguir paso a paso la trayectoria de la bicicleta hasta poder recuperarla. Además contará con un historial de ubicaciones en la cual se puede observar los últimos lugares por donde ha movilizad la bicicleta.

Este sistema al ser compatible con todas las operadoras del país, tiene una gran variedad de posibilidades para elegir quien le proveerá del servicio móvil Avanzado, pero para ello se deberá tomar en cuenta principalmente la cobertura móvil que proporcionará un servicio constante al sistema.

4.4.3 Beneficio Social

El principal beneficio que se desea generar al implementar el sistema de monitoreo en las bicicletas es la recuperación de las mismas después de un robo, reduciendo así el número de bicicletas no recuperadas como mencionaba el representante de la agrupación ciclística KRK Taviro Tapia en la entrevista realizada en la sección 3.4.1.

Además, al optar por este sistema los usuarios de las bicicletas podrán contar con un sentimiento de seguridad al momento de transitar por las calles o las diferentes rutas, reduciendo el estrés y mejorando su salud mental y como resultado también su salud física.

Esto llevará a que más personas opten por usar sus bicicletas para realizar sus actividades cotidianas, ayudando a la disminución del tráfico vehicular y reduciendo la contaminación ambiental, sin contar el beneficio económico que resulta al no consumir un vehículo a combustible.

Finalmente, se podrá contribuir a las autoridades policiales ayudando a que su trabajo sea más eficiente a la hora de recuperar la bicicleta, pues al no contar con la ubicación exacta de este vehículo no motorizado la búsqueda se realiza por todo el sector donde se cometió el robo, mientras que con el sistema de seguridad se podrá conocer el lugar exacto de la bicicleta reduciendo el tiempo de recuperación.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La investigación en diferentes fuentes permitió realizar una investigación exhaustiva sobre el uso de la bicicleta y los problemas que conlleva la falta de seguridad en las mismas, esto permitió adquirir el conocimiento necesario para el desarrollo del proyecto.
- Mediante un estudio comparativo de los componentes que integran el sistema de monitoreo remoto, como son los microcontroladores, módulos de comunicación y fuente de alimentación, se pudo elegir los que contaban con las mejores características y que cumplan con los objetivos del proyecto.
- La aplicación móvil se ha diseñado de manera que cualquier persona pueda usarlo sin ningún problema y esté disponible para la mayor cantidad de usuarios, haciendo de ello una experiencia agradable.
- El empleo del servicio móvil avanzado permite tener comunicación del dispositivo electrónico y la aplicación móvil con un valor accesible a los usuarios, permitiendo al propietario su accionar eficaz y oportuno al momento de recuperar su medio de transporte.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para la realización de la aplicación en Android Studio se debe tomar en cuenta que la versión sea compatible y que sus memorias sean lo suficiente para que la aplicación pueda correr, deberá contar con una memoria interna de 512 Mb y una memoria RAM de 250 MB.
- Se recomienda usar tecnologías existentes en nuestro país pues facilitara la construcción del prototipo y será de mejor utilidad y fácil acceso para los usuarios.
- Se recomienda el uso de módulos muy compactos pues esto reducirá el espacio en la PCB haciéndolo más pequeño y fácil de ocultarlo a la vista de personas ajenas.
- En la implementación del prototipo realizar la conexión de forma correcta pues si no se lo hace se podrá causar cortocircuitos y dañar los elementos, además evitar cables pelados o dejar cables sueltos que no realizan ninguna función.
- En base a este prototipo en el futuro se podría ir mejorando, según vaya avanzando la tecnología se podría hacer más pequeño el prototipo con más funcionalidades para evitar el hurto de la bicicleta.
- Se recomienda mantener siempre con saldo o activados los mensajes en el dispositivo ya que sin esto no podrá enviar los datos a la aplicación móvil.
- También se recomienda verificar el estado de la batería, pues si se encuentra descargada el prototipo no funcionaria.
- Usar los voltajes adecuados o no sobrepasar los rangos de funcionamiento como lo determina la hoja de datos de cada uno de los módulos, pues si se hace caso omiso de estos parámetros se podrían dañar.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de

https://www.google.com.ec/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjulrqy0-XSAhWLLSYKHYYxBnEQjRwIBw&url=http%3A%2F%2F13100650-lesg.mex.tl%2F2197195_Telefonia-celular.html&psig=AFQjCNGPlmrz8pzlJrKeB0Ea3zWO9lvIgg&ust=149011875452

(Marzo de 2016).

(2020). Obtenido de Claro: <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

ACTIVEXPERTS. (2017). Obtenido de <https://www.activexperts.com/sms-component/sms/intro/>

ALDO FRANCISCO ALVARADO BARCO, B. E. (2016). *ESPOL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97655/D-103369.pdf>

ALEX NLD. (2017). Obtenido de <https://alexnld.com/product/3pcs-4a-xl6009e1-adjustable-dc-dc-step-up-boost-converter-power-supply-module/>

Android. (2021). *Android*. Obtenido de https://www.android.com/intl/es_es/what-is-android/

Antero, O. T. (2013). *ADUINO Curso práctico de formación*. Mexico D.F: Alfaomega Grupo Editor.

Antoniony, B. (9 de Enero de 2020). *AMBIT BST*. Obtenido de <https://www.ambit-bst.com/blog/definici%C3%B3n-de-iaas-paas-y-saas-en-qu%C3%A9-se-diferencian>

Aparicio, M. L. (Agosto de 2018). Obtenido de

https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/34492/Proyecto_de_grado_Pedraza_Carvajal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Araujo Villarruel, B. A. SISTEMA DE MONITOREO PARA RAFTING. *Trabajo de Graduación*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de

https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30711/3/Tesis_t1672ec.pdf

Arcotel. (Mayo de 2018). *Arcotel*. Obtenido de https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Junio-2018_f.pdf

Arcotel. (Junio de 2021). *Gobierno del Encuentro*. Obtenido de

<https://www.arcotel.gob.ec/autorizacion-de-infraestructura-del-servicio-movil-avanzado/>

Arcotel. (2021). *Gobierno del Encuentro*. Recuperado el 1 de septiembre de 2021, de

https://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma_3/

Ardugeek. (s.f.). Obtenido de <https://ardugeek.files.wordpress.com/2014/09/tipos-arduino.pdf>

Arduino. (2017). Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

ARDUINO. (2017). Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc>

ARDUINO. (2017). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardLeonardo>

ARDUINO. (2017). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>

ARDUINO. (2017). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

Arduino. (2021). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/software>

Arduino. (2021). *Arduino Store*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

ARDUINO: TECHNOLOGY FOR ALL. (2015). Obtenido de

<http://arduinodhtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>

Arias, J. (28 de Octubre de 2020). Campaña Yo uso la bicicleta. (P. Grijalva, Entrevistador)

Artero, Ó. T. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación*. España: Alfaomega Grupo.

Asamblea Nacional. (9 de Junio de 2014). *ASAMBLEA NACIONAL*. Obtenido de Art. 3.- De la garantía de seguridad pública.- Es deber del Estado

Atkins, W. (2004). *The Smart Card Report*. Recuperado de:

<https://books.google.com.ec/books?id=fYUXAAAAQBAJ&pg=PA131&dq=sim+card&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiBjuS9kdTzAhWIRDABHS-tC2wQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=sim%20card&f=false>.

Azure. (2021). *Azure*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-saas/>

Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino*. Sebastopol: O'REILLY.

BBVA. (28 de Septiembre de 2018). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/que-es-el-hardware-libre/>

BELLO, J. L. (7 de Junio de 2021). *Fayerwayer*. Obtenido de

<https://www.fayerwayer.com/2021/06/dispositivo-moviles-con-sistema-operativos-android/>

Bibing. (2014). Obtenido de

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf>

- Castro, J. D., Anacona, T. C., & Veloza, S. M. (2017). Caracterización de los riesgos de movilidad en bicicleta en una institución de educación superior. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 47 - 62.
- Cevallos, A. (4 de Junio de 2020). *PUCE-SI*. Obtenido de <https://www.pucesi.edu.ec/webs/?p=13030>
- Chamba Salavarría, C. A. (2017). *Repositorio ESPOCH*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6367/3/98T00136.pdf>
- Chejín, S. R. (5 de Agosto de 2021). *GK*. Obtenido de <https://gk.city/2021/08/05/robos-primer-semester-2021/>
- Claro. (2021). *Claro*. Obtenido de https://www.catalogo.claro.com.ec/portabilidad/cambiate-a-claro/postpago/ahora?utm_source=google&utm_medium=search_ads&utm_campaign=Claro_FR_Search_Brand_Portabilidad_Lineas_Nuevas_Conv_AO2021&utm_term=textads&utm_content=generico&gclid=CjwKCAjwIYCHBhAQEi
- CNT. (20 de Abril de 2021). Obtenido de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-79.16996,-1.81029,7#>
- Cnt. (2021). *Cnt*. Obtenido de <https://planilla-cnt.com/planes-cnt/>
- Contreras, K. (17 de Febrero de 2021). *crehana*. Obtenido de <https://www.crehana.com/ec/blog/tech/modelo-en-cascada/>
- COSTECAM. (17 de Septiembre de 2020). *elements*. Recuperado el mayo de 2021, de <https://www.elementsgroup.com.ec/la-bicicleta-se-potencia-en-tiempos-de-pandemia/>

Datascience. (s.f.). *Gestión de proyectos de ciencia de datos*. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <https://www.datascience-pm.com/waterfall/>

Didácticos, R. (2 de Diciembre de 2019). *Robots Didácticos*. Obtenido de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/comparacion-entre-placas-arduino/>

Dominguez, H. A. Implementación de una aplicación móvil para la obtención de servicio seguro de taxis mediante la geolocalización. (*Trabajo de Grado*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Elcomercio.com. (Octubre de 2020). *El comercio*. Obtenido de El comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/ciclistas-alertan-aumento-robos-asaltos.html>

ELECTRONICS, A. (2017). *AZIMUT MARINE*. Obtenido de <http://www.azimutmarine.es/nautica/sistema-posicionamiento-gps>

ELECTRONILAB. (Noviembre de 2016). Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/modulo-celular-gsm-gprs-gps-sim-808/>

EPM. (11 de Junio de 2020). *EPM EMPRESA PUBLICA DE MOVILIDAD*. Obtenido de <https://www.movidelnor.gob.ec/umep/uniportal/index.php/component/k2/item/199-bicicleta-y-ciclovias-se-consolidan-en-medio-de-la-pandemia>

EPM. (Abril de 2020). *Informe para la Incorporación de ciclovías temporales y definitivas como respuesta rápida del sector transporte por emergencia del COVID-19*. Ibarra: Empresa Publica de Movilidad del Norte. Obtenido de

<https://www.movidelnor.gob.ec/umep/uniportal/images/MovilidadSostenible/InformeCiclovias.pdf>

Epm ciclovias. (7 de Agosto de 2020). *Epm Ciclovias*. Obtenido de

<https://epmciclovias.wixsite.com/misitio/post/red-de-ciclov%C3%ADas-en-ibarra>

Esaú, A. (10 de Noviembre de 2015). *OpenWebinars*. Obtenido de

<https://openwebinars.net/blog/5-herramientas-imprescindibles-para-desarrollar-apps-moviles/>

ESTADO, F. G. (Marzo de 2021). *FISCALIA GENERAL DEL ESTADO*. Recuperado el Mayo de 2021, de FISCALIA GENERAL DEL ESTADO:

<https://www.fiscalia.gob.ec/estadisticas-de-robos/>

Expreso. (3 de 12 de 2020). *Expreso*. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/robo-bicis-delito-alza-94154.html>

Fernández, J. R. (Junio de 2016). *Sistemas Celulares. Estándar GSM*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/308879041_Sistemas_Celulares_Estandar_GSM

FGE. (2021). *Fiscalía General del Estado*. Obtenido de <https://www.fiscalia.gob.ec/estadisticas-fge/>

Forero, T. (22 de Mayo de 2021). *Crehana*. Obtenido de

<https://www.crehana.com/mx/blog/web/android-vs-ios/>

- FunCostaRica. (21 de Agosto de 2016). *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/@funcostarica/robotkit-descargar-arduino-ide-y-librer%C3%ADa-22a005bfab5a>
- González, L. E. (2017). *Concepto Celular*. Obtenido de http://13100650-lesg.mex.tl/2197195_Telefonia-celular.html
- González, C. (20 de Noviembre de 2014). *ADSLZONE*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/2014/11/20/la-evolucion-de-las-redes-moviles-hasta-el-5g/>
- González, F. G., Castañeda, S. L., & Diego Fernando Loaiza Buitrago, M. (2019). Comparación de las metodologías cascada y ágil para el aumento. *Repositorio Universidad Santiago de Cali*, 11.
- GPS. (9 de Agosto de 2021). Obtenido de <https://www.gps.gov/systems/gps/control/>
- GPS.GOV. (2016). Obtenido de <http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- GUAJIRA, D. D. (Marzo de 2012). *MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CARTOGRAFÍA DEL TERRITORIO COLOMBIANO*. Obtenido de http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf
- Heras, M. A. (7 de Septiembre de 2017). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9244/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-72.pdf>
- Herrador, R. E. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. California: Creative Commons.
- HETPRO. (2017). Obtenido de <https://hetpro-store.com/regulador-de-voltaje-step-up-1m2577/>
- Hirzel, T. (2017). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>

Hora, L. (7 de Mayo de 2020). *La Hora*. Obtenido de

[https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-](https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones)

[#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones](https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones)

HSI MOBILE. (2016). Obtenido de <http://hsimobile.co/contacto/>

HTPRO. (2021). *HTPRO*. Obtenido de <https://htpro.vn/gsm-gprs-gps-3g/module-sim808.html>

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. (26 de Noviembre de 2020). *Organizacion Mundias de la Salud*. Recuperado el Mayo de 2021, de Organizacion Mundias de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

Huidobro Moya , J. M., & Conesa Pastor, R. (2006). *Sistemas de Telefonía*. España: Thomson Editors Spain Paraninfo, S.A.

Huidobro, J. (2014). *Comunicaciones móviles*. España: Recuperado

de:<https://books.google.com.ec/books?id=go2fDwAAQBAJ&pg=PA421&dq=arquitectura+gsm&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwid2Jua6tPzAhU8SzABHdHoBy8Q6AF6BAgFEAI#v=onepage&q&f=false>.

IEEE, A. d. (30 de Noviembre de 2018). *IEEE SA*. Obtenido de

<https://standards.ieee.org/standard/29148-2018.html>

- INEC. (s.f.). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 29 de Agosto de 2021, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- INSTRUMENTS, T. (Junio de 2013). *HETPRO*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/images/companies/1/DATSH/lm2577.pdf?1459782155711>
- IONOS, D. G. (11 de Marzo de 2019). *IONOS*. Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- ISO. (Noviembre de 2018). *ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/72089.html>
- Joanseguidor. (28 de Abril de 2020). Obtenido de <https://joanseguidor.com/bicicleta-coronavirus/>
- JORGE JUNIOR NAVARRO GARCIA, A. J. (12 de 2020). Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33548/1/2020_Sistema_localizacion_satelital.pdf
- LlactaLAB, & Biciacción, F. (2018). *LLACTALAB*. Obtenido de <https://llactalab.ucuenca.edu.ec/encuesta-nacional-del-perfil-del-ciclista/>
- Llerena, E., & Suárez, E. (2015). *Repositorio ESPE*. Obtenido de Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9975>
- Lopes, M. (12 de Marzo de 2020). *digitaltrends*. Obtenido de <https://es.digitaltrends.com/celular/apple-maps-y-google-maps/>
- LTD, A. T. (2016). *AliExpress*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/GSM-GPS-SIM808-Breakout-Board-SIM808-core-board-2-in-1-Quad-band-GSM-GPRS->

Module/32435607442.html?spm=a219c.10010108.1000014.2.58cf11e4YEHZ2f&traffic_analysisId=recommend_3035_1_83054_iswinstore&scm=1007.13338.83054.0&pvid=3

Marine, A. (2021). *Azimet*. Obtenido de <https://www.azimetmarine.es/sistema-posicionamiento-gps>

MARTÍNEZ, M. (14 de 04 de 2021). *Nobbot*. Obtenido de <https://www.nobbot.com/pantallas/sistema-operativo-movil/>

MEDIAVILLA, H. D. (30 de Enero de 2017). *REPOSITORIO UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6079>

Microsoft. (2021). *Microsoft*. Obtenido de <https://dotnet.microsoft.com/apps/xamarin>

Movertis. (7 de Agosto de 2020). *Movertis*. Obtenido de <https://www.movertis.com/blog/como-funciona-el-sistema-gps/>

Movistar. (2020). *Movistar*. Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/planes-movistar>

Movistar. (31 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>

Nicolas. (7 de Abril de 2015). *Reglas y Relojes*. Obtenido de <https://reglasyrelojes.wordpress.com/2015/04/07/relatividad-y-gps/>

Nunno, R. (2001). *Third Generation ("3G") Mobile Wireless*. Recuperado de: https://www.everycrsreport.com/files/20010117_RS20664_e12c32fb18f06748146631d71bc8569d8796f972.pdf.

OPS. (3 de Junio de 2020). *OPS*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/3-6-2020-bicicleta-movilizacion-segura-saludable-tiempos-covid-19-3-junio-dia-mundial>

Pisharody, M. (2015). *IT ENGG PORTAL*. Obtenido de <http://www.itportal.in/2012/11/cell-splitting-mobile-computing-be.html>

ProjectManager. (2021). *ProjectManager*. Obtenido de <https://www.projectmanager.com/waterfall-methodology>

Pública, M. d. (2021). *Ministerio de Salud Pública*. Recuperado el 17 de Mayo de 2021, de <https://www.salud.gob.ec/base-legal/#:~:text=Art.,que%20sustentan%20el%20buen%20vivir.>

Puckett, A. (1 de Marzo de 2021). *howchoo*. Obtenido de <https://howchoo.com/pi/raspberry-pi-pico-vs-raspberry-pi-zero>

Pupiales, A. (14 de Junio de 2021). Uso de la bicicleta. (L. Túquerrez, Entrevistador) Ibarra.

Rappaport, T. S. (1996). *Wireless Communications* . IEEE.

Raspberrypi. (2019). *Raspberrypi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/documentation/faqs/#introduction>

Riego, A. R. (Noviembre de 2017). *Codigo 21*. Obtenido de <http://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/primeros-pasos-con-app-inventor-2/>

ROMERO, J. F. (febrero de 2021). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10961/2/04%20MAUT%20132%20TRABAJOS%20GRADO.pdf>

Rouse, M. (Julio de 2017). *SearchMobileComputing*. Obtenido de

<http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Short-Message-Service>

Rouse, M. (Mayo de 2017). *TechTarget*. Obtenido de

<http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/GSM>

Salazar, C. C. (5 de Julio de 2015). *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*

No. 3. Obtenido de

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/1708/1706>

Semana. (18 de Mayo de 2021). *Semana*. Obtenido de [https://www.semana.com/las-ventajas-](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[ofrece-](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[android/118796/#:~:text=4\)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Goog](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[le%20Maps%20y%20YouTube.](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

Sensagent. (2016). Obtenido de

<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Bandas%20de%20frecuencia%20GSM/es-es/>

Servitel XXI. (2017). Obtenido de [http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-](http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/)

[red-movil-infografia/](http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/)

Shenzhen and Technologies Co., L. (Octubre de 2017). *Alibaba*. Obtenido de

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html)

[board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html)

SIMCOM.EE. (2017). Obtenido de SIMCOM.EE: [http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-](http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/)

[gnss/sim808/](http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/)

Stackscale. (4 de Agosto de 2021). *Stackscale*. Obtenido de

<https://www.stackscale.com/es/blog/modelos-de-servicio-cloud/>

TECHNOLOGY, I. (2017). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM)

[bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM)

Telégrafo, E. (22 de Septiembre de 2021). *El Telégrafo*.

Times, T. E. (2020). *The Economic Times*. Obtenido de

<https://economictimes.indiatimes.com/definition/waterfall-model>

TME. (2021). *TME*. Obtenido de [https://www.tme.eu/es/details/accu-](https://www.tme.eu/es/details/accu-18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/)

[18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/](https://www.tme.eu/es/details/accu-18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/)

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico: PEARSON

EDUCACIÓN.

Tuenti. (2021). Obtenido de [https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-](https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

[tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-](https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

[E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

Tuenti. (s.f.). *Tuenti*. Obtenido de <https://www.tuenti.ec/compra-combos-tuenti>

UA, M. M. (2019). *Master Moviles UA*. Obtenido de

[https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/sistemas-de-telefonía-y-comunicaciones-](https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/sistemas-de-telefonía-y-comunicaciones-moviles)

[moviles](https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/sistemas-de-telefonía-y-comunicaciones-moviles)

ÚLTIMAS, L. (4 de Octubre de 2017). *LAS ÚLTIMAS*. Obtenido de

<https://www.ultimasnoticias.ec/las-ultimas/primer-encuesta-nacional-perfil-ciclista.html>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (Julio de 2017). Obtenido de

<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n4/p1.html>

Universidad Internacional de Valencia. (12 de Octubre de 2016). Obtenido de

<https://www.universidadviu.es/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>

Universo, E. (abril de 2020). *El Universo*. Obtenido de

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/29/nota/7826991/ecuador-ciclismo-opcion-movilzarse-emergencia-covid-19/>

Valencia, U. I. (21 de 3 de 2018). *viu*. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/evolucion-de-la-red-de-comunicacion-movil-del-1g-al-5g>

Valladares, C. S. (2019). *Repositorio Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10243/2/02%20TUR%20151%20TRA-BAJO%20GRADO.pdf>

Villacís Rivera, M. B. (Marzo de 2018). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9097>

WordPress. (18 de Diciembre de 2016). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/entradas-y-salidas-arduino-2/>

XXI, S. (2017). *SERVITEL XXI*. Obtenido de <http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una->

[llamada-por-la-red-movil-infografia/](http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/)

Yeeply. (2021). *Yeeply*. Obtenido de <https://www.yeeply.com/blog/entornos-programacion-desarrollar-apps-android/>

(s.f.). Obtenido de

https://www.google.com.ec/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjulrqy0-XSAhWLLSYKHYyxBnEQjRwIBw&url=http%3A%2F%2F13100650-lesg.mex.tl%2F2197195_Telefonia-celular.html&psig=AFQjCNGPlmrz8pzlJrKeB0Ea3zWO9lvIgg&ust=149011875452

(Marzo de 2016).

(2020). Obtenido de Claro: <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

ACTIVEXPERTS. (2017). Obtenido de <https://www.activexperts.com/sms-component/sms/intro/>

ALDO FRANCISCO ALVARADO BARCO, B. E. (2016). *ESPOL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97655/D-103369.pdf>

ALEX NLD. (2017). Obtenido de <https://alexnld.com/product/3pcs-4a-xl6009e1-adjustable-dc-dc-step-up-boost-converter-power-supply-module/>

Android. (2021). *Android*. Obtenido de https://www.android.com/intl/es_es/what-is-android/

Antero, O. T. (2013). *ADUINO Curso práctico de formación*. Mexico D.F: Alfaomega Grupo Editor.

- Antony, B. (9 de Enero de 2020). *AMBIT BST*. Obtenido de <https://www.ambit-bst.com/blog/definici%C3%B3n-de-iaas-paas-y-saas-en-qu%C3%A9-se-diferencian>
- Aparicio, M. L. (Agosto de 2018). Obtenido de https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/34492/Proyecto_de_grado_Pedraza_Carvajal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araujo Villarruel, B. A. SISTEMA DE MONITOREO PARA RAFTING. *Trabajo de Graduación*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30711/3/Tesis_t1672ec.pdf
- Arcotel. (Mayo de 2018). *Arcotel*. Obtenido de https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Junio-2018_f.pdf
- Arcotel. (Junio de 2021). *Gobierno del Encuentro*. Obtenido de <https://www.arcotel.gob.ec/autorizacion-de-infraestructura-del-servicio-movil-avanzado/>
- Arcotel. (2021). *Gobierno del Encuentro*. Recuperado el 1 de septiembre de 2021, de https://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma_3/
- Ardugeek*. (s.f.). Obtenido de <https://ardugeek.files.wordpress.com/2014/09/tipos-arduino.pdf>
- Arduino*. (2017). Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- ARDUINO*. (2017). Obtenido de *ARDUINO*: <https://www.arduino.cc>
- ARDUINO*. (2017). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardLeonardo>
- ARDUINO*. (2017). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>
- ARDUINO*. (2017). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

Arduino. (2021). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/software>

Arduino. (2021). *Arduino Store*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

ARDUINO:TECHNOLOGY FOR ALL. (2015). Obtenido de

<http://arduinodhtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>

Arias, J. (28 de Octubre de 2020). Campaña Yo uso la bicicleta. (P. Grijalva, Entrevistador)

Artero, Ó. T. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación*. España: Alfaomega Grupo.

Asamblea Nacional. (9 de Junio de 2014). *ASAMBLEA NACIONAL*. Obtenido de Art. 3.- De la garantía de seguridad pública.- Es deber del Estado

Atkins, W. (2004). *The Smart Card Report*. Recuperado de:

<https://books.google.com.ec/books?id=fYUXAAAAQBAJ&pg=PA131&dq=sim+card&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiBjuS9kdTzAhWIRDABHS-tC2wQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=sim%20card&f=false>.

Azure. (2021). *Azure*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-saas/>

Banzi, M. (2011). *Getting Started with Arduino*. Sebastopol: O'REILLY.

BBVA. (28 de Septiembre de 2018). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/que-es-el-hardware-libre/>

BELLO, J. L. (7 de Junio de 2021). *Fayerwayer*. Obtenido de

<https://www.fayerwayer.com/2021/06/dispositivo-moviles-con-sistema-operativos-android/>

Bibing. (2014). Obtenido de

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf>

Castro, J. D., Anacona, T. C., & Veloza, S. M. (2017). Caracterización de los riesgos de movilidad en bicicleta en una institución de educación superior. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 47 - 62.

Cevallos, A. (4 de Junio de 2020). *PUCE-SI*. Obtenido de

<https://www.pucesi.edu.ec/webs/?p=13030>

Chamba Salavarría, C. A. (2017). *Repositorio ESPOCH*. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6367/3/98T00136.pdf>

Chejín, S. R. (5 de Agosto de 2021). *GK*. Obtenido de <https://gk.city/2021/08/05/robos-primer-semester-2021/>

Claro. (2021). *Claro*. Obtenido de https://www.catalogo.claro.com.ec/portabilidad/cambiate-a-claro/postpago/ahora?utm_source=google&utm_medium=search_ads&utm_campaign=Claro_FR_Search_Brand_Portabilidad_Lineas_Nuevas_Conv_AO2021&utm_term=textads&utm_content=generico&gclid=CjwKCAjwIYCHBhAQEi

CNT. (20 de Abril de 2021). Obtenido de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-79.16996,-1.81029,7#>

Cnt. (2021). *Cnt*. Obtenido de <https://planilla-cnt.com/planes-cnt/>

Contreras, K. (17 de Febrero de 2021). *crehana*. Obtenido de

<https://www.crehana.com/ec/blog/tech/modelo-en-cascada/>

- COSTECAM. (17 de Septiembre de 2020). *elements*. Recuperado el mayo de 2021, de <https://www.elementsgroup.com.ec/la-bicicleta-se-potencia-en-tiempos-de-pandemia/>
- Datascience. (s.f.). *Gestión de proyectos de ciencia de datos*. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <https://www.datascience-pm.com/waterfall/>
- Didácticos, R. (2 de Diciembre de 2019). *Robots Didácticos*. Obtenido de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/comparacion-entre-placas-arduino/>
- Dominguez, H. A. Implementación de una aplicación móvil para la obtención de servicio seguro de taxis mediante la geolocalización. (*Trabajo de Grado*). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Elcomercio.com. (Octubre de 2020). *El comercio*. Obtenido de El comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/ciclistas-alertan-aumento-robos-asaltos.html>
- ELECTRONICS, A. (2017). *AZIMUT MARINE*. Obtenido de <http://www.azimutmarine.es/nautica/sistema-posicionamiento-gps>
- ELECTRONILAB*. (Noviembre de 2016). Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/modulo-celular-gsm-gprs-gps-sim-808/>
- EPM. (11 de Junio de 2020). *EPM EMPRESA PUBLICA DE MOVILIDAD*. Obtenido de <https://www.movidelnor.gob.ec/umep/uniportal/index.php/component/k2/item/199-bicicleta-y-ciclovi-as-se-consolidan-en-medio-de-la-pandemia>
- EPM. (Abril de 2020). *Informe para la Incorporación de ciclovías temporales y definitivas como respuesta rápida del sector transporte por emergencia del COVID-19*. Ibarra: Empresa

Publica de Movilidad del Norte. Obtenido de

<https://www.movidelnor.gob.ec/umep/uniportal/images/MovilidadSostenible/InformeCiclovias.pdf>

Epm ciclovias. (7 de Agosto de 2020). *Epm Ciclovias*. Obtenido de

<https://epmciclovias.wixsite.com/misitio/post/red-de-ciclov%C3%ADas-en-ibarra>

Esaú, A. (10 de Noviembre de 2015). *OpenWebinars*. Obtenido de

<https://openwebinars.net/blog/5-herramientas-imprescindibles-para-desarrollar-apps-moviles/>

ESTADO, F. G. (Marzo de 2021). *FISCALIA GENERAL DEL ESTADO*. Recuperado el Mayo de 2021, de FISCALIA GENERAL DEL ESTADO:

<https://www.fiscalia.gob.ec/estadisticas-de-robos/>

Expreso. (3 de 12 de 2020). *Expreso*. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/robo-bicis-delito-alza-94154.html>

Fernández, J. R. (Junio de 2016). *Sistemas Celulares. Estándar GSM*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/308879041_Sistemas_Celulares_Estandar_GSM

FGE. (2021). *Fiscalía General del Estado*. Obtenido de <https://www.fiscalia.gob.ec/estadisticas-fge/>

Forero, T. (22 de Mayo de 2021). *Crehana*. Obtenido de

<https://www.crehana.com/mx/blog/web/android-vs-ios/>

- FunCostaRica. (21 de Agosto de 2016). *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/@funcostarica/robotkit-descargar-arduino-ide-y-librer%C3%ADa-22a005bfab5a>
- González, L. E. (2017). *Concepto Celular*. Obtenido de http://13100650-lesg.mex.tl/2197195_Telefonia-celular.html
- González, C. (20 de Noviembre de 2014). *ADSLZONE*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/2014/11/20/la-evolucion-de-las-redes-moviles-hasta-el-5g/>
- González, F. G., Castañeda, S. L., & Diego Fernando Loaiza Buitrago, M. (2019). Comparación de las metodologías cascada y ágil para el aumento. *Repositorio Universidad Santiago de Cali*, 11.
- GPS. (9 de Agosto de 2021). Obtenido de <https://www.gps.gov/systems/gps/control/>
- GPS.GOV. (2016). Obtenido de <http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- GUAJIRA, D. D. (Marzo de 2012). *MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CARTOGRAFÍA DEL TERRITORIO COLOMBIANO*. Obtenido de http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/GGSR/libro_gps.pdf
- Heras, M. A. (7 de Septiembre de 2017). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9244/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-72.pdf>
- Herrador, R. E. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. California: Creative Commons.
- HETPRO. (2017). Obtenido de <https://hetpro-store.com/regulador-de-voltaje-step-up-1m2577/>
- Hirzel, T. (2017). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>

Hora, L. (7 de Mayo de 2020). *La Hora*. Obtenido de

[https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-](https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones)

[#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones](https://lahora.com.ec/noticia/1102317966/ibarra-implementa-14-kilometros-de-vias-alternativas-para-bicicletas-#:~:text=La%20Empresa%20P%C3%BAblica%20de%20Movilidad,individual%2C%20cuple%20con%20las%20disposiciones)

HSI MOBILE. (2016). Obtenido de <http://hsimobile.co/contacto/>

HTPRO. (2021). *HTPRO*. Obtenido de <https://htpro.vn/gsm-gprs-gps-3g/module-sim808.html>

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. (26 de Noviembre de 2020). *Organizacion Mundias de la Salud*. Recuperado el Mayo de 2021, de Organizacion Mundias de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

Huidobro Moya , J. M., & Conesa Pastor, R. (2006). *Sistemas de Telefonía*. España: Thomson Editors Spain Paraninfo, S.A.

Huidobro, J. (2014). *Comunicaciones móviles*. España: Recuperado

de:<https://books.google.com.ec/books?id=go2fDwAAQBAJ&pg=PA421&dq=arquitectura+gsm&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwid2Jua6tPzAhU8SzABHdHoBy8Q6AF6BAgFEAI#v=onepage&q&f=false>.

IEEE, A. d. (30 de Noviembre de 2018). *IEEE SA*. Obtenido de

<https://standards.ieee.org/standard/29148-2018.html>

- INEC. (s.f.). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 29 de Agosto de 2021, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- INSTRUMENTS, T. (Junio de 2013). *HETPRO*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/images/companies/1/DATSH/lm2577.pdf?1459782155711>
- IONOS, D. G. (11 de Marzo de 2019). *IONOS*. Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- ISO. (Noviembre de 2018). *ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/72089.html>
- Joanseguidor. (28 de Abril de 2020). Obtenido de <https://joanseguidor.com/bicicleta-coronavirus/>
- JORGE JUNIOR NAVARRO GARCIA, A. J. (12 de 2020). Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33548/1/2020_Sistema_localizacion_satelital.pdf
- LlactaLAB, & Biciacción, F. (2018). *LLACTALAB*. Obtenido de <https://llactalab.ucuenca.edu.ec/encuesta-nacional-del-perfil-del-ciclista/>
- Llerena, E., & Suárez, E. (2015). *Repositorio ESPE*. Obtenido de Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9975>
- Lopes, M. (12 de Marzo de 2020). *digitaltrends*. Obtenido de <https://es.digitaltrends.com/celular/apple-maps-y-google-maps/>
- LTD, A. T. (2016). *AliExpress*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/GSM-GPS-SIM808-Breakout-Board-SIM808-core-board-2-in-1-Quad-band-GSM-GPRS->

Module/32435607442.html?spm=a219c.10010108.1000014.2.58cf11e4YEHZ2f&traffic_analysisId=recommend_3035_1_83054_iswinstore&scm=1007.13338.83054.0&pvid=3

Marine, A. (2021). *Azimet*. Obtenido de <https://www.azimetmarine.es/sistema-posicionamiento-gps>

MARTÍNEZ, M. (14 de 04 de 2021). *Nobbot*. Obtenido de <https://www.nobbot.com/pantallas/sistema-operativo-movil/>

MEDIAVILLA, H. D. (30 de Enero de 2017). *REPOSITORIO UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6079>

Microsoft. (2021). *Microsoft*. Obtenido de <https://dotnet.microsoft.com/apps/xamarin>

Movertis. (7 de Agosto de 2020). *Movertis*. Obtenido de <https://www.movertis.com/blog/como-funciona-el-sistema-gps/>

Movistar. (2020). *Movistar*. Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/planes-movistar>

Movistar. (31 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>

Nicolas. (7 de Abril de 2015). *Reglas y Relojes*. Obtenido de <https://reglasyrelojes.wordpress.com/2015/04/07/relatividad-y-gps/>

Nunno, R. (2001). *Third Generation ("3G") Mobile Wireless*. Recuperado de: https://www.everycrsreport.com/files/20010117_RS20664_e12c32fb18f06748146631d71bc8569d8796f972.pdf.

OPS. (3 de Junio de 2020). *OPS*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/3-6-2020-bicicleta-movilizacion-segura-saludable-tiempos-covid-19-3-junio-dia-mundial>

Pisharody, M. (2015). *IT ENGG PORTAL*. Obtenido de <http://www.itportal.in/2012/11/cell-splitting-mobile-computing-be.html>

ProjectManager. (2021). *ProjectManager*. Obtenido de <https://www.projectmanager.com/waterfall-methodology>

Pública, M. d. (2021). *Ministerio de Salud Pública*. Recuperado el 17 de Mayo de 2021, de <https://www.salud.gob.ec/base-legal/#::~:~:text=Art.,que%20sustentan%20el%20buen%20vivir.>

Puckett, A. (1 de Marzo de 2021). *howchoo*. Obtenido de <https://howchoo.com/pi/raspberry-pi-pico-vs-raspberry-pi-zero>

Pupiales, A. (14 de Junio de 2021). Uso de la bicicleta. (L. Túquerrez, Entrevistador) Ibarra.

Rappaport, T. S. (1996). *Wireless Communications* . IEEE.

Raspberrypi. (2019). *Raspberrypi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/documentation/faqs/#introduction>

Riego, A. R. (Noviembre de 2017). *Codigo 21*. Obtenido de <http://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/primeros-pasos-con-app-inventor-2/>

ROMERO, J. F. (febrero de 2021). *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10961/2/04%20MAUT%20132%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Rouse, M. (Julio de 2017). *SearchMobileComputing*. Obtenido de

<http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Short-Message-Service>

Rouse, M. (Mayo de 2017). *TechTarget*. Obtenido de

<http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/GSM>

Salazar, C. C. (5 de Julio de 2015). *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*

No. 3. Obtenido de

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/1708/1706>

Semana. (18 de Mayo de 2021). *Semana*. Obtenido de [https://www.semana.com/las-ventajas-](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[ofrece-](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[android/118796/#:~:text=4\)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Goog](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube)

[le%20Maps%20y%20YouTube](https://www.semana.com/las-ventajas-ofrece-android/118796/#:~:text=4)%20Es%20un%20sistema%20operativo,Gtalk%2C%20Google%20Maps%20y%20YouTube).

Sensagent. (2016). Obtenido de

<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Bandas%20de%20frecuencia%20GSM/es-es/>

Servitel XXI. (2017). Obtenido de [http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-](http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/)

[red-movil-infografia/](http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/)

Shenzhen and Technologies Co., L. (Octubre de 2017). *Alibaba*. Obtenido de

[https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html)

[board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html](https://spanish.alibaba.com/product-detail/gsm-gps-sim808-breakout-board-sim808-core-board-2-in-1-quad-band-gsm-gprs-module-integrated-gps-module-60309613567.html)

SIMCOM.EE. (2017). Obtenido de SIMCOM.EE: [http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-](http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/)

[gnss/sim808/](http://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim808/)

Stackscale. (4 de Agosto de 2021). *Stackscale*. Obtenido de

<https://www.stackscale.com/es/blog/modelos-de-servicio-cloud/>

TECHNOLOGY, I. (2017). Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM)

[bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-413934501-bateria-samsung-galaxy-s3-i9300-2100-mah-_JM)

Telégrafo, E. (22 de Septiembre de 2021). *El Telégrafo*.

Times, T. E. (2020). *The Economic Times*. Obtenido de

<https://economictimes.indiatimes.com/definition/waterfall-model>

TME. (2021). *TME*. Obtenido de [https://www.tme.eu/es/details/accu-](https://www.tme.eu/es/details/accu-18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/)

[18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/](https://www.tme.eu/es/details/accu-18650_sy/baterias/sanyo/ur18650a/)

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico: PEARSON

EDUCACIÓN.

Tuenti. (2021). Obtenido de [https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-](https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

[tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti?gclid=CjwKCAjwmK6IBhBqEiwAocMc8oaoSpaejGzSlGt9xoUpfR1YwHqH-E7P9Dcl_E7zgFn49hjHduUhAxoCE44QAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

Tuenti. (s.f.). *Tuenti*. Obtenido de <https://www.tuenti.ec/compra-combos-tuenti>

UA, M. M. (2019). *Master Moviles UA*. Obtenido de

<https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/sistemas-de-telefonía-y-comunicaciones-moviles>

ÚLTIMAS, L. (4 de Octubre de 2017). *LAS ÚLTIMAS*. Obtenido de

<https://www.ultimasnoticias.ec/las-ultimas/primer-encuesta-nacional-perfil-ciclista.html>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (Julio de 2017). Obtenido de

<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n4/p1.html>

Universidad Internacional de Valencia. (12 de Octubre de 2016). Obtenido de

<https://www.universidadviu.es/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>

Universo, E. (abril de 2020). *El Universo*. Obtenido de

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/29/nota/7826991/ecuador-ciclismo-opcion-movilzarse-emergencia-covid-19/>

Valencia, U. I. (21 de 3 de 2018). *viu*. Obtenido de

<https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/evolucion-de-la-red-de-comunicacion-movil-del-1g-al-5g>

Valladares, C. S. (2019). *Repositorio Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10243/2/02%20TUR%20151%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>

Villacís Rivera, M. B. (Marzo de 2018). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9097>

WordPress. (18 de Diciembre de 2016). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/entradas-y-salidas-arduino-2/>

XXI, S. (2017). *SERVITEL XXI*. Obtenido de <http://www.servitelxxi.com/blog/viaje-de-una-llamada-por-la-red-movil-infografia/>

Yeeply. (2021). *Yeeply*. Obtenido de <https://www.yeeply.com/blog/entornos-programacion-desarrollar-apps-android/>



ANEXO 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

La presente entrevista está dirigida a las personas de la ciudad de Ibarra que han optado por la bicicleta para recreación, deporte o como medio de transporte con la finalidad de obtener información útil e importante para el desarrollo del proyecto.

Datos Generales:

Nombres y Apellidos:.....

Cargo que ejercen:

ENTREVISTA

1. ¿Desde hace que tiempo usa la bicicleta?
2. ¿Para qué tipo de actividades la usa?
3. ¿Cuáles son las vías que más transitan?
4. ¿Usan las ciclovías?

SI ()

NO ()
5. ¿Cuál es el tiempo de una trayectoria que habitualmente realizan?
6. ¿Ha sido víctima de robo de bicicleta?

SI ()

NO ()

7. ¿Le gustaría contar con un sistema de seguridad para su bicicleta con la cual pueda monitorearla en caso de que se la roben y poder recuperarla?

Si ()

NO ()

¿Porque?

8. ¿Según su criterio qué requerimientos debería cumplir este sistema de seguridad?
9. ¿Cuánto tiempo piensa Ud. que debería durar la batería del dispositivo electrónico que se instale en la bicicleta?
10. ¿Dónde piensa Ud. que sería el mejor lugar para instalar el dispositivo en su bicicleta?

ANEXO 2

ENTREVISTAS

En la Figura 108 se muestra la entrevista realizada al Ciclista Carlos Revelo propietario del club de ciclismo Sport Bike.



Figura 108: Entrevista al ciclista Carlos Revelo

Fuente: Autoría

En la Figura109, se muestra la entrevista realizada al grupo de ciclismo KRK quienes se han formado hace 8 años atrás para realizar este deporte.



Figura 109: Entrevista al Club de Ciclismo KRK

Fuente: Autoría

En la Figura 110, se muestra la entrevista realizada a la Secretaria de “Compassion International” quien usa su bicicleta diariamente para transportarse a su trabajo.



Figura 110: Entrevista a la Señora Verónica Cepeda, trabajadora de Compassion Internacional

Fuente: Autoría

ANEXO 3

MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN MÓVIL TRAKER BIKE

Se ingresa a la aplicación Traker Bike haciendo clic en el icono como se muestra en la Figura 111.

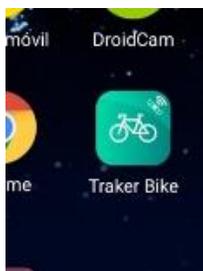


Figura 111: Icono de la aplicación móvil instalada en el celular

Fuente: Autoría

En la aplicación esta la interfaz de inicio de sesión en la cual nos permite ingresar o registrar como se muestra en la Figura 112, donde si es primera vez se debe de registrar

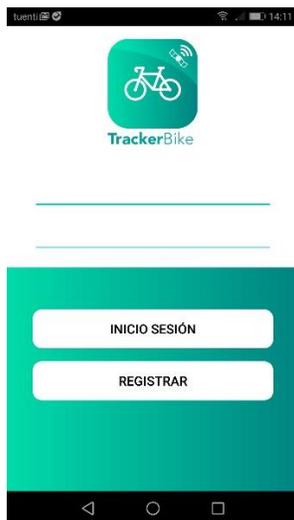


Figura 112: Interfaz de inicio de sesión de la app

Fuente: Autoría

Para registrarse se tendrá que colocar un correo electrónico y una contraseña para luego regresar a la página principal donde se iniciará la sesión como se ve en la Figura 113.

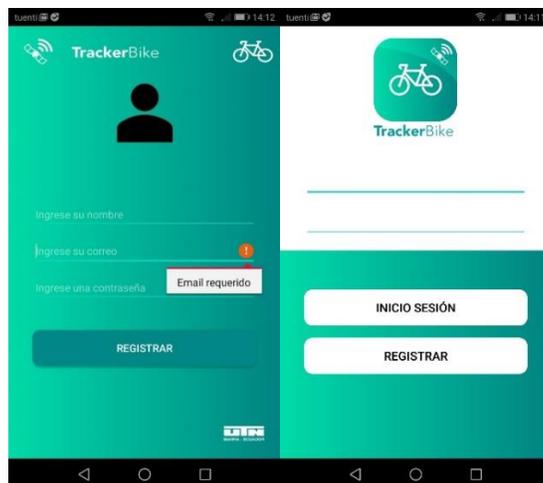


Figura 113: Interfaz de Registro de un nuevo usuario

Fuente: Autoría

Al iniciar la sesión se tendrá la pantalla en la cual se puede ver el menú de la aplicación como se ve en la Figura 114, el cual contiene el contacto, Traker, Historial e Información sobre la aplicación.

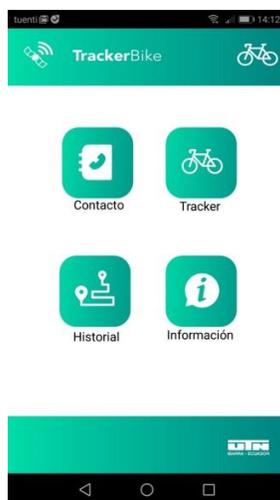


Figura 114: Menú de la app

Fuente: Autoría

Haciendo clic en el icono de contacto se va a la pantalla donde se coloca el número del dispositivo electrónico como se observa en la Figura 115.

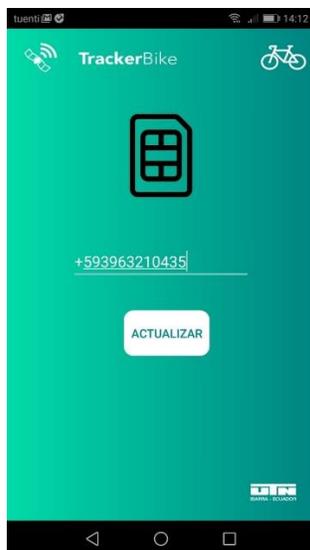


Figura 115: Interfaz para el ingreso del número del chip del dispositivo electrónico

Fuente: Autoría

En el icono Traker es donde se va a realizar el rastreo de la bicicleta mediante el encendido del sistema de monitoreo como se ve en la Figura 116.



Figura 116: Interfaz del icono de rastreo

Fuente: Autoría

En el icono Historial, se guardan las coordenadas de las ultimas ubicaciones de la bicicleta como se ve en la Figura 117



Figura 117: Interfaz de las coordenadas de las ubicaciones de la bicicleta.

Fuente: Autoría

En el icono de Información se encontrara las indicaciones para el uso de la aplicación como se muestra en la Figura 118.

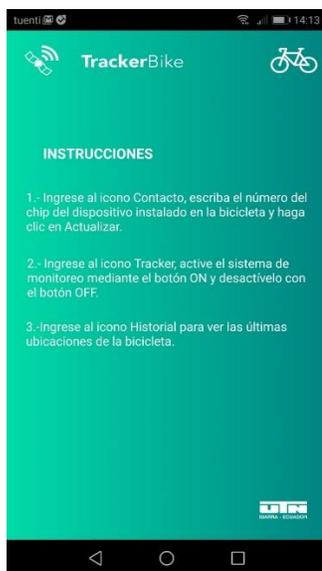


Figura 118: Interfaz icono de Información para el uso de la app

Fuente: Autoría

ANEXO 4

CÓDIGO REALIZADO EN ARDUINO

```
//
//
#include <SoftwareSerial.h>

//
//
SoftwareSerial sim_808(7, 8); // RX, TX inicia el puerto software serial con la variable
"sim_808".

char numero_cell[20]; //Variable para guardar número teléfono.
static char buffer[80]; // Buffer para recepcion caracteres del puerto software serial.

int cont1=0;
int cont2=0; //CONTADORES.
int cont3=0;
int cont4=0;

String baudios = "AT+IPR=9600"; //Codigo AT para configurar baudios módulo SIM808
String modo_texto = "AT+CMGF=1"; //Codigo AT para configurar modo texto
String recibir_SMS = "AT+CMGR=?"; //Codigo AT para recibir mensajes de texto
String config_SMS = "AT+CNMI=2,2,0,0"; //Codigo AT para leer mensajes de texto
String prender_GPS = "AT+CGNSPWR=1"; //Codigo AT para prender GPS
String numero_SMS = "AT+CMGS="; //Codigo AT para enviar mensaje de texto a numero
predeterminado
String info_GPS = "AT+CGNSINF"; //Codigo AT para solicitar informacion GPS
String info_bateria = "AT+CBC"; //Codigo AT para solicitar informacion de nivel de
bateria

char comillas = 34; //Codigo ASCII para las comillas dobles (")
char fin_mensaje = 26; //Codigo ASCII para indicar al módulo el fin de un mensaje de
texto

bool alarmaEncendida = false; //Variable encendido alarma.
bool alertaEncendida = false; // Variable encendido alerta (en caso de robo).

float lati,longi=0; //Variables numericas coordenadas .
float latiPrev,longiPrev=0; //Variables para comparar cambio en coordenadas.

String latitud, longitud, bateria; //Variables de texto para enviar por SMS.
```

```

float var = 0.00004;          //Variable para calibrar variacion en las coordenadas que active la
alerta. (10 metros = 0.00002 aproximadamente)
int tempo = 300;             //Variable para calibrar le tiempo entre mensajes cuando la alerta esta
encendida en segundos x 10 (Ejemplo: tempo = 100 >> 12 segundos)

//_____//
//Revisa los caracteres que llegan desde el puerto serial, los guarda en una frase y devuelve
cuando hay un enter (\r).
int leer_caracteres(int readch, char *buffer, int len)
{
  static int pos = 0;        //indice de posicion.
  int rpos;

  if (readch > 0) {
    switch (readch) {
      case '\n':             // Ignora cambio de línea.
        break;
      case '\r':             // Devuelve la variable al recibir un enter.
        rpos = pos;
        pos = 0;             // Reinicia índice de posición para la siguiente frase.

        return rpos;
      default:
        if (pos < len-1) {
          buffer[pos++] = readch; // Permite que no se exceda del tamaño de caracteres establecido
(en 80 caracteres)
          buffer[pos] = 0;
        }
    }
  }
  // No se encuentra un fin de linea, por lo tanto devuelve -1.
  return -1;
}

//_____//
void setup()
{
  delay(5000);              //retardo de 5 segundos
  limpiar_buffer();         //limpia los comandos venidos desde el modulo (call ready y sim
ready)
  delay(5000);
  Serial.begin(9600);       //inicia el puerto Serie (computadora-arduino).
  sim_808.begin(9600);     //inicia el puerto software serial (arduino - sim_808).
}

```

```

delay(2000);

configuracion_inicial();    //Llama al metodo de configuracion de parametros iniciales.

delay(1000);
}
// _____
// _____//
void loop()
{

if (alarmaEncendida == false)                // el caso en que el sistema se encuentra
apagado
{
  Serial.println("Sistema Apagado. En espera de mensaje de activacion... ");

  while(alarmaEncendida == false)
  {
    leer_mensaje();    // espera recibir SMS para encender
  }

}

else
{
  Serial.println("Sistema Encendido. En espera de mensaje o cambio de ubicacion... ");

  while(alarmaEncendida == true && alertaEncendida == false) // el caso en que el sistema se
encuentra encendido pero sin alerta de robo
  {
    leer_mensaje();    // recibe nuevos SMS
    leer_gps();        // manda los comandos de informacion de GPS y nivel de Bateria
    comparar_gps();    // compara si hubo cambios en la posicion de coordenadas para asi
encender la alerta de robo
  }

  while(alarmaEncendida == true && alertaEncendida == true) // el caso en que el sistema se
encuentra encendido y con alerta de robo
  {
    leer_mensaje();    // recibe nuevos SMS
    leer_gps();        // renueva informacion de GPS y nivel de Bateria

    actualizar_ubicacion(); // envia mensajes con informacion de coordenadas GPS y nivel de
bateria periodicamente

```

```

    }
}
}
//_____//
void configuracion_inicial()
{
    sim_808.println(baudios);    delay(500);
    sim_808.println(modos_texto); delay(500);
    sim_808.println(recibir_SMS); delay(500);
    sim_808.println(config_SMS); delay(500);
    sim_808.println(prender_GPS); delay(500);
    sim_808.println("\r");

    limpiar_buffer();
}

//_____//
void alarma_off()
{
    if(buffer[0]== 'A' && buffer[1]== 'P' && buffer[2]== 'A' && buffer[3]== 'G' && buffer[4]==
'A')
    {
        Serial.println(" ALARMA DESACTIVADA CORRECTAMENTE ");

        alarmaEncendida = false;  alertaEncendida = false;    //Pone los indicadores de alarma y
alerta a cero.
        latitud = "";           longitud = "";           //Borra los datos de longitud y latitud para
evitar errores al encender nuevamente alarma.
        lati=0;           longi=0;           // Borra los datos numericos para evitar errores
latiPrev=0;           longiPrev=0;           // al encender nuevamente la alarma.
        int cont1=0;  int cont2=0;  int cont3=0;  int cont4=0;  //Pone los contadores a cero

        mensaje_apagado();           //Envia SMS con notificacion de apagado al
celular que solicita
    }
}
}

```

```

//_____//
void alarma_on()
{
    if(buffer[0]== 'P' && buffer[1] == 'R' && buffer[2] == 'E' && buffer[3] == 'N' && buffer[4]
    == 'D' && buffer[5] == 'E')
    {
        Serial.println(" ALARMA ENCENDIDA CORRECTAMENTE ");

        alarmaEncendida = true;                //Pone indicador de encendido de alarma a
        uno.

        mensaje_encendido();                  //Envia SMS con notificacion de encendido
        al celular que solicita
    }

}
//_____//

void gps_on()
{
    if(buffer[0]== 'G' && buffer[1]== 'P' && buffer[2]== 'S' )
    {
        Serial.print("LAT= ");
        Serial.println(lati,6);
        Serial.print("LON= ");
        Serial.println(longi,6);

        mensaje_gps();                        //Envia SMS con informacion de coordenadas y
        bateria al celular que solicita

    }

}
//_____//

void comparar_gps()
{
    //Compara primero si los valores no son nulos

```

```

    if (lati != NULL && longi != NULL && latiPrev!= NULL && longiPrev != NULL)
    {
        //Compara si alguna coordenada ha sido desplazada por un mayor valor al indicado en la
variable "var"
        if ( lati < (latiPrev - var) || lati > (latiPrev + var) || longi < (longiPrev - var) || longi >
(longiPrev + var))
        {
            mensaje_alerta_gps();                //Envia SMS con alerta de robo, informacion
de coordenadas y nivel de bateria
            alertaEncendida = true;                //Pone indicador de encendido de alerta a 1
        }
    }

    latiPrev=lati;    longiPrev=longi;                //Coloca el dato actual de coordenadas en
una variable pasada para la comparacion en la siguiente iteracion
}

//_____//
void mensaje_apagado()
{
    preparar_sms();
    sim_808.print("alarma apagada correctamente");
    sim_808.print(fin_mensaje);
}

//_____//
void mensaje_encendido()
{
    preparar_sms();
    sim_808.print("alarma encendida correctamente. Revisando cambio de posicion");
    sim_808.print(fin_mensaje);
}

//_____//
void mensaje_alerta_gps()
{
    preparar_sms();

    sim_808.print("ALERTA! Su bicicleta ha sido trasladada!");
    sim_808.print("LAT= ");    sim_808.print(latitud);
    sim_808.print(";");
}

```

```

sim_808.print("LON= ");  sim_808.print(longitud);
sim_808.print(";");
sim_808.print("BAT= ");  sim_808.print(bateria);

sim_808.print(fin_mensaje);

}

//_____//

void mensaje_gps()
{
  if (latitud != NULL && longitud != NULL) {

    preparar_sms();

    sim_808.print("LAT= ");  sim_808.print(latitud);
    sim_808.print(";");
    sim_808.print("LON= ");  sim_808.print(longitud);
    sim_808.print(";");
    sim_808.print("BAT= ");  sim_808.print(bateria);

    sim_808.print(fin_mensaje);

  }

}

//_____//

void leer_mensaje()
{
  if (leer_caracteres(sim_808.read(), buffer, 80) > 0) {
    Serial.print("Puerto Serie: >");
    Serial.print(buffer);          //Se coloca como ayuda para observar el comportamiento
del puerto serie
    Serial.println("<");
    reconocimiento_caracteres();
  }
}

//_____//

void leer_gps()
{

```

```

cont1++;

if (cont1 >= 10000) //Uso dos contadores porque no el valor de contador no puede ser de cien
mil
{

    cont2++;
    cont1 = 0;

    if (cont2 == 10)    //valor de 10 x 10000 (aproximadamente un segundo) para tiempo entre
lecturas de gps
    {
        sim_808.println(info_GPS);    //imprimo orden para pedir informacion de GPS cada (20 x
10000 = aprox 2 segundos)

        if (latitud != NULL)
        {
            Serial.print("latitud =");    Serial.print(latitud);
            Serial.print("; ");
            Serial.print("longitud =");    Serial.println(longitud);
        }
    }

    else if (cont2 >= 20)
    {
        cont2 = 0;
        sim_808.println(info_bateria);    //imprimo orden para pedir informacion de nivel de
bateria cada (20 x 10000 = aprox 2 segundos)

        if (bateria != NULL)
        {

            Serial.print("nivel de bateria ="); Serial.println(bateria);
            Serial.println(alertaEncendida, DEC);

        }

    }

}

}
//

```

```

void reconocimiento_caracteres() {

    if (buffer[0]== '+'&& buffer[2]== 'G'){           // cuando se trata de informacion
de coordenadas

        String datos = String(buffer);
        char * coma1 = strchr(buffer,',');
        char * coma2 = strchr(coma1 + 1,',');
        char * coma3 = strchr(coma2 + 1,',');
        char * coma4 = strchr(coma3 + 1,',');
        char * coma5 = strchr(coma4 + 1,',');

        int uno = coma3 -buffer;
        int dos = coma4 -buffer;
        int tres = coma5 -buffer;

        latitud = datos.substring(uno+1,dos);        //toma el valor de latitud a partir de la tercera
coma del resultado del comando AT+CGNSINF.
        longitud = datos.substring(dos+1,tres);      //toma el valor de longitud a partir de la cuarta
coma del resultado del comando AT+CGNSINF.

        lati = latitud.toFloat();                   // convierte la información a un número flotante para
poder hacer la comparacion de
        longi = longitud.toFloat();                 // cambio en las coordenadas.

    }

    else if (buffer[0]== '+'&& buffer[2]== 'B'){           // cuando se trata de
informacion de NIVEL BATERIA
        String datos = String(buffer);
        char * coma1 = strchr(buffer,',');
        char * coma2 = strchr(coma1 + 1,',');

        int uno = coma1 -buffer;
        int dos = coma2 -buffer;

        bateria = datos.substring(uno+1,dos);        //toma el valor de nivel bateria a partir de la
primera coma del resultado del comando AT+CBC.
    }

    else if (buffer[0]== '+'&& buffer[2]== 'M'&& buffer[3]== 'T'){ // cuando se trata de
informacion de NUMERO TELEFONO

```

```

String datos = String(buffer);
char * coma1 = strchr(buffer,"");
char * coma2 = strchr(coma1 + 1,"");

int uno = coma1 -buffer;
int dos = coma2 -buffer;

String numCel = datos.substring(uno+1,dos); //toma el valor de NUMERO TELEFONO
del dato entre las primeras dos comillas cuando llega un nuevo mensaje
if (numCel.length() > 10)
{
    numCel.toCharArray(numero_cell,20);
    Serial.println(numero_cell);
}

}

else if (buffer[0]== 'A' || buffer[0]== 'P' || buffer[0]== 'G') { //
cuando se trata de un mensaje de texto que empieza con la clave '@'

    alarma_on(); //Verifica si enciende el sistema
    alarma_off(); //Verifica si apaga el sistema
    gps_on(); //verifica si es solicitud de informacion gps (no funciona cuando sistema
apagado)

}
}
//
//
void limpiar_buffer()
{
    while(sim_808.available()>0) //limpia el buffer
    {
        Serial.write(sim_808.read());
    }

}
//
//
void preparar_sms()
{
    // Ingreso de numero de telefono al que se envia SMS

```

```

sim_808.println(modos_texto); delay(1000);
sim_808.print(numero_SMS); delay(1000);

sim_808.print(comillas);
sim_808.print(numero_cell);
sim_808.println(comillas); delay(1000);
}
// _____
// _____//
void actualizar_ubicacion() // Este es el tiempo entre envio de SMS con la ubicacion hacia el
ANDROID
{
  cont3++;
  if (cont3 >= 10000)
  {
    cont4++;
    cont3 = 0;
    if (cont4 == tiempo) // Aqui está la variable de calibracion para el tiempo entre envio de
SmS con coordenadas hacia el ANDROID
    {
      mensaje_gps();
      cont4 = 0;
    }
  }
}
}

```

ANEXO 5

DATASHEET MÓDULO SIM 808

Version: 2008



GSM/GPRS+GPS Module

SIM808



SIM808 module is a complete Quad-Band GSM/GPRS module which combines GPS technology for satellite navigation. The compact design which integrated GPRS and GPS in a SMT package will significantly save both time and costs for customers to develop GPS enabled applications. Featuring an industry-standard interface and GPS function, it allows variable assets to be tracked seamlessly at any location and anytime with signal coverage.

General features

- ◀Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- ◀GPRS multi-slot class 12/10
- ◀GPRS mobile station class B
- ◀Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2 W @ 850/900MHz)
- Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- ◀Bluetooth: compliant with 3.0+EDR
- ◀Dimensions: 24*24*2.6mm
- ◀Weight: 3.3g
- ◀Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- ◀Supply voltage range 3.4 ~ 4.4V
- ◀Low power consumption
- ◀Operation temperature: -40°C ~ 85°C

Specifications for GPRS Data

- ◀GPRS class 12: max. 85.6 kbps (downlink/uplink)
- ◀BCCCH support
- ◀Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- ◀PPP-stack
- ◀GSD up to 14.4 kbps
- ◀USSD

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- ◀Point to point MO and MT
- ◀SMS cell broadcast
- ◀Text and PDU mode

Software features

- ◀G710 MUX protocol
- ◀Embedded TCP/UDP protocol
- ◀FTP/HTTP
- ◀MMS
- ◀E-MAIL
- ◀OTMF
- ◀Jamming Detection
- ◀Audio Record
- ◀TTS (optional)
- ◀Embedded AT (optional)

Compatibility

- ◀AT cellular command interface

Specification for GPS

Receiver type

- ◀22 tracking /88 acquisition -channel
- ◀GPS L1 C/A code

Sensitivity

- ◀Tracking: -165 dBm
- ◀Cold starts: -147 dBm
- Time-To-First-Fix
- ◀Cold starts: 30s (typ.)
- ◀Hot starts: 1s (typ.)
- ◀Warm starts: 20s (typ.)

Accuracy

- ◀Horizontal position : ±2.5m CEP

Interfaces

- ◀58 SMT pads including
- ◀Analog audio interface
- ◀PCM interface(optional)
- ◀SPI interface (optional)
- ◀RTC backup
- ◀Serial interface
- ◀USB interface
- ◀Interface to external SIM 3V/1.8V
- ◀Keypad interface
- ◀GPIO
- ◀ADC
- ◀GSM Antenna pad
- ◀Bluetooth Antenna pad
- ◀GPS Antenna pad

Certifications(Plan)

- ◀CE
- ◀GCF
- ◀FCC
- ◀ROHS
- ◀REACH

More about SIMCom SIM808
 Please contact:
 Tel: 86-21-32523300
 Fax: 86-21-32523301
 Email: simcom@sim.com
 Website: www.sim.com

All specifications are subject to change without prior notice.