



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RASTREO BÁSICO EN TIEMPO
REAL CON TARJETAS DE DESARROLLO DE BAJO COSTO PARA
OBJETOS RASTREABLES”**

Trabajo de titulación

Tipo: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: OSCAR EDUARDO SISLEMA MIRANDA

TUTOR: ING. MÓNICA ANDREA ZABALA HARO M.Sc.

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Oscar Eduardo Sislema Miranda

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: Dispositivo Tecnológico “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RASTREO BÁSICO EN TIEMPO REAL CON TARJETAS DE DESARROLLO DE BAJO COSTO PARA OBJETOS RASTREABLES**”, de responsabilidad del señor Oscar Eduardo Sislema Miranda, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Dr. Julio Santillán
**VICEDECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Patricio Romero
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Mónica Zabala Haro MSc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Jefferson Ribadeneira
**MIEMBRO DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Oscar Eduardo Sislema Miranda, soy responsable de las ideas, criterios, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Los contenidos en el documento se encuentran citados y referenciados

Oscar Eduardo Sislema Miranda

DEDICATORIA

A mis padres Carmelina y Carlos que son lo más importante en mi vida, y quienes me han brindado su apoyo y amor, son mi mayor ejemplo de dedicación, lucha y superación, los cuales de una u otra forma me han brindado su apoyo incondicional, por sus charlas, consejos, la educación que me dieron ayudándome a ser la persona que soy.

A mis hermanos Camila y Alex por su amor y su compañía en aquellos momentos difíciles, a mi hermano por guiarme y ayudarme cuando lo necesitaba, acompañándome durante mi formación profesional.

Oscar.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza, salud y sabiduría para alcanzar mis objetivos y por haberme guiado en cada uno de mis pasos permitiéndome seguir adelante y no decaer para llegar a donde me encuentro ahora.

A mi familia por inculcarme buenos valores y por su apoyo incondicional, mis padres quienes son mi inspiración, que con su ejemplo me han enseñado a siempre salir adelante, a luchar y trabajar para conseguir mis sueños y metas, de ellos aprendí a levantarme cuando caía.

A mi segunda madre Fanny Guevara por sus consejos, sus charlas, por ser mi guía y por apoyarme a cumplir mis metas profesionales, por ayudarme y corregirme cuando lo necesitaba.

A mis docentes por sus conocimientos y apoyo durante este tiempo de formación profesional en la FIE de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

A mi tutora de tesis Ing. Mónica Zabala por su calidad humana y por brindarme la oportunidad de recurrir a su apoyo y experiencia, esenciales para culminar de manera exitosa el presente trabajo.

A mis amigos la familia que uno escoge con quienes hemos compartido momentos felices y tristes, quienes se convirtieron en un pilar fundamental, agradezco por todo este tiempo.

A todos quienes me ayudaron, quienes con sus experiencias y enseñanzas me brindaron la oportunidad de formarme profesionalmente.

Oscar.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	5
1 MARCO TEÓRICO	5
1.1 GNSS	5
<i>1.1.1 Introducción</i>	5
<i>1.1.2 Historia</i>	6
<i>1.1.3 GNSS en tiempo real</i>	8
1.2 GPS – Global Positioning System	8
<i>1.2.1 Arquitectura</i>	9
<i>1.2.1.1 Segmento Espacial</i>	9
<i>1.2.1.2 Segmento de Control</i>	10
<i>1.2.1.3 Segmento del Usuario</i>	11
<i>1.2.2 Funcionamiento</i>	12
<i>1.2.3 Pseudodistancia</i>	13
<i>1.2.4 Cadena de códigos GPS</i>	15
<i>1.2.5 Servicios</i>	15
<i>1.2.6 Aplicaciones</i>	16
<i>1.2.7 Fiabilidad de los datos</i>	17
<i>1.2.8 Fuentes de error</i>	17
1.3 Sistema de coordenadas	19
1.4 Protocolo NMEA	20

1.4.1	<i>GGA- Global Positioning System Fix Data</i>	20
1.4.2	<i>RMC - Recommended Minimum Specific GNSS Data</i>	21
1.4.3	<i>GSV - Satellites in view</i>	22
1.4.4	<i>GSA - DOP and Active Satellites</i>	23
1.5	Red móvil celular	24
1.5.1	<i>GSM (Global System for Mobile communications)</i>	25
1.5.1.1	<i>La trama GSM</i>	25
1.5.2	<i>Tarjeta SIM</i>	26
1.5.3	<i>GPRS</i>	26
1.5.3.1	<i>Características</i>	26
1.5.3.2	<i>Servicios</i>	27
1.6	Rastreo Satelital	27
1.6.1	<i>Servicios de rastreo satelital</i>	28
1.6.2	<i>Mercado de los sistemas de rastreo satelital en Ecuador</i>	28
1.6.2.1	<i>Hunter</i>	28
1.6.2.2	<i>Sherloc</i>	29
1.6.2.3	<i>Tracklink</i>	29
1.6.2.4	<i>CarSync</i>	30
1.7	Servidor	30
1.7.1	<i>Introducción</i>	30
1.7.2	<i>Servidor Apache</i>	30
1.7.2.1	<i>PHP</i>	31
1.7.3	<i>Servidor de base de datos</i>	32
1.7.3.1	<i>MySQL</i>	32
1.7.4	<i>Amazon Web Services</i>	33

CAPITULO II	34
2 DISEÑO Y PROTOTIPO	34
2.1 Marco metodológico.....	34
<i>2.1.1 Consideraciones</i>	<i>35</i>
<i>2.1.2 Especificaciones</i>	<i>35</i>
<i>2.1.2.1 Requerimientos del usuario</i>	<i>35</i>
<i>2.1.2.2 Diseño conceptual.....</i>	<i>36</i>
<i>2.1.2.3 El prototipo.....</i>	<i>36</i>
<i>2.1.2.4 Criterio de costos.....</i>	<i>38</i>
<i>2.1.2.5 Mercado.....</i>	<i>38</i>
2.2 Selección de dispositivos	39
<i>2.2.1 Tarjeta Raspberry Pi 3</i>	<i>39</i>
<i>2.2.2 Módulo GPS UBLOX VK 172</i>	<i>40</i>
<i>2.2.3 Módulo GSM/GPRS Huawei E303C.....</i>	<i>42</i>
<i>2.2.4 Descripción y desarrollo del software</i>	<i>43</i>
<i>2.2.5 Características del Software de Programación</i>	<i>43</i>
2.3 Diagrama de conexión de los dispositivos	45
2.4 Página Web	46
<i>2.4.1 Frontend.....</i>	<i>46</i>
<i>2.4.2 Backend.....</i>	<i>46</i>
2.5 Herramientas Software.....	46
<i>2.5.1 Servidor Apache.....</i>	<i>46</i>
<i>2.5.1.1 Seguridad.....</i>	<i>48</i>
<i>2.5.1.2 Fiabilidad</i>	<i>48</i>
<i>2.5.2 Servidor de Base de Datos.....</i>	<i>49</i>
<i>2.5.2.1 PhpMyAdmin</i>	<i>49</i>

2.5.3	<i>Python</i>	51
2.6	Presupuesto del prototipo	52
CAPITULO III		54
3	PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO	54
3.1	Pruebas de validación	54
3.2	Diseño del protocolo de pruebas	54
3.3	Escenarios de pruebas	56
3.3.1	<i>Escenario 1</i>	56
3.3.1.1	<i>Prueba de funcionamiento</i>	56
3.3.1.2	<i>Prueba de rendimiento</i>	59
3.3.1.3	<i>Prueba de fiabilidad</i>	60
3.3.2	<i>Escenario 2</i>	61
3.3.2.1	<i>Prueba de funcionamiento</i>	62
3.3.2.2	<i>Prueba de rendimiento</i>	64
3.3.2.3	<i>Prueba de fiabilidad</i>	65
3.3.3	<i>Escenario 3</i>	67
3.3.3.1	<i>Prueba de funcionamiento</i>	67
3.3.3.2	<i>Prueba de rendimiento</i>	70
3.3.3.3	<i>Prueba de fiabilidad</i>	70
3.3.4	<i>Escenario 4</i>	72
3.3.4.1	<i>Prueba de funcionamiento</i>	72
3.3.4.2	<i>Prueba de rendimiento</i>	75
3.3.4.3	<i>Prueba de fiabilidad</i>	75
3.4	Manual de usuario	77
3.4.1	<i>Especificaciones del dispositivo móvil</i>	77
3.4.2	<i>Instalación</i>	77

CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Resumen de Sistemas Radionavegación	9
Tabla 2-1: Tipo de cadenas de código	15
Tabla 3-1: Frecuencias de banda L.....	15
Tabla 4-1: Aplicaciones GPS	16
Tabla 5-1: Errores en los sistemas GPS	18
Tabla 6-1: Efecto causado por los errores GPS	19
Tabla 7-1: Descripción del código GGA.....	21
Tabla 8-1: Descripción del código RMC.....	22
Tabla 9-1: Descripción del código GSV	23
Tabla 10-1: Descripción del código GSA.....	23
Tabla 1-2: Características relevantes de la Raspberry Pi 3 modelo B.....	40
Tabla 2-2: Características del módulo Ublox Vx 172	41
Tabla 3-2: Presupuesto del prototipo implementado	53
Tabla 1-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 1	58
Tabla 2-3: Lista de direcciones para la toma de datos escenario 1	59
Tabla 3-3: Tiempo de actualización del sistema en el escenario 1	60
Tabla 4-3: Coordenadas tomadas con el GPS Garzbnhjin Oregon 650 en el escenario 1.....	60
Tabla 5-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 1.....	60
Tabla 6-3: Error calculado en el escenario 1.	61
Tabla 7-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 1.....	61
Tabla 8-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 2.....	63
Tabla 9-3: Lista de direcciones para la toma de datos escenario 2	65
Tabla 10-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 2.....	65
Tabla 11-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 2	66

Tabla 12-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 2	66
Tabla 13-3: Error calculado en el escenario 2.	66
Tabla 14-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 2.	67
Tabla 15-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 3	69
Tabla 16-3: Lista de direcciones para la toma de tiempo escenario 3	70
Tabla 17-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 3	70
Tabla 18-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 3	71
Tabla 19-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 3	71
Tabla 20-3: Error calculado en el escenario 3.	71
Tabla 21-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 3.	72
Tabla 22-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 4	74
Tabla 23-3: Lista de direcciones para la toma de tiempo escenario 4	75
Tabla 24-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 4	75
Tabla 25-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 4	76
Tabla 26-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 4	76
Tabla 27-3: Error calculado en el escenario 4.	76
Tabla 28-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 4.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Sistema de Posicionamiento de cobertura global.....	6
Figura 2-1: Constelación GLONASS.....	7
Figura 3-1: Segmento espacial.....	10
Figura 4-1: Centro de control de Misiones GPS.....	11
Figura 5-1: Arquitectura del sistema GPS.....	11
Figura 6-1: Arquitectura de un receptor GPS.....	12
Figura 7-1: Triangulación de los satélites GPS.....	13
Figura 8-1: Cuarto satélite que sincroniza los relojes.....	14
Figura 9-1: Medida de la distancia a los satélites.....	14
Figura 10-1: Servicios del sistema GPS.....	15
Figura 11-1: Sistema celular.....	24
Figura 12-1: Diagrama de entramado GSM.....	26
Figura 13-1: Servicios GPRS.....	27
Figura 14-1: Motores de almacenamiento MySQL.....	32
Figura 1-2: Principios de diseño de Pahl y Beitz.....	34
Figura 2-2: Diagrama de bloques del sistema de rastreo satelital.....	36
Figura 3-2: Raspberry Pi 3 B.....	39
Figura 4-2: Partes Raspberry Pi 3 B.....	40
Figura 5-2: Módulo GPS UBLOX VK 172.....	41
Figura 6-2: Módulo Huawei E303C.....	42
Figura 7-2: Diagrama del sistema de rastreo satelital.....	43
Figura 8-2: Arquitectura del software.....	44
Figura 9-2: Comunicación Cliente-Servidor Socket con TCP.....	45
Figura 10-2: Diagrama de conexión del dispositivo móvil.....	45

Figura 11-2: Página de información del servidor Apache	47
Figura 12-2: Página de inicio de la plataforma de rastreo satelital	48
Figura 13-2: Página de inicio de PhpMyAdmin	49
Figura 14-2: Gestor de base de datos phpMyAdmin	50
Figura 15-2: Diagrama de flujo del programa principal	52
Figura 1-3: Ruta de referencia en bus urbano – línea 5	57
Figura 2-3: Tracking zona 1 – escenario 1	57
Figura 3-3: Tracking zona 2 – escenario 1	57
Figura 4-3: Tracking zona 3 – escenario 1	58
Figura 5-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 1	59
Figura 6-3: Ruta de referencia en vehículo particular	62
Figura 7-3: Tracking zona 1 – escenario 2	62
Figura 8-3: Tracking zona 2 – escenario 2	63
Figura 9-3: Tracking zona 3 – escenario 2	63
Figura 10-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 2	64
Figura 11-3: Ruta de referencia de un estudiante	67
Figura 12-3: Tracking zona 1 – escenario 3	68
Figura 13-3: Tracking zona 2 – escenario 3	68
Figura 14-3: Tracking zona 3 – escenario 3	68
Figura 15-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 3	69
Figura 16-3: Ruta de referencia de una mascota	72
Figura 17-3: Tracking zona 1 – escenario 4	73
Figura 18-3: Tracking zona 2 – escenario 4	73
Figura 19-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 4	74
Figura 20-3: Terminal móvil	77
Figura 21-3: Modulo GPS en funcionamiento	78

Figura 22-3: Modulo GPRS en funcionamiento.....78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Hoja de especificaciones técnicas Raspberry pi 3 model B

Anexo B: Hoja de especificaciones técnicas módulo GPS UBLOX

Anexo C: Configuración del archivo config.txt, activación puerto UART

Anexo D: Prueba de conexión del módulo GPS Ublox Vk 172

Anexo E: Prueba de conexión del módulo GPRS Huawei E303C

Anexo F: Configuración en php de las paginas web de la plataforma de rastreo satelital

Anexo G: Configuración del programa principal en Python

Anexo H: Coordenadas tomadas con GPS Garmin Oregon 650

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1. GPS	Sistema de Posicionamiento Global
2. GPRS	Servicio General de Paquetes vía Radio
3. GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
4. SBAS	Sistema de Aumentación Basado en Satélites
5. GBAS	Sistema de Aumentación Basado en Tierra
6. VHF	Frecuencia Muy Alta
7. UHF	Frecuencia Ultra Alta
8. WASS	Sistema de almacenamiento de área amplia
9. NTRIP	Protocolo basado en el Protocolo de transferencia de hipertexto
10. GEO	Órbita Geoestacionaria
11. SPS	Standard Positioning Service
12. PPS	Precise Positioning Service
13. DGPS	Diferencial Sistema de Posicionamiento Global
14. NMEA	Asociación Nacional de Electrónica Marina
15. ASCII	Código Estándar Estadounidense para el intercambio de Información
16. UTC	Tiempo Universal Coordinado
17. GSM	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
18. MHZ	Mega Hertz
19. SMS	Servicio de mensajes simples
20. TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
21. SMTP	Protocolo para la Transferencia Simple de Correo
22. TCP	Protocolo de Control de Transmisión
23. UDP	Protocolo de Datagrama de Usuario
24. IP	Protocolo de Internet
25. WAP	Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas
26. MMS	Servicio de Mensajería Multimedia
27. HTML	Lenguaje de Marcas de Hipertexto
28. SSL	Capa de Sockets Seguros
29. ASP	Proveedor de Servicio de Aplicaciones
30. PHP	Hypertext Pre-Processor
31. AWS	Amazon Web Services

32. SIM	Módulo de identificación de abonado
33. USB	Bus Universal en Serie
34. SBC	Computador de placa simple
35. HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
36. GNU	Sistema Operativo de Software Libre
37. PDF	Formato de Documento Portátil
38. IMEI	Identidad Internacional de Equipo Móvil
39. GPIO	Entrada/Salida de Propósito General
40. API	Interfaz de Programación de Aplicaciones

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se diseñó un sistema de rastreo básico en tiempo real con tarjetas de desarrollo de bajo costo para objetos rastreables; para ello se investigó el funcionamiento de los sistemas de posicionamiento satelital, así como de las tecnologías que implica el rastreo en tiempo real, además se buscó sistemas de rastreo satelital con las mayores ofertas en el mercado actual. Luego tomando en cuenta las consideraciones técnicas y los requerimientos del usuario para el desarrollo del prototipo se realizó un presupuesto para la implementación del prototipo el cual debe tener un valor monetario bajo del dispositivo y acceso gratuito a su portal web para su monitoreo en comparación con los disponibles en el mercado actual. Se desarrolló un terminal móvil para la adquisición y transmisión de los datos de posicionamiento, los mismos que se almacenan en un servidor de base de datos; el dispositivo está compuesto de una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3, un módulo GPS Ublox vk 172 y un módulo GPRS Huawei E303C, contenidos dentro de una caja para su portabilidad, posteriormente se hace uso de la base de datos con la información del dispositivo y creando una página web se muestran al usuario el posicionamiento en tiempo real mediante un mapa digital. Una vez implementado el prototipo se realizaron las pruebas de funcionamiento en cuatro escenarios simulando ambientes reales, los cuales fueron aquellos escenarios donde es viable su aplicación como son el recorrido de un bus urbano, un vehículo particular, un estudiante y una mascota, determinando así su rendimiento y fiabilidad al comparar la ruta mostrada por la plataforma de rastreo satelital con la de referencia creada con el servidor de mapas Google Maps el cual por su uso es confiable y de alta fiabilidad.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <COMUNICACIONES SATELITALES>, <RASTREO SATELITAL>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)>, <TARJETA DE DESARROLLO>.

SUMMARY

In this titling work a real-time basic tracking system was designed with low cost development cards for traceable objects; to this end, we investigated the operation of satellite positioning systems, as well as the technologies involved in real-time tracking, in addition, we searched for satellite tracking systems with the biggest offers in the current market. Then taking into account the technical considerations and the requirements of the user for the development of the prototype, a budget was made for the implementation of the prototype which must have a low monetary value of the device and free access to its portal Web for monitoring compared to those available in current market. A mobile terminal was developed for the acquisition and transmission of the positioning data, which are stored on a database server; the device is composed of a Raspberry Pi 3 development card, a Later it makes use of the database with the information of the device and through the creation a Web page the user is shown the positioning in real time by means of a digital map.172 GPS module and a Huawei E303C GPRS module, contained within a box for portability, later it makes use of the database with the information of the device and through the creation a Web page the user is shown the positioning in real time by means of a digital map. Once implemented the prototype were carried out the tests of operation in four scenarios simulating real environments, which were those scenarios where its application is viable such as they are the route of an urban bus, a particular vehicle, a student and a pet, determining so its performance and reliability when comparing the route shown by the satellite tracking platform with the reference created with the Google maps map server which by its use is reliable and high reliability.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <SATELLITE COMMUNICATIONS>, <SATELLITE TRACKING>, <GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)>, <DEVELOPMENT BOARD>.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de satélites usado en la navegación que permite determinar la posición las 24 horas de día, en cualquier lugar del globo y en cualquier condición climatológica. (Letham, 2001). Hoy en día esta tecnología GPS es muy utilizada que inclusive ha sido integrado a otros sistemas y dispositivos, es por ello que se ha vuelto una herramienta de trabajo, ya que se utiliza en automóviles, aeronaves, barcos, etc., inclusive en la telefonía móvil, dado que ha sido en donde la tecnología GPS ha sido integrada en sus dispositivos, con lo cual se ha hecho común su uso. Un dato estadístico publicado en el boletín digital del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información publicada en su página web en el año 2016 revela que: el 53.3% de las personas en Ecuador hacen uso del GPS en su teléfono.

En la investigación “DISEÑO DE UN EQUIPO DE RASTREO SATELITAL DE ELEMENTOS USANDO TECNOLOGÍAS GPS Y GSM”, realizada en la Universidad Tecnológica de Pereira de Colombia, en una de sus conclusiones se menciona que la importancia de la localización geográfica con GPS debe ser aprovechada. Además concluye que con dicho proyecto deja oportunidades a nuevos proyectos dedicados a otros fines.(Henao, 2014)

En la investigación “ESTUDIO PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN VEHICULAR CON CONTROLES EN VELOCIDAD Y SEGURIDAD”, realizada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador de la ciudad de Quito, concluye que la geo-referenciación es de gran utilidad para la vigilancia, la localización, el posicionamiento vehicular, la prevención de robos, rupturas, fugas, etc., requiriendo de una gran precisión geográfica.(Guerrero Chávez, 2013)

En la investigación “PROPUESTA DE MODELO DE SEGUIMIENTO SATELITAL PARA FLOTAS VEHICULARES DE EP PETROECUADOR – DISTRITO AMAZÓNICO - LAGO AGRIO”, realizada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la ciudad de Guayaquil, en sus conclusiones hacen énfasis en la revolución del rastreo satelital para salvaguardar la integridad de las personas, puesto que el proyecto propone brindar seguridad a los funcionarios en la movilización en los vehículos de EP Petroecuador.(Franco Zambrano, 2015)

En la actualidad en el Ecuador la tecnología GPS y el rastreo satelital han sido orientadas para el monitoreo y rastreo de flotas vehiculares, se han implementado en maquinaria de minería forestal, etc. En la ciudad de Riobamba se ha implementado este rastreo en buses de transporte urbano para el control de rutas y horarios.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se puede brindar un servicio de rastreo satelital en tiempo real cuyas prestaciones estén dedicadas a diferentes tipos de usuarios y que puedan ser aplicados en diferentes sectores para objetos sujetos a tracking además de tener un costo accesible?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Para dar solución al problema planteado, es necesario ir respondiendo durante el desarrollo del trabajo las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo funcionan los sistemas satelitales de rastreo en tiempo real?
- ¿Cuáles son los servicios de rastreo y monitoreo más conocidos que se ofertan actualmente?
- ¿Se puede diseñar una plataforma de rastreo en tiempo real con un costo accesible para el usuario?
- ¿Cuál es la precisión que ofrece este sistema de rastreo?
- ¿La plataforma de rastreo puede ser integrado a nuevos sectores de la sociedad?

JUSTIFICACION DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La necesidad de la humanidad de conocer la ubicación de sus niños, autos, servicios de transporte público, mascotas, personas, en si todo elemento sujeto a tracking, además tener la posibilidad de rastrearlo en tiempo real.

Se han desarrollado dispositivos de mayor o menor tamaño, con pocas o muchas características y servicios que ayudan con esta finalidad. Con el desarrollo de la tecnología GPS una de las maneras más utilizadas de obtener datos sobre la ubicación, el hombre ha salido beneficiado, inicialmente se utilizó con fines militares para posteriormente se ponga a uso de la comunidad civil.

En el mercado actual existe un sin número de empresas dedicadas al desarrollo y oferta de sistemas cuyo fin es el rastreo satelital y monitoreo en tiempo real de una gran variedad de elementos móviles, sean estos automóviles, camiones de carga, barcos, etc., por tal razón al ser creadas con fines comerciales este servicio es muy costoso debido a que se invierten altas cantidades de dinero para su creación al que no todos los usuarios pueden tener acceso ya que obliga hacer una inversión económicamente alta. Se pueden conseguir aplicaciones gratuitas para teléfonos inteligentes donde se hace uso del sistema GPS que viene integrado en los actuales teléfonos móviles pero con el inconveniente de que dichos servicios presentan deficiencia en cuanto a rendimiento y no se diga así también baja confiabilidad.

Los inconvenientes mencionados anteriormente crean la necesidad de diseñar un sistema de rastreo en tiempo real de alto rendimiento, obteniendo así tiempos de respuesta aceptables y alta confiabilidad por su bajo error en la precisión en comparación con los servicios ya existentes pero con un bajo costo, adicional a esto, este sistema ofertará el acceso a una plataforma en la que cualquier usuario accedería. Este servicio puede ser implementado en cualquier objeto sujeto a tracking con lo cual su uso se extendería a diferentes sectores.

Con el desarrollo de este trabajo se ofrece muchos beneficios a la sociedad puesto que se podría aportar en la protección de sus objetos como vehículos particulares, motos, entre otros, pudiendo ser rastreados en todo momento en tiempo real y conocer su ubicación. Otro ejemplo que se podría dar a este servicio sería para el control de empleados de una empresa, monitoreo de flotas de autos de una compañía de transportes.

En fin el presente trabajo analiza la problemática que implica los sistemas de rastreo satelital en la ciudad de Riobamba, también muestra los diferentes usos. Esto permite ampliar el camino en el ámbito del rastreo satelital y dando paso a mayor posibilidad de acceso a los usuarios.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El rastreo satelital ha sido en flotas vehiculares un ejemplo de ellos es la Compañía Hunter Track originario de Estados Unidos que ofrece una distribución internacional de sus equipos, cabe recalcar que este servicio tiene un costo elevado. El servicio consiste en el monitoreo de la ubicación por medio de GPS/GPRS, tiene una aplicación Web que funciona mediante Internet para que el monitoreo puedan hacer los usuarios desde cualquier ubicación. Se instala de preferencia en flotas

de transporte pesado debido a la magnitud del servicio que presta y de esta manera aprovechar los recursos que proporciona.

Este proyecto está enfocado a diseñar una plataforma para el rastreo básico de bajo costo, con un prototipo tanto de hardware y software libre que sean escalables para diferentes objetos, por ejemplo: la aplicación principal y con mayor demanda es en los automóviles y motocicletas para tener seguridad ante el robo de los mismos, y rastrearlos de una forma más fiable, generando tranquilidad por parte del usuario.

En el presente trabajo se realizará mediante una Raspberry Pi, el cual receptorá y procesará los datos mediante tecnología GPS, el lenguaje de programación que se utilizará es Python, conjuntamente con el módulo GSM/GPRS que realizará la transmisión de los datos hacia el servidor web donde se alojarán y guardarán los datos que recolecte del mismo, mediante una página web estos datos puedan ser visualizados por los usuarios.

El prototipo receptor GPS estará montado dentro de un case donde estarán también el módulo GSM/GPRS SIM808 y la antena GPS, los cuales estarán alimentados por una batería para sea así un dispositivo que tenga movilidad. Así obtendremos un sistema de rastreo satelital básico en tiempo real a un bajo costo con accesible para los usuarios.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Diseñar un sistema de rastreo básico en tiempo real con tarjetas de desarrollo de bajo costo para objetos rastreables.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar el funcionamiento de los sistemas de posicionamiento satelital y los sistemas de rastreo en tiempo real.
- Diseñar un sistema de rastreo satelital en tiempo real.
- Evaluar el rendimiento y fiabilidad del sistema de rastreo.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 GNSS

El sistema GNSS definido como sistema de navegación global por satélite que viene de sus siglas en inglés (*Global Navigation Satellite System*) la cual fue creada por una organización parte de las Naciones Unidas y la Organización Internacional para la Aviación Civil, ICAO (*Internacional Civil Aviation Organization*). (Olmedillas, 2012, p. 17).

1.1.1 Introducción

GNSS es un sistema de cobertura global que nos ayuda a establecer la posición y el tiempo sobre la superficie terrestre, formado por una o más constelaciones de satélites, receptores aeronáuticos, un sistema de monitoreo de la integridad de la señal y complementado con los sistemas de aumentación necesarios para dar soporte a las diferentes operaciones y maniobras que habitualmente se realizan en la navegación aérea. (Olmedillas, 2012, p. 17)

Según el criterio de (Manuel, 2012, p. 3):

Define a GNSS (Global Navigation Satellite System), al describir las tecnologías que ayudan a la navegación por satélite de cobertura global dando lugar al posicionamiento geoespacial. Los receptores GNSS son capaces de establecer la posición en 4 dimensiones como: latitud, longitud, tiempo y altitud, con lo cual se han podido desarrollar diversas aplicaciones ya sean de uso tanto civil como militar.

En conclusión, GNSS es un conjunto de elementos que ayudan a la navegación en tiempo real, con cualquiera que fueran las condiciones atmosféricas, como la diseminación de tiempos precisos. (Manuel, 2012, p. 3)

Actualmente cuando nos referimos a GNSS estamos describiendo a GPS (del inglés *Global Positioning System*) el sistema de posicionamiento global, sigas que con las cuales se denominan

aquellos equipos que nos muestran una ruta hacia un destino anteriormente programada. (Olmedillas, 2012)

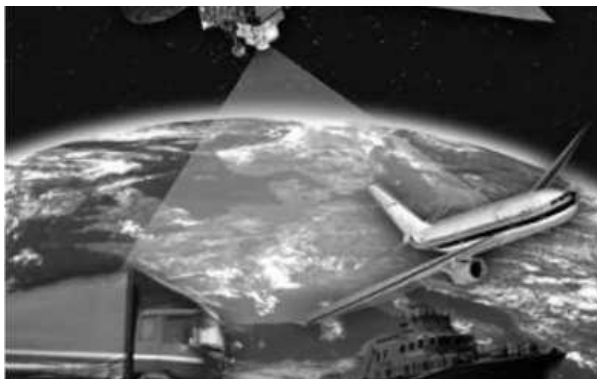


Figura 1-1: Sistema de Posicionamiento de cobertura global

Fuente: OLMEDILLAS, Joan, 2012

1.1.2 Historia

El inicio del sistema GNSS viene con el desarrollo del GPS, cuyo principal uso fue en aplicaciones militares y servicios de inteligencia en Guerra Fría durante la década de los 60, aunque además estuvo inspirado en el lanzamiento del cohete Sputnik en 1957 de origen soviético.

El Departamento de Defensa (DoD), Departamento de Transporte (DoT) y la Nasa tenían interés por desarrollar un sistema que determine la posición mediante satélites, el cual pueda cumplir algunos requisitos como:

- Que pueda abarcar todo el globo terráqueo
- Disponibilidad, que no importe las condiciones atmosféricas siempre este operativo.
- Dinámico, que pueda ser usado en la aviación con gran precisión.

El primer sistema de satélites se llamaba Transit que fue puesto en órbita por los Estados Unidos, constituido por de 6 satélites, cuyo principal uso fue en la marina, podía determinar la posición de buques en el mar y el acceso a los satélites se daba cada 1,5 horas, dado esto la obtención de la posición era discontinuo. (Manuel, 2012, p. 14)

Posterior al desarrollo del sistema satelital se toma en cuenta poner a disposición en aplicaciones civiles, se realizaron estudios a distintas agencias como a RAND, con el propósito de emplear la tecnología con fines civiles. Es cuando a partir de los noventa se emplea con fines civiles, con el

sistema GPS el único operativo a la fecha ya que el sistema GLONASS de los rusos no continuó, así teniendo el control del sistema de posicionamiento por parte de los Estados Unidos. (García Álvarez, 2008, p. 4).

El único segmento espacial pertenecía a los Estados Unidos, los demás países, se centraron en el desarrollo del segmento en la tierra como son los sistemas de control y recepción de las señales GPS, así como también en la elaboración de los sistemas de aumento (SBAS y GBAS), para la obtención de un posicionamiento de mayor precisión aplicando distintos métodos. (García Álvarez, 2008, p. 5)

Esto plantea inquietudes a nivel internacional, debido a que como Estados Unidos puede emitir las señales GPS al igual que puede distorsionarlas o interrumpirlas en caso de conflictos o guerra entre países, por lo tanto nace la necesidad de que los demás países desarrollen sus propios sistemas de navegación por satélite de manera autónoma sin depender de los Estados Unidos. (Manuel, 2012, p. 16)

Los demás países tienen mucho por recorrer para desarrollar nuevos sistemas de navegación por satélite. Europa propone su sistema de navegación Galileo de uso civil exclusivamente, además permite el uso militar por parte de los gobiernos de los demás países. Rusia plantea su proyecto GLONASS, China por su parte desarrolla un sistema como COMPASS, India IRNSS y Japón QZSS como sistemas regionales. (Manuel, 2012, p. 16)

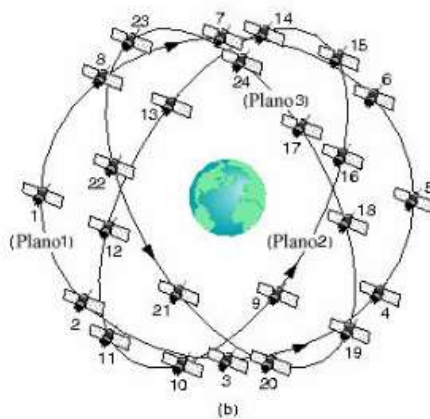


Figura 2-1: Constelación GLONASS

Fuente: (García Álvarez, 2008, p. 29)

El sistema GNSS tiene a bien resolver múltiples cuestiones así como su capacidad de la interoperabilidad con el sistema GPS, costos, entre otras cosas. Factores que involucran multitud de agencias, organizaciones, gobiernos, entre otras agencias nacionales e internacionales que se encargan de las cuestiones legislativas. En multitud de países se han proliferado agencias, publicaciones, asociaciones de GNSS con el fin de proponer aplicaciones, soluciones y acuerdos, así como educar sobre esta tecnología, debido una parte a su prometedor futuro, y en otra a su complejo entorno internacional. (García Álvarez, 2008, p. 5)

Las constelaciones de los Sistemas Globales de Navegación en la actualidad son: GPS de los Estados Unidos, GLONAS, GALILEO logró incorporarse al sistema de constelaciones en el año 2013, parecido al GPS pero más fiable por su tecnología (Manuel, 2012, p. 7) y BEIDOU desarrollado por China a principios del 2007, que inicio con 2 satélites para luego poner en órbita 10 satélites experimentales. (Manuel, 2012, p. 78)

1.1.3 GNSS en tiempo real

Una definición que esté acorde y nos interesa sobre tiempo real es la obtención de la información en el momento de la ocurrencia del fenómeno o proceso, es decir "en el mismo instante". En GNSS es la obtención de la señal con la calidad deseada al momento de la medición., por lo cual el instrumento que va a recibir la información debe ser capaz de recibir información adicional por lo satélites GNSS, comunicándose con el mismo uni o bi direccionalmente con otra estación, red o satélite y así obtener las correcciones adicionales a las mediciones que ya realiza. (Hoyer, 2002, pp. 1-2).

Para realizar las mediciones en tiempo real existen varias opciones como:

- Onmistar, CNAV – Sistemas de suscripción
- RTK – Sistemas de radio como VHF o UHF
- WASS o EGNOS – Sistemas de aumentación
- NTRIP – Internet y Telefonía celular
- Redes activas (Hoyer, 2002, p. 2)

1.2 GPS – Global Positioning System

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) desarrollado por el Departamento de defensa de los Estados Unidos es un sistema de localización que provee de valores precisos de posición, velocidad,

tiempo, etc. (Pozo Ruz et al., 2000a) Se sirve de 24 satélites que orbitan la Tierra y envían señales de radio a la superficie. El hardware de recepción GPS es un aparato electrónico que toma los datos de un sistema de satélites usados en la navegación satelital, con el cual podemos determinar la posición las 24 horas de día, sin importar el lugar o la condición climatológica en el globo terráqueo. (Letham, 2001, p. 5).

El GPS fue desarrollado para mejorar los sistemas de navegación satelital anteriores como TRANSIT, debido a las exigencias militares, puesto que debía ser en tiempo real de alta precisión y de forma continua en tierra, mar o aire, bajo cualquier condición meteorológica y con cobertura global. (Chuquitarco y Naranjo, 2012, p. 6)

Tabla 1-1: Resumen de Sistemas Radionavegación

Resumen de Sistemas Radionavegación				
Sistema	Cobertura		Dimensiones de Ajuste	Aproximación del posicionamiento
	Global	Continua		
Loran-C	No	Si	2D	250 m
Omega	Si	Si	2D	2-4 Km
Transit	Si	No	2D	25 m
GPS	Si	Si	3D más tiempo	Hori: 5m/ Ver: 7.5 m

Fuente: (Chuquitarco y Naranjo, 2012, p. 6)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

1.2.1 *Arquitectura*

El sistema GPS está conformado por tres elementos, los cuales es necesario conocer para entender este sistema.

1.2.1.1 *Segmento Espacial*

Este segmento está formado por una constelación de satélites de navegación que se encuentran orbitando la Tierra a una distancia de 20000 kilómetros aproximadamente, además se forma de las señales que envían llamados, también consta de sistemas de aumentación los cuales sirven para realizar las correcciones en los errores de posicionamiento. En la constelación existen 21 satélites que se encuentran operativos y 3 de repuesto. A partir de julio de 2006, había 29 satélites operacionales

de la constelación. (Ghio M. Gina, 2008). En la actualidad el sistema GPS tiene una constelación de 30 satélites distribuidos en seis planos orbitales de manera uniforme. (García Álvarez, 2008, p. 6)

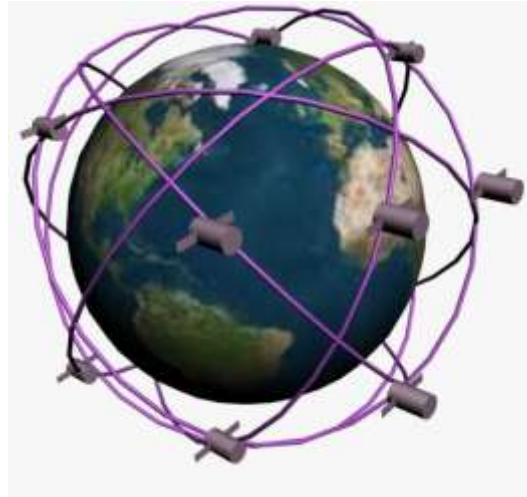


Figura 3-1: Segmento espacial

Fuente: (Henao, 2014, p. 13)

El segmento espacial de un sistema GNSS debe tener un número de satélites de navegación lo suficientemente capaz de garantizar una cobertura global, además de ser lo suficientemente robusto para poder transmitir información de forma redundante o en caso de que un satélite o un número mayor de satélites dejaran de funcionar para poder obtener una mejor precisión en el instante de obtener la posición. (García Álvarez, 2008, p. 6)

Además en este segmento nos encontramos con satélites de comunicación GEO, también llamados sistema de aumento, los cuales son particulares en cada país. Su función es retransmitir la información con las debidas correcciones que preceden del segmento de control, aumentando así la precisión. Ejemplos de sistemas de aumento son:

- WASS perteneciente a los Estados Unidos.
- EGNOS de Europa.
- MFSAS de Japón y Australia. (García Álvarez, 2008, p. 7)

1.2.1.2 Segmento de Control

Consta de la estación de rastreo ubicados en la superficie terrestre las cuales monitorean cada satélite y analizan las señales emitidas por los mismos, así también actualizan los datos de los elementos y

mensajes de navegación, corrigen el reloj de los satélites y la posición orbital. La ubicación de las estaciones están estratégicamente distribuidas cerca al plano ecuatorial y estas cuentan con relojes de muy alta precisión. (Ghio M. Gina, 2008).



Figura 4-1: Centro de control de Misiones GPS

Fuente: (García Álvarez, 2008, p. 8)

1.2.1.3 Segmento del Usuario

Este segmento está formado por receptores GPS, estos reciben las señales que emiten los satélites para luego hacer los cálculos de su posición teniendo de base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal recibida, obteniendo la pseudodistancia entre cada satélite y el receptor; el cual calcula las coordenadas X, Y, Z y el tiempo. (Ghio M. Gina, 2008).

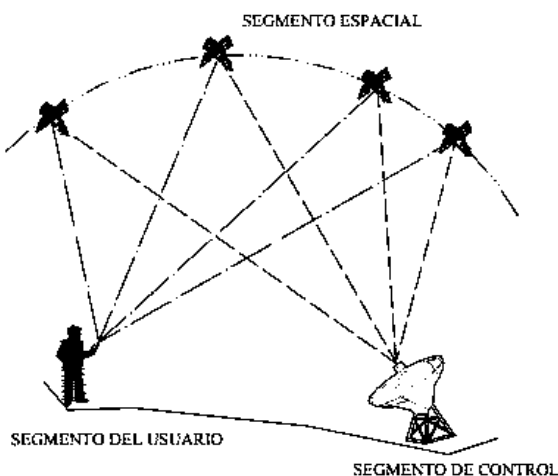


Figura 5-1: Arquitectura del sistema GPS

Realizado por: (Casanova, 2002)

Los elementos básicos del receptor GPS son:

- **Antena receptora:** está construida para recibir las señales a la misma frecuencia del sistema, tiene cobertura hemisférica omnidireccional, su construcción puede ser de diversas formas y materiales, esta dependerá de las aplicaciones en las cuales va a ser empleado el receptor así también de su costo. Por ejemplo los tipos de antenas que podemos tener son monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip.
- **Receptor:** mezcla la señal recibida y pasa la frecuencia recibida a una frecuencia más baja que pueda ser manipulada electrónicamente. Consta de un reloj muy estable que comúnmente es un oscilador de cristal, y una pantalla donde se visualiza toda la información sobre la posición.

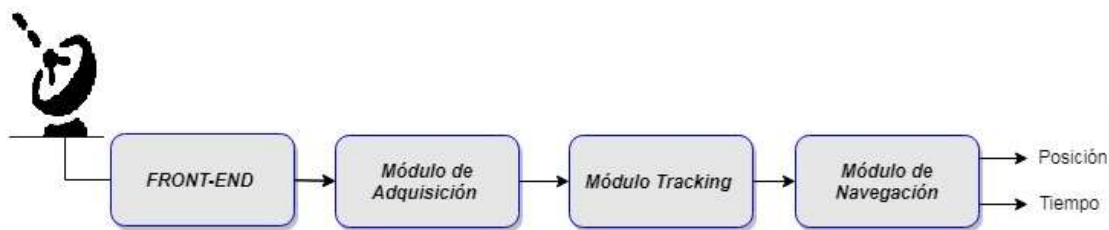


Figura 6-1: Arquitectura de un receptor GPS

Fuente: (Jaramillo V., 2014, p. 42)

1.2.2 Funcionamiento

El Sistema GPS calcula la posición de un punto en un espacio de coordenadas, para esto necesita como mínimo de tres satélites con una posición conocida. Para determinar la distancia entre el satélite y el receptor GPS se multiplica la velocidad de propagación por el tiempo que tarda la señal emitida. Hay que considerar que los relojes tanto de los satélites como de los receptores deben estar sincronizados para realizar bien el cálculo, aunque debemos tener en cuenta que el reloj del satélite es altamente preciso a diferencia del reloj del receptor que son osciladores de cuarzo de bajo costo, lo cual disminuye su precisión. Esto conlleva a que existan errores por sincronismo más conocidos como pseudodistancias, por lo tanto hace necesario un mínimo de cuatro satélites para estimar correctamente las posiciones (Pozo Ruz et al., 2000a). Luego de conocer la posición de los satélites así como su velocidad de propagación de sus señales y el tiempo que le toma en llegar al receptor, se establece la posición absoluta del mismo por triangulación mostrado en la **Figura 7-1**.



Figura 7-1: Triangulación de los satélites GPS

Fuente: <https://goo.gl/YydM7e>

1.2.3 Pseudodistancia

Pseudodistancia o pseudorange obtenemos al medir la variación del tiempo que toma en viajar la señal desde el satélite hasta el receptor, y multiplicado por la velocidad de la señal en el espacio libre, como se muestra en la **Ecuación 1-1**.

$$D = v \cdot \Delta t \qquad \text{Ecuación. 1-1}$$

Donde:

D = distancia receptor - satélite

v = velocidad de señal en el vacío, aproximadamente de 300.000 Km/s

Δt = tiempo en segundos

Para medir el tiempo de vuelo de la señal emitida es necesario que los relojes del satélite con la del receptor este sincronizados, debido a que deben generar el mismo código. (Pozo Ruz et al., 2000)

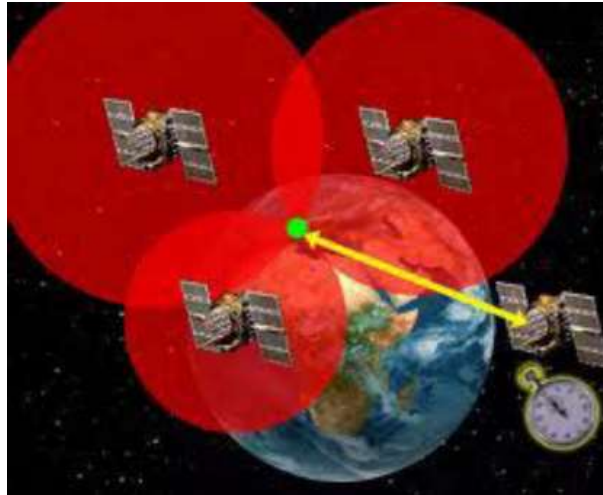


Figura 8-1: Cuarto satélite que sincroniza los relojes

Fuente: (Tolosa, 2014, p. 63)

Hay que tomar en cuenta que las señales GPS son débiles y se encuentran introducidas en ruido de fondo inherente al planeta en la banda de radio. El ruido natural está formado por una serie de pulsos aleatorios, lo que ocasiona generar un código pseudo-aleatorio artificial por los receptores GPS como patrón de fluctuaciones. Cada instante un satélite transmite una señal con el mismo patrón que la serie pseudo-aleatoria generada por el receptor, basándose en esta sincronización, el receptor realiza un desplazamiento temporal de su código hasta llegar a coincidir con el recibido, este desplazamiento se denomina como el tiempo de vuelo de la señal y se puede apreciar en la **Figura 9-1**. (Pozo Ruz et al., 2000)

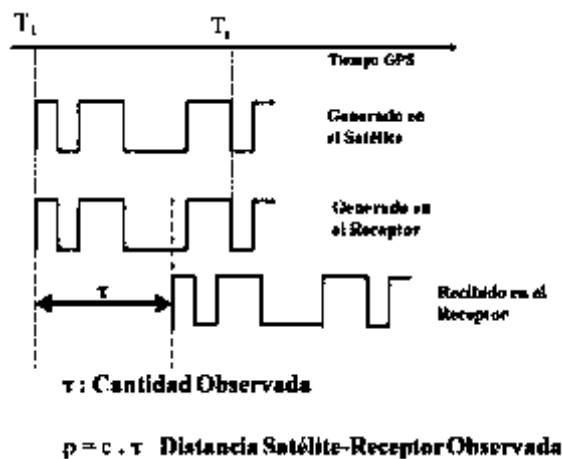


Figura 9-1: Medida de la distancia a los satélites

Fuente: <https://goo.gl/hPWerP>

1.2.4 Cadena de códigos GPS

El código pseudo-aleatorio transmitido se forma de tres tipos de cadenas:

Tabla 2-1: Tipo de cadenas de código

Tipo de cadenas de código	
C/A	1023 MHz, Utilizado por usuarios civiles
P	10 veces superior al C/A
Y	Encriptado en lugar del código P, cuando activo modo anti engaños

Fuente: (Pozo Ruz et al., 2000)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Las frecuencias en la que transmiten los satélites son:

Tabla 3-1: Frecuencias de banda L

Frecuencias de banda L			
Banda L	Frecuencia de trabajo	Longitud de onda	Código que transmite
L1	1575.42 MHz	19.05 cm	C/A y P
L2	1227.60 MHz	24.45 cm	P

Fuente: (Pozo Ruz et al., 2000)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

1.2.5 Servicios

Los servicios que ofrece GPS se muestran en la **Figura 10-1** presentada a continuación:



Figura 10-1: Servicios del sistema GPS

Fuente: (García Álvarez, 2008, p. 25)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

1.2.6 Aplicaciones

El desarrollo de los sistemas GPS ha hecho posible que se incremente las aplicaciones del mismo en diferentes actividades científicas, profesionales, deportivas, recreacionales, etc., aplicaciones que requieren de alta precisión en la medida del tiempo. En la **Tabla 4-1** se detallan algunas aplicaciones GPS en la actualidad:

Tabla 4-1: Aplicaciones GPS

Aplicaciones GPS	
CAMPO	APLICACIÓN
Estudio de fenómenos atmosféricos	El vapor de agua es el principal causante de los cambios meteorológicos, cuando la señal GPS atraviesa la troposfera modifica su velocidad, a continuación el análisis de la señal ayuda a obtener modelos de predicción meteorológica.
Localización y navegación en regiones inhóspitas	Usado en la ayuda de expediciones de investigación en zonas de difícil acceso que se caractericen por ausencia obstáculos.
Modelos geológicos y topográficos	Utilizado por geólogos para estudiar el movimiento de placas tectónicas, predicción de terremotos, en la topografía es una herramienta básica para el levantamiento de terremotos, inventarios forestales y agrarios.
Ingeniería civil	Es utilizada para monitorear en tiempo real deformaciones provocadas en grandes estructuras ya sean estas metálicas o de cemento.
Sistemas de alarma automática	En alarmas conectadas a sensores que están dotados de GPS para monitoreo de camiones de transporte de mercancías, como contaminantes, alimentos y congelados, estos generan una alarma que ayuda a dar una rápida asistencia al vehículo.
Sincronización de señales	Para sincronizar los relojes de sus estaciones con el fin de localizar fallas en su servicio eléctrico. Localizando el origen del fallo mediante la triangulación.
Guiado de disminuidos físicos	Se está desarrollando sistemas GPS para ser incorporados en personas invidentes en la ciudad. Además por la misma línea se está tratando de integrar en el turismo para una guía turística más rápida.

Navegación y control de flotas de vehículos	Para la planificación de trayectorias en flotas de vehículos. En el socorro para vehículos de la policía, bomberos, ambulancia, taxis. Algunas compañías ferroviarias para la localización de trenes, etc.
Sistemas de aviación civil	Empleado en la navegación civil en vuelos domésticos, transoceánicos, así como para su aterrizaje.
Navegación desasistida de vehículos	DGPS como ayuda en barcos para maniobras precisas, vehículos autónomos terrestres y en todos aquellos móviles de transporte de carga.

Fuente: (Pozo Ruz et al., 2000)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

1.2.7 Fiabilidad de los datos

Siendo el GPS de carácter militar, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos introducía cierto grado de error aleatorio al sistema, haciendo que este variara de 15 hasta 100 metros en su posición, esto se conocía como la disponibilidad selectiva (S/A). El 2 de Mayo de 2000 fue eliminada, y actualmente no aplica tal error, la precisión intrínseca del sistema GPS depende del número de satélites visibles en un momento y posición determinados. Así con un número considerable de satélites ya sea 7,8 o 9 y estos estén correctamente dispersos se pueden obtener precisiones menores a 2.5 metros en el 95% del tiempo. Si se activa el sistema DGPS llamado SBAS (WASS-EGNOS-MSAS), la precisión mejora aún más llegando a una precisión menor a 1 metro en un 97% del tiempo, Este sistema no está disponible en Latinoamérica ya que no cuentan con el tipo de satélites geoestacionarios y aun así se recibiera los datos de los satélites geoestacionarios, no es posible mejorar la precisión por falta de estaciones terrestres que en esta región no hay instaladas. (Tolozá, 2014, p. 70).

1.2.8 Fuentes de error

La información que se recibe de los satélites pueden verse afectadas por las fuentes que se describen a continuación:

Tabla 5-1: Errores en los sistemas GPS

Errores en los Sistemas GPS	
ERROR	DESCRIPCIÓN
Perturbación ionosférica	La ionosfera una capa de partículas cargadas eléctricamente, modifican la velocidad de las señales de radio que la atraviesan.
Fenómenos meteorológicos	El vapor de agua afecta las señales electromagnéticas disminuyendo su velocidad. Los errores generados son similares en magnitud a los causados por la ionosfera, pero su corrección es prácticamente imposible.
Imprecisión en los relojes	Los relojes atómicos de los satélites presentan ligeras desviaciones a pesar de su cuidadoso ajuste y control; lo mismo sucede con los relojes de los receptores.
Interferencias eléctricas imprevistas	Las interferencias eléctricas pueden ocasionar correlaciones erróneas de los códigos pseudo-aleatorios o un redondeo inadecuado en el cálculo de una órbita.
Error multisenda	Las señales pueden sufrir reflexiones antes de alcanzar el receptor. Los receptores modernos emplean técnicas avanzadas de proceso de señal y antenas de diseño especial para minimizar este error, que resulta muy difícil de modelar al ser dependiente del entorno donde se ubique la antena GPS.
Interferencia “Disponibilidad Selectiva S/A”	Constituye la mayor fuente de error y es introducida deliberadamente por el estamento militar.
Topología receptor-satélite	Los receptores deben considerar la geometría receptor-satélites visibles utilizada en el cálculo de distancias, ya que una determinada configuración espacial puede aumentar o disminuir la precisión de las medidas. Los receptores más avanzados utilizan un factor multiplicativo que modifica el error de medición de la distancia (dilución de la precisión geométrica)

Fuente: (Pozo Ruz et al., 2000)

Realizado por: (Sislema O., 2018)

Las fuentes de error pueden agruparse según dependan o no de la geometría de los satélites. El error debido a los derivados de la imprecisión de los relojes es independiente de la geometría de los satélites, mientras que los retrasos ionosféricos, troposféricos y los errores multisenda dependen

fuertemente de la topología. Los errores originarios de las distintas fuentes se acumulan en un valor de fluctuación que va asociado a cada medida de posición GPS. (Pozo Ruz et al., 2000a).

Tabla 6-1: Efecto causado por los errores GPS

Efecto causado por los errores GPS	
Fuente	Efecto (metros)
Arribo de la señal C/A	± 3
Arribo de la señal P(Y)	± 0.3
Ionosfera	± 5
Efemérides	± 2.5
Reloj Satelital	± 2
Distorsión multipath	± 1
Troposfera	± 0.5
Errores numéricos	± 1

Fuente: (Toloza, 2014, p. 70)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

- Reportes del sistema en tiempo real: ubicación actual de la unidad con velocidad, fecha y hora, dirección, estado del motor de la unidad, kilometraje.
- Reporte histórico de eventos.
- Reportes estadísticos de eventos.
- Permite auditar la conducta del conductor, mediante un histórico de rutas, velocidad, tiempo y trayectoria.

En conclusión el rastreo satelital es un servicio que utiliza la tecnología GPS el cual puede ser usado por personas civiles, etc. Es decir su uso no está limitado y puede ser aplicado en diferentes áreas donde cada una nos brinda una variedad de beneficios siempre y cuando se dé un buen uso a la misma.

1.3 Sistema de coordenadas

La localización es relativamente simple para la mayoría de las personas, ya que pueden movilizarse y relacionarse con una ubicación fácilmente de la misma manera como en un mapa de manera local. En cambio ubicarse por medio de coordenadas resulta algo complicado, aunque para que una computadora intercambie los datos geoespaciales necesita de la ubicación exacta y Sistema de referencia espacial. (Espinosa y Navarro, 2015, p. 17)

1.4 Protocolo NMEA

NMEA viene de sus siglas en inglés (National Marine Electronics Association), la cual es una Asociación que ha especificado un tipo de formato con el que cuentan algunos de los receptores GPS y la mayoría de los programas de computadora con los que se obtiene la posición satelital.

La idea de crear el formato NMEA surge de la necesidad de enviar en una sola línea de texto toda la información y que sea diferente a cualquier otra, la información contenida en la línea de texto viene separada mediante comas, inicia con el símbolo \$ y finaliza con un retorno de carro, el orden de la información dependerá del dispositivo que se esté utilizando. (Espinosa y Navarro, 2015, p. 19). Seguido del símbolo \$ viene el identificador de la oración compuesto por 5 letras donde las dos primeras letras es el ID del hablante e indica la naturaleza y fuente de información:

GP: GPS; **GL:** Glonass; **GA:** Galileo; **GN:** sistemas GNSS combinados.

La interfaz estándar NMEA 0183 define los requisitos eléctricos de señalización, protocolo de transmisión de datos y el tiempo, y formatos de oraciones específicas para un bus de datos en serie 4800-baudios. Cada bus puede tener sólo un hablador pero muchos oyentes. Esta norma tiene por objeto apoyar una vía de transmisión de datos en serie a partir de un único orador a uno o más oyentes. Estos datos están en formato ASCII imprimible y puede incluir información tal como la posición, la velocidad, la profundidad, la asignación de frecuencias, además de otros. Este código es el que se envía desde los satélites hacia los receptores GPS, dentro del código NMEA, existen varios códigos que hacen referencia a distintos elementos disponibles de la posición, velocidad, tiempo u otro factor. (Henao, 2014, p. 16)

1.4.1 GGA- Global Positioning System Fix Data.

El código GGA muestra el Tiempo Universal Coordinado (Universal Time Coordinate UTC), la posición en el espacio, latitud y longitud y corregir los datos relativos a un receptor GPS, cuyo formato se da de la siguiente manera.

```
$--GGA,hhmmss.ss,llll.lll,a,yyyyy.yyy,a,x,uu,v.v,w.w,M,x.x,M,,zzzz*hh<CR><LF>
```

Donde:

Tabla 7-1: Descripción del código GGA

Descripción del código GGA		
Campo	Nombre	Descripción
hhmmss.ss	UTC Time	UTC de posición in hhmmss.sss format, (000000.000 ~ 235959.999)
llll.lll	Latitud	Latitud en ddmm.mmmm format. Se insertan ceros a la izquierda.
A	Indicador N/S	'N' = Norte, 'S' = Sur
yyyyy.yyy	Longitud	Longitud in dddmm.mmmm format. Se insertan ceros a la izquierda.
A	Indicador E/W	'E' = Este, 'W' = Oeste
x	Indicador de calidad del GPS	Indicador de calidad del GPS: 0: No disponible 1: Válida, Modo SPS 2: Válida, Modo GPS diferencial
uu	Satélites usados	Número de satélites en uso, (00 ~ 24)
v.v	HDOP	Dilución horizontal de precisión, (00.0 ~ 99.9)
w.w	Altitud	Altitud sobre el nivel del mar (-9999.9 ~ 17999.9) in meter
x.x	Separación Geoidal	En metros
zzzz	DGPS Station ID	ID de la estación de referencia DGPS, 0000 ~ 1023 NULL cuando DGPS no está en uso
hh	Checksum	Utilizado por el programa para verificar errores de transmisión.

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ejemplo:

\$GPGGA,135643.000,4124.8963,N,08151.6838,W,1,09,1.0,1393.1,M,4.8,M_0000*4D.

1.4.2 RMC - Recommended Minimum Specific GNSS Data.

El código RMS muestra el Tiempo Universal Coordinado (Universal Time Coordinate UTC), la fecha, la posición en el espacio, latitud y longitud, y la velocidad., cuyo formato se da de la siguiente forma.

\$--RMC,hhmmss.sss,x,llll.lll,a,yyyyy.yyy,a,x.x,u,u,xxxxxx,,v*hh<CR><LF>

Donde:

Tabla 8-1: Descripción del código RMC

Descripción del código RMC		
Campo	Nombre	Descripción
hhmmss.ss	UTC Time	UTC de posición in hhmmss.sss format, (000000.000 ~ 235959.999)
x	Status	Estado 'V' = Advertencia del receptor de navegación. 'A' = Dato válido.
llll.lll	Latitud	Latitud en ddm. mmm format. Se insertan ceros a la izquierda.
A	Indicador N/S	'N' = Norte, 'S' = Sur
yyyyy.yyy	Longitud	Longitud in dddmm.mmmm format. Se insertan ceros a la izquierda.
A	Indicador E/W	'E' = Este, 'W' = Oeste
x.x	Velocidad sobre el suelo	Velocidad sobre el suelo en nudos (000.0 ~ 999.9)
x	Indicador de calidad del GPS	Indicador de calidad del GPS: 0: No disponible 1: Válida, Modo SPS 2: Válida, Modo GPS diferencial
u.u	Curso sobre el suelo	Curso sobre el suelo en grados (000.0 ~ 359.9)
xxxxxx	UTC Date	Fecha UTC de corrección de posición, formato ddmmyy
v	Indicador de modo	Indicador de modo 'N' = Dato no valido 'A' = Modo autonomo 'D' = Modo diferencial 'E' = Modo estimado
hh	Checksum	Utilizado por el programa para verificar errores de transmisión.

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ejemplo:

\$GPRMC,135643.000,A,0448.2194,N,07542.5935,W,0.03,2.63,130812_,A*7F.

1.4.3 GSV - Satellites in view.

Este código muestra la cantidad de satélites que el receptor puede _ver_ o de los que puede recibir datos. También la elevación, azimuth y la relación señal/ruido (SNR).

\$--GSV,x,u,xx,uu,vv,zzz,ss,uu,vv,zzz,ss,...,uu,vv,zzz,ss*hh<CR><LF>

Donde:

Tabla 9-1: Descripción del código GSV

Descripción del código GSV		
Campo	Nombre	Descripción
x	Número de mensaje	Número total de mensajes de GSV a transmitir (1-3)
u	Secuencia de números	Número de secuencia del mensaje GSV actual
x.x	Satélites a la vista	Número total de satélites a vista (00~12)
uu	ID de satélite	01 ~ 32 son para GPS; 33 ~ 64 son para SBAS (PRN menos 87); 65 ~ 96 son para GLONASS (64 números de ranura más); 193 ~ 197 son para QZSS; 01 ~ 37 son para Beidou (BD PRN). Los satélites GPS y Beidou se diferencian por el prefijo GP y BD. Se incluyen como máximo 4 satélites en cada oración GSV.
Vv	Elevación	Elevación del satélite en grados. (00~90)
zzz	Azimuth	Ángulo azimuth del satélite en grados, (000~359)
ss	SNR	C/No en dB (00~99) NULL cuando no está rastreando
hh	Checksum	Utilizado por el programa para verificar errores de transmisión.

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ejemplo:

\$GPGSV,3,1,12,03,77,143,32,06,67,080_19,46,183,33,32,45,233,34*76.

1.4.4 GSA - DOP and Active Satellites.

El código GSA muestra información de los satélites usados por el receptor.

\$--GSA,a,x,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,xx,u,u,v,v,z,z*hh<CR><LF>

Donde:

Tabla 10-1: Descripción del código GSA

Descripción del código GSA		
Campo	Nombre	Descripción
a	Modo	Modo 'M' = Manual, forzado a operar en modo 2D o 3D 'A' = Automático, permite cambiar automáticamente 2D/3D
x	Modo	Tipo de corrección 1 = Corrección no disponible 2 = 2D 3 = 3D

X's	ID de satélite	01 ~ 32 son para GPS; 33 ~ 64 son para SBAS (PRN menos 87); 65 ~ 96 son para GLONASS (64 números de ranura más); 193 ~ 197 son para QZSS; 01 ~ 37 son para Beidou (BD PRN). Los satélites GPS y Beidou se diferencian por el prefijo GP y BD. Se incluyen como máximo 12 satélites en cada oración GSA.
u.u	PDOP	Dilución de posición de precisión, (00.0 ~ 99.9)
v.v	HDOP	Dilución horizontal de precisión, (00.0 ~ 99.9)
z.z	VDOP	Dilución vertical de precisión, (00.0 ~ 99.9)
hh	Checksum	Utilizado por el programa para verificar errores de transmisión.

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.

Ejemplo:

\$GPGSA,A,3,32,11,01,23,03,31,19,20,16,_1.6,1.0,1.3*3B.

1.5 Red móvil celular

La telefonía celular se diseñó para proporcionar conexiones de comunicaciones estables entre dos dispositivos móviles o entre una unidad móvil y una unidad estacionaria. Un proveedor de servicios debe ser capaz de localizar y seguir al que llama, asignando un canal a la llamada y transfiriendo la señal de un canal a otro a medida que el dispositivo se mueve fuera del rango de un canal y dentro del rango de otro. (Forouzan, 2007, p. 202)

Para realizar este seguimiento el área de servicio se divide en regiones pequeñas llamadas células. Cada una de ellas con una antena controlada por una central llamada central de célula, que a su vez es controlada por una central de conmutación de telefonía móvil. Este coordina las comunicaciones entre todas las centrales de célula y la central telefónica (Forouzan, 2007, p. 203), véase **Figura 11-1**.

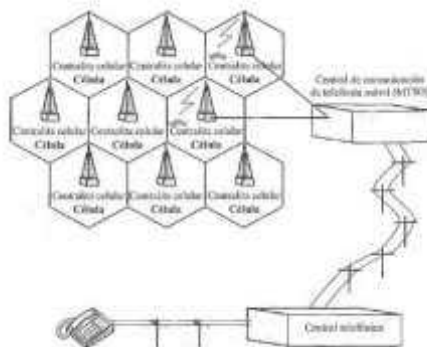


Figura 11-1: Sistema celular
Fuente: (García Álvarez, 2008, p. 25)

El tamaño de la célula no es fijo y puede ser mayor o menor dependiendo de la población del área. El radio típico de una célula está entre 2 y 20 kilómetros. Las áreas con alta densidad necesitan más células geográficamente más pequeñas para satisfacer las demandas de tráfico que las áreas de baja densidad de población. Una vez calculado, el tamaño de células se puede optimizar para prevenir las interferencias de las señales de las células adyacentes. La potencia de la transmisión de cada célula se mantiene baja para prevenir que su señal interfiera a las de otras células. (Forouzan, 2007, p. 203)

1.5.1 GSM (Global System for Mobile communications)

Es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales creado por la CEPT y desarrollado por el ETSI como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. (Martos, 2005, p. 70)

GSM tiene cuatro versiones principales en las bandas: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. GSM-1900 (900MHz) y GSM-1800 (1,8MHz) son utilizadas en la mayor parte del mundo, salvo en Estados Unidos, Canadá y el resto de América Latina, lugares en los que se utilizan las bandas de GSM-850 y GSM-1900 (1,9MHz), ya que en EE.UU las bandas de 900 y 1800 MHz están ya ocupadas para uso militar. Inicialmente, GSM utilizó la frecuencia de 900 MHz, pero tras su rápida expansión, pronto se saturó el espacio radioeléctrico entorno a esa frecuencia de 1800 y 1900 MHz, con lo cual es habitual que los equipos móviles de hoy en día sean tribanda. (Martos, 2005, p. 70)

El único servicio ofrecido por GSM y que no se encuentra en los sistemas analógicos más antiguos es el servicio de mensajes cortos o SMS (Short Message Service). SMS es un servicio bidireccional para mensajes alfanuméricos cortos (hasta 160 bytes). (Martos, 2005, p. 70)

1.5.1.1 La trama GSM

Para la transmisión de bits entre la estación base y una estación móvil se utilizan canales físicos, caracterizados por un número de slot y una portadora. Dentro de cada portadora, capaz de transportar una multitrama se multiplexan en el tiempo 8 ranuras, formando una trama TDMA. En el gráfico de la **figura 13-1** se detalla una de estas tramas de tráfico aunque las hay de otros tipos. Cabe indicar que dentro de los 26 slots de la multitrama, el 12 está reservado para señalización y el 25 no se utiliza, siendo el resto canales de datos.

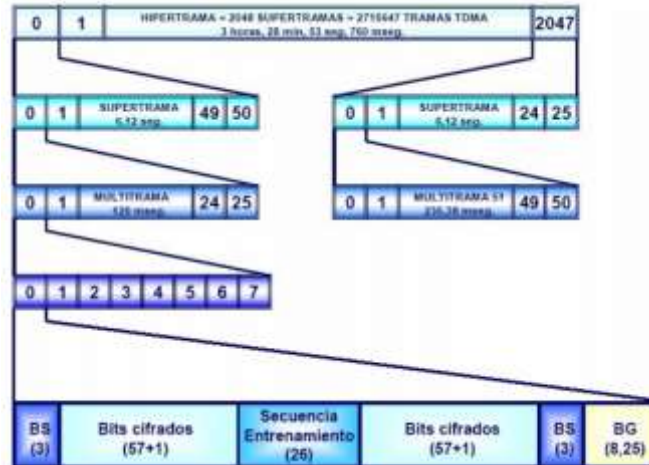


Figura 12-1: Diagrama de entramado GSM

Fuente: (Martos, 2005, p. 72)

1.5.2 Tarjeta SIM

La tecnología GSM viene provista de un chip o también llamada tarjeta SIM la cual almacena información importante del usuario o abonado, el cual funciona como un perfil de usuario facilitando el cambio de equipo terminal conservando sus datos, así como también el cambio de operadora conservando su equipo.

1.5.3 GPRS

El Servicio general de paquetes vía radio es una extensión de GSM, con el cual se tiene un rendimiento desde 40 kbps hasta 114 kbps, permitiendo utilizar servicios que brinda la arquitectura TCP/IP como internet, telnet, correo electrónico (SMTP), etc. (Espinosa y Navarro, 2015)

1.5.3.1 Características

Dentro de las características que ofrece la tecnología GPRS es la efectiva carga de datos, siendo esta mayor al Servicio de Mensajes cortos (SMS) la cual limita a 160 caracteres. Aprovechando la velocidad y capacidad de GPRS al ser combinadas lo hace magnífico para servicios tales como Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (WAP) y Mensajería Multimedia (MMS), ofreciendo mayores servicios innovadores y generadores de facturación. (Chuquitarco y Naranjo, 2012, pp. 10-11)

1.5.3.2 Servicios

Los principales servicios que ofrece GPRS se muestran en la **Figura 13-1**:



Figura 13-1: Servicios GPRS

Fuente: (Chuquitarco y Naranjo, 2012, p. 11)

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

1.6 Rastreo Satelital

El rastreo satelital es un servicio utilizado para la localización de elementos como vehículos, personas, etc., para lo cual, utiliza la triangulación de las señales de los satélites geoestacionarios que orbitan alrededor del planeta. Este servicio es de uso abierto para la comunidad civil y para ello es necesario poseer los dispositivos que integren la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global), que comúnmente encontramos en navegadores personales, celulares, etc.

Dentro de los usos donde podemos aplicar el rastreo satelital tenemos: localización de vehículos robados o extraviados, localización en camiones de carga para estimar tiempos de arribo, alertas de movimiento sin autorización en vehículos, ubicar un familiar con el cual no puede comunicarse, consultas ilimitadas a la logística o posición del vehículo en página web.

Ventajas de un sistema de rastreo satelital:

- Seguridad para los usuarios (clientes).
- Control sobre las rutas.
- Información en tiempo real: posicionamiento de la unidad, alerta de la salida de ruta, alerta de paradas en un punto determinado.

1.6.1 Servicios de rastreo satelital

La cantidad de servicios de rastreo satelital cada vez va en aumento así como la oferta por estos sistemas. El usuario tiene opciones para elegir, desde un rastreo básico hasta uno con los servicios más novedosos del mercado.

Un rastreo satelital básico conlleva únicamente el servicio de ubicación geográfica. Algo a tomar en cuenta es que la mayoría de estos servicios no permite el acceso a esta ubicación. Por otro lado sistemas modernos tienen la opción de ver esta ubicación en tiempo real desde el celular.

Un buen sistema de rastreo satelital debería ofrecer ciertos servicios básicos, rastreo confiable y una cobertura satelital de calidad.

Los sistemas actuales ofrecen alternativas originales y útiles junto con sus aplicaciones ya que ofrecen guardar un historial de viaje al detalle, se puede conocer la velocidad promedio, consumo de gasolina e inclusive frenadas y aceleradas bruscas en el trayecto.

1.6.2 Mercado de los sistemas de rastreo satelital en Ecuador

La evolución de los sistemas de rastreo satelital en el país los últimos años ha puesto a nuevas marcas y propuestas en el mercado, las cuales hacen que el servicio sea competitivo y atractivo.

1.6.2.1 Hunter

Esta empresa especializada en el rastreo, ubicación y recuperación de vehículos robados, fue una de los primeros nombres que apareció en el Ecuador en control y monitoreo satelital. (Guzman, 2016)

Hunter ofrece dos tipos de servicios. El primero es para flotas de buses o camiones, ofreciendo monitoreo continuo con tecnología GPS. El segundo está destinado para el robo de autos particulares y funciona mediante radiofrecuencia. La compañía instala un dispositivo de rastreo electrónico en lugares secretos de los autos (por seguridad, ni siquiera el dueño del auto sabe dónde este dispositivo está instalado). (Guzman, 2016)

Para rastrear el vehículo, es necesario verlo desde una computadora en su página web. Hunter también cuenta con una aplicación para el celular, brindando mayor comodidad, dinamismo y efectividad de sus productos para sus clientes. (Guzman, 2016)

Existen diversos precios en el servicio Hunter, el dispositivo de rastreo básico para cualquier tipo de automotor cuesta \$ 446,88 por año, pero también hay un descuento para quienes cancelen 3 años por adelantado: cuesta \$ 1.446,88. También ofrecen servicios adicionales como el monitoreo básico, donde el usuario podrá tener 5 ubicaciones de su vehículo al mes, por medio de mensajes escritos desde su celular o vía Internet desde su computadora, por \$ 537,60.

1.6.2.2 Sherlock

El servicio de Sherlock no es demasiado diferente al de Hunter. Al igual que ellos, ofrecen dos tipos de rastreo y para monitorear un auto es necesario hacerlo desde una computadora.

El Sherlock Satelital Basic es el servicio de localización y rastreo vehicular usado en autos particulares. Por otro lado, el Sherlock Satelital Golden es el servicio que se ofrece para empresas. Además del ya mencionado rastreo satelital desde una computadora, este servicio incluye reportes del recorrido de tu auto, excesos de velocidad, apertura remota de puertas, control total de bloqueo y desbloqueo de tu auto e inclusive una “cerca virtual” que te notificará si un auto en particular sale de la ruta previamente trazada. (Guzman, 2016)

1.6.2.3 Tracklink

La dinámica de Tracklink es idéntica a la de los otros competidores. Esta empresa cuenta una aplicación para celular y ofrece cuatro tipos de servicios.

Tracklink interactivo: El paquete más básico de rastreo satelital donde el usuario debe notificar el robo de su auto para que la empresa comience con el rastreo desde sus oficinas. Su valor el primer año es de \$ 480 y el siguiente \$ 290

Tracklink control: Este servicio incluye bloqueo y desbloqueo de tu auto, cerca virtual y una aplicación móvil específica. El tercer servicio, Tracklink control Plus incluye todo esto y un botón de alerta dentro de tu vehículo. El precio es de \$ 670 en su instalación y \$ 320 la renovación.

El último servicio, Tracklink Control Total es específico para flotas de buses y mercaderías e incluye alertas para movimientos, paradas y desvíos de estos vehículos.

1.6.2.4 CarSync

La nueva era del rastreo satelital. CarSync tiene un servicio completo, con aplicación móvil y beneficios únicos dentro de todos sus planes. Además de poder localizar a tiempo real tu auto desde un Smartphone, CarSync ofrece también apertura eléctrica de puertas, sistema de parqueo seguro, bloqueo y desbloqueo electrónico del auto, historial de viajes al detalle desde kilómetros recorridos hasta consumo de gasolina, velocidad promedio y avisos automáticos de mantenimientos y papeleo para tu auto. (Guzman, 2016)

CarSync combina la conectividad de un Smartphone con el auto para hacer la vida del usuario más fácil y sobre todo seguro. El precio del servicio anual es de \$ 349,99 y en 12 cuotas \$ 32,99 por mes

1.7 Servidor

1.7.1 Introducción

Un servidor es un ordenador u otro tipo de equipo informático el cual se encarga de proporcionar información a los clientes que pueden ser personas u otros dispositivos conectados a él. La información puede ser múltiple y variada, desde archivos de texto, imagen o video y hasta programas informativos, bases de datos, entre otros, el servidor actúa como el gran cerebro de un sistema informático, puesto que constituye el elemento capaz de albergar información.

1.7.2 Servidor Apache

Apache es un servidor Web por lo tanto es un software que responde a las solicitudes de los navegadores web, gracias a su alta calidad y por ser de código abierto (open source) Apache se ha convertido es uno de los servidores web más populares del mundo llegando actualmente a una cota de aproximadamente 68% de los servidores web frente un 31% de ISS siendo este último su principal competidor.

Se pueden utilizar varias tecnologías en el servidor para aumentar su potencia más allá de su capacidad de entregar paginas HTML, estas incluyen scripts CGI, seguridad SSL y paginas activas del servidor ASP.

En la web existen varios sitios que ofrecen alojamiento web las cuales cuenta con aplicaciones adicionales como MySQL y PHP, entre ellas tenemos AWS, Hostinger, GoDaddy.

Al usar aplicaciones en el lado del servidor la mayoría de sitios facilitan la edición de los módulos de extensión como PHP, con ello fácil acceso a bases de datos, así como su agilidad en el servicio de las páginas solicitadas y su seguridad.

1.7.2.1 PHP

PHP corresponde a las iniciales de herramientas de la página de inicio personal. Es un lenguaje de programación tipo guion para entornos web con unas funciones muy semejantes a ASP y JSP, utilizada sobre todo en servidores Linux para personalizar la información enviada a los usuarios que acceden a un sitio web. Desde un punto de vista técnico, es un lenguaje interpretado de alto nivel, similar en construcciones léxicas y sintácticas a C, C ++, Java y Perl, por lo que con estos lenguajes les resultará muy fácil comenzar a escribir código PHP. (Millet, 2013, p.7)

PHP es un lenguaje incrustado en las páginas HTML, es decir, es un lenguaje de programación que se introduce dentro de las páginas HTML. El código PHP se interpreta en el lado del servidor de la web, desde donde se genera la página HTML solicitada antes de llevar a cabo su transmisión al navegador. De esta forma, podemos programar aplicaciones asociadas al servidor de web, aumentado, así, la funcionalidad de dicho servidor y convirtiéndolo en un Sistema de desarrollo de aplicaciones cliente / servidor mucho más completo. Su principal objetivo es hacer que los desarrolladores de aplicaciones se basen en la web, se puedan escribir las páginas que se muestran dinámicamente de una forma sencilla y rápida. (Millet, 2013, p.7-8)

En resumen se puede decir que el nuevo PHP se ha ampliado mucho desde su versión 3 en aspectos muy importantes como conceptos de programación orientada a objeto, y su sintaxis que ahora es mucha más cercana a la del lenguaje C, por lo que para un programador que ha usado anteriormente el lenguaje C no tendría inconvenientes con PHP. (Millet, 2013, p.8)

1.7.3 Servidor de base de datos

El servidor de base de datos provee servicios de base de datos a otros programas o computadoras, como es definido por el esquema general cliente-servidor. Manejan grandes y complejos volúmenes de datos, al mismo tiempo requieren compartir información con un conjunto de clientes de manera segura. Por lo cual requiere de un SGBD (Sistema de Gestión de Base de Datos), uno de los más conocidos es MySQL el cual se utilizará para el presente trabajo.

1.7.3.1 MySQL

MySQL es un SGBD más popular, de código abierto, con su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso comprobados, MySQL se ha convertido en la opción de base de datos para aplicaciones basadas en la web, puesto que utiliza propiedades web de alto perfil. MySQL también puede verse como un conjunto de aplicaciones o pluggins funcionando en conjunto.

La **figura 14-1** muestra la versión actual distintos motores de almacenamiento de datos, entre los que se han actualizado MyISAM (permite índices por cadenas completas) e InnoDB (que permite el uso de las transacciones) o la incorporación de amortiguadores en la memoria que permite agilizar la respuesta de sus resultados. (Millet, 2013, p.10)

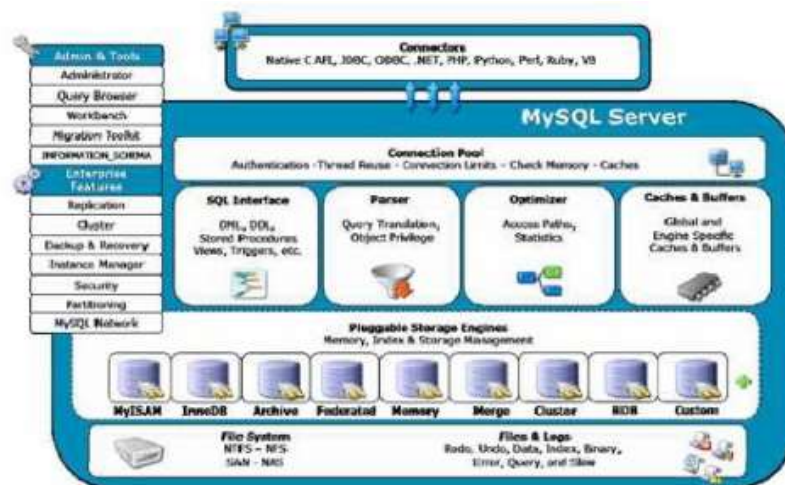


Figura 14-1: Motores de almacenamiento MySQL

Fuente: (Millet, 2013, p.10)

1.7.4 Amazon Web Services

Es el sistema encargado de almacenar la información para el correcto funcionamiento de la plataforma de rastreo satelital, para el presente proyecto se hace uso de la plataforma de servicio en la nube Amazon Web Service (AWS).

CAPITULO II

2 DISEÑO Y PROTOTIPO

2.1 Marco metodológico

Para el desarrollo del prototipo se regirá al modelo de Principios de Diseño de Pahl y Beitz.

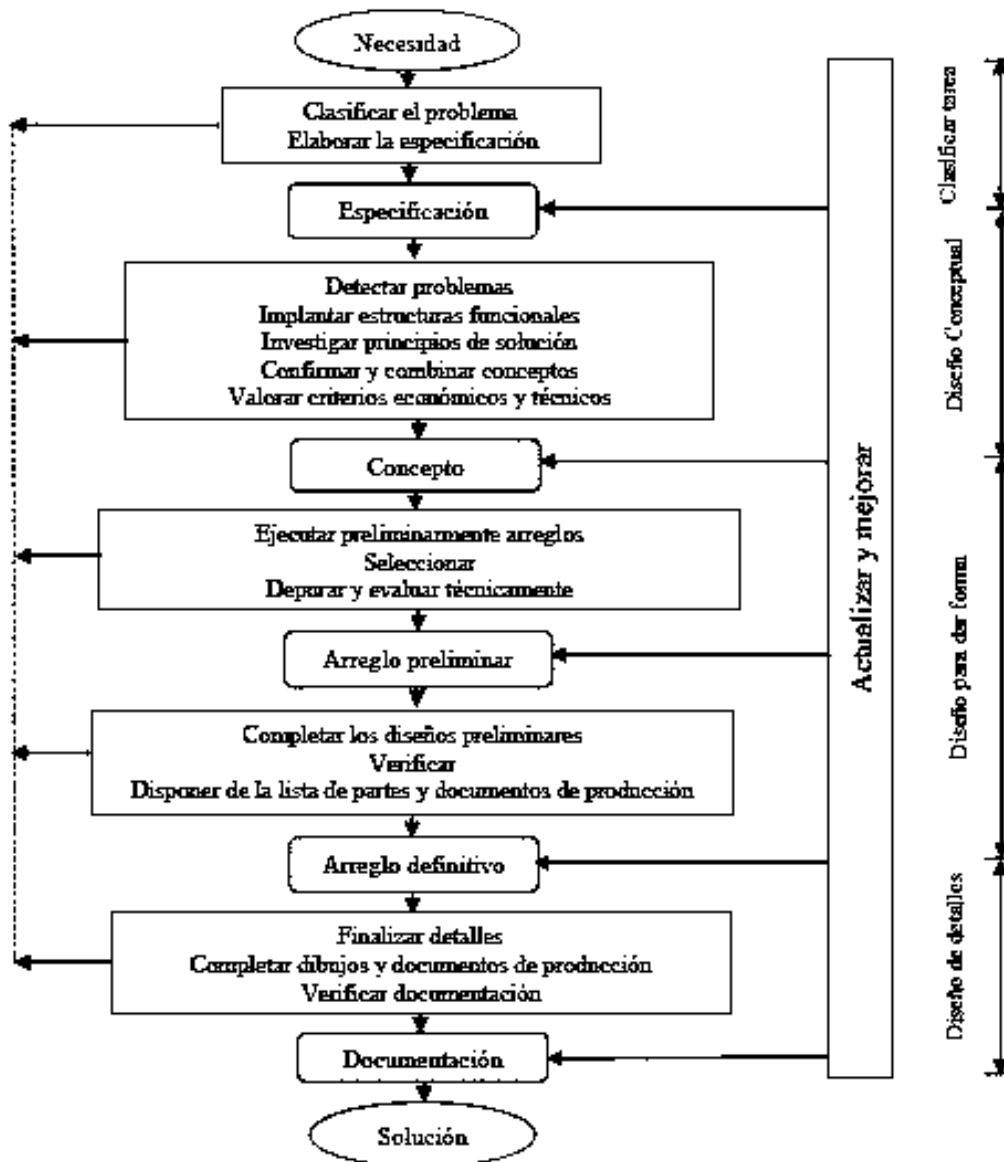


Figura 1-2: Principios de diseño de Pahl y Beitz

Fuente: (PAHL y BEITZ, 1996)

2.1.1 Consideraciones

El sistema de rastreo debe cumplir con las siguientes características:

- Uso de una tarjeta de desarrollo.
- Alimentación del equipo de 5V/3A.
- Uso de red GPRS.
- Uso de la señal GPS de banda L1 con frecuencia 1575.42 MHz.
- Módulos GPS y GPRS/GSM de tamaños reducidos y de bajo consumo de energía
- Dispositivo de recepción compacto y portable.
- Desarrollo de una página web para la presentación de los datos.
- Integración de un mapa digital en el portal web para visualización del recorrido del dispositivo.
- Uso de hosting asequible para almacenar la página web.
- Utilizar una base de datos para el almacenaje de los datos recibidos por el dispositivo móvil como de los datos informativos de cada usuario.
- Manejo de usuario y contraseñas en la base de datos para el ingreso del usuario al portal web.
- Acceso y recolección de datos GPS.

2.1.2 Especificaciones

Se toma en base a los requerimientos de una flota de vehículos de repartición de productos lácteos que cuenta con un servicio de rastreo satelital.

2.1.2.1 Requerimientos del usuario

- Dispositivo de uso personal.
- El dispositivo tendrá dimensiones y peso de fácil portabilidad.
- Costo asequible del dispositivo.
- Dispositivo libre de utilizar con cualquier operadora.
- Acceso gratuito, mediante página web.
- Fácil acceso al portal web.
- Poseer un perfil del usuario con contraseña.
- Perfil con foto para mejor identificación.
- Otorgar un ambiente gráfico.

- Administración de dispositivos.
- Visualización en un mapa digital del recorrido del dispositivo.
- Historial de recorridos realizados.

2.1.2.2 *Diseño conceptual*

En este punto se tomará en cuenta los requerimientos y sugerencias que se vieron en la fase anterior con el fin de obtener soluciones para los requerimientos mencionados.

2.1.2.3 *El prototipo*

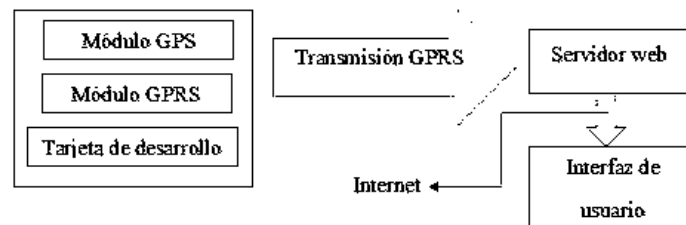


Figura 2-2: Diagrama de bloques del sistema de rastreo satelital

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Para desarrollar la plataforma de localización implica estructurarlo desde la base, desde el dispositivo de localización hasta su funcionamiento, requiriendo definir y organizar cada uno de ellos. En la **figura 2-2** muestra el diagrama en bloques del sistema de rastreo satelital donde se puede apreciar los diferentes componentes que conformaran el dispositivo móvil, la red de transmisión de los datos, el servidor y la presentación de los datos al usuario mediante internet.

Para ello se tomaron en cuenta aspectos importantes a cubrir, como la necesidad del usuario que espera un sistema de localización de uso personal, el costo del dispositivo y la gratuidad en el uso del portal web para su monitoreo.

Analizando los tres aspectos se despliegan las siguientes características generales:

- El usuario necesita tener la ubicación en todo momento en tiempo real.
- La instalación del dispositivo debe ser de manera sencilla.
- Los datos obtenidos por el dispositivo se deberán enviar a un servidor.
- El sistema prototipo a implementar será eficaz y accesible para el usuario.

- **Dispositivo de localización o equipo terminal**

El dispositivo de localización debe ser desarrollado en una tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3 modelo B la cual será el elemento principal del dispositivo donde se realizan las respectivas configuraciones y será el que controle todo el proceso de gestión de la información recopilada, se utilizará el lenguaje PHP para la misma.

Se usarán un módulo GPS y un módulo GPRS, con los cuales se realizara la adquisición de los datos del sistema de satélites GPS haciendo uso de la banda L1 con frecuencia 1575.42 MHz y la transmisión respectivamente, haciendo uso de la red GPRS implementada en el país ya que esta red está dirigida para aplicaciones de monitoreo remoto, ambos módulos se conectaran a la Raspberry Pi 3 mediante la conexión serial USB, aprovechando su alimentación por la misma conexión, el módulo GPRS cuenta con una ranura para tarjeta SIM.

La alimentación de tarjeta de desarrollo será de 5V/ 3A por su puerto mini USB y conectado a un adaptador para ser conectado a la alimentación disponible en el dispositivo o a su vez la utilización de un banco de baterías si el objeto no cuenta con una alimentación disponible.

Tanto la tarjeta de desarrollo y los módulos hacen parte del dispositivo móvil colocándolos dentro de una caja haciéndolo de dimensiones y peso portables.

El dispositivo será de fácil instalación por parte del usuario así también podrá cambiar de objeto a futuro si así lo necesitara solamente conectándolo a su alimentación sin necesitar de una configuración posterior.

- **Servidor de localización**

Para recopilar la información adquirida por el dispositivo, es necesario contar con un servidor que permita almacenar y recibir la información enviada por el dispositivo, este servidor dependerá de las características y complejidad del sistema, como de la interacción que se tenga con un ambiente gráfico y consulta de la información obtenida.

- **Interfaz de usuario**

Así mismo se creará una página web directamente en el servidor el cual desplegará los datos obtenidos del dispositivo, el cual se podrá visualizar con un dispositivo o equipo con conexión a internet.

La página web cual contará con las siguientes características:

- Ambiente gráfico.
- Ingreso mediante un nombre de usuario y contraseña.
- Perfil de usuario administrable para cambios de contraseña y cambio de foto de perfil.
- Mapa digital que mostrara la posición dispositivo en tiempo real.
- Visualizar la ruta del objeto en caso de que este se encuentre en movimiento.
- Conexión a la base de datos previamente mencionada.
- Servicios adicionales que interesen al usuario sobre el objeto rastreado como su latitud, longitud, numero de satélites conectados, velocidad, así también como su ID o identificación que diferencia de los demás usuarios y dispositivos, siendo este ID único en cada dispositivo.
- Hosting gratuito.
- Dominio.

2.1.2.4 Criterio de costos

Lo que busca el prototipo es un bajo costo del dispositivo de posicionamiento así como brindar la gratuidad del servicio para el usuario en lo concerniente al acceso a su plataforma web para el seguimiento del objeto rastreado así como la visualización en un mapa digital de facilidad de interpretación, puesto que en el mercado existen equipos de rastreo de bajo costo donde el usuario debe tomar los datos recibidos en coordenadas, por lo cual este tipo de equipos están dirigidos a personas con fundamentos básico que puedan interpretar dichos datos, o a su vez ofrecen el servicio de rastreo de manera gráfica con pagos mensuales costosos.

2.1.2.5 Mercado

El prototipo al ofrecer eficiencia y fiabilidad en el rastreo satelital así como también ser confiable, hace posible su uso para aquellos cuya necesidad sea el rastreo satelital de elementos sujetos a tracking y que pueda integrar en su composición el equipo terminal.

2.2 Selección de dispositivos

En base al diseño conceptual descritos en el capítulo anterior para el desarrollo del sistema y teniendo en cuenta la disponibilidad de los servicios requeridos en dispositivo móvil o terminal móvil deberá integrar un receptor GPS junto con un sistema de comunicación GSM/GPRS que trabaje con las operadoras disponibles en el país.

2.2.1 Tarjeta Raspberry Pi 3



Figura 3-2: Raspberry Pi 3 B

Fuente: <https://goo.gl/eaX93i>

Raspberry Pi es una placa de desarrollo reducida o placa simple (SBC) véase la **figura 3-2**, una de las mejores considerando su calidad y precio, posee un sistema operativo de código abierto adaptado a la versión Debian, denominada Raspbian, la cual cuenta con actualizaciones constantes. Su función es ser el controlador principal del dispositivo de seguimiento junto con los módulos mencionados.

Se eligió una Raspberry Pi 3 por su tamaño, alimentación por USB y bajo consumo, precio accesible a comparación de otros dispositivos similares, además de tener la capacidad de una microcomputadora y la capacidad de añadir funcionalidades. La placa cuenta con un sistema en chip Broadcom BCM2837 de 64 bits.

Tabla 1-2: Características relevantes de la Raspberry Pi 3 modelo B

RAM	1 GB
Procesador	ARM Cortex-A7 (4 núcleos) de 900Mhz
Boot	Ranura MicroSD
Puertos	4 puertos USB 2.0
Alimentación	3,3 V / 5 V a 2,5ª
Dimensiones	85 x 56 mm
Peso	45g

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **figura 4-2** se puede observar las principales partes con la cual está conformada Raspberry Pi 3 modelo B.

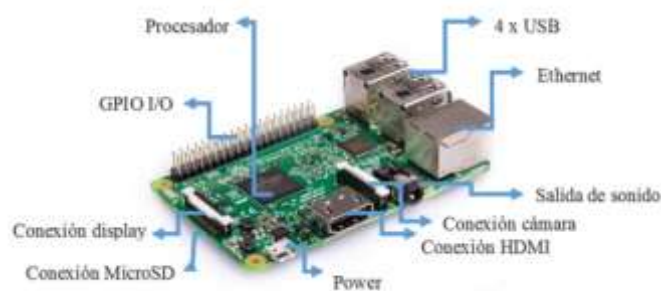


Figura 4-2: Partes Raspberry Pi 3 B

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ver Anexo A

2.2.2 Módulo GPS UBLOX VK 172

Como ya se mencionó el dispositivo de posicionamiento tendrá la capacidad de adquirir los datos del Sistema de satélites GPS para lo cual utilizaremos un módulo GPS el cual realizara el mismo, y entregando datos NMEA a la Raspberry Pi.



Figura 5-2: Módulo GPS UBLOX VK 172

Fuente: <https://goo.gl/aew69e>

En la **figura 5-2** se puede observar la tarjeta de control con el circuito UBLOX VK 172 seleccionada, es un receptor GPS, el cual con la antena que tiene incluida recibe las señales de los satélites que están alrededor de la Tierra, cuenta con una antena por lo cual viene listo para trabajar de inmediato, por tanto se tomó en cuenta como principal característica para la elección de este dispositivo frente a otros de características similares que necesitan ser activación y configuración mediante comando AT previo para comenzar a recibir los datos.

El modulo funciona con un rango de alimentación de 3 a 5 volts, para comunicarse con la Raspberry Pi basta con conectar los pines TX y RX para recibir los datos NMEA.

Una característica del módulo es adaptar automáticamente la velocidad en baudios para recibir los datos, recibe mediante la banda L1 con DGPS

Tabla 2-2: Características del módulo Ublox Vk 172

Sensibilidad de seguimiento	- 162 dBm
Sensibilidad de adquisición	- 160 dBm
Canales	56
Tiempo de arranque	29s
Tamaño	6 x 2,3 cm

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ver Anexo B

2.2.3 Módulo GSM/GPRS Huawei E303C

Este dispositivo es el medio de enlace entre dispositivo de posicionamiento y el servidor de datos, cuando la señal GPS haya sido procesada este dispositivo será el encargado de enviar los datos mediante una conexión TCP enviando la información al servidor, permitiendo almacenarlos.

En la actualidad existe una variedad de módulos GSM/GPRS pero se ha optado por este módulo de comunicaciones celulares Huawei E303C por su compatibilidad e integración con la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, permitiendo trabajar con lenguaje PHP y las librerías con las que cuenta, y puede trabajar con cualquier operadora disponible en el país usando las 4 bandas de comunicación celular 850, 900, 1800 y 1900 MHz.



Figura 6-2: Módulo Huawei E303C

Fuente: <https://goo.gl/TouY43>

El módulo GSM/GPRS se observa en la **figura 6-2** el cual soporta la red GPRS cuatribanda GSM, GPRS, disponibilidad para enviar mensajes SMS de transmisión remota, cuenta con un tamaño compacto y un bajo consumo de corriente, su comunicación con la Raspberry Pi es mediante el puerto USB, incluye 3GPP y SIMCOM mejorado con comandos AT, permite el envío y recepción de llamadas y operaciones sencillas por internet como HTTP/UDP/FTP. Cuenta con una ranura para insertar un micro SIM en la parte interna del módulo.

Los módulos GSM permiten el intercambio de datos con otro modem, son pequeños teléfonos móviles, está configurado y controlado por USB, por lo cual solo se necesita conectar a la tarjeta de desarrollo y se empieza a comunicarse. Por estas razones es ideal para los sistemas remotos que requieran comunicación entre dos puntos en este caso conectar el dispositivo de posicionamiento a un servidor de datos alojado en la web.

2.2.4 Descripción y desarrollo del software

El dispositivo móvil o terminal móvil cuenta tiene instalado su sistema operativo donde mediante lenguaje Python es configurado permitiendo disponer de los diferentes servicios, está prácticamente situado en lugares remotos, envía los datos recolectados al servidor donde está implementado el software para monitorear el dispositivo móvil.



Figura 7-2: Diagrama del sistema de rastreo satelital

Fuente: <https://goo.gl/FTWzoV>

La estructura del prototipo no presenta mucha complejidad ya que hace uso de varios recursos que se encuentran ya implementados en el país, no obstante realiza tareas donde los parámetros deben cumplir con cierta confiabilidad tanto en lo físico como lógico para ofrecer un eficiente servicio en la localización. El software viene con herramientas que nos facilitan la administración y acceso para habilitar los servicios de internet.

2.2.5 Características del Software de Programación

El software que se usa para configuración del dispositivo móvil es adquirido en la página oficial de del fabricante de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, con la cual se puede configurar el dispositivo terminal, observe la **figura 8-2**.

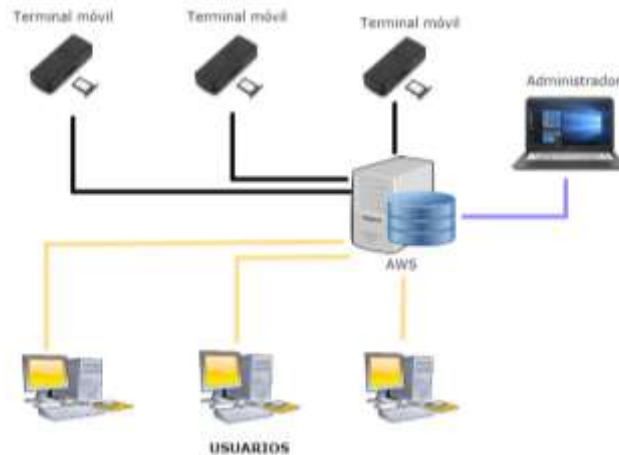


Figura 8-2: Arquitectura del software

Realizado por: Sisema, Oscar. 2018.

El software instalado en el terminal móvil es el sistema operativo Raspbian el cual es GNU/Linux también conocido como Linux, es decir es multiplataforma, multiusuario y multitarea de uso libre, el cual es basado en Debian Stretch para Raspberry Pi (SBC), orientado a la enseñanza de informática y lanzado en junio del 2012.

Librerías y funciones nos permiten desarrollar y configurar el terminal móvil, estableciendo y facilitando la comunicación cliente servidor, a través de los sockets de TCP/IP para mantener el enlace del prototipo, donde los terminales móviles serán clientes y AWS el servidor. Un socket es una puerta entre el proceso de aplicación del dispositivo móvil y el protocolo de transporte TCP. Un socket TCP entrega una secuencia de datos bidireccional full dúplex.

Como se observa en la **figura 9-2**. El servidor debe estar ejecutándose primero y haber creado un socket por el que espera que el cliente se contacte con él. Entonces se establece la conexión TCP con el servidor, cuando el servidor es contactado registra la dirección IP y el puerto empleado por el cliente para con ellos crear un nuevo socket TCP para la comunicación hasta su finalización. De la misma manera se aplica cuando el servidor se comunica con varios clientes simultáneamente.

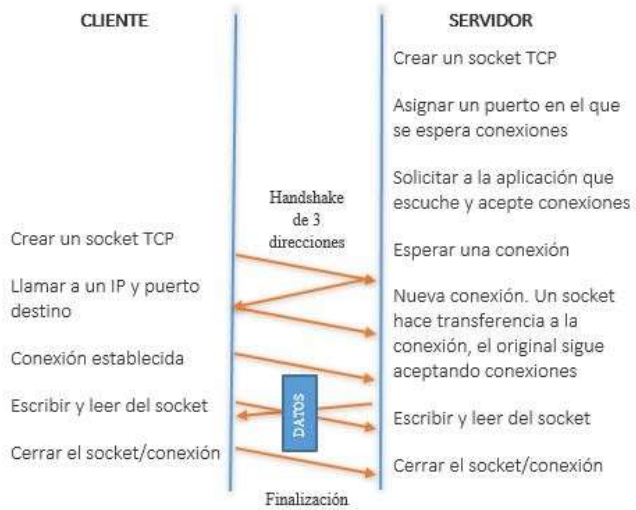


Figura 9-2: Comunicación Cliente-Servidor Socket con TCP

Realizado por: Sistema, Oscar. 2018

2.3 Diagrama de conexión de los dispositivos

Los componentes de del equipo terminal o dispositivo móvil se conectan siguiente el diagrama de conexión mostrado en la **figura 10-2**.

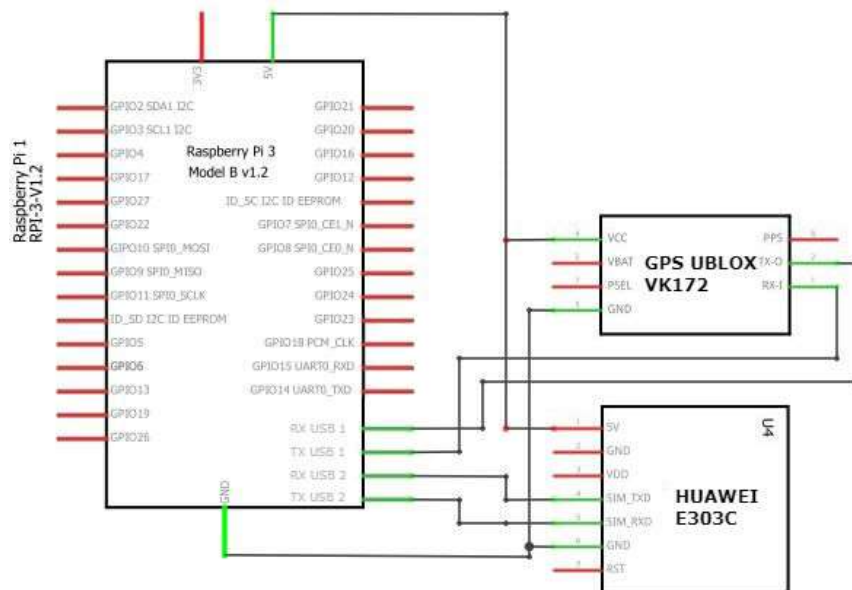


Figura 10-2: Diagrama de conexión del dispositivo móvil

Realizado por: Sistema, Oscar. 2018

2.4 Página Web

Para el desarrollo de la página web se usará el editor de código fuente Sublime text. Donde será escrito en lenguaje PHP, HTML y Java, cada una de sus páginas contara con diferentes tipos de contenido como:

- Mapa digital para el rastreo y seguimiento satelital en tiempo real.
- Historial para la consulta de las rutas realizadas.
- Los datos recibidos del satélite.
- Datos del usuario.
- Perfil de usuario.
- Programa para insertar en la base de datos.
- Programa para consultar de la base de datos.
- Funciones java.

2.4.1 Frontend

Hace referencia a las tecnologías que se emplean en el lado del cliente, o sea que se ejecutan en tu navegador web.

Los lenguajes utilizados en Frontend son: HTML, CSS y JavaScript.

2.4.2 Backend

Hace referencia a los servicios que se ejecutan por el lado del servidor, incluyendo las bases de datos.

Todo este trabajo no lo visualiza el cliente, siendo invisible pero muy poderoso.

Entre los lenguajes utilizados son: PHP, Python, NodeJS (JavaScript).

2.5 Herramientas Software

2.5.1 Servidor Apache

Es un programa que transporta los datos de hipertexto, páginas web con todos sus complementos, estos servidores utilizan el protocolo http, están alojados en un ordenador que tiene conexión a internet esperando que algún navegador realiza alguna petición para así responder la petición y enviar

un código HTML (Hypertext Markup Language – Lenguaje de Marcas de Hipertexto). Apache Server es completamente libre ya que es un software bajo la licencia GPL y de código abierto, puede trabajar con diferentes sistemas operativos sin reducir el rendimiento, también soporta diferentes lenguajes como Perl, PHP, Python entre otros. En la **figura 11-2** se puede observar la pantalla del servidor Apache.



Figura 11-2: Página de información del servidor Apache

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.

Para el servidor web se utiliza una instancia de AWS; Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) el cual es un servicio web que proporciona capacidad informática en la nube segura y de tamaño modificable. El desarrollo del servidor web se realiza para el seguimiento del terminal móvil, consultas del historial de recorridos, administración de su perfil de usuario, con la creación de las páginas web, además de los programas para inserción, consulta, entre otros, con la base de datos, a continuación se muestran los pasos:

1. Crear una cuenta en AWS
2. Configurar Amazon EC2
3. Instalar el servidor web Apache.
4. Crear una página web (conexion.php) para establecer la conexión con la base de datos.
5. Crear una página web (index.php) para el inicio de sesión.
6. Crear una página web (registro.php) para el registro de los usuarios.
7. Crear la página web principal (gps.php) con la API de Google para el rastreo.
8. Crear una página web (historico.php) para la consulta de rutas realizadas.
9. Crear una página web (perfil.php) para administración de los datos de los usuarios
10. Crear una página web (datos.php) donde se visualiza los datos del terminal móvil en tiempo real.

11. Crear una página web (insertar.php) donde se conecta el terminal móvil para la inserción de los datos en la base de datos.
12. Crear una página web (contrasena.php) para el cambio de contraseña para el acceso al portal web por parte del usuario.
13. Asignación de un dominio (rio-gps.com) que apunte al servidor web para el ingreso desde internet.



Figura 12-2: Página de inicio de la plataforma de rastreo satelital

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Ver Anexo F

2.5.1.1 Seguridad

La seguridad en la nube de AWS es la mayor prioridad. Como cliente de AWS, beneficia de una arquitectura de red y un centro de datos diseñados para satisfacer los requisitos de seguridad de las organizaciones más exigentes. Amazon EC2 funciona junto con Amazon VPC para proporcionar una funcionalidad de red sólida y segura para sus recursos informáticos.

2.5.1.2 Fiabilidad

Amazon EC2 ofrece un entorno de elevada confianza en el que las instancias de sustitución se pueden encargarse con rapidez y anticipación. El servicio se ejecuta en los centros de datos y la infraestructura de red acreditados de Amazon. El compromiso del Acuerdo de nivel de servicios de Amazon EC2 es ofrecer una disponibilidad del 99,99% en todas y cada una de las regiones de Amazon EC2.

2.5.2 Servidor de Base de Datos

El Servidor de Base de Datos está montado en Amazon Web Services su característica principal es su almacenamiento de 16TB gratuitos el cual puede escalar hasta un máximo de 64TB con un plan de servicios, administrado mediante PhpMyAdmin.

2.5.2.1 PhpMyAdmin

PhpMyAdmin es una herramienta para la administración de MySQL a través de páginas web, utilizando internet, haciendo fácil su uso, confiable y de buen rendimiento, esto hace que sea una de las aplicaciones web para la administración más popular alrededor del mundo.

Mediante la ayuda de una interfaz gráfica en la web para el manejo de base de datos MySQL se puede crear, modificar, eliminar y administrar base de datos una de las características importantes es la importar los datos en varios formatos, creación de gráficos PDF del diseño de la base de datos. En las **figuras 13-2** y **14-2** se puede apreciar el entorno PhpMyAdmin para manejar la base de datos.



Figura 13-2: Página de inicio de PhpMyAdmin

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.



Figura 14-2: Gestor de base de datos phpMyAdmin

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.

PhpMyAdmin es el administrador de la base de datos donde se administra las tablas de la información de los usuarios, información de la página web y la tabla principal donde se almacenan las coordenadas de los dispositivos, velocidad, satélites, IMEI, entre otros datos, el ingreso a este gestor está restringido a los usuarios, a continuación los pasos seguidos:

1. Instalar y configurar Amazon RDS
2. Colocar un usuario y contraseña para el ingreso al gestor.
3. Crear una base de datos nueva.
4. Elegir el tipo de base de datos que se va utilizar (utf8_general_ci) para los campos.
5. Guardar la base de datos.
6. Crear una tabla para la información de los usuarios (usuario).
7. Colocar los campos dentro de la tabla y su tipo (id, user password, imei, email, avatar).
8. Crear una tabla de información de la página web (datos).
9. Colocar los campos dentro de la tabla y su tipo (id, url, email, entre otros).
10. Crear una tabla para almacenar los datos recibidos del terminal móvil (posición).
11. Colocar los campos dentro de la tabla y su tipo (time, id_pos, imei, satl, lat, lng, entre otros).

En la tabla de base de datos usuarios donde se guarda la información de los usuarios se configura el campo imei y usuario como dato único evitando así la duplicación en el registro del mismo dispositivo agregando seguridad al perfil de cada usuario, además el campo donde se guarda las contraseñas esta codificada en MD5.

2.5.3 Python

Python es un lenguaje de programación independiente multiplataforma y orientado a objetos, preparado para cualquier tipo de programa, posee licencia de código abierto, Python contiene una gran cantidad de librerías, tipos de datos y funciones incorporadas en el propio lenguaje, que ayudan a realizar varias tareas sin tener la necesidad de programarlas desde cero. Lo realmente importante utilizarla en la Raspberry Pi, es la capacidad de poder utilizar los pines GPIO para conectar lo físico con lo digital.

Python es utilizado para programar el programa principal del terminal móvil, programando el acceso al módulo GPS, procesando los datos obtenidos, separándolos para utilizar los datos que necesitaremos, y posterior transmitirlos por la red GPRS, los pasos seguidos son:

1. Se instalan las librerías parse y pynmea2.
2. Dentro del script se declaran las librerías a utilizar.
3. Se declara la variable (ser) que accederá al puerto asignado al módulo GPS.
4. Se crea un ciclo de repetición para adquirir los datos siempre que esté disponible.
5. Se utiliza la función parse para dividir los datos NMEA recibidos.
6. Se crea la variable **campo** donde se introducirá toda la información a enviar.
7. Utilizamos la variable **url** que adjuntara la dirección del servidor.
8. Utilizamos la función **urllib** que accede a la URL previamente declarada.
9. Se imprime la respuesta del servidor. (Opcional para verificación).
10. Se crea excepciones para el manejo de errores.

En el **Anexo G** se puede observar la programación del programa principal, el cual funciona de acuerdo al diagrama de flujo que se presenta en la **figura 15-2**.

Los datos que se envían al servidor de base de datos son enviados cada segundo, constituyendo cada envío un registro para la tabla de posiciones de la base de datos. Cada registro de la tabla de posiciones tiene un peso aproximado de 90 bytes.

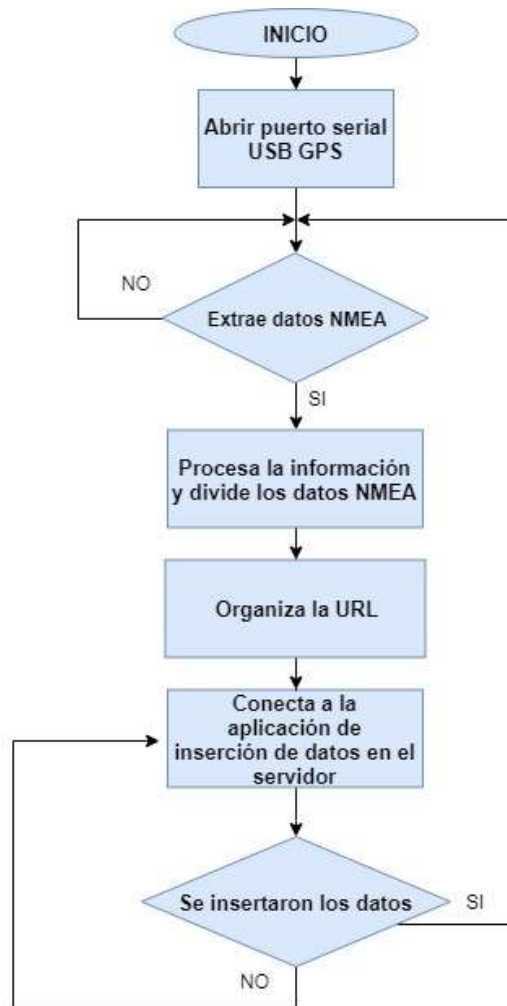


Figura 15-2: Diagrama de flujo del programa principal

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

2.6 Presupuesto del prototipo

En la **tabla 3-2** se puede apreciar el presupuesto económico de la plataforma para ser implementado, la cual presenta la parte económica los costos tanto en la parte hardware como software para su puesta en marcha.

Tabla 3-2: Presupuesto del prototipo implementado

	DISPOSITIVO	CANT.	COSTO TOTAL (\$ USD)
HARDWARE	PC del desarrollador	1	750,00
	Raspberry Pi 3 B	1	70,00
	Módulo GPS UBLOX vk172	1	13,74
	Módulo GPRS Huawei E303C	1	13,99
	Impresión Caja en 3D local ECM	1	14,25
	Varios		20,00
SOFTWARE	Base de datos en AWS		0,00
	Servidor Web alojado en AWS		0,00
	Sistema Operativo		0,00
	Lenguajes de Programación		0,00
OTROS	Consumo mensual de datos celular		10,00
	Dominio web rio-gps.com en GoDaddy	1	2,00
TOTAL			893,98

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

De los valores obtenidos en la **tabla 3-2**, se observa que el costo total es de 893,98\$ dólares americanos del cual 881,98 representan el valor del hardware, 10,00\$ otros valores y 2,00\$ el valor del software, debido a que la los requerimientos para la plataforma fueron encaminados a utilizar software de licencia libre. Lo que conlleva a que la mayor cantidad correspondan a la parte hardware donde el mayor valor tiene la PC del desarrollador. Del análisis realizado se puede determinar que el costo del prototipo implementado es bajo.

El consumo de datos celular es de aproximadamente 89Mb por día, haciendo del consumo mensual un aproximado de 2.67Gb, por lo cual se debe contratar un plan de datos básico con un valor de \$10,00 mensuales.

CAPITULO III

3 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

Las pruebas y resultados se enfocaron en la aplicación, rendimiento y fiabilidad del sistema de rastreo satelital, partiendo del ambiente del prototipo que es basado en las destrezas, capacidades y características de los módulos empleados en el prototipo, las pruebas se detallan secuencialmente de acuerdo a las diferentes rutas realizadas por los objetos en los cuales fue aplicado el terminal de rastreo para de esta forma evaluar y validar dicho dispositivo.

3.1 Pruebas de validación

Estas pruebas se realizaron con la finalidad de verificar el desempeño específico del prototipo en condiciones reales de funcionamiento además de comprobar si cumple con las especificaciones de diseño para las cuales fue construido.

En este protocolo de pruebas se verificaron aspectos importantes los cuales son:

- Demostrar que el prototipo cumple con la finalidad para el cual fue diseñado y construido, garantizando su funcionamiento y fiabilidad del sistema de rastreo satelital durante las pruebas de campo.
- Verificar el rendimiento que ofrece el dispositivo y comprobar si es apto para cumplir con las características de diseño.
- Comprobar la fiabilidad del dispositivo comparando con un servidor de aplicación de mapas.

Determinados estos factores se demostrará si el prototipo está apto o no para su uso, y de no ser así se deberá hacer un rediseño o correcciones necesarias.

3.2 Diseño del protocolo de pruebas

El objetivo de este protocolo de pruebas fue evaluar el funcionamiento, rendimiento y fiabilidad de la plataforma de rastreo satelital, dicha plataforma fue sometida a diferentes escenarios reales en los cuales es viable su aplicación, y que pueda integrar en su composición el equipo terminal, limitando

el uso en mascotas de tamaño grande, en este caso se toman 4 objetos que se mencionan a continuación:

- Bus urbano de la ciudad de Riobamba en un tramo de una ruta recorrida diariamente por este transporte.
- Vehículo particular tomando una ruta especificada.
- Estudiante realizando el recorrido diario desde su domicilio hasta el establecimiento educativo.
- Un perro de raza grande realizando su paseo diario por una ruta definida.

Todas estas rutas simularon un ambiente de actividad realizada diariamente por estos 4 objetos sujetos a tracking en los escenarios mencionados anteriormente, para de esta forma poder observar los resultados del funcionamiento del prototipo para determinar su evaluación.

La prueba sobre su funcionamiento se determinó al comparar la plataforma de rastreo satelital con la plataforma de Google ya que es confiable y de alta fiabilidad.

Para las pruebas de rendimiento se determinó al tomar una media del tiempo que tarda la plataforma en mostrar los datos en la plataforma de rastreo satelital.

En las pruebas de fiabilidad se determinó el error en metros de los datos de posicionamiento mostrados por la plataforma de rastreo satelital y se calculó el error porcentual tanto en latitud como en longitud.

Para determinar el error en metros de la plataforma de rastreo se usa la formula Harvesine para la aproximación esférica de la distancia entre dos puntos de la superficie terrestre, mediante la ecuación:

Ecuación 1-3. Distancia entre dos puntos de la superficie terrestre

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

Donde,

r = Radio terrestre Ecuatorial (6378.1 km)

ϕ_1, ϕ_2 = Latitud

λ_1, λ_2 = Longitud

Para calcular el error porcentual se calculó mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2-3. Error porcentual

$$EP = \frac{|Valor\ medido - Valor\ real|}{Valor\ real} \times 100\%$$

Los valores que se utilizaron son los segundos de las latitudes y las longitudes expresadas en metros. Se convirtieron los datos de segundos a metros utilizando la aproximación donde en una Tierra idealmente esférica los Meridianos miden al igual que el Ecuador 40074 Km, obteniendo los datos:

1° =111318,845 metros

1'' =1855,31408 metros

1' =30,92 metros

3.3 Escenarios de pruebas

3.3.1 Escenario 1

En este escenario se evaluó tres parámetros funcionamiento, rendimiento y fiabilidad. El escenario corresponde a un tramo del recorrido que realiza la línea 5 del bus urbano de la ciudad de Riobamba, el tramo inicia en las calles Olmedo y Juan de Velasco y finaliza en las calles Orozco y Rocafuerte.

3.3.1.1 Prueba de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento una vez realizado el recorrido específico se ingresó a la plataforma de rastreo satelital y se comparó la ruta realizada con la ruta de referencia la cual se creó haciendo uso de la herramienta en línea Google My Maps, como se muestra en la **figura 1-3**.

Una vez colocado el terminal móvil en el bus urbano se procedió hacer tracking, el recorrido tomó aproximadamente 30 minutos y comprendió de 10:39am a 11:09am, posteriormente se ingresó a la plataforma en la pestaña historial para verificar el recorrido. El tracking mostrado en las **figuras 2-3 a 4-3** corresponde a diferentes zonas en los sectores de La Dolorosa por la Av. Eloy Alfaro, Camal Municipal por Av. Leopoldo Freire y Bellavista por la calle Morona respectivamente. Se puede verificar la longitud, latitud, velocidad, hora y fecha en el reporte de ruta diseñado para descargar el archivo para uso del usuario.

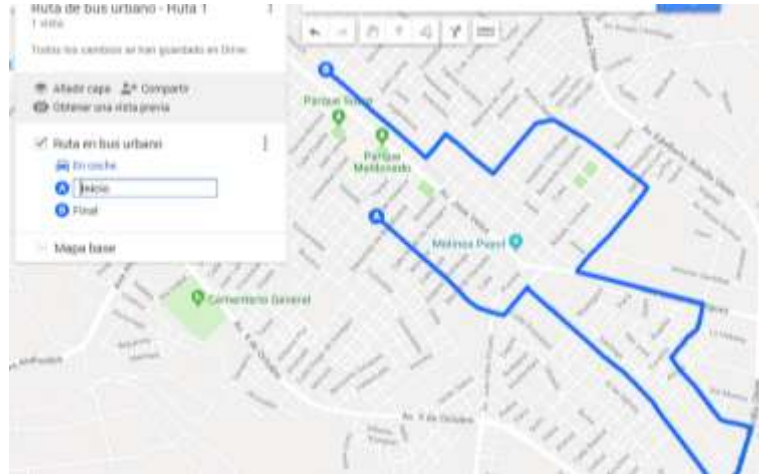


Figura 1-3: Ruta de referencia en bus urbano – línea 5

Realizado por: Sislerma, Oscar, 2018.

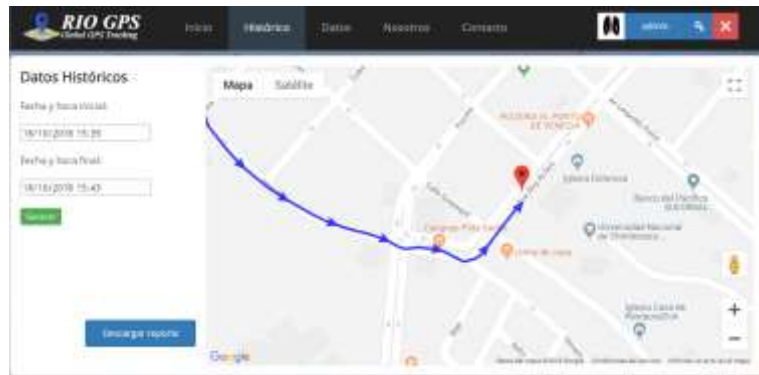


Figura 2-3: Tracking zona 1 – escenario 1

Realizado por: Sislerma, Oscar, 2018.

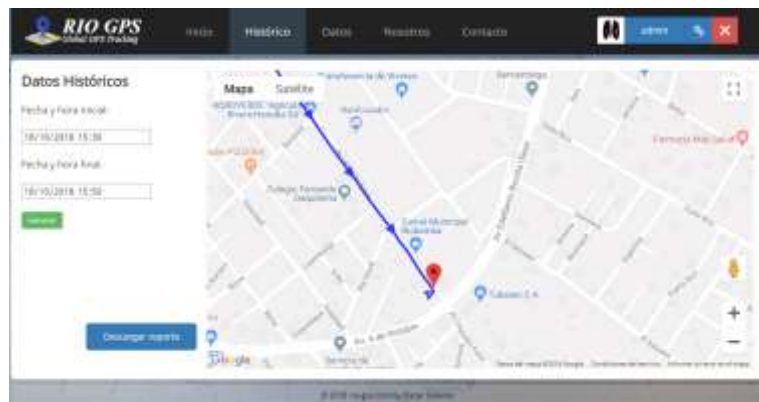


Figura 3-3: Tracking zona 2 – escenario 1

Realizado por: Sislerma, Oscar, 2018.

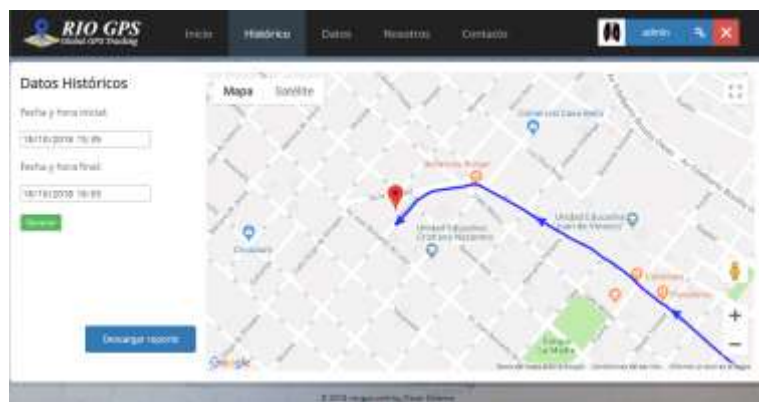


Figura 4-3: Tracking zona 3 – escenario 1

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

La **tabla 1-3** muestra una parte del reporte de ruta generado para el escenario 1 con información de la ruta referente a la localización, número de satélites, velocidad, hora y fecha. Como se puede observar en el servidor los datos de posicionamiento se actualizaron cada segundo, este tiempo de actualización se definió en el programa principal debido a velocidades a la cual se moviliza el bus urbano.

Tabla 1-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 1

FECHA	ID	SATELITES	LATITUD	LONGITUD	VELOCIDAD (Km/h)
2018-10-18 10:40:14	61838	07	-1,67633	-78,6481	25,6002
2018-10-18 10:40:15	61839	07	-1,67638	-78,6481	26,41508
2018-10-18 10:40:16	61840	09	-1,67642	-78,648	26,37433
2018-10-18 10:40:17	61841	08	-1,67647	-78,648	26,71695
2018-10-18 10:40:18	61842	09	-1,67652	-78,6479	27,34293
2018-10-18 10:40:19	61843	06	-1,67657	-78,6479	27,23366
2018-10-18 10:40:20	61844	06	-1,67661	-78,6478	25,7928
2018-10-18 10:40:21	61845	06	-1,67666	-78,6478	25,96874
2018-10-18 10:40:22	61846	07	-1,67671	-78,6477	24,70938
2018-10-18 10:40:23	61847	08	-1,67675	-78,6477	20,63313
2018-10-18 10:40:24	61848	07	-1,67679	-78,6477	16,618
2018-10-18 10:40:25	61849	07	-1,67681	-78,6476	11,18238
2018-10-18 10:40:26	61850	07	-1,67682	-78,6476	6,367176
2018-10-18 10:40:27	61851	07	-1,67683	-78,6476	4,792976
2018-10-18 10:40:28	61852	07	-1,67684	-78,6476	2,594652
2018-10-18 10:40:29	61853	06	-1,67684	-78,6476	2,2224
2018-10-18 10:40:30	61854	06	-1,67684	-78,6476	1,903856
2018-10-18 10:40:31	61855	08	-1,67684	-78,6476	1,53716

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **figura 5-3** podemos observar la ruta completa mostrada por la plataforma de rastreo satelital, mostrando el resultado final y observando la similitud con la ruta de referencia, comprobando el funcionamiento de la plataforma de rastreo satelital.

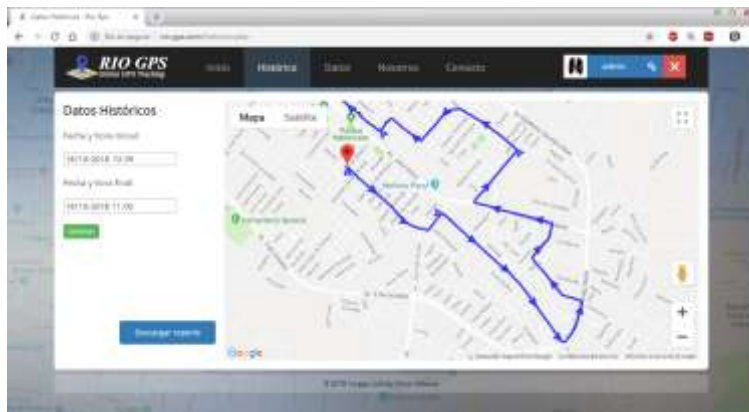


Figura 5-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 1

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.1.2 Prueba de rendimiento

Para evaluar el rendimiento durante la ruta del bus urbano se tomó las coordenadas con un GPS Garmin Oregon 650 en el momento que el bus cambió de estado de movimiento a reposo, y se verificó el tiempo que se tardó la plataforma en mostrar el mismo dato del GPS Garmin Oregon 650.

Este procedimiento se realizó 5 veces durante el recorrido del bus urbano y al final se obtuvo una media del rendimiento que brinda el dispositivo. Las direcciones donde se tomaron los datos se muestran en la **tabla 2-3**.

Tabla 2-3: Lista de direcciones para la toma de datos escenario 1

	Dirección
Dirección 1	Olmedo y Loja
Dirección 2	Av. Eloy Alfaro y Av. Leopoldo Freire
Dirección 3	Av. Leopoldo Freire y Av. 9 de Octubre
Dirección 4	La Paz y Pedro Bedon Pineda
Dirección 5	Orozco y Espejo

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 3-3: Tiempo de actualización del sistema en el escenario 1

	Tiempo (segundos)
Observación 1	4,09
Observación 2	6,20
Observación 3	6,58
Observación 4	4,49
Observación 5	3,01
PROMEDIO	4,874

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez realizada las lecturas del tiempo en 5 puntos como se observa en la **tabla 3-3** se obtuvo una media del tiempo que tardan los datos de posicionamiento en mostrarse en la plataforma de rastreo satelital siendo esta de 4,874 segundos para el escenario 1.

3.3.1.3 Prueba de fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad de la plataforma de rastreo se recolectó las coordenadas tomadas con el GPS Garmin Oregon 650 en 5 puntos durante la ruta del bus urbano, dichas coordenadas se compararon con las coordenadas obtenidas mediante la plataforma de rastreo, se obtuvo el error medio, el máximo y mínimo en metros.

Tabla 4-3: Coordenadas tomadas con el GPS Garzbnhjmin Oregon 650 en el escenario 1.

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,678316667	-78,64588611
Punto 2	-1,679625	-78,64141389
Punto 3	-1,689188889	-78,63216389
Punto 4	-1,674636111	-78,63549722
Punto 5	-1,671694444	-78,64779444

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 5-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 1.

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,678329833	-78,64584233
Punto 2	-1,679593333	-78,64140567
Punto 3	-1,6891535	-78,63215667
Punto 4	-1,674619	-78,63551333
Punto 5	-1,671695833	-78,647773

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En las **tablas 4-3 y 5-3** se puede observar las coordenadas obtenidas en 5 puntos del recorrido con un GPS Garmin Oregon 650 y la plataforma de rastreo satelital respectivamente, una vez realizado el cálculo de las distancias entre los puntos en la **tabla 6-3** se observa que durante el recorrido se tuvo que el máximo error fue de 5,08681 metros y el mínimo de 2,39067 metros, teniendo como un error medio de 3,55118 metros para la ruta realizada en el escenario 1.

Tabla 6-3: Error calculado en el escenario 1.

	Error (metros)
Máximo	5,08681
Mínimo	2,39067
Media	3,55118
Desviación estándar	1,09639

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **tabla 7-3** se puede observar el error porcentual calculado en cada uno de los puntos tanto en latitud como en longitud, donde se obtuvo el 0,24% de error porcentual medio en latitud y 0,29% de error porcentual en longitud en el escenario 1.

Tabla 7-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 1.

	Error Porcentual	
	Latitud	Longitud
Punto 1	0,12%	0,35%
Punto 2	0,24%	0,10%
Punto 3	0,62%	0,05%
Punto 4	0,21%	0,77%
Punto 5	0,00%	0,15%
PROMEDIO	0,24%	0,29%

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.2 Escenario 2

En este escenario evaluaremos tres parámetros funcionamiento, rendimiento y fiabilidad. Este escenario corresponde al recorrido de un vehículo particular por parte del perímetro de la ciudad de Riobamba, el recorrido iniciará en el sector de Macají recorriendo la Av. 9 de Octubre continuando por la Av. Edelberto Bonilla hasta llegar a la intersección con la Av. Antonio José de Sucre concluyendo el recorrido.

3.3.2.1 Prueba de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento una vez realizado el recorrido específico se ingresó a la plataforma de rastreo satelital y se comparó la ruta realizada con la ruta de referencia la cual se creó haciendo uso de la herramienta en línea Google My Maps, como se muestra en la **figura 6-3**.

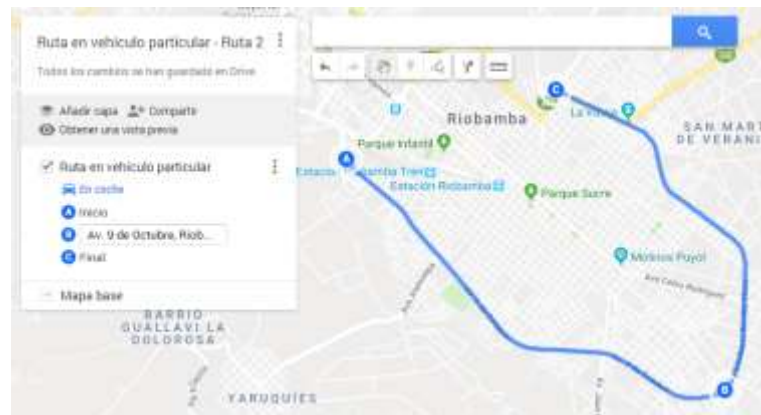


Figura 6-3: Ruta de referencia en vehículo particular

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.

Una vez colocado el terminal móvil en el Vehículo particular se procedió hacer tracking, el recorrido tomó aproximadamente 21 minutos y comprendió de 15:45pm a 16:06pm, posteriormente se ingresó a la plataforma en la pestaña historial para verificar el recorrido. El tracking mostrado en las **figuras 7-3 a 9-3** corresponde a los sectores del Cementerio, Parque Industrial y la Vasija respectivamente. Se puede verificar la longitud, latitud, velocidad, hora y fecha en el reporte de ruta diseñado para descargar el archivo para uso del usuario.

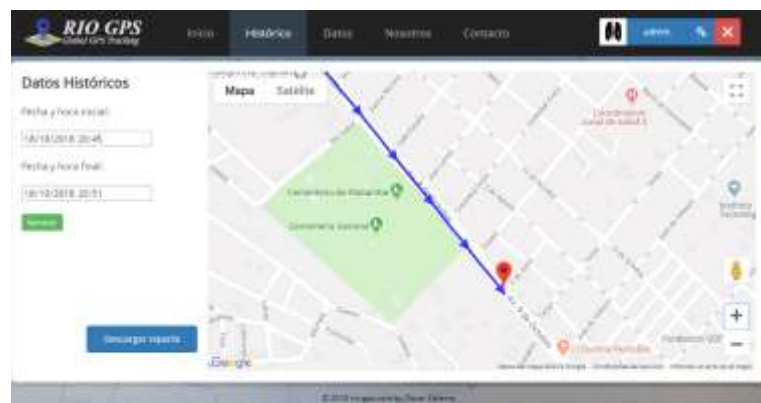


Figura 7-3: Tracking zona 1 – escenario 2

Realizado por: Sisema, Oscar, 2018.

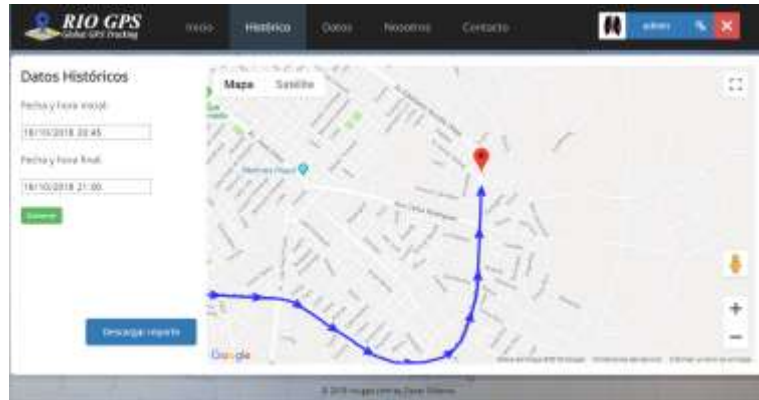


Figura 8-3: Tracking zona 2 – escenario 2

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

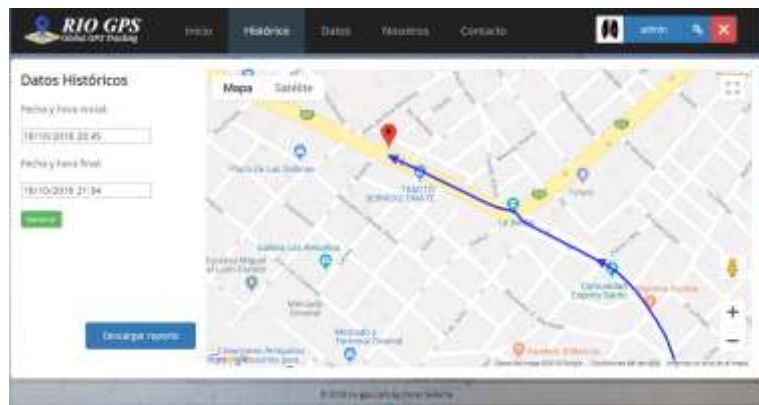


Figura 9-3: Tracking zona 3 – escenario 2

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

La **tabla 8-3** muestra una parte del reporte de ruta generado para el escenario 2 con información de la ruta referente a la localización, número de satélites, velocidad, hora y fecha. Como se puede observar en la tabla la los datos de posicionamiento se actualizaron cada segundo, este tiempo de actualización se definió en el programa principal debido a velocidades a la cual se moviliza el vehículo particular.

Tabla 8-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 2

FECHA	ID	SATELITES	LATITUD	LONGITUD	VELOCIDAD (Km/h)
2018-10-18 15:47:26	68404	10	-1,67427	-78,6613	47,77234
2018-10-18 15:47:28	68405	10	-1,67436	-78,6612	48,1094
2018-10-18 15:47:29	68406	10	-1,67436	-78,6612	39,9995
2018-10-18 15:47:31	68407	10	-1,67553	-78,6602	38,91052
2018-10-18 15:47:32	68408	10	-1,6756	-78,6601	37,93637

2018-10-18 15:47:34	68409	10	-1,67567	-78,6601	37,25668
2018-10-18 15:47:35	68410	10	-1,67574	-78,66	36,33439
2018-10-18 15:47:37	68411	10	-1,67581	-78,6599	34,92316
2018-10-18 15:47:38	68412	10	-1,67587	-78,6599	31,70254
2018-10-18 15:47:40	68413	10	-1,67593	-78,6598	26,96512
2018-10-18 15:47:41	68414	10	-1,67599	-78,6598	21,3406
2018-10-18 15:47:43	68415	10	-1,67603	-78,6597	16,46058
2018-10-18 15:47:44	68416	10	-1,67606	-78,6597	11,18978
2018-10-18 15:47:46	68417	10	-1,67609	-78,6597	5,524516
2018-10-18 15:47:47	68418	10	-1,6761	-78,6597	1,950156
2018-10-18 15:47:49	68419	10	-1,67611	-78,6597	1,514936
2018-10-18 15:47:50	68420	10	-1,67611	-78,6597	0,150012

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **figura 10-3** podemos observar la ruta completa mostrada por la plataforma de rastreo satelital, mostrando el resultado final del tracking y observando la similitud con la ruta de referencia, comprobando el funcionamiento de la plataforma de rastreo satelital.

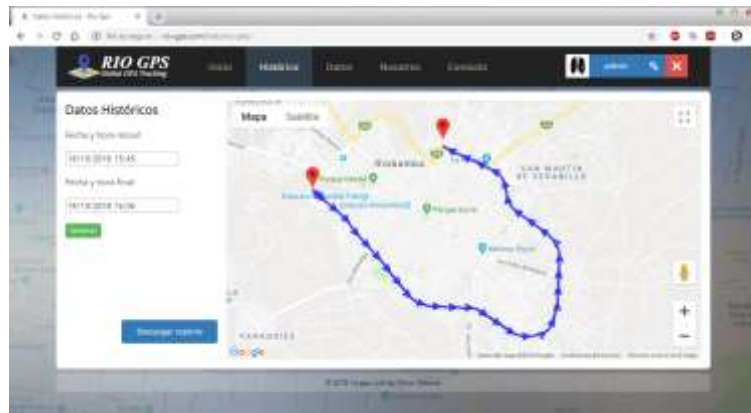


Figura 10-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 2

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.2.2 Prueba de rendimiento

Para evaluar el rendimiento durante el recorrido del vehículo particular se tomó las coordenadas del GPS Garmin Oregon 650 en el momento que el vehículo cambió de estado de movimiento a reposo, y se verificó el tiempo que se tardó la plataforma en mostrar el mismo dato del GPS Garmin Oregon 650.

Este procedimiento se realizó 5 veces durante el recorrido del vehículo y al final se obtuvo una media del rendimiento que brinda el dispositivo.

Tabla 9-3: Lista de direcciones para la toma de datos escenario 2

	Calles
Dirección 1	Av. 9 de Octubre y Juan Lavalle
Dirección 2	Av. 9 de Octubre y Av. Leopoldo Freire
Dirección 3	Av. Edelberto Bonilla y Costa Rica
Dirección 4	Av. Edelberto Bonilla y Caazapa
Dirección 5	Av. Edelberto Bonilla y Vicente Ramón Roca

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 10-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 2

	Tiempo (segundos)
Observación 1	6,60
Observación 2	5,05
Observación 3	3,44
Observación 4	4,70
Observación 5	3,86
PROMEDIO	4,73

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez realizada las lecturas del tiempo en 5 puntos como se observa en la **tabla 10-3** se obtuvo una media del tiempo que tardan los datos de posicionamiento en mostrarse en la plataforma de rastreo satelital siendo esta de 4,73 segundos para el escenario 2.

3.3.2.3 Prueba de fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad de la plataforma de rastreo se recolectó las coordenadas tomadas con el GPS Garmin Oregon 650 en 5 puntos durante el recorrido del vehículo, dichas coordenadas se compararon con las coordenadas obtenidas mediante la plataforma de rastreo, se obtuvo el error máximo, mínimo y medio expresado en metros durante el recorrido de la ruta para el escenario 2.

Tabla 11-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 2

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,675777778	-78,66005556
Punto 2	-1,689527778	-78,63205556
Punto 3	-1,686416667	-78,63044444
Punto 4	-1,674805556	-78,63122222
Punto 5	-1,662222222	-78,64513889

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 12-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 2

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,675734167	-78,6600055
Punto 2	-1,689550667	-78,63205433
Punto 3	-1,686415167	-78,63043733
Punto 4	-1,674807667	-78,63123783
Punto 5	-1,662236167	-78,6450645

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En las **tablas 11-3 y 12-3** se puede observar las coordenadas obtenidas en 5 puntos del recorrido con un GPS Garmin Oregon 650 y la plataforma de rastreo satelital respectivamente, una vez realizado el cálculo de las distancias entre los puntos en la **tabla 13-3** se observa que durante el recorrido se tuvo un error máximo de 8,42182 metros y un mínimo de 0,80821 metros, teniendo como un error medio de 4,18474 metros para la ruta realizada en el escenario 2.

Tabla 13-3: Error calculado en el escenario 2.

	Error (metros)
Máximo	8,42182
Mínimo	0,80821
Media	4,18474
Desviación estándar	3,47133

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **tabla 14-3** se puede observar el error porcentual calculado en cada uno de los puntos tanto en latitud como en longitud, donde en promedio se obtuvo el 0,22% de error porcentual en latitud y 0,26% de error porcentual en longitud para el escenario 2.

Tabla 14-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 2.

	Error porcentual	
	Latitud	Longitud
Punto 1	0,49%	0,50%
Punto 2	0,36%	0,00%
Punto 3	0,09%	0,06%
Punto 4	0,03%	0,11%
Punto 5	0,11%	0,64%
PROMEDIO	0,22%	0,26%

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.3 Escenario 3

En este escenario evaluaremos tres parámetros funcionamiento, rendimiento y fiabilidad. Este escenario corresponde al recorrido de un estudiante partiendo desde la Unidad Educativa Combatientes de Tapi hasta llegar a su domicilio ubicado en la calles Av. Unidad Nacional y Duchicela.

3.3.3.1 Prueba de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento una vez realizado el recorrido específico se ingresó a la plataforma de rastreo satelital y se comparó la ruta realizada con la ruta de referencia la cual se creó haciendo uso de la herramienta en línea Google My Maps, como se muestra en la **figura 11-3**.

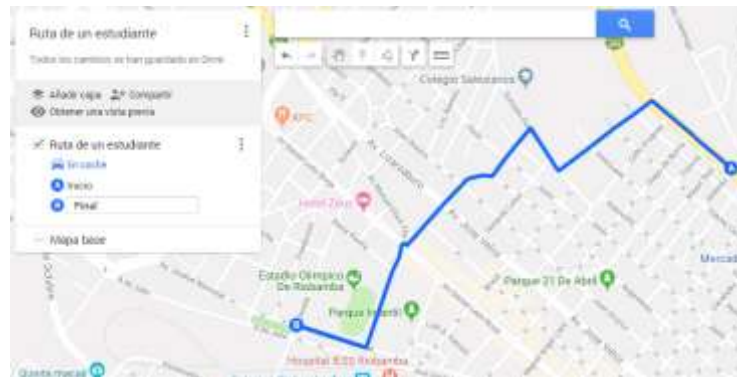


Figura 11-3: Ruta de referencia de un estudiante

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez colocado el terminal móvil en la maleta del estudiante se procedió hacer tracking, el recorrido tomó aproximadamente 32 minutos y comprende de 09:08pm a 09:40pm, posteriormente se ingresó a la plataforma en la pestaña historial para verificar el recorrido. El tracking mostrado en las **figuras**

12-3 a 14-3 corresponde a puntos tomados aleatoriamente durante el recorrido. Se verifica la longitud, latitud, velocidad, hora y fecha en el reporte de ruta diseñado para descargar el archivo para uso del usuario.



Figura 12-3: Tracking zona 1 – escenario 3

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

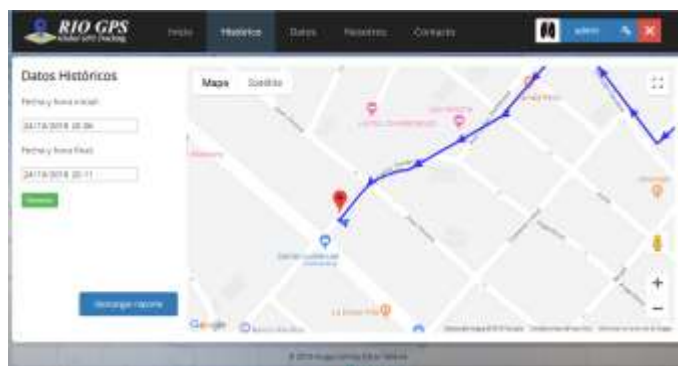


Figura 13-3: Tracking zona 2 – escenario 3

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.



Figura 14-3: Tracking zona 3 – escenario 3

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

La **tabla 15-3** muestra una parte del reporte de ruta generado para el escenario 3 con información de la ruta referente a la localización, número de satélites, velocidad, hora y fecha. En el programa principal se añadió un retardo para el envío de los datos de posicionamiento como se puede observar en la tabla puesto que el objeto sujeto a tracking se moviliza a pequeñas velocidades, evitando con ello lecturas innecesarias en el mismo punto.

Tabla 15-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 3

FECHA	ID	SATELITES	LATITUD	LONGITUD	VELOCIDAD (Km/h)
2018-10-24 20:16:04	79255	08	-1,6677	-78,6615	0,161124
2018-10-24 20:16:05	79256	08	-1,6677	-78,6615	0,116676
2018-10-24 20:16:06	79257	08	-1,6677	-78,6615	0,301876
2018-10-24 20:16:07	79258	09	-1,6677	-78,6615	0,170384
2018-10-24 20:16:08	79259	08	-1,6677	-78,6615	0,377808
2018-10-24 20:16:09	79260	08	-1,6677	-78,6615	0,08334
2018-10-24 20:16:10	79261	08	-1,66771	-78,6615	0,168532
2018-10-24 20:16:11	79262	08	-1,66771	-78,6615	3,152104
2018-10-24 20:16:12	79263	06	-1,66771	-78,6616	2,246476
2018-10-24 20:16:13	79264	06	-1,66771	-78,6616	1,679764
2018-10-24 20:16:14	79265	06	-1,66771	-78,6616	1,79644
2018-10-24 20:16:15	79266	06	-1,66771	-78,6616	1,337144
2018-10-24 20:16:16	79267	06	-1,66772	-78,6616	1,46308
2018-10-24 20:16:17	79268	06	-1,66773	-78,6615	1,45382

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **figura 15-3** podemos observar la ruta completa mostrada por la plataforma de rastreo satelital, mostrando el resultado final del tracking y observando la similitud con la ruta de referencia, comprobando el funcionamiento de la plataforma de rastreo satelital.

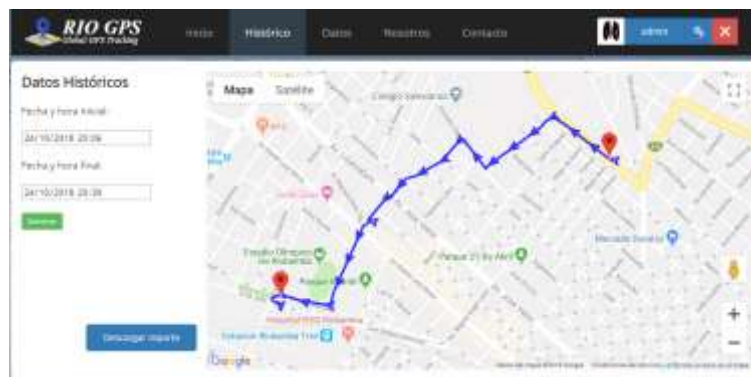


Figura 15-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 3

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.3.2 Prueba de rendimiento

Para evaluar el rendimiento durante el recorrido del vehículo particular se tomará las coordenadas del GPS Garmin Oregon 650 en el momento que el vehículo cambia de estado de reposo y comienza a moverse, y se verificara el tiempo que se tarda la plataforma en mostrar el mismo dato del GPS Garmin Oregon 650.

Este procedimiento se realizará 5 veces durante el recorrido del vehículo y al final se obtendrá una media del rendimiento que brinda el dispositivo.

Tabla 16-3: Lista de direcciones para la toma de tiempo escenario 3

	Calles
Dirección 1	Av. 9 de Octubre y Juan Lavalle
Dirección 2	Av. 9 de Octubre y Av. Leopoldo Freire
Dirección 3	Av. Edelberto Bonilla y Costa Rica
Dirección 4	Av. Edelberto Bonilla y Caazapa
Dirección 5	Av. Edelberto Bonilla y Vicente Ramón Roca

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 17-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 3

	Tiempo (segundos)
Observación 1	5,66
Observación 2	5,80
Observación 3	4,01
Observación 4	3,04
Observación 5	5,43
PROMEDIO	4,788

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez realizada las lecturas del tiempo en 5 puntos como se observa en la **tabla 17-3** se obtuvo una media del tiempo que tardan los datos de posicionamiento en mostrarse en la plataforma de rastreo satelital siendo esta de 4,788 segundos para el escenario 3.

3.3.3.3 Prueba de fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad de la plataforma de rastreo se recolectaran las coordenadas tomadas con el GPS Garmin Oregon 650 en cualquier punto durante el recorrido del vehículo, dichas coordenadas se

comparan con las coordenadas obtenidas mediante la plataforma de rastreo, se obtuvo el error máximo, mínimo y medio expresado en metros durante el recorrido de la ruta para el escenario 3.

Tabla 18-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 3

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,662666667	-78,6505
Punto 2	-1,663305556	-78,65733333
Punto 3	-1,664722222	-78,65861111
Punto 4	-1,667305556	-78,66188889
Punto 5	-1,663388889	-78,66586111

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 19-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 3

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,662695333	-78,650472
Punto 2	-1,663363333	-78,65733683
Punto 3	-1,6647275	-78,6585845
Punto 4	-1,667297222	-78,66185556
Punto 5	-1,667297222	-78,66185556

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En las **tablas 18-3 y 19-3** se puede observar las coordenadas obtenidas en 5 puntos del recorrido con un GPS Garmin Oregon 650 y la plataforma de rastreo satelital respectivamente, una vez realizado el cálculo de las distancias entre los puntos en la **tabla 20-3** se observa que durante el recorrido se tuvo un error máximo de 6,44351 metros y un mínimo de 3,01867 metros, teniendo como un error medio de 4,31359 metros para la ruta realizada en el escenario 3.

Tabla 20-3: Error calculado en el escenario 3.

	Error (metros)
Máximo	6,44351
Mínimo	3,01867
Media	4,31359
Desviación estándar	1,29578

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **tabla 21-3** se puede observar el error porcentual calculado en cada uno de los puntos tanto en latitud como en longitud, donde se obtuvo el 0,66% de error porcentual medio en latitud y 1,30% de error porcentual en longitud en el escenario 3.

Tabla 21-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 3.

	Error porcentual	
	Latitud	Longitud
Punto 1	0,22%	5,56%
Punto 2	0,44%	0,04%
Punto 3	0,04%	0,32%
Punto 4	1,30%	0,28%
Punto 5	1,30%	0,28%
PROMEDIO	0,66%	1,30%

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.4 Escenario 4

En este escenario evaluaremos tres parámetros funcionamiento, rendimiento y fiabilidad. Este escenario corresponde al recorrido de una mascota específicamente un can de raza grande realizando su paseo diario, el recorrido inició en las calles Cap. Edmundo Chiriboga y Av. Antonio José de Sucre finalizando en el mismo punto.

3.3.4.1 Prueba de funcionamiento

Para evaluar el funcionamiento una vez realizado el recorrido específico se ingresó a la plataforma de rastreo satelital y se comparó la ruta realizada con la ruta de referencia la cual se creó haciendo uso de la herramienta en línea Google My Maps, como se muestra en la **figura 16-3**.

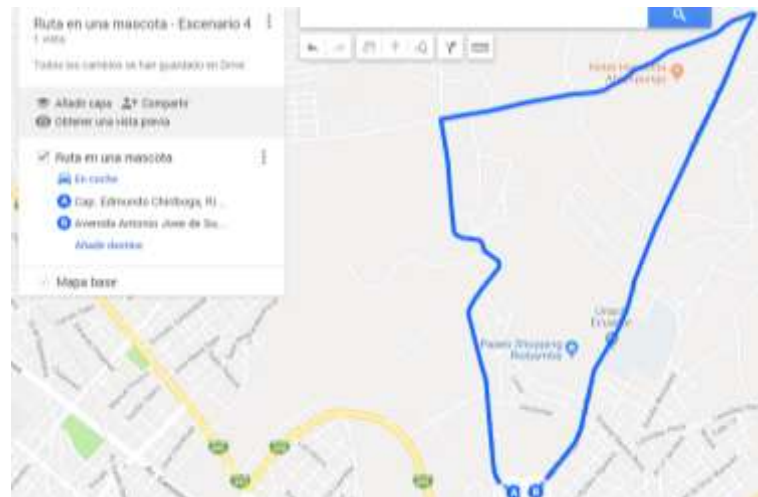


Figura 16-3: Ruta de referencia de una mascota

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez instalado el terminal móvil en la mascota se procedió hacer tracking, el recorrido tomó aproximadamente 47 minutos y comprendió de 19:41pm a 20:29pm, posteriormente se ingresó a la plataforma en la pestaña historial para verificar el recorrido. El tracking mostrado en las **figuras 17-3 a 18-3** corresponde a puntos tomados aleatoriamente durante el recorrido. Se verifica la longitud, latitud, velocidad, hora y fecha en el reporte de ruta diseñado para descargar el archivo para uso del usuario.



Figura 17-3: Tracking zona 1 – escenario 4

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

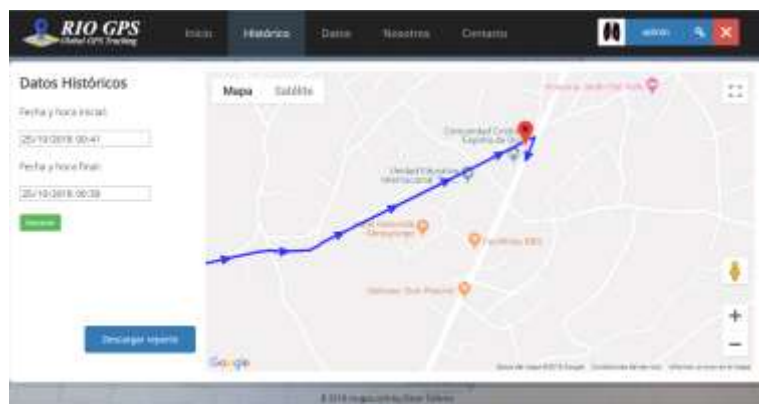


Figura 18-3: Tracking zona 2 – escenario 4

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

La **tabla 22-3** muestra una parte del reporte de ruta generado para el escenario 4 con información de la ruta referente a la localización, número de satélites, velocidad, hora y fecha. En el programa principal se añadió un retardo para el envío de los datos de posicionamiento como se puede observar en la tabla debido a que el objeto sujeto a tracking se moviliza a pequeñas velocidades, evitando con ello lecturas innecesarias en el mismo punto.

Tabla 22-3: Reporte de ruta de la plataforma de rastreo satelital escenario 4

FECHA	ID	SATELITES	LATITUD	LONGITUD	VELOCIDAD (Km/h)
2018-10-24 19:52:11	78866	07	-1,64177	-78,6522	0,520412
2018-10-24 19:52:12	78867	07	-1,64177	-78,6522	1,514936
2018-10-24 19:52:14	78868	08	-1,64178	-78,6522	0,553748
2018-10-24 19:52:15	78869	07	-1,64178	-78,6522	0,918592
2018-10-24 19:52:17	78870	07	-1,64178	-78,6522	0,71302
2018-10-24 19:52:19	78871	07	-1,64178	-78,6522	1,551976
2018-10-24 19:52:21	78872	07	-1,64176	-78,6522	0,951928
2018-10-24 19:52:23	78873	07	-1,64176	-78,6522	1,853852
2018-10-24 19:52:24	78874	07	-1,64175	-78,6522	2,300184
2018-10-24 19:52:26	78875	08	-1,64175	-78,6522	4,489248
2018-10-24 19:52:28	78876	08	-1,64174	-78,6522	2,781704
2018-10-24 19:52:30	78877	08	-1,64174	-78,6522	1,005636
2018-10-24 19:52:31	78878	08	-1,64174	-78,6522	2,026088
2018-10-24 19:52:33	78879	08	-1,64174	-78,6522	6,76906
2018-10-24 19:52:34	78880	08	-1,64173	-78,6522	5,959736
2018-10-24 19:52:37	78881	09	-1,64172	-78,6522	1,811256
2018-10-24 19:52:38	78882	08	-1,64173	-78,6522	0,331508
2018-10-24 19:52:40	78883	08	-1,64173	-78,6522	4,396648

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **figura 19-3** podemos observar la ruta completa mostrada por la plataforma de rastreo satelital, como se puede observar la ruta trazada es similar a la ruta de referencia, comprobando el funcionamiento de la plataforma de rastreo satelital.

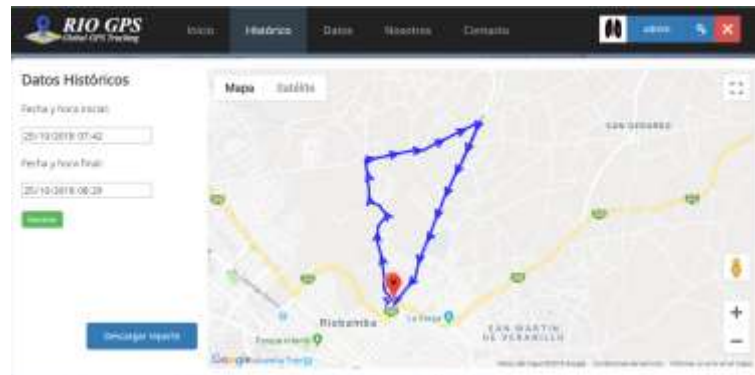


Figura 19-3: Ruta trazada por el sistema de rastreo satelital en el escenario 4

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.3.4.2 Prueba de rendimiento

Para evaluar el rendimiento durante el recorrido de la mascota se tomará las coordenadas del GPS Garmin Oregon 650 en el momento que la mascota cambia de estado de reposo y comienza a moverse, y se verificara el tiempo que se tarda la plataforma en mostrar el mismo dato del GPS Garmin Oregon 650.

Este procedimiento se realizará 5 veces durante el recorrido y al final se obtendrá una media del rendimiento que brinda el dispositivo.

Tabla 23-3: Lista de direcciones para la toma de tiempo escenario 4

	Calles
Dirección 1	Av. 9 de Octubre y Juan Lavalle
Dirección 2	Av. 9 de Octubre y Av. Leopoldo Freire
Dirección 3	Av. Edelberto Bonilla y Costa Rica
Dirección 4	Av. Edelberto Bonilla y Caazapa
Dirección 5	Av. Edelberto Bonilla y Vicente Ramón Roca

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 24-3: Tiempo de actualización de los datos del sistema en el escenario 4

	Tiempo (segundos)
Observación 1	4,85
Observación 2	3,32
Observación 3	4,70
Observación 4	6,64
Observación 5	3,31
PROMEDIO	4,56

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Una vez realizada las lecturas del tiempo en 5 puntos como se observa en la **tabla 24-3** se obtuvo una media del tiempo que tardan los datos de posicionamiento en mostrarse en la plataforma de rastreo satelital siendo esta de 4,56 segundos para el escenario 4.

3.3.4.3 Prueba de fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad de la plataforma de rastreo se recolectaran las coordenadas tomadas con el GPS Garmin Oregon 650 en cualquier punto durante el recorrido de la mascota, dichas coordenadas

se comparan con las coordenadas obtenidas mediante la plataforma de rastreo, se obtuvo el error máximo, mínimo y medio expresado en metros durante el recorrido de la ruta para el escenario 4.

Tabla 25-3: Coordenadas entregadas por el GPS Garmin Oregon 650 en el escenario 4

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,660277778	-78,64855556
Punto 2	-1,657527778	-78,64983333
Punto 3	-1,650527778	-78,65061111
Punto 4	-1,64175	-78,65225
Punto 5	-1,636666667	-78,637

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

Tabla 26-3: Coordenadas tomadas por la plataforma en el escenario 4

	Latitud	Longitud
Punto 1	-1,660309833	-78,6485915
Punto 2	-1,657533833	-78,64981
Punto 3	-1,650544	-78,6505885
Punto 4	-1,641781667	-78,65223567
Punto 5	-1,636679333	-78,63700283

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En las **tablas 25-3 y 26-3** se puede observar las coordenadas obtenidas en 5 puntos del recorrido con un GPS Garmin Oregon 650 y la plataforma de rastreo satelital respectivamente, una vez realizado el cálculo de las distancias entre los puntos en la **tabla 27-3** se observa que durante el recorrido se tuvo un error máximo de 5,35968 metros y un mínimo de 1,44482 metros, teniendo como un error medio de 3,29051 metros para la ruta realizada en el escenario 4.

Tabla 27-3: Error calculado en el escenario 4.

	Error (metros)
Máximo	5,35968
Mínimo	1,44482
Media	3,29051
Desviación estándar	1,45177

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

En la **tabla 28-3** se puede observar el error porcentual calculado en cada uno de los puntos tanto en latitud como en longitud, donde en promedio se obtuvo el 0,87% de error porcentual en latitud y 0,94% de error porcentual en longitud para el escenario 4.

Tabla 28-3: Error porcentual de las coordenadas medidas en el escenario 4.

	Error porcentual	
	Latitud	Longitud
Punto 1	0,32%	0,24%
Punto 2	0,07%	0,13%
Punto 3	3,16%	3,64%
Punto 4	0,36%	0,62%
Punto 5	0,42%	0,08%
PROMEDIO	0,87%	0,94%

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.4 Manual de usuario

3.4.1 Especificaciones del dispositivo móvil

El dispositivo debe ser alimentado con 5V con un amperaje mínimo de 2A para su correcto funcionamiento, el dispositivo tiene un tamaño de 105 x 65 x 40 milímetros. El dispositivo no incluye batería.



Figura 20-3: Terminal móvil

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

3.4.2 Instalación

En la **figura 20-3** se puede observar el terminal móvil dentro de caja y lista para su instalación en el objeto de rastreo.

- Previamente se verifica que está insertada la tarjeta SIM en el módulo GPRS.
- Conectar a la alimentación ya sea con adaptadores en un vehículo, baterías o power bank, verificando su voltaje y amperaje mínimo.
- Al conectar el equipo se encenderá dos leds uno de color rojo indicando que está conectado a su fuente de alimentación y otro de color verde intermitentemente indicando que dispositivo se está arrancando.
- Al iniciar los módulos, el modulo GPS mostrando un led verde intermitente indicando que está recibiendo datos como muestra la **figura 21-3**, y el módulo GPRS con un led azul encendido permanentemente encendido indicando que está conectado a la red como se observa en la **figura 22-3** y se puede conectar a internet.



Figura 21-3: Modulo GPS en funcionamiento

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.



Figura 22-3: Modulo GPRS en funcionamiento

Realizado por: Sislema, Oscar, 2018.

A continuación ingresamos a la página web www.rio-gps.com para proceder a realizar el tracking.

CONCLUSIONES

- Se integró tecnologías de adquisición y transmisión de datos disponibles para desarrollar el terminal móvil que cumple con las características básicas de un dispositivo de rastreo satelital, usando dispositivos hardware que se adquieren en el país a un bajo costo.
- Se diseñó una página web donde se muestra los datos de posicionamiento de los objetos en los cuales se instaló el terminal móvil, con una interfaz gráfica amigable y de fácil uso que incluye funciones básicas para el tracking con la particularidad de ser gratuita pudiendo acceder a la misma desde cualquier lugar.
- Se pudo obtener datos como latitud, longitud y velocidad de manera periódica de los objetos sujetos a tracking, verificando que las trayectorias seguidas mediante un mapa digital mostrado en la plataforma de rastreo satelital coinciden a las trayectorias de referencia realizadas en la herramienta de Google Maps.
- Para el escenario de una ruta de un bus de transporte urbano existe similitud entre la ruta mostrada por la plataforma de rastreo y la ruta de referencia, con un error máximo de 5,08681 metros y un mínimo de 2,39067 metros, teniendo como media un error 3,55118 metros, donde el error en latitud es de 0,24% y en longitud de 0,29%, con un tiempo de actualización promedio de 4,874 segundos.
- Para el escenario de una ruta de un vehículo particular existe similitud entre la ruta mostrada por la plataforma de rastreo y la ruta de referencia, con un error máximo de 8,42182 metros y un mínimo de 0,80821 metros, teniendo como media un error 4,18474 metros, donde el error en latitud es de 0,22% y en longitud de 0,26%, con un tiempo de actualización promedio de 4,73 segundos.
- Para el escenario de una ruta de un estudiante existe similitud entre la ruta mostrada por la plataforma de rastreo y la ruta de referencia, con un error máximo de 6,44351 metros y un mínimo de 3,01867 metros, teniendo como media un error 4,31359 metros, donde el error en latitud es de 0,66% y en longitud de 1,30%, con un tiempo de actualización de 4,788 segundos.

- Para el escenario de una ruta de una mascota existe similitud entre la ruta mostrada por la plataforma de rastreo y la ruta de referencia, con un error máximo de 5,35968 metros y un mínimo de 1,44482 metros, teniendo como media un error 3,29051 metros, donde el error en latitud es de 0,87% y en longitud de 0,94%, con un tiempo de actualización promedio de 4,56 segundos.

- El cliente tiene disponible el historial sobre las rutas realizadas de acuerdo a la fecha y hora, con la opción de descargar el reporte de ruta con la información sobre: latitud, longitud, satélites, velocidad; la información almacenada se encuentra en un archivo de formato PDF.

- La cobertura de plataforma de rastreo satelital está definida por la cobertura que ofrece la operadora celular usada en el dispositivo, al no existir cobertura el modulo no envía ninguna información al servidor.

RECOMENDACIONES

- Se debe tomar en cuenta la alimentación antes de la instalación, para automotores usar cargadores vehiculares para celular con amperaje de mínimo 2A, y para otras aplicaciones que requieran portabilidad se puede optar por cargadores portátiles con amperaje equivalente.
- La ubicación del terminal móvil debe tener línea de vista al espacio, para captar mejor las señales provenientes de los satélites, aumentando con ello la precisión del posicionamiento.
- Realizar respaldos periódicamente de los registros de la base de datos para preservar los datos ante posibles problemas en la administración de la base de datos o fallos en el software.
- El error en el posicionamiento depende de las condiciones climatológicas presentes al momento de tomar los datos del sistema de satélites.
- Se debe tomar en cuenta que el retardo que existe desde que se envía los datos del terminal móvil hasta presentarse en la plataforma de rastreo satelital depende a la eficiencia del servicio de telefonía celular, pero sin afectar al funcionamiento de la plataforma.
- Se puede optimizar el funcionamiento del dispositivo utilizando módulos cuyo consumo de energía sea menor.
- Para trabajos futuros se pueden integrar otras tecnologías y sensores para mejorar la precisión de la información de posicionamiento en aplicaciones que lo requieran.

BIBLIOGRAFÍA

Casanova, Leonardo. *Sistemas de Posicionamiento Global por satélites G.P.S.* [En línea], 2004, pp. 8-10. [Consulta: 2018-04-20] Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnova/Archivos/FORMATO-PDF/CAPITULO-10.pdf>

Chuquitarco, Marcia; & Naranjo, Ronny. *Diseño e instalación de un sistema de rastreo satelital mediante GPS y GPRS para el vehiculo Chevrolet-Aveo de la Escuela de Conducción de ESPE-Latacunga* [En línea] (tesis) (pregrado). Universidad Politécnica del Ejército, Ingeniería Automotriz. 2012. [Consulta: 2018-03-17]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5879/1/T-ESPEL-0963.pdf>

Espinosa, Ronney; & Navarro, Gerardo. *Dispositivo de seguimiento basado en GPS y GPRS* [En línea], 2015, pp. 8-10. [Consulta: 2018-05-12] Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22513/Dispositivo%20de%20seguimiento%20basado%20en%20GPS%20y%20GPRS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Forouzan, Behrouz A. *Transmision De Datos Y Redes De Comunicaciones* [En línea]. 2ª ed. Madrid - España: Concepción Fernández Madrid, 2007. [Consulta: 2018-04-24] Disponible en: https://www.academia.edu/30187265/Transmision_de_Datos_y_Redde_de_Comunicaciones_2da_Edicion_Behrouz_A._Forouzan_FREELIBROS.ORG

Franco Zambrano, Juan. *Propuesta de modelo de seguimiento satelital para flotas vehiculares de EP Petroecuador – Distrito Amazónico - Lago Agrio* [En línea] (tesis)(pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2015. [Consulta: 2018-08-14] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4089/1/T-UCSG-POS-MAE-81.pdf>

François, Mocq. *Raspberry Pi 2: Utilice todo el potencial de su nano-ordenador* [En línea]. Ediciones ENI. 2016. [Consulta: 2018-10-24] Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=zll9Cw8WmaYC&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

García Álvarez, David Abelardo. *Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)* [En línea]. Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior. 2008. [Consulta: 2018-

06-14] Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

Ghio, M. Gina. *Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial* [En línea]. 2008. [Consulta: 2018-08-12]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=c1>

Guerrero Chávez, Maritza Fernanda. *Estudio para implementar un sistema de georeferenciación vehicular con controles en velocidad y seguridad* [En línea]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. Quito - Ecuador. 2013. [Consulta: 2018-03-13]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6248/T-PUCE-6427.pdf;sequence=1>

Guzmán, David. *Comparativa: 4 sistemas de rastreo satelital en Ecuador / Motorbit* [En línea]. 2016. [Consulta: 2018-05-05] Disponible en: <http://motorbit.com/cons-cs-jc-comparativa-4-sistemas-de-rastreo-satelital-en-ecuador/?pais=>

Henao, Luis Guillermo. *Diseño de un equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías gps y gsm* [En línea] (tesis) (pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. 2014. [Consulta: 2018-08-24] Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4895/629437H493.pdf>

Hoyer, Melvin. *Conceptos Básicos Del Posicionamiento Gnss En Tiempo Real. Ntrip Y Tópicos Relacionados Con El Tema* [En línea]. 2002. [Consulta: 2018-09-24] Disponible en: ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-RT/03_Hoyer_GNSS_en_Tiempo_Real.pdf

Jaramillo Valbuena, Raúl. *Simulación de las etapas de adquisición y tracking de un receptor GPS* [En línea] (tesis)(pregrado). Universidad Autónoma de Barcelona, Sistemas de Telecomunicaciones. 2014. [Consulta: 2018-05-14] Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2014/131495/TFG_RaulJaramilloValbuena.pdf

Letham, Lawrence. *GPS fácil : Uso del Sistema de Posicionamiento Global* [En línea]. 3ª ed. 2001. [Consulta: 2018-03-12] Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=orjnvjPqELcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Manuel, Ariel Edgardo. *Gnss: Descripción, análisis y comparación con los sistemas de navegación por satélites* [En línea] (tesis)(pregrado). Universidad Nacional de Córdoba, Escuela de Agrimensura. 2012. [Consulta: 2018-08-07]. Disponible en: <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa7ae.dir/doc.pdf>

Martos, Nicolas Velasco. *Sistema embebido para la conexión de un PLC Siemens S7-200 a la red GSM* [En línea] (tesis) (Maestría). Pontífica Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Redes de Comunicación. 2018. [Consulta: 2018-09-21] Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf>

Millet, Piero Berni. *Puesta en marcha de un SGBD y un servidor web local* [En línea]. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya. 2013. [Consulta: 2018-10-12]. Disponible en: https://www.academia.edu/34844922/Puesta_en_marcha_de_un_SGBD_y_un_servidor_web_local?auto=download

Olmedillas, Joan Carles. *Introducción a los sistemas de navegación por satélite* [En línea]. Editorial UOC. 2012. [Consulta: 2018-06-04] Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=-9BSVHI0e3EC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Pozo Ruz, A Ribeiro; et al. *Sistema De Posicionamiento Global (Gps): Descripción, Análisis De Errores, Aplicaciones Y Futuro* [En línea]. E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Málaga. 2000. [Consulta: 2018-03-15] Disponible en: http://www.oocities.org/es/foro_gps/infografia/gps5.pdf

Toloz, Juan Manuel. *Algoritmos y técnicas de tiempo real para el incremento de la precisión posicional relativa usando receptores GPS estándar* [En línea]. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Informática. 2012. [Consulta: 2018-03-15] Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26276>

ANEXOS

Anexo A



Hoja de especificaciones técnicas Raspberry pi 3 model B

Raspberry Pi 3 Model B+

2

Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4 GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11 b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none">■ 1 × full size HDMI■ MIPI DSI display port■ MIPI CSI camera port■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none">■ 5V/2.5A DC via micro USB connector■ 5V DC via GPIO header■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50°C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



Anexo B

Hoja de especificaciones técnicas módulo GPS UBLOX


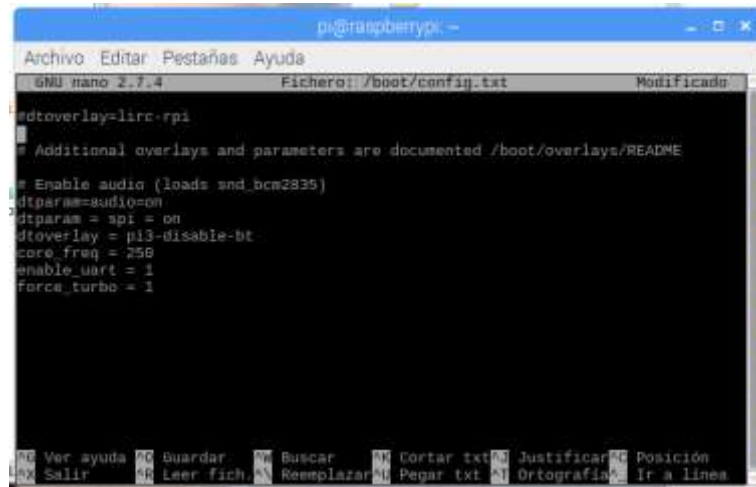
		NEO-6 - Data Sheet		
1.3 GPS performance				
Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6GQ/T	NEO-6MV	NEO-6P
	Cold Start ²	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ²	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ²	1 s	1 s	1 s
	Aided Starts ³	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁴		NEO-6GQ/T	NEO-6MV	NEO-6P
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Reacquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6GQMT	NEO-6RV	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁶	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6GQMPV	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 MHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity	21 ns		
	Compensated ⁹	15 ns		
Velocity accuracy ⁹		0.1m/s		
Heading accuracy ⁹		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	≤ 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹¹	500 m/s		

Table 2: NEO-6 GPS performance

Anexo C

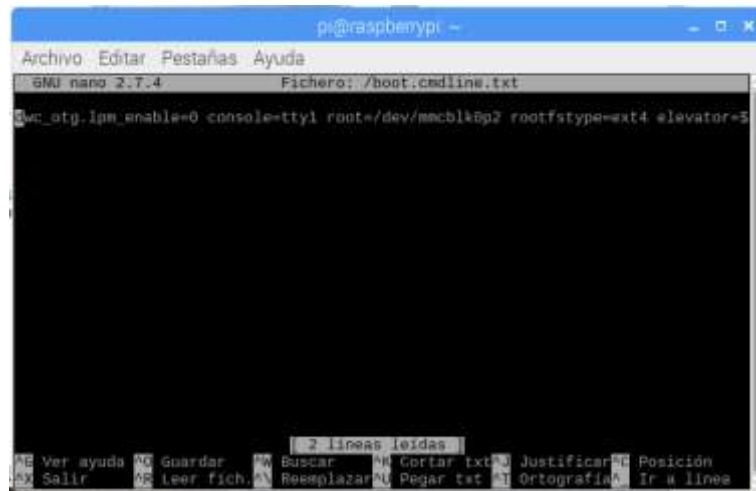
Configuración del archivo config.txt, activación puerto UART



A screenshot of a terminal window on a Raspberry Pi. The window title is 'pi@raspberrypi: ~'. The terminal shows the GNU nano 2.7.4 editor editing the file '/boot/config.txt'. The content of the file is as follows:

```
#dtoverlay=lirc-rpi
# Additional overlays and parameters are documented /boot/overlays/README
# Enable audio (loads snd_bcm2835)
dtparam=audio=on
dtparam=spi=on
dtoverlay=pi3-disable-bt
core_freq=250
enable_uart=1
force_turbo=1
```

The bottom of the screen shows the nano editor's command palette with options: Ver ayuda, Guardar, Buscar, Cortar txt, Justificar, Posición, Salir, Leer fich., Reemplazar, Pegar txt, Ortografía, Ir a línea.



A screenshot of a terminal window on a Raspberry Pi. The window title is 'pi@raspberrypi: ~'. The terminal shows the GNU nano 2.7.4 editor editing the file '/boot/cmdline.txt'. The content of the file is as follows:

```
vc_otp.lpm_enable=0 console=tty1 root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=5
```

The bottom of the screen shows the nano editor's command palette with options: Ver ayuda, Guardar, Buscar, Cortar txt, Justificar, Posición, Salir, Leer fich., Reemplazar, Pegar txt, Ortografía, Ir a línea. A status bar at the bottom indicates '2 líneas leídas'.

Anexo D

Prueba de conexión del módulo GPS Ublox Vk 172

```
pi@raspberrypi ~$ cat /dev/ttyUSB0
Archivo: Editar Pestañas Ayuda
$BDMC,184011,041,V,,,,,,,,,000010,,,8*3E
$MWDG,,,,,,,,,8*2E
$GPRDA,184011,041,06,00,2018,00,00*44
$PPTXT,03,01,01,SYSTEMA 06*79
$REGDA,184012,043,,,,,0,05,25,5,,,,,,,,*71
$MWDG,,,,,,,,,160011-041,V,8*5F
$GPRDA,A,1,,,,,,,,,29,3,25,0,29,3*6D
$REGDA,A,1,,,,,,,,,29,3,25,0,29,3*13
$PPOSV,2,1,00,00,,,22,18,,,21,18,,,20,18,,,20*78
$PPOSV,2,2,00,23,,,20*70
$GPRDA,1,1,00*08
$BDMC,184013,041,V,,,,,,,,,000010,,,8*3E
$MWDG,,,,,,,,,8*2E
$GPRDA,184012,041,06,00,2018,00,00*47
$PPTXT,03,01,01,SYSTEMA 06*79
```

Anexo E

Prueba de conexión del módulo GPRS Huawei E303C

```
pi@raspberrypi ~$ cat /dev/ttyUSB0
Archivo: Editar Pestañas Ayuda
n
OK
at
at+st
OK
at+cops?
ERROR
at+cops?
+CS: 0,0,"Comcast S.A."

OK
at+creg?
+CREG: 0,1
K
```

Anexo F

Configuración en php de las páginas web de la plataforma de rastreo satelital

conexión.php

```
<?php
//Mantener la sesion activa
if(!isset($_SESSION))
session_start();

//CONEXIÓN A LA BASE DE
DATOS
$hostname_db = "localhost";

$database_db = "gpsdata";
$username_db = "root";
$password_db = "Mn87be3i";
//Conectar a la base de datos
$conexion =
mysqli_connect($hostname_db,
$username_db, $password_db);
//Seleccionar la base de datos
mysqli_select_db($conexion,$dat
abase_db) or die ("Ninguna DB
seleccionada");

include('inc/funciones.php');
?>
```

index.php

```
<?php
require_once('conexion.php');
$menu='inicio';
if(isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0].'gps.p
hp');
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
<meta charset="UTF-
8">
<title>RIO GPS | Sign
In</title>
<link rel="shortcut
icon" type="image/x-icon"
href="img/home.png"/>
<meta
name="viewport"
content="width=device-width,
user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0,
minimum-scale=1.0">
<link rel="stylesheet"
href="css/estilos.css">
<link rel="stylesheet"
href="css/base.css">
<script
src="https://ajax.googleapis.com/
ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min.
js"></script>
</head>
<body>
<div class="relleno-
8">
<div
class="fila">
<div class="columna
columna-m-4 columna-g-
4"></div>
<div class="columna
columna-m-4 columna-g-4"
style="padding: 70px 40px;">
<div style="background:
rgba(250, 249, 249, 0.6); border-
radius: 8px;padding: 30px;">
<form
onsubmit="return false"
class="formulario"
id="formInicio">
<div class="logo">
<div>
<div
class="imagen"><center></cen
ter></div>
</div>
</div>
<div class="formulario-
grupo">
<label
for="user"></label>
<input type="text"
name="user" id="user"
class="form-control"
placeholder="Usuario o email">
</div>
```

```

<div class="formulario-
grupo">
  <label
for="pass"></label>
  <input
type="password" name="pass"
id="pass" class="form-control"
placeholder="Contraseña">
</div>
<div class="formulario-
grupo" style="padding-bottom:
15px;">
  <div
class="recordarme">
    <input
type="checkbox"
name="recordar"
id="recordar"><label

```

```

for="recordar">Recordar
sesión</label>
</div></div>
<div class="formulario-
grupo oculto" id="login-error">
  <div class="alerta
alerta-rojo alerta-pequena"
id="login-mensaje">Error</div>
</div>
<div class="modal-
footer">
  <center>
    <button
type="submit" class="boton
boton-azul"
onclick="login_ajax(user.value,p
ass.value)" style="width:
40%;">Sign In</button>

```

```

<button
type="submit" class="boton
boton-naranja"
onclick="location.href='registro.
php'" style="width:
40%;">Registrarse</button>
</center>
</div>
</form>
</div></div>
<div class="columna
columna-m-4 columna-g-
4"></div></div></div><script
src="js/base.js"></script>
<script
src="js/efectos.js"></script>
</body>
</html>

```

registro.php

```

<?php
require_once('conexion.php');
$menu='registro';
if(isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0].'gps.p
hp');
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
  <meta charset="UTF-
8">
  <title>Registro - Rio
Gps</title>
  <link rel="shortcut
icon" type="image/x-icon"
href="img/home.png" />
  <meta
name="viewport"
content="width=device-width,

```

```

user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0,
minimum-scale=1.0">
  <link rel="stylesheet"
href="css/estilos.css">
  <link rel="stylesheet"
href="css/base.css">
  <script
src="https://ajax.googleapis.com/
ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min.
js"></script>
</head>
<body>
  <header>
    <div
class="contenedor">
      <div class="logo
izquierda">

```

```

  <a href="<?php echo
$data[0]; ?>">
    
  </a>
</div>
<div class="derecha">
  <a href="index.php"
class="boton boton-verde"
style="margin-top: 20px;">Sign
In</a>
</div>
</div>

```

```

        </header>
        <div class="contenedor
fondo-blanco relleno-8 borde-
gris margen-arriba"
style="border-radius: 7px; min-
height: 500px;">
            <div
class="fila">
                <div
class="contenidos">
                    <form
onsubmit="return false"
class="formulario"
id="formRegistro" style="max-
width:400px;margin:0px auto">
                        <h1>Registro</h1>
                            <div
class="formulario-grupo">
                                <label
for="correo">Email:</label>
                                    <input
type="email" name="correo"
id="correo" class="form-control"
placeholder="Email...">
                                        </div>
                                            <div
class="formulario-grupo">
                                                <label
for="user">Usuario:</label>
                                                    <input type="text"
name="user" id="user"
class="form-control"
placeholder="Usuario...">
                                                        </div>
                                                            <div
class="formulario-grupo">
                                                                <label
for="imei">IMEI del
dispositivo:</label>
                                                                    <input type="text"
name="imei" id="imei"
class="form-control"
placeholder="imei...">
                                                                        </div>
                                                                            <div
class="formulario-grupo">
                                                                                <label
for="pass1">Contraseña:</label>
                                                                                    <input
type="password" name="pass1"
id="pass1" class="form-control"
placeholder="Contraseña...">
                                                                                        </div>
                                                                                            <div
class="formulario-grupo">
                                                                                                <label
for="pass2">Repetir
contraseña:</label>
                                                                                                    <input
type="password" name="pass2"
id="pass2" class="form-control"
placeholder="Repetir
contraseña...">
                                                                                                        </div>
                                                                                                            <div
class="formulario-grupo oculto"
id="registro-error">
                                                                                                                <div class="alerta
alerta-rojo alerta-pequena"
id="registro-
mensaje">Error</div>
                                                                                                                    </div>
                                                                                                                        <div
class="formulario-grupo">
                                                                                                                            <input
type="submit" class="boton
boton-azul derecha"
value="Registrarse"
onclick="registro_ajax(user.valu
e,correo.value,
imei.value,pass1.value,pass2.val
ue)">
                                                                                                                                </div>
                                                                                                                                    </form>
                                                                                                                                        </div>
                                                                                                                                            </div>
                                                                                                                                                <?php
include('inc/footer.php'); ?>
                                                                                                                                                    <script
src="js/base.js"></script>
                                                                                                                                    <script
src="js/efectos.js"></script>
                                                                                                                                        </body>
                                                                                                                                            </html>

```

gps.php

```

<?php
require_once('conexion.php');

$menu='gps';

if(!isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0]);

```


<pre> ?> <!DOCTYPE html> <html lang="es"> <head> <meta charset="UTF- 8"> <title>Tracking - Rio Gps</title> <link rel="shortcut icon" type="image/x-icon" href="img/home.png" /> <meta name="viewport" content="width=device-width, user-scalable=no, initial- scale=1.0, maximum-scale=1.0, minimum-scale=1.0"> <link rel="stylesheet" href="css/estilos.css"> <link rel="stylesheet" href="css/base.css"> <script src="https://ajax.googleapis.com/ ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min. js"></script> <style> /* Always set the map height explicitly to define the size of the div * element that contains the map. */ #map { height: 70vh; width: 100%; } </style> </head> <body onLoad="setInterval('realtime()', 1000);"><!--Tiempo en milisegundos para el tracking --> </pre>	<pre> <?php include('inc/header.php'); ?> <div class="contenedor fondo-blanco relleno-8 borde- gris margen-arriba" style="border-radius: 7px; min- height: 500px;"> <div class="fila"> <div class="columna columna-m-3 columna-g-3 columna-texto"> <h1>Tiempo Real</h1><div>
 Tiempo en minutos:

<input type="number" name="minutes">

 <button onclick="Fmap()" class="boton boton-pequeno boton- azul">Generar</button> </div></div> <div class="columna columna-m-9 columna-g-9"> <div id="map" href="javascript:location.reload() "></div> </div> </div> </div> <?php include('inc/footer.php'); ?> </pre>	<pre> <script> var customLabel = { restaurant: { label: 'R' }, bar: { label: 'B' } }; var map; var poly; var path; var marker; var point; var infowincontent; var infoWindow; var flag = false; //Funcion que permite visualizar en tiempo real la ubicacion del dispositivo (Lapso de 1 segundo) function realtime(){ if(flag){ marker.setMap(null); downloadUrl('http://rio -gps.com/genxml.php?points=1', function(data) { var xml = data.responseXML; var markers = </pre>
--	--	---

```

xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');

    Array.prototype.forEach.call(markers,
function(markerElem) {
    var
name =
markerElem.getAttribute('imei');
    var sat =
markerElem.getAttribute('sat');
    var
velocidad =
markerElem.getAttribute('velocidad');
    var type
=
markerElem.getAttribute('type');
    var
latitud =
markerElem.getAttribute('lat');
    var
longitud =
markerElem.getAttribute('lng');
    var time
=
markerElem.getAttribute('time');

    point = new
google.maps.LatLng(

parseFloat(markerElem
.getAttribute('lat')),

parseFloat(markerElem.getAttribute('lng'))

);

    infowincontent =
document.createElement('div');
    var
strong =
document.createElement('strong');
;
    strong.textContent =
name;
infowincontent.appendChild(stro
ng);
infowincontent.appendChild(doc
ument.createElement('br'));
    var text
=
document.createElement('text');
text.textContent = velocidad+'
Km/h';
infowincontent.appendChild(text
);
infowincontent.appendChild(doc
ument.createElement('br'));
    var text2
=
document.createElement('text2');
text2.textContent = latitud+'
'+longitud;
infowincontent.appendChild(text
2);
infowincontent.appendChild(doc
ument.createElement('br'));

    var text3
=
document.createElement('text3');
text3.textContent = time;
infowincontent.appendChild(text
3);

    path.push(point);
});

    marker = new
google.maps.Marker({
    map: map,
    position: point
});

    marker.addListener('cli
ck', function() {
    flag
= false;

    infoWindow.setConten
t(infowincontent);

    infoWindow.open(map
, marker);
});

```

```

        });
    }
}

//Funcion que genera la ruta en el mapa segun los minutos establecidos
function Fmap() {
    var minutes=document.getElementsByName("minutes")[0].value;

    if(minutes != null && minutes != 0){

        var total = minutes * 60;

        if(flag){

            poly.setMap(null);

            marker.setMap(null);

            flag = false;

        }

        infoWindow = new google.maps.InfoWindow;

        /* -----
        -----
        -----
        -----
        ----- Configuraciones esteticas de la ruta -----
        -----

        ----- */

        var lineSymbol = {
            //Variable que define el estilo del simbolo en la ruta (flecha) revisar el siguiente link para ver otros simbolos
            https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/symbols

            path:
            google.maps.SymbolPath.FORWARD_CLOSED_ARROW,

            scale: 3
            //Tamaño de las flechas

        };

        poly = new google.maps.Polyline(
            {

                strokeColor:
                '#2E2EFE', //Color en hexadecimal de la ruta
                #F99108

                strokeWeight: 4,
                //Ancho de la ruta

                strokeOpacity: 1,

                clickable:
                false,

                /*icons: [{
                    icon: lineSymbol,
                    offset: '100%', //en que parte del tramo aparece la primera flecha (100% al final)

                    repeat: '5%' // Cada cuanto aparece una flecha (rango en porcentajes de 1 a 100)

                }]*

            }]);

        poly.setMap(map);

        var nurl = "http://riogps.com/genxml.php?points="+ total;

        downloadUrl(nurl,
        function(data) {
            var
            xml = data.responseXML;
            var
            markers =
            xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');

            var vlat =
            new Array();

            var vlng =
            new Array();
        });
    }
}

```

```

                                //Funcion que
                                inicializa el mapa
                                request.onreadystatechange
                                ange = function() {
                                if
                                (request.readyState == 4) {
                                request.onreadystatechange
                                ange = doNothing;
                                callback(request,
                                request.status);
                                }
                                };
                                request.open('GET',
                                url, true);
                                request.send(null);
                                }
                                function doNothing()
                                {}
                                </script>
                                <script async defer
                                src="https://maps.goog
                                leapis.com/maps/api/js?key=AIza
                                SyBbqlrNs-
                                3TqbIQ8AU2D8GIRF8Q1o-
                                HuPk&callback=initMap">
                                </script>
                                <script
                                src="js/base.js"></script>
                                <script
                                src="js/efectos.js"></script>
                                </body>
                                </html>

var cont = 0;
Array.prototype.forEach.call(mar
kers, function(markerElem) {
    vlat[cont] =
parseFloat(markerElem.getAttrib
ute('lat'));
    vlng[cont] =
parseFloat(markerElem.getAttrib
ute('lng'));
    cont++;
});
for (var i = cont - 1; i >= 0; i--){
    point = new
google.maps.LatLng(vlat[i],
vlng[i]);
    path = poly.getPath();
    path.push(point);
    marker = new
google.maps.Marker({
        map: map,
        position: point
    });
    flag
= true;
    });
}

                                //Funcion que
                                recupera el estado de tiempo real
                                function
                                clickmap(){
                                if(!flag && path !=
                                null)
                                flag = true;
                                }
                                function
                                downloadUrl(url, callback) {
                                var request =
                                window.ActiveXObject ?
                                new
                                ActiveXObject("Microsoft.XML
                                HTTP") :
                                new
                                XMLHttpRequest;

```

historico.php

```

<?php
require_once('conexion.php');

$menu='historico';

if(!isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0]);

?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
    <meta charset="UTF-
8">
    <title>Datos Históricos
- Rio Gps</title>
    <link rel="shortcut
icon" type="image/x-icon"
href="img/home.png" />
    <meta
name="viewport"
content="width=device-width,
user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0,
minimum-scale=1.0">
    <link rel="stylesheet"
href="css/estilos.css">
    <link rel="stylesheet"
href="css/base.css">
    <script
src="https://ajax.googleapis.com/
ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min.
js"></script>
    <style>
        /* Always set the map height
explicitly to define the size of the
div
        * element that contains the
map. */
        #map {
            height: 70vh;
            width: 100%;
        }
    </style>
</head>
<body>
    <?php
include('inc/header.php'); ?>

    <div class="contenedor
fondo-blanco relleno-8 borde-gris
margen-arriba" style="border-
radius: 7px; min-height: 500px;">
        <div
class="fila">
            <div class="columna
columna-m-3 columna-g-3
columna-texto">
                <h1>Datos
Históricos</h1><div>
                    <br>
                    Fecha y hora
inicial: <br><br><input
type="datetime-local"
name="fstart" value="2018-09-
21T14:00"><br><br>
                    Fecha y hora
final: <br><br><input
type="datetime-local"
name="fend" value="<?php echo
date("Y-m-d\TH:i")
?>"><br><br>
                    <button
onclick="Fmap()" class="boton
boton-pequeno boton-
verde">Generar</button>
                </div><div>
                    <br><br><br><br><br>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>
<div class="formulario-grupo
oculto"
id="reporte-error">
    <div class="alerta
alerta-rojo alerta-pequena"
id="reporte-
mensaje">Error</div>
</div>
<div
class="formulario-grupo">
    <input
type="submit" class="boton
boton-grande boton-azul
derecha" id="button"
value="Descargar reporte"
onclick="reporte()">
</div>
</div>
<div class="columna
columna-m-9 columna-g-9">
    <div id="map"
href="javascript:location.reload()
"></div>
</div>
<div>
</div>
</div>
<?php
include('inc/footer.php'); ?>
<script>
    var
customLabel = {
        restaurant: {
            label: 'R'
        },
        bar: {

```

```

        label: 'B'
    }
    });

    var map;
    var poly;
    var markeri;
    var markerf;
    var point;
    var infowincontent;
    var infowincontent2;

    //Funcion
    descargar reporte
    reporte() {
        var
        fstart=document.getElementsBy
        Name("fstart")[0].value;
        var
        fend=document.getElementsByN
        ame("fend")[0].value;

        $('#button').each(function(link) {
            button.onclick =
            function(){
                window.open("pdf/index.php?fstart="+
                fstart +"&fend="+fend
                ,'New Window'); return false;
            };
        });

        //Funcion
        descargar reporte en excel
        function
        archivoexcel() {
            var
            fstart=document.getElementsBy
            Name("fstart")[0].value;
            var
            fend=document.getElementsByN
            ame("fend")[0].value;

            $('#button').each(function(link) {
                button.onclick =
                function(){
                    window.open("excel/index.php?fstart="+
                    fstart +"&fend="+fend
                    ,'New Window'); return false;
                };
            });

            //Funcion que
            genera la ruta en el mapa segun
            los minutos establecidos
            function
            Fmap() {
                var
                fstart=document.getElementsBy
                Name("fstart")[0].value;
                var
                fend=document.getElementsByN
                ame("fend")[0].value;

                if(fstart.toString() != ""
                && fend.toString() != ""){
                    try {
                        poly.setMap(null);
                        markeri.setMap(null);
                        markerf.setMap(null);

                        var
                        infoWindow = new
                        google.maps.InfoWindow;

                        var
                        lineSymbol = {
                            //Variable que define el
                            estilo del simbolo en la ruta
                            (flecha) revisar el siguiente link
                            para ver otros simbolos
                            https://developers.google.com/m
                            aps/documentation/javascript/sy
                            mbols

                            path:
                            google.maps.SymbolPath.BACK
                            WARD_CLOSED_ARROW,

                            scale: 3
                            //Tamaño de las flechas
                        };

                        poly = new
                        google.maps.Polyline(
                            {
                                strokeColor:
                                '#2E2EFE', //Color en
                                hexadecimal de la ruta

                                strokeWeight: 4,
                                //Ancho de la
                                ruta

                                strokeOpacity: 1,

                                clickable:
                                false,
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

                var sat =
                    markerElem.getAttribute('sat');
                    var
                    velocidad =
                    markerElem.getAttribute('velocidad');
                    var type =
                    markerElem.getAttribute('type');
                    var
                    latitud =
                    markerElem.getAttribute('lat');
                    var
                    longitud =
                    markerElem.getAttribute('lng');
                    var time =
                    markerElem.getAttribute('time');
                    point = new
                    google.maps.LatLng(
                        parseFloat(markerElem
                            .getAttribute('lat')),
                        parseFloat(markerElem.getAttribute('lng'))
                    );
                    infowincontent =
                    document.createElement('div');
                    var
                    strong =
                    document.createElement('strong')
                    ;
                    strong.textContent =
                    name;
                    infowincontent.appendChild(strong);

                icons: [{
                    icon: lineSymbol,
                    offset: '0%', //en que
                    parte del tramo aparece la primera
                    flecha (100% al final)

                    repeat: '5%' // Cada
                    cuanto aparece una flecha (rango
                    en porcentajes de 1 a 100)
                }]
            });
            poly.setMap(map);

            var nurl =
            "http://rio-
            gps.com/genxmlh.php?fstart=" +
            fstart + "&fend=" + fend;

            downloadUrl(nurl,
            function(data) {
                var
                xml = data.responseXML;
                var
                markers =
                xml.documentElement.getElementsByTagName('marker');

                var flag =
                true;

                Array.prototype.forEach.call(markers,
                function(markerElem) {
                    var name =
                    markerElem.getAttribute('imei');
                    infowincontent.appendChild(doc
                        ument.createElement('br'));
                    var
                    tiempo =
                    document.createElement('tiempo'
                        );
                    tiempo.textContent = time;
                    infowincontent.appendChild(tie
                        mpo);
                    infowincontent.appendChild(doc
                        ument.createElement('br'));
                    var text
                    = document.createElement('text');
                    text.textContent = velocidad+'
                    Km/h';
                    infowincontent.appendChild(text
                        );
                    infowincontent.appendChild(doc
                        ument.createElement('br'));
                    var text2
                    =
                    document.createElement('text2');
                    text2.textContent = latitud+',
                    '+longitud;
                    infowincontent.appendChild(text
                        2);

                    var
                    path = poly.getPath();
                    path.push(point);
                });
            });

```

```

        if
        infoWindow.open(map
        request.onreadystatechange
(flag){
        , markerf);
        ange = function() {
            flag = false;
        });
            if
            (request.readyState == 4) {
                markerf = new
                google.maps.Marker({
                    map: ma
                    position: point
                });
                request.onreadystatechange
                ange = doNothing();
                callback(request,
                request.status);
                infowincontent2 =
                infowincontent;
            }
            }
            });
            request.open('GET',
            url, true);
            request.send(null);
            }
            function doNothing()
            {}
            </script>
            <script async defer
            src="https://maps.goog
            leapis.com/maps/api/js?key=AIz
            aSyBbqlrNs-
            3TqbIQ8AU2D8GIRF8Q1o-
            HuPk&callback=initMap">
            </script>
            <script
            src="js/base.js"></script>
            <script
            src="js/efectos.js"></script>
            </body>
            </html>
            markeri = new
            google.maps.Marker({
                map: map,
                position: point
            });
            initMap() {
                map = new
                google.maps.Map(document.get
                ElementById('map'), {
                    center: new
                    google.maps.LatLng(-1.666666, -
                    78.6666666),
                    zoom: 14
                });
            }
            function
            downloadUrl(url, callback) {
                var request =
                window.ActiveXObject ?
                new
                ActiveXObject('Microsoft.XML
                HTTP') :
                new
                XMLHttpRequest;
            }
        }
    }
}

```


perfil.php

```
<?php
require_once('../conexion.php');

$menu='perfil';

if(!isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0]);

$iduser=$_SESSION['iduser'];

//Consultar datos del usuario
$saccion_perfil="SELECT *
FROM usuario WHERE
id=$iduser";
$conconsulta_perfil=mysqli_query($
conexion,$saccion_perfil);
$datos_perfil=mysqli_fetch_asso
c($conconsulta_perfil);
$scantidad_perfil=mysqli_num_ro
ws($conconsulta_perfil);

?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
    <meta charset="UTF-
8">
    <title>Mi perfil - Rio
Gps</title>
    <link rel="shortcut
icon" type="image/x-icon"
href="<?php echo $dato[0];
?>img/home.png" />
    <meta
name="viewport"
content="width=device-width,
user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0,
minimum-scale=1.0">
    <link rel="stylesheet"
href="<?php echo $dato[0];
?>css/estilos.css">
    <link rel="stylesheet"
href="<?php echo $dato[0];
?>css/base.css">
    <script
src="https://ajax.googleapis.com/
ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min.
js"></script>
</head>
<body>
    <?php
include('../inc/header.php'); ?>
    <div class="contenedor
fondo-blanco relleno-8 borde-gris
margen-arriba" style="border-
radius: 7px; min-height: 500px;">
        <div
class="fila">
            <div class="columna
columna-m-3 columna-g-3">
                <h1>MI PERFIL</h1>
            </div>
            <div class="columna
columna-m-9 columna-g-9">
                <div class="listar">
                    <div
class="avatares izquierda borde-
verde">
                        ">
                    <p>
                        <span class="etiqueta-
rango" style="min-
width:100px"></span>
                    </p>
                    <a
onclick="$('#imagenavatar').cli
ck();" class="boton boton-
pequeno boton-rojo">Cambiar
foto</a>
                    <form
onsubmit="return false"
id="formAvatar" class="oculto">
                        <input
type="file"
name="imagenavatar"
id="imagenavatar"
onchange="subir_avatar();">
                    </form>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</body>
</html>
```

```

class="titulos pantalla-p-oculto">
    </div>
    <div class="titulo-info
color-
negro"><strong>Usuario:</stron
g><h4><?php echo
$datos_perfil['user'];
?></h4></div>
    <br>
    <div
class="titulo-info color-
negro"><strong>IMEI del
dispositivo:</strong> <?php echo
$datos_perfil['imei']; ?></div>
    <div
class="titulo-info color-
negro"><strong>Correo
electrónico:</strong> <?php echo
$datos_perfil['email']; ?></div>
    </div></div>
</div></div></div>
    </div>
    <?php
include('../inc/footer.php'); ?>
    <script src="<?php
echo $dato[0];
?>js/base.js"></script>
    <script src="<?php
echo $dato[0];
?>js/efectos.js"></script>
</body>
</html>
<?php
mysqli_free_result($consulta_per
fil); ?>

```

datos.php

```

<?php
require_once('conexion.php');

$menu='datos';

if(!isset($_SESSION['iduser']))
header('Location:'.$dato[0]);

$iduser=$_SESSION['iduser'];

//Consultar datos del usuario
$saccion_numero="SELECT *
FROM usuario WHERE
id=$iduser";
$consulta_numero=mysqli_query
($conexion,$saccion_numero);
$datos_numero=mysqli_fetch_as
soc($consulta_numero);

$cantidad_numero=mysqli_num
_rows($consulta_numero);

$celuser=$datos_numero['telefon
o'];

//Consultar datos del usuario
$saccion_posicion="SELECT *
FROM posicion WHERE
cel=$celuser AND id_pos =
(SELECT MAX(id_pos) from
posicion)";
$consulta_posicion=mysqli_quer
y($conexion,$saccion_posicion);
$datos_posicion=mysqli_fetch_a
ssoc($consulta_posicion);
$cantidad_posicion=mysqli_num
_rows($consulta_posicion);
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
    <meta charset="UTF-
8">
    <title>Datos - Rio
Gps</title>
    <link rel="shortcut
icon" type="image/x-icon"
href="img/home.png" />
    <meta
name="viewport"
content="width=device-width,
user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0,
minimum-scale=1.0">
    <link rel="stylesheet"
href="css/estilos.css">

```

```

<link rel="stylesheet"
href="css/base.css">
<script
src="https://ajax.googleapis.com/
ajax/libs/jquery/2.2.4/jquery.min.
js"></script>
</head>
<body>
<?php
include('inc/header.php'); ?>
<div class="contenedor
fondo-blanco relleno-8 borde-gris
margen-arriba" style="border-
radius: 7px; min-height: 500px;">
<div
class="fila cuadros-page">

```

```

<div
class="contenidos"
id="secrecargar">
</div></div></div>
<?php
include('inc/footer.php'); ?>
<script
src="js/base.js"></script>
<script
src="js/efectos.js"></script>
</body>
</html>
<script type="text/javascript">
$(document).ready(fun
ction(){

```

```

setInterval(
function(){
$( '#secrecargar' ).load(
' miposicion.php');
},500 );});
</script>
<?php
mysqli_free_result($consulta_nu
mero); ?>
<?php
mysqli_free_result($consulta_po
sicion); ?>

```

insertar.php

```

<?php
include("../conexion.php");
if ($_GET['lat']!=0.0){
if(isset($_GET['imei']))
{
$imei = $_GET['imei'];
$lat = $_GET['lat'];
$lng = $_REQUEST['lng'];
$sat = $_REQUEST['sat'];
$modelo =
$_REQUEST['mod'];
$velocidad =
$_REQUEST['vel'];

```

```

echo $imei, "\t";
echo $lat, "\t";
echo $lng, "\t";
echo $sat, "\t";
echo $modelo, "\t";
echo $velocidad, "\t\n";
$action_insertposicion =
"INSERT INTO posicion
(imei,lat,lng,satl,velocidad,model
o)
VALUES
('$imei','$lat','$lng','$sat',
$velocidad,$modelo)";
$query_insertposicion =
mysql_query($conexion,$action

```

```

_insertposicion)
or
die(mysqli_error());
echo "Insertado";
} else {
echo "Nada insertado\t";
}
} else {
echo "Datos GPS no
recibidos\t";
}
?>

```

Anexo G

Configuración del programa principal en Python

```
import serial
import os
import pynmea2
import urllib
import string
import time

def goto(linenum):
    global line
    line = linenum

print "iniciando..."
time.sleep(6)
ser=serial.Serial("/dev/ttyAMA0"
, baudrate = 9600)
imei=""
modelo=""
line = 1

while True:
    if(len(imei)!=15):
        try:
            modem=serial.Serial("/dev/ttyUS
            B0", baudrate = 115200)
            imei=imei_id()

            modelo=modelo_modem()
            print 'Datos SIM
            recibidos...'
            except:
                print "Error
                SIM_MODEM"
                goto (1)

            if (ser.inWaiting(>0):
                serdata = ser.readline()
                serdata = os.linesep.join([s
                for s in serdata.splitlines() if s])

                if serdata.find('GGA') > 0:
                    datagga =
                    pynmea2.parse(serdata)

                    if serdata.find('RMC') > 0:
                        datarmc =
                        pynmea2.parse(serdata)

                        if serdata.find('VTG') > 0:
                            datavg =
                            pynmea2.parse(serdata)

                            try:
                                campo='imei='+str(imei)+'&lat='
                                +str(datagga.latitude)+'&lng='+str
                                (datagga.longitude)+'&sat='+str(d
                                atagga.num_sats)+'&mod='+str(m
                                odelo)

                                url='http://54.191.137.232/inc/ins
                                ertar.php?'+campo

                                sitio =
                                urllib.urlopen(url)

                                print sitio.read()
                                time.sleep(1)
                            except:
                                print "Error"
                                goto (1)
```

Anexo H

Coordenadas tomadas con GPS Garmin Oregon 650

