



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

“SISTEMA DE TRACKING EN COMPETENCIAS ATLÉTICAS MEDIANTE
POSICIONAMIENTO GLOBAL ASISTIDO”

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas

AUTOR: Fausto Giovanni Mora Jordán

TUTOR: Víctor Santiago Manzano Villafuerte

AMBATO – ECUADOR

Marzo – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “SISTEMA DE TRACKING EN COMPETENCIAS ATLÉTICAS MEDIANTE POSICIONAMIENTO GLOBAL ASISTIDO”, desarrollado bajo la modalidad de PROYECTO DE INVESTIGACION elaborado por el señor Fausto Giovanni Mora Jordán, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato marzo, 2021

EL TUTOR




Firmado electrónicamente por:
**VÍCTOR SANTIAGO
MANZANO
VILLAFUERTE**

Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte. Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “SISTEMA DE TRACKING EN COMPETENCIAS ATLÉTICAS MEDIANTE POSICIONAMIENTO GLOBAL ASISTIDO”, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato marzo, 2021



Fausto Giovanni Mora Jordán

CC: 180360437-8

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Fausto Giovanni Mora Jordán, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad de Proyecto de Investigación, titulado “SISTEMA DE TRACKING EN COMPETENCIAS ATLÉTICAS MEDIANTE POSICIONAMIENTO GLOBAL ASISTIDO”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2021

 Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia U.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

 Firmado electrónicamente por:
**MARCO ANTONIO
JURADO LOZADA**

Ing. Marco Antonio Jurado L.
DOCENTE CALIFICADOR

 Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
PAULINA AYALA
BANO**

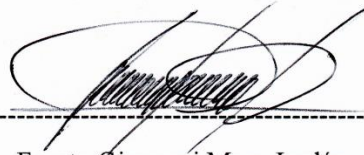
Ing. Elizabeth Paulina Ayala B.
DOCENTE CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2021.



Fausto Giovanni Mora Jordán

C.C. 1803604378

AUTOR

DEDICATORIA

Al esfuerzo y dedicación ante las dificultades presentes en el transcurso de la carrera y fuera de ella, este logro se lo dedico a mis padres que día a día siempre dieron lo mejor de ellos para que yo pueda obtener una carrera universitaria y siempre me apoyaron incluso con las limitaciones económicas.

A mis tíos y tías que siempre me apoyaron en las situaciones difíciles en especial a mi ñaño Diovas (+) que me estarás viendo desde el cielo siempre dándome tu apoyo incondicional.

A mis abuelitos que me han acompañado toda mi vida estudiantil y siempre me han dado sus sabios concejos y jaldas de orejas en especial a mi mami Gloria y papi Cesar (+) que siempre me apoyaron.

A mis hermanos por siempre hacerme reír y por estar conmigo en las noches difíciles y siempre brindarme su apoyo, a mis maestros y amigos que con su ayuda y apoyo he logrado superar una etapa más en mi vida.

Por último, quiero dedicar este trabajo a mi novia que siempre ha sido mi apoyo en los momentos más complicados de la carrera y que me empuja a cumplir mis metas y sueños.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el motor en mi vida desde mis primeros años de vida le doy gracias por brindarme la paciencia y la fortaleza de seguir saliendo adelante.

A mi familia por ser parte fundamental de mi vida y por brindarme siempre su apoyo y sus palabras de aliento que me ayudaron a conseguir este logro.

A mis maestros a lo largo de mi vida que por medio de sus conocimientos y empatía me formaron como un profesional y como persona, a mis amigos universitarios que compartimos aulas por todos los momentos divertidos que vivimos juntos y por todo el apoyo que nos dimos a lo largo

de esta etapa y a mis amigos fuera de la universidad por siempre estar ahí con su apoyo moral e incondicional.

Un agradecimiento especial a todas las personas que ya no se encuentran en este mundo en especial a mi amigo Marcelo (Chelo) con el que compartí gratos momentos y que ahora cumplo nuestro sueño por los dos, a mi tío Diovas mi compañero de juego que nunca olvidare, a mi abuelito Cesar que siempre vivirá en mi corazón, a mi abuelita Lilia y a mi tía María del Carmen que partieron en mi niñez y adolescencia pero que sus palabras me han formado como persona.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	20
1.1. Antecedentes Investigativos.....	20
1.1.1 Contextualización del Problema	21
1.1.2 Fundamentación Teórica	23
1.1.2.1 ATLETISMO	23
COMPETICIONES ATLÉTICAS DE RESISTENCIA	25
1.1.2.2 CONTROL EN LAS COMPETENCIAS	26
1.1.2.3 REGLAS PARA MARATONES EN EL ECUADOR	32
1.1.2.4 AGPS.....	35
1.1.2.5 TECNOLOGÍA IOT	39

1.1.2.6	MONITOREO.....	40
1.1.2.6.1.	Equipo Terminal.....	43
	Componentes comerciales para diseño IoT.....	44
	Microcontroladores	45
1.1.2.6.2	Módulo GSM/GPRS	46
1.1.2.6.3	Batería	47
1.1.2.6.4	Servidores privados.....	49
1.2.	Objetivos	50
	CAPÍTULO II	52
2.1.	Materiales.....	52
2.2.	Métodos.....	52
2.2.1.	Modalidad de la Investigación.....	52
2.2.2.	Recolección de Información	53
2.2.3.	Procesamiento y Análisis de Datos	53
2.2.4.	Desarrollo del Proyecto	53
	CAPÍTULO III.....	55
3.1.	Análisis y Discusión de Resultados	55
3.1.1.	Introducción.....	55
3.1.2	Objetivos de la Investigación.....	55

3.1.2.1	Objetivo General	55
3.1.2.2	Objetivos Específicos.....	55
3.1.3	Resultados obtenidos de la entrevista	56
3.1.4	Análisis de sistemas actuales de control en maratones.....	57
3.1.4.1	Ventajas y desventajas	58
3.1.5	Análisis de reglamento en maratones	59
3.1.6	Análisis de equipos GPS comerciales	60
3.1.7	Equipos de control y comunicación.....	61
3.1.7.1	Estructura física.....	62
3.1.7.2	Estructura lógica y de sistema.....	63
3.1.7.3	Comunicaciones	64
3.1.8	Selección de materiales.....	64
3.1.8.1	Equipos de control.....	65
3.1.8.2	Equipo de comunicación	67
3.1.8.3	Alimentación	69
3.1.8.4	Sistema de monitoreo	71
3.1.8.5	Software	73
3.1.9	Programación y configuración.....	74

3.1.10	Instalación de equipos	76
3.1.11	Configuración de servidor.....	78
3.1.12	Análisis de resultados.....	94
CAPÍTULO IV.....		110
4.1. Conclusiones		110
4.2. Recomendaciones		111
ANEXOS.....		116
3.1.	Anexo 1: Entrevista.....	116
3.2.	Anexo 2: Localización de antenas	117
3.3.	Anexo 3: Datasheets	120
3.4.	Anexo 4: Programa principal	131
3.5.	Anexo 5: Archivos servidor	144
3.6.	Anexo 6: Datos recibidos en la base de datos.....	187
3.7.	Anexo 7: Calculo de atenuación prueba 2	203
3.8.	Anexo 8: Calculo de distancia prueba 2.....	206
3.9.	Anexo 9: Calculo del error promedio	209

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Clasificación de atletismo.....	23
Fig. 2 Bloque inicial para competencias de velocidad.....	26
Fig. 3 Anemómetro para competencias de velocidad	27
Fig. 4 Pistola cronometro	28
Fig. 5 Sistema completo Ipico Sports	29
Fig. 6 Rangos del sistema Ipico Sports	30
Fig. 7 Tarjeta Sport Ident	31
Fig. 8 Forma correcta de marcar la tarjeta Sport Ident	31
Fig. 9 Descripción general A-GPS.....	35
Fig. 10 Diagrama general de una red A-GPS.....	37
Fig. 11 Sistema de monitoreo básico para un proceso.....	43
Fig. 12 Características del equipo terminal.....	44
Fig. 13 Modulo Arduino Neo-6m-0-001.....	61
Fig. 14 Sistema de correa para brazo	62
Fig. 15 Sistema de rastreo para corredores de maratón	64
Fig. 16 Arduino Mega Mini	67

Fig. 17 Conexiones de dispositivos.....	71
Fig. 18 Conexiones físicas en el dispositivo.	77
Fig. 19 Panel principal del servidor Hostinger	78
Fig. 20 Panel de control del servidor privado	79
Fig. 21 Panel de control de administrador de archivos	79
Fig. 22 Base de datos del servidor privado	80
Fig. 23 Distribución del servidor	80
Fig. 24 Información del proyecto en Google Cloud Platform	84
Fig. 25 Panel de control y clave API para el proyecto.....	84
Fig. 26 Clave API en el archivo de Mapa.html.....	85
Fig. 27 Proceso de triangulación del módulo y antenas celulares.....	86
Fig. 28 Página de ingreso a los servicios.	91
Fig. 29 Ingreso incorrecto de usuario.....	91
Fig. 30 Página de competencias y pagina de recursos para usuarios registrados	92
Fig. 31 Interfaz de visualización de ruta	92
Fig. 32 Visualización de datos del corredor en función del dispositivo en el mapa.	93
Fig. 33 Interfaz para crear o eliminar corredor	93
Fig. 34 Creación de corredor para tabla corredores en la base de datos	94

Fig. 35 Interfaz de visualización de tiempos.....	94
Fig. 36 Visualizar el estado de la batería, hasta que las luces sean verdes	95
Fig. 37 Verificación de la banda para el corredor	96
Fig. 38 Verificación de encendido de los leds indicadores.....	96
Fig. 39 Verificación de la sujeción del dispositivo al corredor.....	97
Fig. 40 Grafica de ruta para prueba 1.....	98
Fig. 41 Recorrido planificado para prueba 2.....	100
Fig. 42 Recorrido realizado en la prueba 2	101
Fig. 43 Medir distancia entre dos puntos con Google Maps.....	104
Diagrama 1 Flujo grama funcionamiento del dispositivo	76
Diagrama 2 Estructura del servidor.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos De Competencias.....	24
Tabla 2 Costo de Equipos GPS en el Ecuador.....	60
Tabla 3 Elementos Del Dispositivo Móvil	63
Tabla 4 Elementos Del Sistema de Monitoreo.....	63
Tabla 5 Comparativa de tarjetas de adquisición	66
Tabla 6 Características del Arduino Mega Mini.....	67
Tabla 7 Comparativa de módulos GSM/GPRS.....	68
Tabla 8 Comparativa de baterías	70
Tabla 9 Comparativa De Servidores Privados	72
Tabla 10 Recursos y Programas	73
Tabla 11 Comandos AT	74
Tabla 12 Conexión de pines Arduino Mega mini.....	77
Tabla 13 Características de los archivos en el servidor	82
Tabla 14 Resultados prueba 1	99
Tabla 15 Atenuación de las antenas.	102
Tabla 16 Distancia calculada del punto a la antena (Km).....	103

Tabla 17	Calculo del error entre la distancia Real a la calculada.	105
Tabla 18	Error entre GPS comercial y dispositivo implementado.	106
Tabla 19	Resultados prueba 2	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de la atenuación en el medio.....	87
Ecuación 2 Calculo de atenuación en el medio Okumura Hata.....	87
Ecuación 3 Calculo de distancia	88
Ecuación 4 Circunferencia Máxima de la tierra.....	88
Ecuación 5 Conversión de Km a grados	88
Ecuación 6 Calculo de distancia en grados	88
Ecuación 7 Ecuación general de la circunferencia.....	88
Ecuación 8 Ecuación para calcular latitud del dispositivo.....	89
Ecuación 9 Ecuación para calcular la longitud del dispositivo.....	89
Ecuación 10 Formula cuadrática.....	90

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo la implementación de un Sistema De Tracking En Competencias Atléticoas Mediante Posicionamiento Global Asistido.

Para cumplir con este objetivo se analiza en primer lugar los tipos de competencias Atléticoas a los que puede ir orientado este sistema, se determina las características de cada una y por medio de una selección comparativa se escoge la competencia que mejor se adapte a las características del proyecto.

Al culminar con el análisis de competencias se comienza a identificar los tipos de componentes que se usan actualmente en el control de los participantes y se analiza las ventajas y las desventajas que tienen estos sistemas en función a la competencia en cuestión.

Con los datos anteriores se procede a diseñar un sistema de control que permita tener un conocimiento más profundo de la ruta que siguen los participantes a lo largo de la competencia que pueda reemplazar los sistemas actuales y con este diseño se procede a, por medio de una comparativa, adquirir los equipos necesarios para el sistema.

Por último, se realizan las conexiones y las pruebas de funcionamiento para depurar programación y servicios que brinda el dispositivo a sus usuarios para tener como resultado un dispositivo que sea móvil y de fácil colocación sin ser invasivo para el deportista y que cumpla con las normas establecidas por el reglamento de dicha competencia.

Palabras Clave: AGPS, Atletismo, GSM, GPRS, Posicionamiento, Seguimiento móvil.

ABSTRACT

The research work is aimed at the implementation of a Monitoring System in Athletic Competitions Through Assisted Global Positioning.

To meet this objective, the types of athletic competitions to which this system can be oriented are first analyzed, the characteristics of each one are determined and through a comparative selection the competition, that best suits the characteristics of the device.

At the end of the competency analysis, the types of components that are currently used in the control of the participants begin to be identified and the advantages and disadvantages of these systems based on the competency in question are analyzed.

With the above data, we proceed to design a control system that allows to have a deeper knowledge of the route followed by the participants throughout the competition that can replace the current systems and with this design we proceed to, by means of a comparative, acquire the necessary equipment for the system.

Finally, the connections and performance tests are carried out to debug programming and services that the device provides to its users to result in a device that is mobile and easy to place without being invasive for the athlete and that complies with the rules established by the regulations of said competition.

Keywords: AGPS, Athletics, GSM, GPRS, Positioning, Mobile tracking.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

El sistema de monitoreo por GSM/GPRS usado para la investigación “Sistema de Localización Monitoreo y Control Vehicular basado en los Protocolos GPS/GSM/GPRS” realizada en el 2012 en la Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, por los Ingenieros Juan Astudillo y Edgar Delgado muestran la implementación de un sistema de rastreo vehicular por medio de la tecnología GPS en donde por medio de servidores y una aplicación web realizan el monitoreo de los vehículos usando dispositivos móviles conectados al servidor de forma remota, en esta investigación lo más importante a destacar es el uso del sistema GSM/GPRS para el envío de los datos desde el vehículo al servidor. [1]

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Perú, los Ingenieros Roberto Padilla, Verónica Quinteros y Arnoldo Días en su investigación del 2015 denominada “Monitoreo y localización de personas extraviadas utilizando Arduino y GSM/GPS” muestran el diseño de un sistema de monitoreo basado en GSM/GPS en donde realizaron la construcción de un dispositivo de rastreo para personas extraviadas en el cual se puede apreciar el envío de datos a través de una red celular 3G usando el protocolo GSM en donde envían datos de temperatura, funciones cardiacas y localización de la persona. [2]

En la investigación de los señores Anto Benítez, Ángel López y Manuel Sánchez señalan a la tecnología GPS como ayuda para la narrativa de los deportes en directo, en su investigación señalan la importancia de interpretar los datos informativos para ser presentados de manera gráfica en transmisiones televisivas debido a la alta demanda de información de los televidentes, se muestra también datos estadísticos de los televidentes que siguen este tipo de competencias y lo importante que es tanto para los participantes como para los espectadores contar con sistemas más eficientes de seguimiento de este tipo de competencias. [3]

La investigación “Desarrollo de Aplicación de Seguimiento Infantil Basado Sistema De Posicionamiento Global Asistido (A-GPS) con Plataforma Android” realizada por Andi Juansyah de la Universidad Computacional de Indonesia en el año 2015, trata del desarrollo de una aplicación Android para el control y la ubicación de niños en base a la tecnología A-GPS el cual cuenta con dos partes, una aplicación desarrollada para el monitoreo por parte de los padres y otra aplicación para el uso de los niños en la cual pueden enviar mensajes de emergencia a los padres. Según los datos obtenidos en esta investigación se tiene que la respuesta es más rápida y eficiente que un sistema normal GPS. [4]

1.1.1 Contextualización del Problema

Las competencias atléticas mundialmente son ejecutadas por un amplio grupo de personas, empezando desde los organizadores del evento, el grupo de logística para el control de estas y los participantes, la correcta ejecución de la competencia depende propiamente de cómo se realiza el control de tiempos para determinar la posición en la que el corredor llega a la meta, contar con un sistema apropiado genera confianza en los participantes del evento deportivo que pagan una inscripción esperando que el evento se desarrolle de manera transparente y equitativa para todos.

Anualmente en el Ecuador se desarrollan alrededor de 72 competencias atléticas según datos proporcionados por “Carreras Ecuador”, una página dedicada a difundir datos de competencias atléticas a nivel nacional, las cuales cuentan con un listado de mínimo 3.000 atletas, con lo que se evidencia que estos eventos deportivos tienen gran afluencia, por lo que un correcto sistema de monitoreo de los corredores generaría mayor eficiencia en la ejecución de dichas competencias. [5]

En la actualidad el seguimiento a los deportistas se basa en la sincronización de tiempos que son tomados por medio de un pequeño dispositivo y una cinta o alfombra conectada a un computador que envía los datos a un servidor para ser interpretados y almacenados hasta el final de la carrera, estos datos son administrados por la empresa contratada y proporcionados a los organizadores del evento. Al usar este tipo de tecnología se tiene un limitado seguimiento de los participantes en el momento que pasa por la banda receptora y no existe un control a lo largo del recorrido; y que además

la correcta captación del tiempo en que un corredor pasó por la estación de control dependerá de la sincronización efectiva del equipo transmisor (chip del participante) y del equipo receptor (alfombra o cinta).

Estos sistemas a más de ser ineficientes para realizar un seguimiento apropiado tienen ciertas condiciones que el atleta debe tomar en cuenta al momento de la competencia, como estar pendiente de haber pasado correctamente por la cinta receptora o de lo contrario se le realizará una penalización por no registrar el tiempo hasta ese punto del recorrido; otra desventaja de estos sistemas es que en caso de pérdida del chip emisor a los participantes se les cobrará un valor definido por parte de la empresa que realiza el monitoreo.

El proyecto planteado busca solucionar el problema de seguimiento de los corredores de competencias atléticas usando un sistema de tracking que mantenga un monitoreo en vivo a lo largo de la carrera de manera que los organizadores del evento puedan controlar la ruta de cada uno de los participantes, proporcionando así un sistema de mayor confiabilidad ya que se logrará evitar posibles faltas como son la toma de atajos durante el recorrido. Adicionalmente este sistema servirá de informativo para los medios de comunicación ya que podrán difundir el avance de la competencia de mejor manera.

La factibilidad que presenta esta propuesta es que el sistema de tracking que se pretende implementar tiene un impacto significativo en el avance del deporte ya que por medio de la tecnología IoT los recorridos y tiempos de cada corredor serán accesibles al público en caso de que se desee consultar dicho avance, siendo así un sistema totalmente novedoso para este tipo de actos deportivos.

Entre los beneficios que se genera con la ejecución del proyecto son carreras totalmente controladas a lo largo del recorrido de cada uno de los atletas, y que en caso de que existiere alguna falta, se proceda a realizar la respectiva penalización. Además, con esto se determina que los beneficiarios de este proyecto de investigación son propiamente los organizadores, las empresas encargadas en brindar servicios de monitoreo y por supuesto los partícipes de las competencias atléticas.

1.1.2 Fundamentación Teórica

1.1.2.1 ATLETISMO

El atletismo es considerado un deporte individual el que abarca varias disciplinas, como son: carreras a pie (velocidad, medio fondo, fondo, pruebas con obstáculos), saltos (longitud, altura, triple salto), lanzamientos (peso, jabalina, martillo) y se los puede llevar a cabo en pistas especializadas o al aire libre. Este deporte se basa en los movimientos naturales que las personas realizan con todo su cuerpo al caminar, correr o saltar, pero puesto en un punto competitivo muy elevado que requiere técnica y entrenamiento diario. [6] [7]

En el cuadro de la Fig. 1 se puede observar las diferentes disciplinas que abarca este deporte.

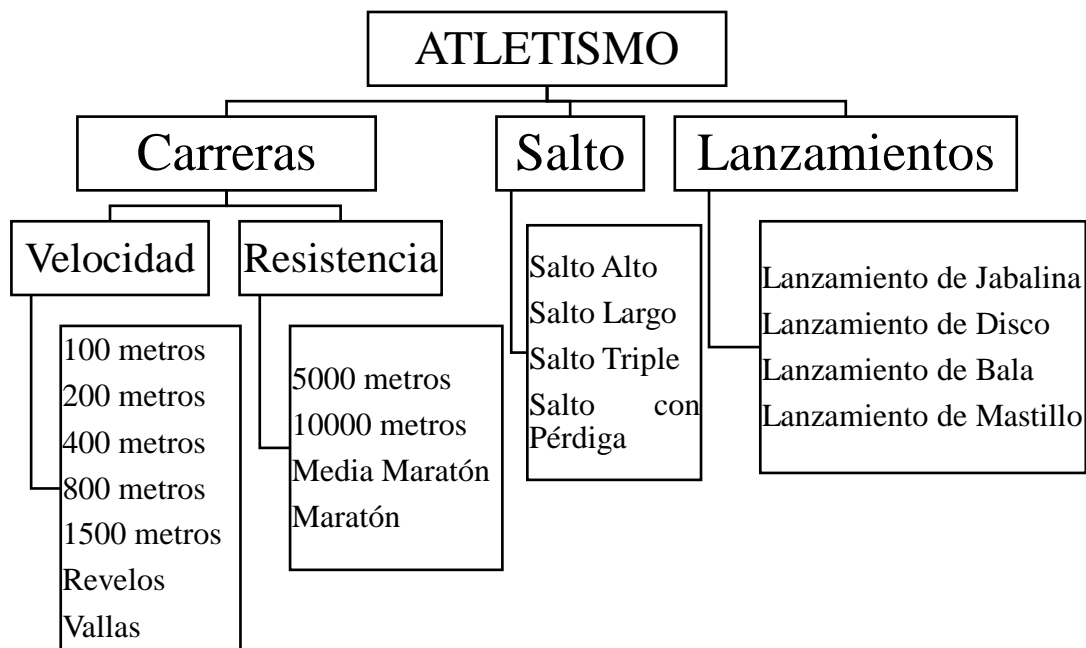


Fig. 1 Clasificación de atletismo [6]

El atletismo engloba muchas competencias atléticas y cada una de ellas tiene sus características y reglas, las carreras a pie más representativas se encuentran enlistadas y detalladas en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1 Tipos De Competencias [6]

	COMPETENCIA	DESCRIPCIÓN
COMPETICIONES DE VELOCIDAD	100 metros	Se la realiza en una pista plana sin obstáculos de un estadio reglamentario. Esta prueba se la ejecuta con la mayor velocidad posible por lo que de aquí se corona al competidor más rápido del mundo, y su tiempo de duración suele ser entre los 10 y 45 segundos de competición.
	200 metros	Consiste en recorrer 200 metros alrededor de la pista plana sin obstáculos en la mayor rapidez posible. Esta carrera también es llamada sprint largo.
	400 metros	Sprint largo de velocidad que consiste en recorrer una distancia de 400 metros.
	Relevo 4x100 y 4x400	Considerada una prueba de velocidad en equipos en donde cuatro atletas se turnan para correr llevando un testigo lo más rápido posible desde un punto al otro. Esta competición puede ser de 100 o 400 metros.
	800 y 1500 metros	Carrera de velocidad en donde se debe cubrir 800 o 1500 metros en el menor tiempo posible. En ambas competiciones los corredores parten en su propio carril, y después de recorridos los 100 metros, los competidores usan el primer y segundo carril.
COMPETICIONES DE RESISTENCIA	Marcha	Es un estilo de caminata rápida sin llegar a correr; se caracteriza porque el atleta siempre debe tener contacto directo al suelo, caso contrario estaría corriendo. Normalmente se cubren distancias de 10 y 50 kilómetros, lo que lo hace una prueba de mayor resistencia física y que además se la lleva a cabo en una ruta abierta.
	5000 y 10000 metros	Es una competencia de larga distancia. Se las realiza en pista en donde participan un máximo de 12 competidores para la carrera de 5000 metros; y en los 10000 metros participan un máximo de 20 competidores. Aunque es común la realización de estas carreras en rutas abiertas y con un mayor número de participantes.
	Maratón	Prueba de resistencia en la que se recorre 40 kilómetros y se puede llegar a reunir entre 30 mil participantes y en la que comúnmente el recorrido se lo realiza en calles o una ruta abierta.

Elaborado por: Investigador.

Tal como se puede identificar en la Tabla 1, existen dos categorías de competencias atléticas: Competencias de Velocidad y Competencias de Resistencia. Este trabajo de investigación se basa en las pruebas de resistencia, por lo que a continuación se hace un análisis más profundo de las mismas.

COMPETICIONES ATLÉTICAS DE RESISTENCIA

Las competiciones de resistencias o mayormente conocidas como pruebas de fondo son aquellas que se realizan en largas distancias, entre los 5km y los 42 km; en las olimpiadas solo se consideran tres tipos de carreras de fondo: 5, 10 y 42 km, aunque de manera popular se realizan competiciones con distancias variadas. [8]

Estas pruebas ponen a prueba la capacidad del competidor para realizar un trabajo efectivo a una velocidad constante y superar los efectos de fatiga presentados por los esfuerzos durante una competición. [8]

Este tipo de competiciones al ser de largas distancias se las lleva a cabo en rutas abiertas realizadas en calles y senderos los cuales presentan varios factores geográficos y topográficos propios del lugar, aunque se los conoce como pista plana ya que no tiene ningún tipo de obstáculos.

A estas pruebas se las puede clasificar de acuerdo a la distancia de recorrido, como se presenta a continuación: [8]

- Competiciones de distancia corta: Estas son las carreras comprendidas entre los 5 y a menores los 10km. Estas competiciones son las que mayor se realizan popularmente.
- Competiciones de distancia media: Son las competiciones comprendidas las carreras entre los 10 y 20 km, su nivel de exigencia es mayor y en las competiciones populares
- Competiciones de distancia larga: En esta clasificación se encuentran las carreras como las media maratón y maratón, es decir entre los 21 km y los 42 km.

En todas estas competiciones son importantes las estaciones de repostaje en donde el atleta tiene la posibilidad de hidratarse, el corredor de maratón puede en el transcurso de la carrera perder alrededor de 3 litros de agua por cada hora en forma de sudor, para esto las estaciones de repostaje se posicionan en determinadas distancias del recorrido para abastecer a los corredores de agua o alguna bebida que les permita recuperar los

carbohidratos y evitar en pequeña escala la deshidratación debido a que el cuerpo humano no puede compensar la pérdida de agua ya que solo es capaz de aprovechar un litro de agua por hora en las mejores condiciones físicas. [6]

1.1.2.2 CONTROL EN LAS COMPETENCIAS

El control en las competencias es una de las partes más importantes de estos actos deportivos, ya que consiste en la toma de los tiempos de cada competidor para posteriormente analizarlos y así determinar las posiciones de llegada, esto suele ser tan significativo ya que en muchas ocasiones se ha necesitado usar centésimas de segundo para determinar al ganador de una competencia; además de la toma y medición del tiempo, el control del clima en competencias de velocidad y la salida de los competidores, los organizadores del evento deben estar alertas para que se cumplan todos los reglamentos establecidos para cada competencia.

CONTROL DE SALIDA

En lo que se refiere a competencias de estadio o pista está permitido el uso de bloques iniciales como los de la Fig. 2 que son fabricados de metal y actualmente cuentan con sensores que les permiten detectar si el atleta realiza un arranque falso o una salida temprana a la orden del árbitro ya sea este por centésimas de segundo. Estos elementos proporcionan un mayor impulso a los corredores evitando que en el arranque inicial el deportista pueda resbalar y perder impulso, y se lo viene usando en carreras de velocidad hasta los 400 metros en competencias internacionales y olímpicas. [6]



Fig. 2 Bloque inicial para competencias de velocidad [6]

En competencias de largas distancias, se da orden de inicio desde el punto de partida de la competencia, en donde todos los competidores se encuentran reunidos y

dependiendo del control que se esté usando se determina el paso por la línea de inicio de cada competidor. Estos métodos de control se los analiza más adelante.

CONTROL DE CLIMA

Es muy común el uso de aparatos de medida para determinar las condiciones climáticas en las que se desarrolla las competencias de velocidad, para esto se usa un Anemómetro como el de la Fig. 3 que es un aparato diseñado para medir y registrar a qué velocidad se encuentra el viento. La medida de la velocidad del viento a favor de un atleta no puede ser inferior a 2 metros por segundo debido a que se considera una ventaja para el deportista por lo cual se niega la aprobación del tiempo o distancia registrado por el competidor en esas condiciones. [6]



Fig. 3 Anemómetro para competencias de velocidad [6]

CONTROL DE TIEMPO

Lo más importante en las competencias atléticas es el tiempo, existen muchas formas de determinar quién fue el ganador de una competencia, pero la medida del tiempo realizado es la más efectiva ya que existen carreras en donde participan una gran cantidad de personas que, para evitar aglomeraciones, salen de la línea inicial en grupos y el que realice el menor tiempo es el ganador. Hoy en día cronometrar una carrera es fundamental para poder determinar la capacidad del competidor, por esta razón se puede determinar quién es el hombre más veloz del mundo a través de los años comparando las marcas individuales obtenidas.

El cronometraje se lo realiza desde la línea de salida por medio de un disparo de pistola al aire como la de la Fig. 4, esta señal la realiza un oficial de la competencia por medio de una pistola electrónica el cual es un dispositivo oficial para dar los resultados finales de la carrera. Además de este dispositivo se cuenta también con tres personas encargadas de cronometrar la carrera de forma manual al final de la competencia. [6]



Fig. 4 Pistola cronometro

En competencias más largas como maratones se usa, a más de la pistola cronometro, otros sistemas de seguimiento para los participantes que son los encargados de tomar el tiempo de cada participante. Estos sistemas pueden variar en función a la tecnología, la empresa que brinde el servicio, la distancia de la competencia y el número de participantes.

EMPRESAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Estas empresas se encargan de dar un seguimiento propicio a los participantes de competencias atléticas de fondo, mediante el uso de diferentes tecnologías para así determinar tiempos exactos de competición y el cumplimiento de la ruta establecida. A continuación, se describe la manera de operar de ciertas empresas.

Cronopro

Cronopro es una empresa ecuatoriana que se encarga de automatizar y cronometrar competencias atléticas que provee de todos los servicios para la organización de eventos atléticos como carreras de ruta, ciclismo extremo, duatlón, triatlón y nado en aguas abiertas. Cuenta con un sistema de chips llamado Ipico Sports de la empresa

Ipico que es una empresa extranjera que se dedica a la comercialización de estos dispositivos. [9]

Ipico Sports

El sistema Ipico está realizado para determinar lecturas de etiquetas y consiste en tres componentes de la Fig. 5:

- Etiqueta Ipico
- Alfombra deportiva Ipico
- Sistema de control



Fig. 5 Sistema completo Ipico Sports

La tecnología de esta empresa utiliza un sistema patentado de frecuencia dual con tecnología RFID (Radio Frequency Identification Dual), con la tecnología de doble frecuencia intentan evitar los inconvenientes de usar solo frecuencias bajas (LF), altas (HF) o ultra altas frecuencias (UHF). [10]

Por medio del uso de la frecuencia dual se puede energizar y comunicar el chip al mismo tiempo tal como se ve en la Fig. 6 y con las dos siguientes condiciones:

- Usando la señal de baja frecuencia se puede energizar el chip a una distancia de 0.4 metros alrededor de la alfombra.
- Con la señal de alta frecuencia se amplía la zona de lectura del chip a 2 metros en condiciones ideales.

Los beneficios de este sistema dual en comparación a los demás sistemas es que permite la lectura de más de 5 chips por segundo evitando colisiones de señal, su tecnología le permite funcionar de forma fluida en determinadas condiciones climáticas de acuerdo con sus especificaciones técnicas. [10]

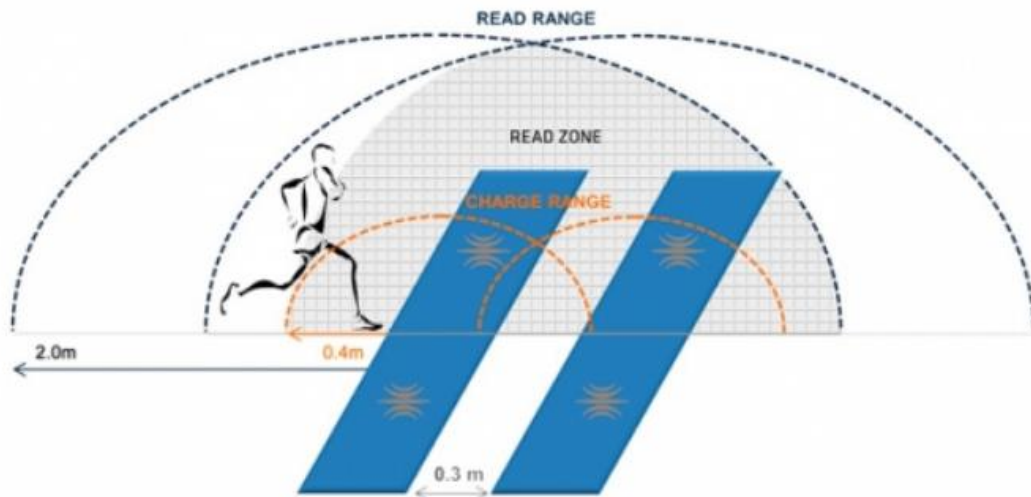


Fig. 6 Rangos del sistema Ipico Sports

Este sistema es usado en las competencias atléticas en donde el chip es suministrado a los competidores y debe ser colocado en el zapato del deportista, la alfombra por otro lado se ubica en función a la competencia, si la competencia es muy larga se puede colocar hasta 5 alfombras dependiendo de la capacidad del sistema de control (Reader) que es el encargado de interpretar las señales emitidas por las alfombras.

El chip funciona como emisor de señal que se activa al paso de que el deportista pisa la alfombra de control, este chip se energiza y envía una señal a la alfombra y esta al sistema de control para que registre la hora en la que se activó, así con todos los competidores de la competencia para que por medio de un software especial se interprete los datos de todos los puntos de control y emita los resultados. [11]

Sport Ident

Se basa en el uso de tarjetas, como las de la Fig. 7, que el competidor lleva en la muñeca para registrarse en las estaciones de control y toma la distancia y el tiempo del competidor.

Estas tarjetas son capaces de almacenar datos del competidor como el nombre del propietario, su correo electrónico, el equipo al que pertenece entre otros. Se puede usar al aire libre y también se la puede personalizar en el diseño que más le guste al equipo o persona que lo solicite. [12]



Fig. 7 Tarjeta Sport Ident [12]

Este sistema funciona al contacto con la base de control, el deportista tiene que asegurarse de marcar la tarjeta en todas las estaciones de control a lo largo de la competencia y percatarse de que la estación encienda una alerta luminosa y sonora que le informa de la correcta marca del tiempo, la tarjeta puede comunicarse con la estación en 115 milisegundos y tiene una garantía de 1 año. [12]



Fig. 8 Forma correcta de marcar la tarjeta Sport Ident [35]

1.1.2.3 REGLAS PARA MARATONES EN EL ECUADOR

El reglamento para competencias atléticas de larga duración toma en cuenta competencias de 5 a 42 kilómetros, las competencias de 5 y 10 kilómetros son las de mayor afluencia de participantes en el Ecuador. El reglamento es entregado a cada uno de los participantes y es publicado previo al inicio del evento.

En el Reglamento en su artículo 1 se especifica el nombre de los organizadores de la carrera que por lo general es una empresa externa dedicada a la organización de eventos en colaboración con municipios u otras empresas auspiciantes del evento. [13]

En el artículo 2 se especifica la categoría del evento y las normas de participación dependiendo de la edad y género, para competencias de larga distancia pueden participar personas mayores a 18 años y se admite también la participación de atletas con 16 y 17 años únicamente para las competencias de postas. [13]

El artículo 3 se refiere a las inscripciones en donde se especifica las fechas y lugares de inscripción junto con los documentos que debe presentar y el arancel a cancelar para confirmar su participación, también se debe especificar las condiciones de devolución de dinero en caso de no participación donde la única condición aceptada es por deterioro de salud del competidor. [13]

El artículo 4 especifica el punto de salida de los competidores en donde se debe mencionar el tiempo de diferencia entre partidas con cada modalidad de competencia, también la fecha en la que se realizara y el orden de salida con cada modalidad. [13]

El artículo 5 especifica la fecha y hora de la entrega del kit de competencia a los participantes tomando en cuenta puntos importantes como la forma de retiro, los documentos que se tiene que presentar y normas en caso de que el competidor no pueda presentarse a retirar el kit. [13]

En el artículo 6 se encuentran los horarios donde se especifica el día del evento, la hora para la salida de cada modalidad y normas generales de salida propias de cada

competición como por ejemplo la prohibición de salida de competidores en grupos ajenos a su competición original. [13]

En el artículo 7 lo que se busca es informar a los competidores de cómo se va a realizar la carrera con lo cual se debe aclarar de la mejor forma posible cual será el recorrido, de preferencia se incluye un mapa y se especifica el punto de partida y el punto de llegada, también se debe especificar detalladamente toda la ruta que se debe tomar en la competencia, así como la distancia recorrida en cada tramo de la competencia. [13]

En el artículo 8 se especifica cómo se realiza el cronometraje de la competencia, para lo cual se tiene el uso de un dispositivo de control, jueces calificadores y los diferentes controles electrónicos y manuales ubicados en toda la carrera. Es obligatorio el uso de pistolas electrónicas en la partida y en la meta para determinar el tiempo de los competidores, así como también el uso de chips u otro método de control de ruta para cada participante, los participantes deben pasar por todos los puntos de control ubicados a lo largo de la competencia o serán descalificados y los organizadores del evento deben garantizar el correcto funcionamiento de estos. [13]

El Artículo 9 especifica el monto total a entregarse en premios y de manera detallada los premios a entregarse en cada categoría, estos pueden ser entregas de premios al primer, segundo y tercer lugar en cada modalidad, aunque se puede incluir premios adicionales en dependencia de lo que mejor les parezca a los organizadores, pero siempre teniendo en cuenta que los premios a los tres mejores participantes en cada categoría es obligatorio. [13]

El artículo 10 del reglamento se especifica cómo se realizará la entrega de premios en donde debe constar si el premio es económico o de algún otro tipo según lo expresado en el artículo 9, también debe constar el lugar de la premiación y el participante ganador debe estar presente en la premiación. En caso de que el participante no se encuentre presente en la premiación este no podrá reclamar su premio. [13]

En el artículo 11 se especifica los servicios brindados al corredor en donde los organizadores de manera obligatoria deben brindar el servicio de baterías sanitarias, ambulancias, estaciones de asistencia médica, centro médico, carro escoba y transporte

para participantes rezagados o que ya no puedan o quieran continuar en la competencia. [13]

El artículo 12 se refiere a las obligaciones del corredor en donde se especifica las normas que el corredor debe seguir para evitar ser sancionado o expulsado de la competencia, estas normas son dispuestas por los organizadores de cada evento siempre y cuando estas no interfieran con la fluidez y el correcto desarrollo del evento siempre tomando en cuenta el deportivismo y la buena conducta deportiva. [13]

En el artículo 13 se especifica las normas de descalificación de competidores, estas normas al ser incumplidas desembocan en una descalificación inmediata del competidor como por ejemplo el no realizar todo el recorrido trazado, el uso de caminos alternativos, uso de bicicletas o algún medio de transporte que no sea la pedestre, el incorrecto uso del chip o del método de seguimiento, que se realice sustitución en la competencia o que muestren conducta antideportiva son ejemplos de causas para una descalificación inmediata, a estas se le puede añadir alguna norma adicional en función de la competencia y según la organización crea competente sin que influya en el correcto desarrollo de la competencia y se informe a los participantes. [13]

En el artículo 14, 15, 16, 17, 18 que son correspondientes a reclamos, vehículos, responsabilidad del evento, descargo de responsabilidad y director del evento respectivamente está a libre cargo de los organizadores siempre teniendo en cuenta a la seguridad de los participantes como prioridad y a salvaguardar el correcto desenvolvimiento de la carrera. [13]

En el Anexo 1 se presenta el reglamento para la competencia más importante del Ecuador desarrollada en la ciudad de Manta donde se aprecia de mejor manera la interpretación de los artículos mencionados en una manera práctica.

1.1.2.4 AGPS

El sistema de GPS asistido (A-GPS) tiene como objetivo mejorar el sistema actual de seguimiento o GPS actual proporcionando más información mediante el uso de canales alternativos, el sistema GPS está diseñado para recibir información de los satélites, interpretarla y emitir información de latitud, longitud y altitud. [14]

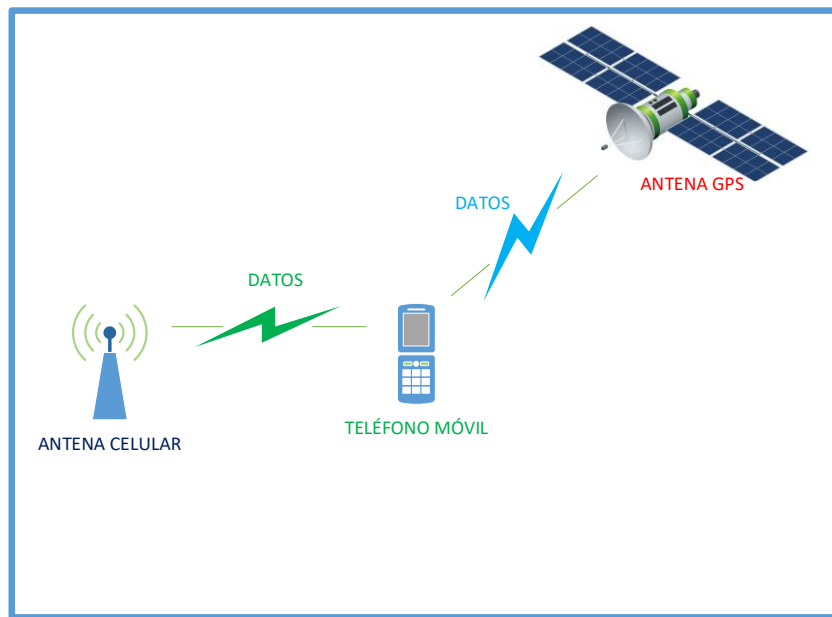


Fig. 9 Descripción general A-GPS

En la Fig. 9 se aprecia de manera general un sistema A-GPS, cada satélite GPS envía flujo de datos que atraviesan las obstrucciones y debilitándose hasta llegar al punto de ser casi indetectables por lo que los receptores GPS antiguos tenían que estar colocados en lugares altos y libre de obstrucciones por lo cual no se podían usar en interiores. El receptor A-GPS toma los mismos datos que proporcionan los satélites GPS, pero provenientes de las antenas celulares, usando estos datos el propio receptor A-GPS puede calcular la posición más rápido que usando el satélite aun si este no estuviera bloqueado debido a que las antenas celulares se encuentran a menor distancia del receptor. [14]

El sistema GPS fue diseñado para la guerra, para guiar bombas, aviones, infantería móvil y marina. Para que cumpliera su trabajo el receptor tenía que estar al aire libre y con vista clara del cielo, aun así, este sistema requiere de al menos 1 minuto de espera

para funcionar. Hoy en día el sistema GPS es usado para varios propósitos civiles aparte de los militares, muchas aplicaciones civiles requieren aún más demanda del sistema GPS necesitando que funcione en casi todos los lugares posibles incluso en interiores, estos requerimientos demandan también un costo, tamaño y consumo de energía adicional al dispositivo por lo que nace la idea de A-GPS. [14]

Para determinar la posición del receptor GPS primero se tiene que encontrar la señal de cada satélite, recibir la información y decodificarla de manera individual. Para entender de mejor manera se puede comparar con el receptor FM, al encontrar una nueva emisora de radio es como si cada satélite GPS tuviera una frecuencia diferente en el dial, teniendo esto en cuenta y considerando que el satélite se mueve a más de 3 km/s el receptor intenta encontrar la frecuencia del satélite para determinar su ubicación y así calcular el desplazamiento Doppler para determinar la función de la ubicación desde donde está observando el satélite, al encontrar la señal se decodifican los datos para encontrar la posición del satélite, esto es como esperar a escuchar lo que está sonando en la radio para determinar que emisora fue encontrada. Cuando el receptor ya terminó de decodificar los datos y conoce la posición del satélite solo en ese momento procede a calcular su propia posición. [14]

A-GPS funciona de manera que proporciona toda la información necesaria para evitar todo el proceso de localización y cálculo de posición de los satélites para que el receptor solo tenga que calcular su propia posición, esta simplificación de pasos permite a el receptor calcular de manera más rápida en orden a los milisegundos y no a minutos, usando el sistema A-GPS se reduce el tiempo de cálculo de posición de 1 minuto a 1 segundo, además esta reducción de tiempo cambia también la arquitectura del receptor para que tenga tiempos de permanencia más largos y pueda aumentar la cantidad de energía recibida en cada frecuencia, con esto se aumenta la sensibilidad del receptor y le permite identificar señales con menor intensidad pero con mayor eficiencia. [14]

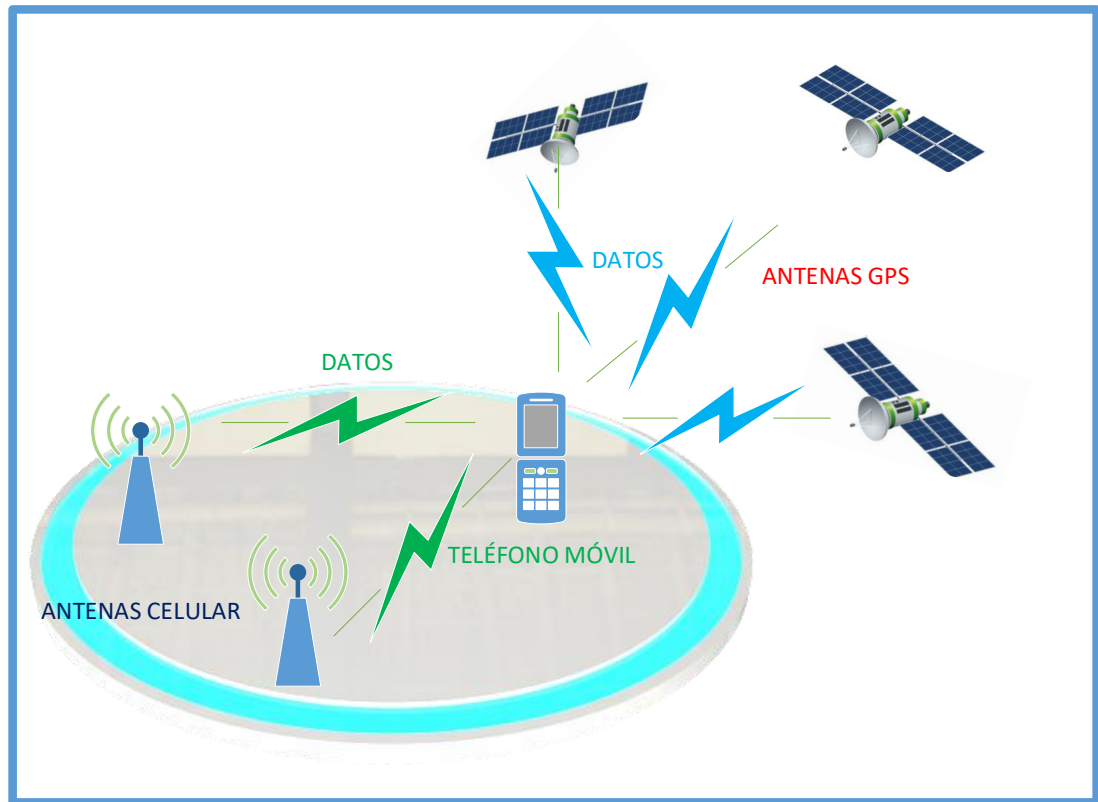


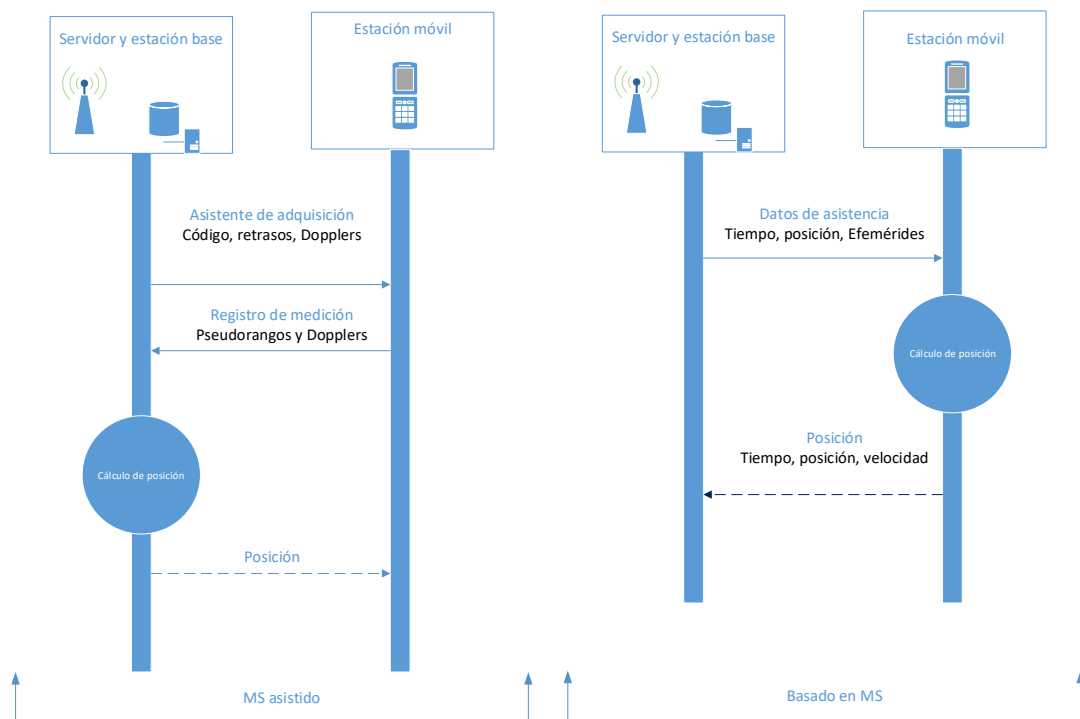
Fig. 10 Diagrama general de una red A-GPS

A-GPS necesita una comunicación establecida entre el dispositivo móvil y los servidores de ubicación. Estos servidores son los encargados de proporcionar los datos de asistencia, opcionalmente puede calcular la posición dependiendo de las medidas realizadas por los mismos dispositivos móviles y se envía los datos de ubicación usando los canales de los mismos proveedores de servicios o emergencia. La aplicación de A-GPS a gran escala se encuentra en teléfonos móviles, en este sistema el proveedor de servicios suele ser la misma operadora telefónica, como se puede ver en la fig. 10 para determinar la ubicación el dispositivo debe estar en la cobertura de al menos dos antenas celulares para tener datos de asistencia más exactos, además de eso los teléfonos móviles usan el sistema GPS para una mejor triangulación de posición, al recibir los datos de asistencia de las antenas celulares el teléfono móvil no tiene la necesidad de buscar satélites por su propia cuenta sino que ya tiene en sus datos las frecuencias de dichos satélites por lo cual su comunicación inicial se acelera y obtiene datos de posición con mayor eficiencia. [14]

Para que todo el sistema funcione se han implementado estándares en la industria para definir los mensajes y el flujo de datos para identificar las solicitudes de posición y de respuesta. Estos estándares especifican como se debe iniciar sesión de ubicación para la solicitud de datos de asistencia, entregar datos, solicitar posición o mediciones, informar datos o mediciones de ubicación y especificar en qué formato debe enviarse los datos. [14]

Existen diferentes métodos de posicionamiento, los estándares especifica diferentes tipos y métodos de posicionamiento para tecnologías de ubicación en donde se divide la funcionalidad de posicionamiento y los servidores de red. Los diferentes tipos de métodos que están relacionados con la división del funcionamiento de posición son:

- Basado en MS
- Asistido por MS



En la operación que es asistida por MS, el teléfono móvil envía sus mediciones de pseudorango y Doppler al servidor de ubicación en donde se realiza el cálculo de la posición del dispositivo móvil. En la operación que es basada en MS, el cálculo de

posición se realiza en el propio dispositivo con o sin datos de asistencia y de manera opcional devuelve este dato de posición al servidor de ubicación. [14]

Las solicitudes de ubicación se pueden realizar por varios procedimientos o flujos de llamadas en la red, estos procedimientos de solicitud son:

- Solicitud de ubicación terminada en móvil (MT-LR)
- Solicitud de ubicación de origen en móvil (MO-LR)
- Solicitud de ubicación iniciada por la red (NI-LR)

El MT-LR por lo general es iniciado por alguna aplicación de terceros en donde se solicita la ubicación del dispositivo móvil, la solicitud MO-LR es iniciado por el propio dispositivo móvil, la solicitud NI-LR se usa para el posicionamiento de las llamadas de emergencia y se inicia dese la propia red. [14]

1.1.2.5 TECNOLOGÍA IOT

La tecnología IoT (Internet of Things – Internet de las Cosas) es una arquitectura que permite conectar objetos cotidianos a la red por medio de algún dispositivo electrónico para compartir información y datos. Por medio de la IoT se usa al internet como canal para interconectar dispositivos de manera más extensa para proporcionar información y brindar servicios más inteligentes y completos. [15]

El internet se utilizó en mayor parte con protocolos como HTTP y SMTP que permiten a los usuarios una comunicación de petición y respuesta en donde se envía una solicitud a un determinado servidor para recibir una respuesta. Lo más reciente en el uso de la internet con dispositivos inteligentes es la comunicación M2M o maquina a máquina en donde por medio de internet como canal de comunicación se puede comunicar estos dispositivos con varios sistemas de control y viceversa. [15]

El termino internet de las cosas fue nombrado por primera vez en 1999 por el científico Kevin Ashton cuando se encontraba trabajando en la tecnología RDIF, posteriormente entre los años 2008 y 2009 se lo abrevio a IoT y en 2010 ya se encontraban conectados

12,5 mil millones de dispositivos a internet, pero se estima que en la actualidad este número se incrementó a 50 mil millones de dispositivos. [15]

La IoT es en gran medida una combinación de varios elementos que proporcionan y reciben datos de redes bidireccionales que facilitan su transmisión para utilizarlos en diferentes servicios y proporcionarlos a los usuarios. [15]

Entre los elementos que tienen mayor participación en este proceso son los sensores que permiten captar medidas de fenómenos físicos y por medio de un dispositivo de comunicación poder subirlos a la nube. La arquitectura IoT permite una mejor comunicación entre los dispositivos con sus servicios ya sea por medio de Internet propiamente dicho o por una capa de comunicación específica de cada dispositivo con su determinado proveedor. Usando la Internet se puede usar servicios en línea especializado para este tipo de procesos, existen empresas encargadas de proporcionar un Host para un servidor IoT donde se puede controlar todos los datos y monitorizar su funcionamiento por un precio moderado. [15]

El mercado de la IoT ha ido en aumento en estos últimos años, cada vez hay muchos más dispositivos interconectados entre sí y van creciendo las empresas que se adaptan a este crecimiento ofreciendo servicios por medio de aplicaciones móviles como puede ser Safety dedicado a conectar edificios inteligentes para mejorar la eficiencia energética, seguridad y con aplicaciones domésticas para control del entorno como luces o electrodomésticos. [15]

Esta tecnología se encuentra al alcance de todos y aún está en crecimiento tanto para los proveedores de servicios como para los programadores de aplicaciones para brindar mejor calidad, seguridad y eficiencia en sus servicios y poder llevar a esta tecnología al siguiente nivel. [15]

1.1.2.6 MONITOREO

El monitoreo de un sistema consiste en la adquisición de información de uno o varios parámetros para determinar cambios o anomalías en el mismo. Para los sistemas

de posicionamiento global GPS se considera tres segmentos importantes que son, el segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario. [16]

- **Segmento Espacial:** En los sistemas GPS actuales consta de una constelación de satélites NAVSTAR que se compone de 24 satélites que están alrededor de la Tierra y describen 6 orbitas circulares en 12 horas, cubriendo así todo el globo terráqueo. Esta constelación de satélites garantiza que en cada lugar de la Tierra y en cada momento se encuentren visibles al menos cuatro satélites y así facilitar la toma continua de los datos sobre la posición y velocidad. [16]
- **Segmento de Control:** Se encarga del monitoreo y control de los satélites para poder determinar las orbitas y el estado de los relojes de cada satélite. Se encarga de sincronizar los tiempos y de transmitir la información procesada. Está compuesto por la estación de control maestra, las estaciones de monitoreo secundaria y las antenas de comunicación terrestres. Las estaciones secundarias son las encargadas de captar las señale de los satélites y enviar los datos a la estación maestra la cual calcula los parámetros orbitales y de los relojes atómicos para transmitir la información obtenida por medio de las antenas terrestres hacia los satélites por medio de una banda S. [16]
- **Segmento de Usuario:** Está conformado por los receptores GPS elementos que son los encargados de reciben la señal de los satélites, estos elementos o instrumentos de medida tienen una antena y un receptor. La antena y el receptor están conectados por medio de un cable o pueden estar integrados en la misma unidad. [16]

En las comunicaciones GSM al igual que en GPS se compone de tres elementos importantes los cuales son la estación móvil, estación base y el sistema de red, por medio de una tarjeta SIM el usuario tiene la seguridad de poder comunicarse con privacidad, integridad y confidencialidad de los datos del usuario. [17]

En la comunicación GSM la estación móvil corresponde al dispositivo empleado por el usuario en el cual se coloca la tarjeta SIM para identificarlo por el IMSI como parte de una red telefónica. Dicha tarjeta inteligente esta normalizado por la ISO, también

almacena los datos del usuario para que se pueda comunicar con la red independientemente del equipo que se emplee. [17]

La estación base es la encargada de establecer la comunicación entre usuarios por medio del sistema NSS, la estación base se compone de dos unidades, las cuales son:

- La estación de transmisión que se encarga de establecer la comunicación por radio de los usuarios. Es el encargado de gestionar los canales de radio para cada zona.
- El control de la estación base es el que controla los recursos de una estación o varias al enlazarse con un centro de conmutación de servicios móviles. Cumple la función de adaptar la velocidad del enlace y del mantenimiento de la llamada. [17]

El sistema de red se encarga de registrar y verificar la comunicación, gestionar problemas de saturación, direcciona las llamadas, conectar a los terminales entre sí y con la red. En la estación NSS se controla varias funciones del móvil, que se indican a continuación:

- Registro de ubicación de visitantes (VLR) es el encargado de controlar el tipo de conexión de un terminal. }
- Registro de inicio (HLR) se encarga de controlar la información del cliente y verificar si dispone de un contrato.
- Centro de sistema de mensajes cortos (SMSC) se encarga de gestionar los mensajes SMS
- Centro de autenticación (AC) garantiza que el usuario este autenticado. [17]

Para establecer un sistema de monitoreo se necesita de tres características principales, un equipo terminal empleado por el usuario, un sistema de comunicación y un servidor que actúe como almacenamiento y visualización de la información. El equipo terminal compuesto de un dispositivo de control y sensores es el encargado de enviar los datos necesarios que van a ser procesador en el servidor y visualizados por el sistema de monitoreo.

El proceso de comunicación para un sistema móvil-servidor que no se encuentran en la misma red se conecta por medio de internet para conectar el equipo terminal con el servidor, esta conexión se puede realizar de forma inalámbrica por medio de wifi, bluetooth, zigbee o GSM/GPRS como redes de acceso. Para un sistema de localización que requiera la comunicación con un servidor remoto la mejor opción es el uso de las redes celulares GSM/GPRS ya que permite una mejor movilidad y rápida conexión a internet a largas distancias usando las operadoras móviles existentes. La infraestructura de las operadoras celulares permite a cualquier sistema tener la confiabilidad de una conexión estable en un área de cobertura amplia por lo que este tipo de conexión es la mejor y más segura para el envío de datos simples. [18]

El servidor remoto que se encuentra instalado en otro equipo es el encargado de almacenar, procesar y mostrar los datos recibidos del equipo terminal. Este debe ser un servidor SQL configurado para interpretar el formato en el que el equipo terminal envía los datos para después procesarlos y guardarlos en una base de datos para posteriormente ser visualizados por el usuario y por los técnicos del servicio. [19]



Fig. 11 Sistema de monitoreo básico para un proceso.

1.1.2.6.1. Equipo Terminal

El equipo terminal está construido para cumplir con las necesidades del usuario con características como interfaz visual, conectividad, portabilidad, autonomía, etc. La interfaz visual o pantalla de los equipos terminales móviles hoy en día se usa para mostrar imágenes y darle al usuario una opción de control visual de las diferentes características multimedia empleadas en el equipo. La conectividad se subdivide en dos grupos, con cable o sin cable, para un equipo terminal móvil se necesita una conexión sin cable que comúnmente es GSM, GPRS, 3G y LTE debido a su gran

alcance. La autonomía se obtiene debido a la batería empleada en el dispositivo dependiendo de la capacidad y consumo de este. La portabilidad está enfocada al tamaño y peso del equipo y la facilidad de ser transportado sin molestar a la movilidad del usuario. Para poder unificar todas las funciones del equipo se requiere el uso de un cerebro o procesador que tenga la capacidad física y lógica para poder administrar recursos conectados al mismo. [20]

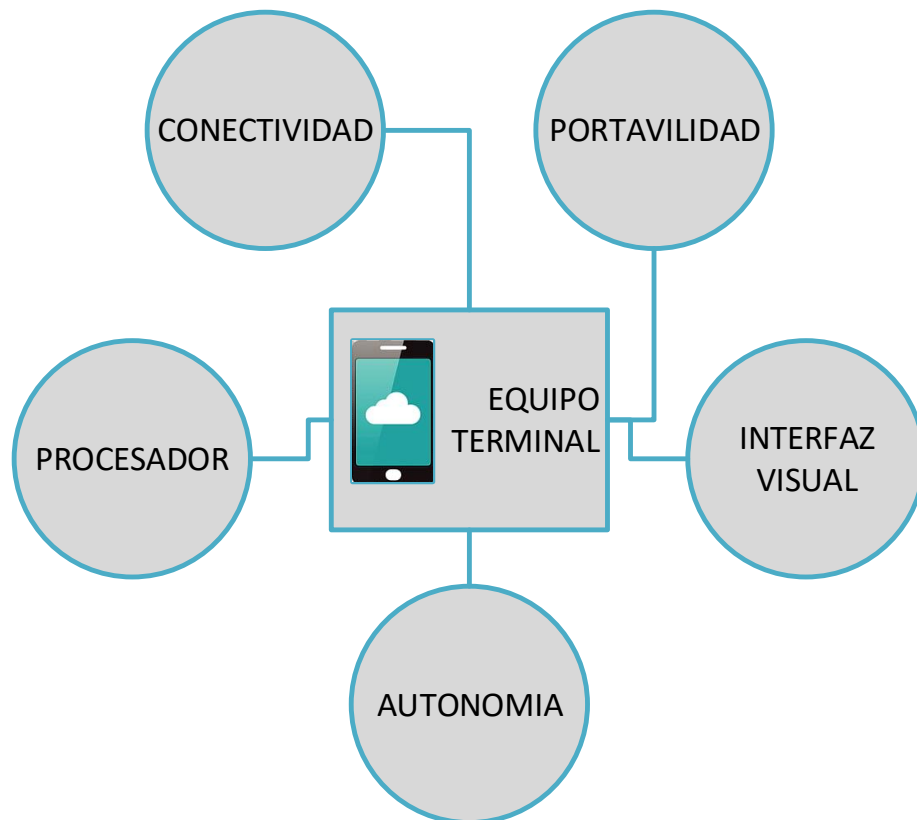


Fig. 12 Características del equipo terminal

Componentes comerciales para diseño IoT

Para el diseño de un sistema IoT se hace el uso de varios componentes y módulos, los cuales dependen concretamente del sistema que se desea implementar. A continuación, se enlista los componentes que se utilizarán en este trabajo de investigación:

- **Microprocesador**
 - Arduino
 - Raspberry

- **Módulos GSM/GPRS**
 - Familia Sim
 - Ai-Thinker
- **Batería**
 - Ion-Litio
 - Polímetro-Litio
- **Servidores privados**
 - Hostinger
 - Bluehost
 - HostGator
 - DreamHost.

Microcontroladores

Arduino

Arduino es una plataforma tanto de hardware como en software de código abierto y fácil de usar. Consta con arquitectura hardware capaz de leer sensores, procesar datos y convertirlo en salidas usadas para activación de actuadores o visualizar y enviar datos. Arduino usa un lenguaje de programación basado en Wiring y tiene su propio software de programación. [21]

Las tarjetas de Arduino son económicas con un costo inferior a 50 dólares, el IDE de Arduino es multiplataforma el cual se puede usar en todos los sistemas operativos con un entorno claro y simple, al ser hardware y software libre hay muchos programadores experimentados en todo el mundo que aportan a la evolución de esta plataforma. [21]

Raspberry

La Raspberry Pi es una minicomputadora que en la actualidad se presenta en dos modelos, el modelo A y el modelo B. La raspberry cuenta con un procesador de propósito general capaz de administrar gráficos y las entradas y salidas. Cuanta con memoria RAM donde se almacenan los datos temporales de los programas que

se encuentren en ejecución. Al ser una minicomputadora cuenta con periféricos de entrada y salida donde se puede conectar un monitor, teclado y un mouse. A más de las características principales de un computador también cuenta con un puerto GPIO de multipropósito que permite el manejo de sensores y actuadores y es muy usado en aplicaciones IoT. [22]

La conectividad de la raspberry puede ser cableada o inalámbrica debido a su conector RJ45 y a su red Wifi o bluetooth integrada en la tarjeta, para alimentar la tarjeta se necesita de un conector micro-USB y una fuente de alimentación de al menos 700mA para poder funcionar. El sistema operativo oficial es Raspbian y esta optimizado para la capacidad de la tarjeta, este sistema es instalado en la tarjeta de memoria microSD de al menos 8GB de almacenamiento que se inserta en la Raspberry. [22]

Para el uso de los pines GPIO se usa programación en Python y librerías que facilitan su funcionalidad en aplicaciones IoT o de uso general en el control de sensores, actuadores, protocolo MQTT, I2C y la funcionalidad de realizar un servidor web basado en Linux. [22]

1.1.2.6.2 Módulo GSM/GPRS

Familia SIM

La familia Sim contempla módulos GSM/GPRS como la Sim serie 800, 808 y 900, es una tarjeta conocida como módulo de expansión que es compatible con cualquier tarjeta como Arduino o Raspberry. Todas las tarjetas de la familia Sim cuentan con un sócalo para la conexión de una tarjeta Sim de cualquier operadora, una antena, conector para alimentación, pines de conexión para la interfaz UART, conexión para micrófono o auriculares y admiten comandos AT para la configuración y uso del módulo. [23]

Ai-Thinker

Ai-Thinker es una empresa enfocada en el IoT desde 2008 que construye y distribuye módulos y antenas para comunicación inalámbrica, entre los productos que desarrolla se encuentran módulos para GPS, LoRa, NB-IoT, Wifi, BLE, Zigbee, UWB, 2.4G, GPRS, 4G y LoRaWAN. [24]

Entre los módulos GPRS de la empresa se encuentra la serie A que contempla los módulos A6, A7 y A9, estos módulos son compatibles con las redes GSM y la placa tiene un tamaño considerablemente pequeño y con un consumo bajo de corriente de aproximadamente 3mA, las características de estos módulos son:

- Trabaja a frecuencia de 850/900/1800/1900 MHz
- Voltaje de 4.8 a 9 voltios
- Corriente máxima de 2A
- Soporta tarjetas micro Sim
- Comunicación serie RS232
- Velocidad de 115200 baudios
- Antena integrada SMA e IPX [25]

1.1.2.6.3 Batería

Las baterías son sistemas de almacenamiento de energía y se clasifican en dos tipos:

- Baterías primarias
- Baterías secundarias.

Las baterías primarias son las que una vez terminada su carga no se las puede volver a cargar y las baterías secundarias son las que tienen carga reversible, es decir que se las puede cargar a través de una fuente de corriente continua que sea externa. [26]

Funcionamiento básico

El funcionamiento de una batería tiene que ver con dos electrodos, el ánodo y el cátodo. El ánodo es el encargado de llevar a cabo la oxidación y el cátodo la reducción en el proceso electroquímico. La corriente eléctrica inicia en el cátodo y fluye a través de un conductor hacia el ánodo generando una diferencia de potencial eléctrico. [26]

Existen tres características importantes en una batería.

- El volumen de energía que puede ser almacenada en la batería y este se puede ser calculada por la formula.

$$Wh = V * Ah$$

- La corriente máxima suministrada al circuito que se expresa de la siguiente manera.

$$C/h = A$$

Donde:

C= capacidad

h= Horas

A= Amperios suministrados

- La cantidad de energía que se puede obtener de una batería viene expresado en porcentaje. [26]

Tipos de batería

Ion-Litio

Esta tecnología cuenta con un voltaje por celda de 3.5 voltios logrando una mayor eficiencia con poco material, conserva de mejor manera la carga, mayor sensibilidad a temperaturas altas por lo que se degrada muy rápido y resulta en un precio conveniente para el desarrollo de proyecto. [26]

Sus aplicaciones más comunes son en teléfonos móviles y artículos electrónicos de esa gama, su capacidad y funcionamiento les permite manejar de mejor manera la carga por lo que se puede usar para la alimentación desde elementos electrónicos pequeños hasta alimentar automóviles eléctricos. [26]

Polímetro-litio

Las baterías de polímetro de litio o conocidas como Lipo cuentan con un voltaje de 3.7 voltios por celda pero son más sensibles que las Ion-Litio por lo que no se debe descargar por debajo de los 3 voltios ni cargarla por sobre los 4.3 voltios para evitar su deterioro, cuenta con un peso un poco mayor que las Ion-Litio pero más económica. [26]

Las empresas que han optado por el uso de este tipo de baterías son Hyundai en el modelo Sonata híbrido de 2010 y la compañía Apple en sus computadores, iPad y iPhone y en muchos otros teléfonos móviles en el mercado. [26]

1.1.2.6.4 Servidores privados

Un servidor privado quiere decir que cuenta con recursos en infraestructura de manera independiente y de uso exclusivo para sus clientes, esto quiere decir que no cuenta con hosting compartido y las direcciones IPs son exclusivas y no se comparten con ninguna otra persona. Los recursos utilizados también son exclusivos del plan contratado y puede alojar otros servidores, pero asignando recursos independientes para cada uno. [27]

A continuación, se describe los tipos de servidores privados mayormente conocidos:

VPS

Es el servidor privado común en el mercado, cuenta con un sistema operativo que es virtualizado con uso de CPU, RAM y disco de manera fija, un servidor VPS puede alojar la virtualización de varios sistemas operativos dependiendo de las capacidades físicas con las que cuente. [27]

Cloud VPS

Es un servidor privado virtualizado similar a los VPS pero con diferencias considerables en lo que es la infraestructura, estos servidores no se basan en la

virtualización de un sistema operativo sino que cuentan con un clúster de servidores para ofrecer mayor rendimiento y confiabilidad tanto en hardware como en velocidad y seguridad de red. [27]

Ventajas de un servidor privado

Entre las ventajas de contratar un servidor privado están:

- El uso de IPs dedicadas permite tener mayor confianza de que las páginas web serán independientes y no se presentarán problemas de spamming.
- La capacidad de hardware es fija en dependencia del contrato
- Es más conveniente económicamente al evitar la compra de hardware y proveedores.
- Tiene la facilidad de aumentar los recursos de RAM, CPU o disco sin la necesidad de realizar cambios significativos o grandes inversiones.
- Se puede instalar cualquier recurso externo como un sistema operativo, programas o librerías sin afectar a otros servidores. [27]

1.2.Objetivos

El objetivo principal de la investigación consiste en desarrollar un sistema de tracking en competencias atléticas usando posicionamiento global asistido, capturando constantemente la ruta que un participante realiza a lo largo de dicha carrera.

Para llevar a cabo este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Determinar las características de las competencias atléticas de maratón para conocer a detalle como son ejecutadas las mismas. Para ello se elaboró una entrevista escrita a licenciados especializados en este tipo de eventos deportivos, en la cual se abordó especialmente cuáles son las técnicas más conocidas para la toma de tiempos y control de recorridos de los participantes.
- Analizar el dispositivo de posicionamiento global asistido mediante el uso de radio base celulares, con la investigación de cómo trabaja esta tecnología y la correcta

selección de los equipos que hacen posible el uso del A-GPS se examinó dicho terminal para establecer su eficiencia y ventajas que serán de utilidad en el proyecto puesto que es capaz de generar una posición geo referencial exacta en base a la señal de radio bases celulares para lo cual fue necesario conocer la ubicación exacta de cada una de las estaciones en el cantón Ambato.

- Diseñar el prototipo del sistema tracking a competencias atléticas usando el sistema de posicionamiento global asistido. Para lo cual a más de haber analizado el dispositivo A-GPS, se hizo el estudio del resto de hardware y software que fue necesario para el desarrollo de la propuesta, y se adquirió todo el equipamiento. Con ello se procedió a realizar la respectiva configuración y programación tanto de los equipos como del servidor con el que trabaja el sistema. Finalmente se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del prototipo creado.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1.Materiales

Para llevar a cabo el proyecto se emplearon como materiales una entrevista escrita realizada a licenciados en ciencias deportivas, deportistas de maratón y enfocada a la detección de falencias en los sistemas de monitoreo de las competencias atléticas; el análisis de esta entrevista se encuentra detallado en la sección de Análisis y Resultados de este documento.

Para la investigación de tecnologías de tracking y monitoreo haciendo uso de fuentes bibliográficas de los principales repositorios que ofrece la Universidad Técnica de Ambato.

2.2.Métodos

2.2.1. Modalidad de la Investigación

Los tipos de modalidades empleadas para el proyecto fueron investigación aplicada, debido a que se puso en práctica los conocimientos para la implementación y programación de equipos tanto electrónicos como de visualización y monitoreo.

Para la recolección de información se empleó una Investigación Bibliográfica, se analizó varios artículos científicos relacionados al proyecto, así como también información de páginas web confiables para la selección de los equipos que satisfagan los requerimientos que un sistema de tracking lo demanda.

En el trabajo de investigación se realizó una Investigación Experimental, debido a que fue necesario realizar una serie de pruebas en donde se analizaron todas las fallas que existían en programación de los equipos electrónicos como el de la página web de monitoreo.

2.2.2. Recolección de Información

Como se mencionó anteriormente, se empleó una entrevista a licenciados deportivos y deportistas de maratón que conocen sobre el tema las carreras atléticas. Se analizó todo lo que un sistema A-GPS requiere en base a la lectura científica realizada en fuentes bibliográficas como artículos de revistas, libros y tesis, con esto se llega a conocer los equipos electrónicos para esta aplicación, así como también las pagina de monitoreo, detectando las posibles fallas que se pudieron dar o la mala interpretación de los datos.

2.2.3. Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento y análisis de datos del proyecto se realizó de la siguiente manera:

- Analizar la entrevista efectuada para verificar necesidades en el ámbito de control y monitoreo las competencias atléticas.
- Realizar una lectura crítica que permita la elección de información verídica y exclusión de datos erróneos.
- Elaborar diagramas y tablas de los datos adquiridos en cada una de las pruebas para el análisis de la información.

2.2.4. Desarrollo del Proyecto

Para el diseño del sistema de tracking en competencias atléticas usando posicionamiento global asistido se abordó los siguientes puntos:

1. Descripción de características de las competencias de maratón.
2. Análisis de sistemas actuales de control en competencias de maratón.
3. Descripción de las competencias atléticas de maratón existentes en el país.
4. Determinar las posiciones geográficas de todas las antenas de radio base celular en la ciudad de Ambato.
5. Análisis de tarjetas controladoras y componentes para el dispositivo de posicionamiento global asistido

6. Diseño e implementación del dispositivo de posicionamiento global asistido
7. Análisis de servidores para alojar el sistema de tracking y los datos de los dispositivos.
8. Implementación, pruebas y depuración del sistema de tracking y el dispositivo.
9. Redacción de un informe en donde se detallen cada uno de los pasos realizados para cumplir con el proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y Discusión de Resultados

3.1.1. Introducción

En la actualidad las personas han mostrado mucho interés en las competencias atléticas amateur para mantener una buena condición física y tener una vida más saludable, la competencia con mayor aceptación es el maratón en donde participan muchas personas ya sean profesionales o amateur, este incremento de participantes obliga a los organizadores a tener un control más especializado para determinar la correcta ejecución de la competencia ya sea con mayor cantidad de jueces en todo el recorrido o sistemas más especializado electrónicamente.

La implementación de estos sistemas demanda mayor inversión para los organizadores que emplean empresas externas para solventar este control, a raíz de este problema nace el proyecto de implementar un sistema de control que permita conocer el recorrido de cada participante evitando en lo posible el exceso de inversión que conlleva contratar servicios GPS o personas que puedan evitar que los participantes tomen rutas externas al recorrido planificado.

3.1.2 Objetivos de la Investigación

3.1.2.1 Objetivo General

Implementar un sistema de tracking en competencias atléticas mediante posicionamiento global asistido.

3.1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características de las competencias atléticas de maratón.

- Analizar el dispositivo de posicionamiento global asistido mediante el uso de radio base celulares.
- Diseñar el prototipo del sistema tracking a competencias atléticas usando el sistema de posicionamiento global asistido.

3.1.3 Resultados obtenidos de la entrevista

La entrevista se lo realizo por medio de preguntas presenciales que se encuentran en el Anexo 1, los participantes fueron Andrea Acosta y Christian Rosales encargados del entrenamiento para atletas y docentes en la rama de Cultura Física en la escuela General Córdova.

Los docentes tienen un conocimiento amplio de lo que son las competencias de maratón e incluso han participado en varias de ellas por lo cual conocen del tema y están en condiciones de responder las preguntas.

Las respuestas obtenidas de la entrevista se las analiza a continuación:

- ¿Conocen en que consiste una maratón?
En esta pregunta lo que se busca es fundamentar los conocimientos de los entrevistados para lo cual responden que dominan todo lo referente a competencias porque en su carrera estudiaron todo sobre el tema.
- ¿Conoce el método más común de control para los participantes en una maratón?
La segunda pregunta de la entrevista tiene como objetivo establecer si los entrevistados tienen claro como es el control de los participantes en las competencias para lo cual responden que conocen como es el sistema que se usa en este tipo de competencias porque han participado en varias maratones a nivel nacional y exponen sus experiencias sobre los dispositivos recalcando que el problema principal es el hecho de el uso de las alfombras y que resulta molesto estar pendiente de que no se caiga el aparato ya que resulta costoso la perdida del mismo.

- ¿Creen que los sistemas que controlan a los participantes basados en su posición son necesarios?

En la tercera pregunta de la entrevista lo que se busca es recabar un poco de información de la experiencia de los entrevistados en este tipo de competencias y determinar si a su criterio sería recomendable el uso de sistemas mas especializados en dichas competencias para lo cual responden que en algunas competiciones de ciclismo se usa dispositivos GPS pero que igual su implementación es costosa pero resulta de gran ayuda para los competidores ya que se puede evitar el uso de caminos alternos a la ruta ya establecida y sin el problema de estar pendiente de pisar las alfombras que sería el problema con el método común de control.

- ¿Les gustaría poder saber la ruta que están tomando los corredores en una maratón?
- En la cuarta pregunta lo que se busca es apreciar el punto de vista de los entrevistados como entrenadores de deportistas que miran la maratón desde fuera de la competencia pero pendientes de sus corredores para lo cual responden que en su trabajo sería muy útil poder ver la ruta que están tomando los deportistas porque resulta difícil concentrarse en todos los corredores que ellos entrenan para una misma competencia y en algunas ocasiones les esperan en la meta sin saber si alguno dejo la competencia por lesión o algún otro inconveniente.

Al terminar con la entrevista se llega a la conclusión de que el sistema que se presenta en este informe sería de gran ayuda tanto para corredores de maratón como para personas que les guste observar este deporte como pueden ser entrenadores o público en general ya que en la mayoría de las competencias atléticas de larga distancia no se sabe el tramo de la competencia recorrido ni si algún corredor ya ha terminado la carrera.

3.1.4 Análisis de sistemas actuales de control en maratones

Los sistemas para el control de participantes en una maratón fueron evolucionando a través de los años a nivel mundial según el avance de la tecnología, en el Ecuador existen muchas empresas dedicadas a este tipo de servicios. El sistema estándar de

monitoreo consiste en el uso de alfombras y dispositivos usados por los participantes de la competencia.

El organizador de la competición contrata a empresas para alquilar los dispositivos necesarios en el control de los participantes, en el momento de la competencia estos equipos son instalados a lo largo de la competencia dependiendo de la distancia y el contrato de los equipos, los participantes al momento de su inscripción reciben sus balizas que deben ser colocados en las zapatillas para que estén más cerca del piso y tengan menor distancia con las alfombras receptoras.

Este sistema es funcional y usado en todas las competencias de maratón actualmente a nivel nacional, analizando sus componentes tecnológicos y el sistema de control empleado se puede determinar ciertas ventajas y desventajas tanto para los organizadores como los participantes. En el Ecuador se usa el sistema de la marca Ipico Sport que consiste en chips pasivos de doble frecuencia.

3.1.4.1 Ventajas y desventajas

Entre las ventajas considerables del sistema se puede determinar las siguientes:

- El dispositivo emisor de señal es considerablemente pequeño y poco invasivo para el participante
- La recepción de señal de las alfombras es confiable tomando muestras simultáneas de al menos 100 participantes al mismo tiempo.
- El dispositivo emisor no necesita batería ni el uso de alimentación externa.
- Los organizadores reciben los tiempos de cada participante al pasar por las alfombras para controlar y determinar a los ganadores de la competencia.

Así como el sistema tiene varias ventajas también tiene desventajas de las cuales se puede considerar las siguientes:

- El dispositivo emisor si no se coloca adecuadamente puede perderse en la competencia sin que se dé cuenta el usuario.

- El sistema solo toma datos cuando el dispositivo emisor entra en contacto con las alfombras receptoras por lo que solo es efectivo en esos tramos del recorrido.
- Los organizadores no controlan a los participantes en todo el recorrido por lo que es posible que usen caminos alternos siempre y cuando pasen por las alfombras.
- Se necesita de personal extra que controle los equipos y que sean jueces para impedir el uso de atajos u objetos de movimiento que no sean sus propios medios de movilidad.

3.1.5 Análisis de reglamento en maratones

El reglamento estándar empleado en las competencias atléticas de maratón especifica las normas que se deben seguir al organizar eventos maratónicos, en lo que respecta a elementos externos tales como elementos electrónicos para el control de participantes no es muy explícito, pero determina que debe ser confiable y lo menos invasivo posible evitando que estorbe el movimiento normal del corredor. Este sistema de control es, según el reglamento, determinado por los organizadores.

Analizando los artículos presentes en el reglamento, en el artículo 8 específicamente es donde se habla sobre el uso de dispositivos para el monitoreo de una competencia atlética, en el cual dicta que debe ser confiable y tener las siguientes características:

- Debe ser cómodo para el participante.
- Debe ir colocado en un lugar del cuerpo que no moleste al corredor
- Debe ser visible para los jueces
- Debe ser único para el participante.

Con estas características según el reglamento cada participante debe tener su propio dispositivo referenciado con un número de participante y que se pueda identificar por los datos enviados desde el dispositivo.

3.1.6 Análisis de equipos GPS comerciales

Actualmente existen empresas que brindan servicios de rastreo por medio de GPS, estas empresas en su mayoría son extranjeras y se dedican a la localización de vehículos. Los servicios de geolocalización por GPS brindan la posibilidad a los usuarios de conocer la posición geográfica de una persona o un vehículo usando un dispositivo de rastreo.

Estas compañías tienen planes de diferentes precios que pueden incluir los dispositivos de rastreo o no. Los dispositivos de rastreo usan la tecnología GPS y se comunican con los servidores de la empresa a través de la comunicación GSM/GPRS por medio de un chip de alguna operadora móvil o satelital, pero a un costo más elevado. Los costos de servicios para localización varían de entre los 80 hasta los 500 dólares en el Ecuador sin tomar en cuenta el costo de los equipos emisores. En la tabla 3 se muestra el coste aproximado de los dispositivos GPS actualmente en el mercado.

Tabla 2 Costo de Equipos GPS en el Ecuador

Equipo	Características	Tipo	Garantía	Precio
Tracker Coban 303g	GPS/GSM	Vehicular	6 meses	\$45
Tracki	GPS satelital	Vehicular, personas	Varía según proveedor	\$79
Qbit personal	GPS/GSM	Personas	En función de la batería.	\$129
GPS tracker TK303G	GPS/GSM	Vehicular	No especifica	\$110
Teléfono inteligente	4G/LTE	GPS en general	Aprox. 1 año	Superior a \$200

Elaborado por: Investigador.

Los equipos GPS necesitan un proveedor de servicios o un plan de datos, en caso de los GSM, presentan varias desventajas que son más comunes en los dispositivos de menor precio, entre las que se puede destacar se encuentran:

- La antena del dispositivo GPS móvil se coloca al descubierto con la menor cantidad de interferencias, de preferencia en el exterior.
- Necesitan de un tiempo prudente de espera de aproximadamente 5 minutos para localizar los satélites y obtener la información de posición, pasado ese tiempo el proceso se puede hacer de 1 a 3 minutos si el dispositivo se encuentra en movimiento.
- Tienen arquitectura física cerrada por lo que no permite su reparación, en caso de desperfecto se requiere la compra de un nuevo equipo.
- En algunos equipos se tiene un refresco de la posición en un tiempo superior a los 10 minutos.

Debido a estas desventajas se descarta el uso de dispositivos GPS comerciales para el desarrollo del proyecto, existen módulos GPS que son empleados en aplicaciones IoT y compatibles con microprocesadores como por ejemplo el módulo GPS neo 7m o el módulo Neo-6m-0-001 pero no se los considera factibles debido a su inestabilidad y problemas de atenuación al estar junto a otros dispositivos de la misma clase.



Fig. 13 Modulo Arduino Neo-6m-0-001

Debido a los elevados costos de los equipos GPS comerciales y a los problemas ocasionados por los módulos GPS orientados a el IoT se opta por no usar ninguno de los dispositivos GPS listados en este punto pero se los a tomado en cuenta para tener conocimiento de los costos aproximados de los sistemas de localización actuales.

3.1.7 Equipos de control y comunicación

Para determinar los equipos de control y comunicación primero se debe tener en cuenta la estructura física del dispositivo de manera que sea cómodo para el deportista y no

impida o complique su normal movimiento al momento de la carrera. Posteriormente analizar la estructura lógica y el sistema empleado para determinar la triangulación del dispositivo en función de sus datos y por último la comunicación con la que el dispositivo se enlaza con el servidor para el envío de datos.

3.1.7.1 Estructura física

Para la estructura física del dispositivo hay que tomar en cuenta las partes del cuerpo en donde se puede colocar, para lo cual el brazo es el lugar más apropiado para llevar el dispositivo debido a la posición que los brazos toman al correr que evita que se resbale y resulta cómodo para el usuario.

En la fig. 14 se puede observar a un corredor con una banda en el brazo en donde se encuentra un dispositivo móvil, este sistema de sujeción es el óptimo para este proyecto debido a que se adapta perfectamente al movimiento continuo del corredor.



Fig. 14 Sistema de correa para brazo

El material utilizado para el dispositivo consiste en una correa de cuero con una tela antisudoral que está en contacto con el brazo y elástica con un sistema de sujeción por velcro, el exterior de cuero sintético es resistente al agua con un grosor delgado y moldeable, en la parte superior se coloca información del número

del corredor que representa el número del dispositivo y tener un control del participante. Estas características son optimizadas para evitar el exceso de peso y pueda adaptarse a cualquier contextura física de los corredores.

3.1.7.2 Estructura lógica y de sistema

En lo que se refiere a la estructura lógica y del sistema que tendría un dispositivo de rastreo para corredores de maratón se debe analizar las características que tendría el dispositivo, entre los dos grandes grupos principales se tiene a el dispositivo móvil y al sistema de monitoreo. El dispositivo móvil es el encargado de enviar los datos al sistema de monitoreo para su interpretación y procesamiento.

Los elementos para el funcionamiento del dispositivo móvil se especifican en la tabla 3.

Tabla 3 Elementos Del Dispositivo Móvil

Elemento	Tipo
Controlador	Microcontrolador
Sensores	Módulo de comunicación.
Alimentación	Batería

Elaborado por: Investigador.

Los elementos que conforman el sistema de monitoreo para que los datos puedan ser interpretados y visualizados se especifican en la tabla 4.

Tabla 4 Elementos Del Sistema de Monitoreo

Elemento	Tipo
Medio visual	Internet
Base de datos	MySQL
Programación	PHP, HTML, Apply Google maps

Elaborado por: Investigador.

Los elementos de la estructura lógica utilizados para el sistema se especifican más adelante en el punto 3.1.8 selección de materiales.

3.1.7.3 Comunicaciones

Para el sistema de comunicación lo óptimo es el uso de una tarjeta SIM y por medio de la tecnología GSM tomar datos de las antenas celulares y usando los servicios GPRS para el envío de datos provenientes del dispositivo al servidor por medio de internet. El uso de una tarjeta SIM permite que el dispositivo se conecte a una red GSM/GPRS de la operadora a la que pertenece, esto permite que por un pago relativamente bajo el dispositivo tenga una conexión estable a Internet usando la arquitectura de la operadora permitiendo una conexión confiable al momento de enviar datos por medio de la red GPRS.

En la fig. 15 se muestra la funcionalidad del dispositivo móvil con los servicios del sistema de monitoreo.

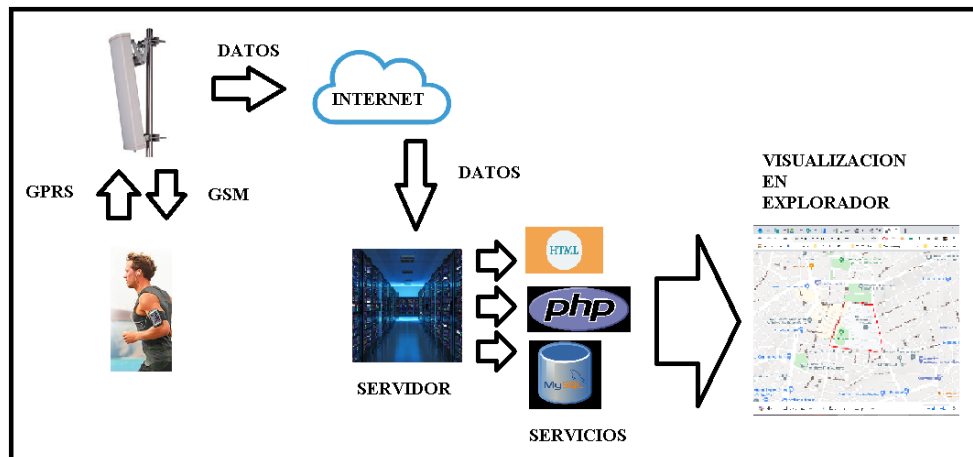


Fig. 15 Sistema de rastreo para corredores de maratón

3.1.8 Selección de materiales

Para seleccionar los equipos que se va a utilizar en el proyecto se necesita de una comparación de calidad precio, para la construcción del dispositivo móvil, lo más

importante es tomar en cuenta las características, funcionalidad en el Ecuador, tamaño y precio en el mercado por unidad y al por mayor tanto en el mercado local como en el extranjero tomando en cuenta aranceles de importación.

Para determinar el sistema de monitoreo se opta por el uso de un servidor privado debido a su poca inversión y la confiabilidad que brindan las empresas a sus usuarios, un punto clave para determinar el servidor que se va a usar son las características que ofrece y especialmente los que incluyan en sus planes una base de datos mysql y un gestor de archivos donde se alojaran la programación de la página.

Los requerimientos del sistema son:

- Autonomía de 60 minutos
- Soporte para 2 tarjetas SIM
- Dispositivos de comunicación homologados en el país
- Conectividad GSM/GPRS
- Microcontrolador con capacidad de 2 puertos RS232 físicos
- Servidor remoto con base de datos Mysql, gestor de archivos y panel de control de datos.

3.1.8.1 Equipos de control

El microprocesador es el elemento encargado de obtener los datos de los módulos de comunicación para procesarlos y posteriormente ordenarlos para su envío por medio de GPRS hacia el servidor privado remoto. Es el encargado de configurar los módulos de comunicación y administrar los datos necesarios para enviarlos al servidor usando Internet por medio de una operadora móvil usando comunicación GSM/GPRS, para lo cual se va a analizar las diferentes tarjetas de adquisición de datos basadas en microprocesadores de las cuales se debe tomar en cuenta el número de puertos serie que puede manejar simultáneamente, el tamaño y el precio. En la tabla 5 se muestra una comparativa entre las tarjetas de adquisición de datos que reúnen de mejor manera estas características.

Tabla 5 Comparativa de tarjetas de adquisición

Tarjeta	Tamaño	Numero de puertos serie	Precio unitario	Precio al por mayor
NodeMCU	49x26x12mm	1 puerto físico 1 virtual	\$13 dólares	\$8 dólares
Raspberry Pi zero	65x30x5 mm	1 puerto físico	\$50 dólares	\$30 dólares
Arduino mega mini	54 x 38 mm	4 puertos físicos 1 puerto virtual	\$ 11 dólares	\$7 dólares

Elaborado por: Investigador.

Al no necesitar características muy exigentes se ha obviado la comparativa de procesador, voltaje de operación o número de pines.

Analizando la tabla 5 y tomando en cuenta que para el desarrollo del proyecto se necesita dos puertos serie físicos se descarta el uso de la tarjeta NodeMCU. La capacidad de procesamiento en la Raspberry Pi Zero permite solventar el problema de tener un puerto serie físico por medio de programa, pero el nivel de procesamiento estaría sobre dimensionado para el proyecto. Por lo cual el dispositivo óptimo para el sistema es el Arduino Mega Mini el cual cuenta con 4 puertos físicos y las dimensiones son reducidas, también tomando en cuenta el precio resulta en la tarjeta más conveniente en calidad precio. Por lo tanto, la tarjeta Arduino Mega mini es la que mejor se adapta a las necesidades del sistema, en la tabla 6 se muestra las características y en la Fig. 16 una imagen del dispositivo seleccionado.

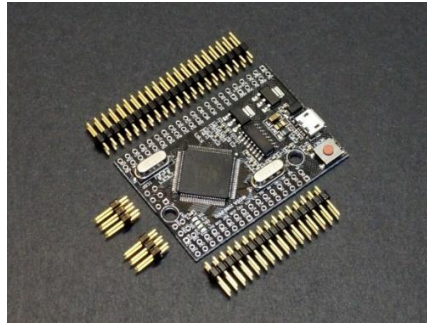


Fig. 16 Arduino Mega Mini

Tabla 6 Características del Arduino Mega Mini

Características
Procesador ATmega 2560 a 16 Mhz
USB CH340
Memoria flash 256 KB
54 pines digitales
15 pines PWM
16 entradas Análogas
4 puertos serie físicos
Voltaje de operación a 5V

Elaborado por: Investigador.

3.1.8.2 Equipo de comunicación

Para determinar el equipo de comunicación hay que tomar en cuenta la necesidad de dos dispositivos GSM, cada uno de los dispositivos debe funcionar en una operadora móvil diferente por lo cual las tarjetas Sim conectadas a los módulos serán de diferentes operadoras. Los módulos GSM/GPRS deben ser dispositivos que estén homologados en el país, también considerar si el modo de configuración permite obtener datos como el nivel de la señal recibida por las antenas GSM y el código de área y celda a la que se encuentra conectado ya que esos datos son los que van a ser enviados hacia el servidor. En la tabla 7 se muestra una comparativa de los módulos GSM/GPRS comerciales.

Tabla 7 Comparativa de módulos GSM/GPRS

Modulo Parámetros	Módulo sim900	Módulo sim808	Modulo GSM/GPRS Ai-Thinker
Banda de operación	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz	850/900/1800/1900 MHz
GSM homologado	Si	Si	Si
GPRS homologado	No	Si	No
Potencia de transmisión	2W	2W	2W
Control	Comandos AT	Comandos AT	Comandos AT + Comandos Ai-Thinker
Consumo de corriente	1.5 mA	2.4 mA	3 mA
Temperatura de operación	-40 a 85 °C	-40 a 85 °C	-30 a 80 °C
Tecnología	2G	2G – 3G	2G
Tamaño	9.7 x 5.4 x 1.2 cm	50 x 77 x 15 mm	22.8 x 16.8 x 2.5 mm
Voltaje	3.4 – 4.4 V	3.4 – 4.4 V	3.3 – 4.2 V
Precio dólares	40	20	11

Elaborado por: Investigador.

Analizando la tabla 7 y según las necesidades del proyecto los dispositivos que mejor se adaptan para el sistema son el módulo Sim808 y el módulo Ai-Thinker debido a su bajo precio y características en general. Con respecto al Sim808 es el módulo que se encuentra homologado para la tecnología GPRS por lo cual puede enviar datos por medio de internet, en el momento que el módulo Ai-Thinker

cumpla con esta característica se puede reemplazar el Sim808 por un módulo Ai-Thinker reduciendo el costo del sistema.

3.1.8.3 Alimentación

Para determinar la batería que se va a utilizar en el sistema hay que realizar un análisis de sus características, por un lado, las baterías de polímetro de litio y por otro las baterías de Ion-Litio que son las usadas en proyectos de este tipo. Para determinar que batería seleccionar se toma en cuenta el consumo de los módulos y la tarjeta de adquisición (microprocesador) tomando en cuenta el tiempo de autonomía que se requiere que funcione el dispositivo móvil en una competencia de maratón estándar, para lo cual se presentan los siguientes cálculos.

Corriente de consumo total:

$$I = I_{\text{microcontrolador}} + I_{\text{Sim808}} + I_{\text{Ai-Thinker}}$$

$$I = 800mA + 2.4mA + 3mA = 805.4mA$$

Capacidad de la batería

Analizando los datos de competencias de 5 Kilómetros que se puede encontrar en cualquier página en Internet, el tiempo promedio de duración de una maratón estándar es de 30 minutos para lo cual tomamos en cuenta una autonomía de 60 minutos para el dispositivo. Entonces con estos datos tenemos los siguientes cálculos.

$$Q = t * I$$

$$Q = 1h * 805.4mA$$

$$Q = 805.4 mA/h$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta la capacidad de la batería se realiza una comparación en la tabla 8.

Tabla 8 Comparativa de baterías

Parámetros	Batería Lipo Turnigy	Batería de Litio BrightTea
Capacidad de descarga	35C	45C
Capacidad	1300mAh	1300mAh
Conector	JST	No tiene
Peso	17g	10g
Tamaño	50 x 32 x 15 mm	42 x 24 x 5 mm
Voltaje	7.4 V	3.7 V
Precio en dólares	10	25

Elaborado por: Investigador.

Para la alimentación del dispositivo móvil se selecciona a la batería Lipo Turnigy debido a su bajo precio en relación con la batería de litio BrightTea ya que las dos baterías necesitan un cargador especial que se suma a su costo actual con la diferencia de que cada batería de litio necesita su propio módulo de carga mientras que las baterías de lipo que se pueden cargar con un mismo cargador varias baterías sin desmontarlas del circuito.

La capacidad de la batería para el uso continuo de 1 hora resulta en 805.4 mAh ya que no se encuentran baterías de esa capacidad se realiza la comparación con las de 1300 mAh, recalculando la autonomía del dispositivo con esta capacidad de batería se tiene:

$$t = Q/I$$

$$t = 1300/805.4$$

$$t = 1.61h$$

Por lo que el dispositivo tiene una capacidad teórica de 1 hora 36 minutos con la batería seleccionada que es 30 minutos superior al requerimiento en competencias de 5Km y aceptable para competencias de 10Km.

Las conexiones del sistema se presentan en la fig 17.

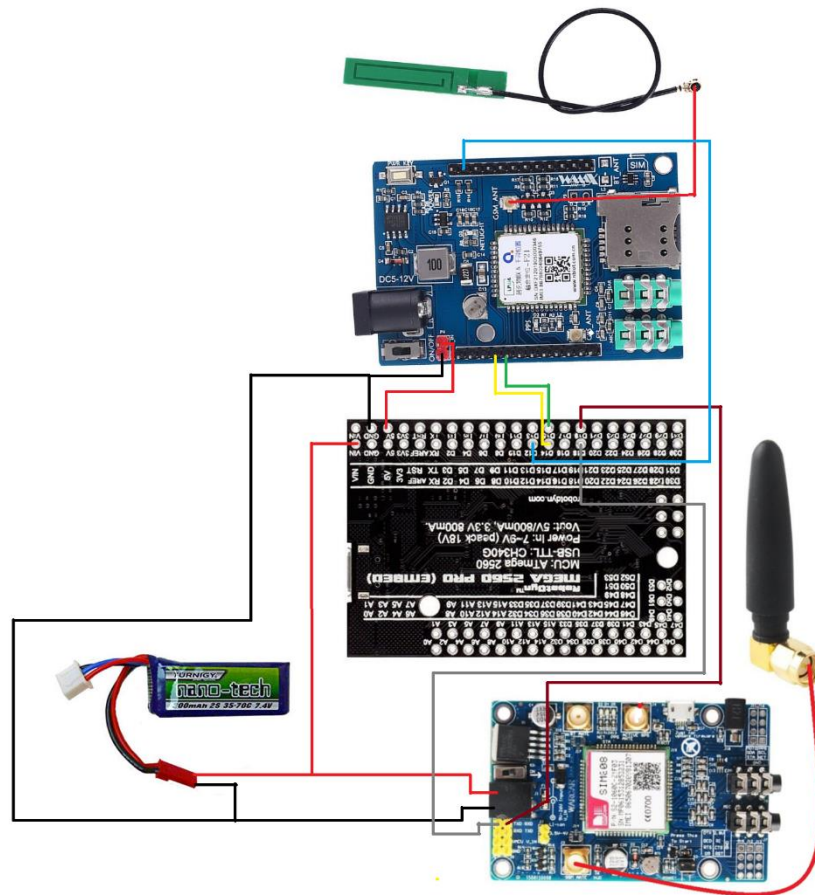


Fig. 17 Conexiones de dispositivos

3.1.8.4 Sistema de monitoreo

En la actualidad en el mercado existen gran cantidad de servidores privados de los cuales se destacan cuatro que son: Hostinger, Bluehost, HostGator y DreamHost. Cada uno de estos servidores privados cuenta con planes que pueden ser adaptables a las necesidades del cliente, estas características pueden aumentar o disminuir el precio del plan contratado ayudando al cliente a dimensionar de mejor

manera el servidor a sus necesidades. En la tabla 9 se muestra una comparativa de los planes básicos que ofrecen estas empresas.

Tabla 9 Comparativa De Servidores Privados [28] [29] [30] [31]

Servicios	Hostinger	Bluehost	HostGator	DreamHost
Numero de Webside	1	1	1	1
Email	1	-	-	No
Ancho de banda	100 Gb	No medido	No medido	No medido
SSL	Si	Si	Si	Si
WordPress	Si	-	Si	Si
Soporte	Si	Si	Si	Si
Uptime	99.9%	-	-	-
DNS	Si	Si	Si	Si
Administrador de acceso	Si	-	-	-
Base de datos	2 Mysql	-	-	-
Subdominio	2	25	-	-
FTP	1	-	-	-
SSH	No	-	-	-
Copias de seguridad	No	-	-	-
Precio	0.99 dólares al mes	3.95 dólares al mes	2.75 dólares al mes	3.95 dólares al mes

Elaborado por: Investigador.

Tomando como referencia la tabla 9 se determina que el más económico y que brinda los mejores servicios es el servidor privado Hostinger, a razón de prueba este servidor privado cuenta con un servicio gratuito denominado 000webhost que

cuenta con los mismos servicios que el plan de pago con limitaciones de espacio de almacenamiento en los archivos que se suban al servidor y en la capacidad máxima del servicio Mysql, también limita la creación de un nombre de dominio propio pero con la ventaja que genera uno automáticamente a razón de publicidad. Por estas ventajas el proyecto opta por la opción gratuita debido a que el tiempo de uso del servicio es ilimitado y la única limitante son las peticiones al servidor de 15000000 peticiones por hora.

3.1.8.5 Software

Para el desarrollo del proyecto se necesita de software de programación para el microcontrolador y para el desarrollo del sistema de monitoreo que se colocara en el servidor privado seleccionado. En la tabla 10 se muestra los recursos de programación que se necesitan para el desarrollo del proyecto y los programas para los mismos.

Tabla 10 Recursos y Programas

Programa Recursos	Arduino IDE	Navegador	Sublime Tex 3
Programación microcontrolador	✓		
Configuración módulos GSM/GPRS	✓		
Configuración de servidor privado		✓	
Configuración de base de datos		✓	
Archivo de recepción de datos			✓
Archivo de la página principal			✓
Archivo de visualización del mapa			✓
Subir archivos al servidor		✓	

Elaborado por: Investigador.

3.1.9 Programación y configuración

Los datos necesarios para el desarrollo del proyecto son proporcionados por los módulos GSM/GPRS, los mismos que se configuran usando comandos AT para lo cual el microprocesador funciona como intermediario enviando los comandos hacia los módulos según corresponda.

Los datos que se obtienen de los módulos son:

- Código de celda
- Código de área
- Potencia de señal

También se realiza la activación y envío de datos por medio de GPRS usando el módulo Sim808 con comandos AT. Los comandos para la configuración GPRS, para obtener los datos de los módulos y para el envío de los datos al servidor se presentan en la tabla 11.

Tabla 11 Comandos AT

Comando	Descripción	Resultado
AT+CGATT?	Revisa el estado del servicio de dominio de paquetes	OK
AT+SAPBR=cmd_type,cid,"ConParamTag","ConParamValue"	Configuración de modulo basado en IP	OK Varía según los parámetros
AT+CREG=2	Activa la solicitud extendida de datos.	OK
AT+CREG?	Solicitud de estado de registro en la red	Tipo String en hexadecimal código de

		área, ID de celda.
AT+CSQ	Reporte de calidad de señal	OK Parámetros de señal del 0 al 99
AT+HTTPIPINIT	Inicializa el servicio http en el modulo	OK
AT+HTTPACTION=0	Selección del método de envío de datos	OK
AT+HTTPREAD	Leer la respuesta del servicio http	Data OK
AT+HTTPTERM	Termina el servicio http en el modulo	OK

Elaborado por: Investigador.

Los comandos mostrados en la tabla 11 son aceptados en el módulo por medio de comunicación serie enviada a través de los puertos del Arduino mega mini que recibe la respuesta del módulo para determinar la información relevante, procesarla y enviarla por medio del servicio http usando la red GPRS del módulo Sim808.

Al usar el comando *millis ()* junto con la hora en la que llega un dato al servidor se tiene como resultado el tiempo transcurrido desde que el Arduino Mega mini fue encendido hasta que este sea apagado o reiniciado por lo cual se puede usar para determinar el tiempo transcurrido entre lecturas y estos datos pueden ser usados para determinar el tiempo en el cual un corredor termina su recorrido. Este y ningún método actual tiene el 100% de efectividad por lo que se especifica en las reglas de maratón el uso de personal externo que tome los tiempos en la recta final para corregir posibles fallos.

En el Anexo 4 se encuentra el programa empleado para la configuración de los módulos GSM/GPRS con las líneas de código debidamente comentadas explicando la función que cumple cada método y comando especial.

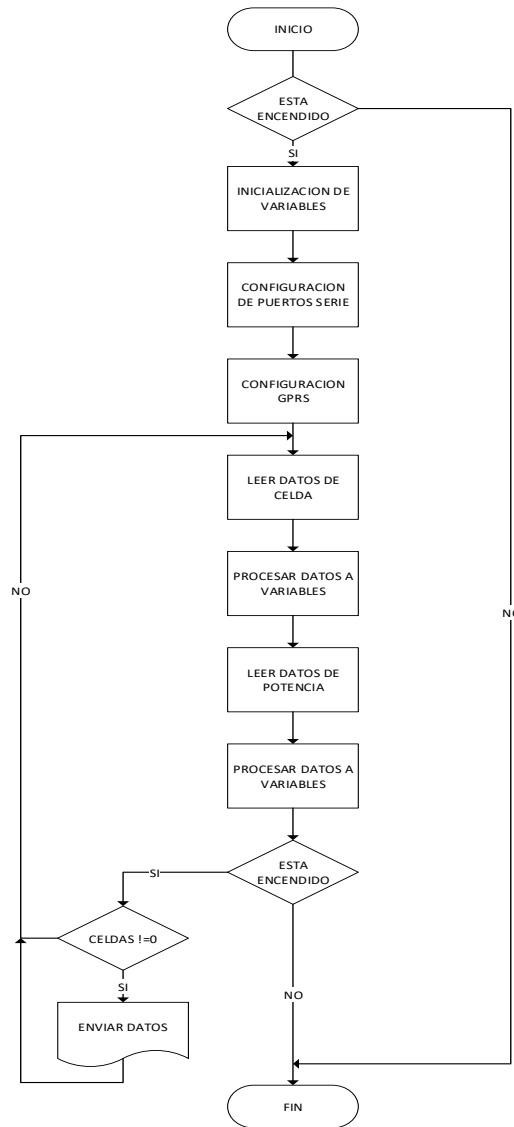


Diagrama 1 Flujo grama funcionamiento del dispositivo
Elaborado por: investigador

3.1.10 Instalación de equipos

En la figura 17 se muestra la conexión de los módulos Sim808 y Ai Thinker hacia el Arduino Mega mini y su conexión con la fuente de alimentación, las conexiones se realizaron con cables puente para prototipos del número 22 AWG como se muestra en la fig. 18.



Fig. 18 Conexiones físicas en el dispositivo.

En la tabla 12 se muestra los pines usados por el Arduino Mega mini, su correspondiente conexión en los pines de los módulos y una característica de su función.

Tabla 12 Conexión de pines Arduino Mega mini

Pines Arduino	Pines módulos	Características
D19	TxD Sim808	Pin Serial 1 Rx1
D18	RxD Sim808	Pin Serial 1 Tx1
D15	U_TxD A6	Pin Serial 3 Rx3
D14	U_RxD A6	Pin Serial 3 Tx3
D12	PWR_Key A6	Pin digital activación de módulo A6
Alimentación		
Batería 7.4V	Vin Arduino, Vin Sim808	
Batería GND	GND Arduino, GND Sim808	
Arduino 5V	Vin A6	
Arduino GND	GND A6	

Elaborado por: Investigador.

3.1.11 Configuración de servidor

Para configurar un servidor web privado este debe tener un administrador de archivos, una base de datos y proporcionar una ip publica o un nombre de dominio para comunicarse externamente por internet. El servidor Hostinger brinda todos estos servicios al momento de registrarse en la plataforma y cuenta con un panel de control que facilita la administración de los recursos.

En la fig. 19 se muestra el panel de control del servidor privado en donde se muestra el estado de las aplicaciones creadas y sirve para verificar si el servicio se encuentra activado o desactivado.

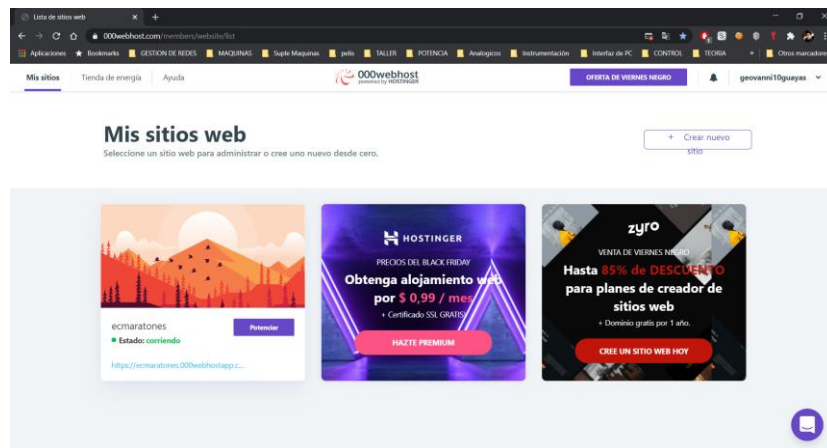


Fig. 19 Panel principal del servidor Hostinger

En la fig. 20 se encuentra el panel de control de la aplicación del servidor privado en donde se puede administrar las solicitudes entrantes, la base de datos, el gestor de archivos y otras herramientas que son suministrados por el servidor.

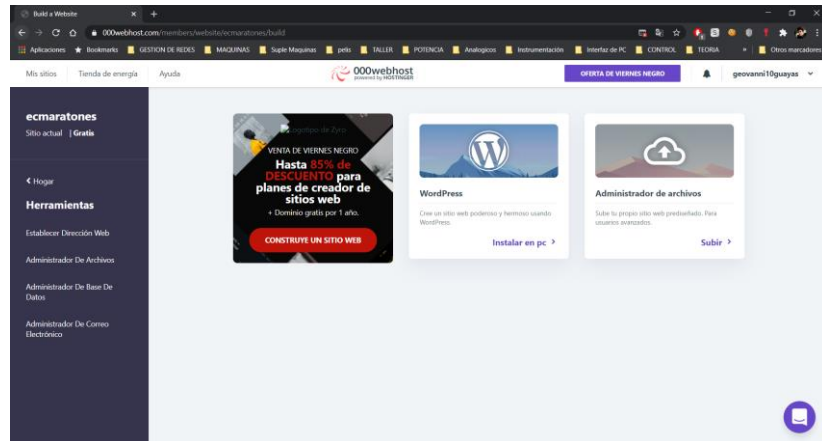


Fig. 20 Panel de control del servidor privado

En la fig 21 se observa el panel de control del administrador de archivos en donde se colocan los archivos de Backend y del Frontend, para añadir mas archivos hay que arrastrarlos a esta ventana.

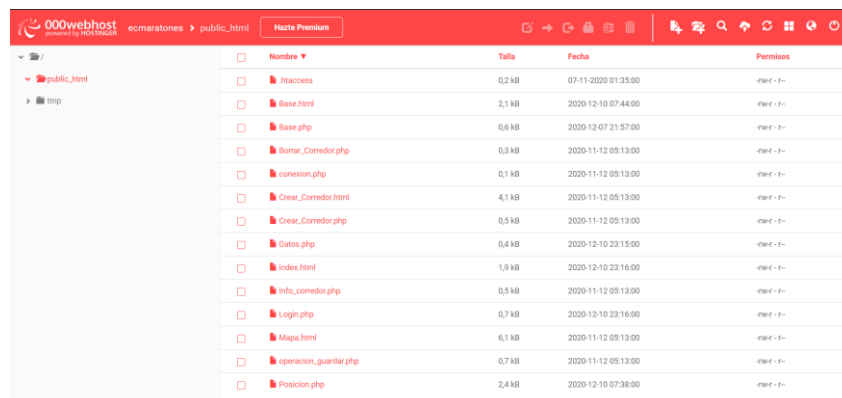


Fig. 21 Panel de control de administrador de archivos

En la fig. 22 se encuentra el panel de administración y creación de la base de datos, la gestión se la realiza por comandos SQL.

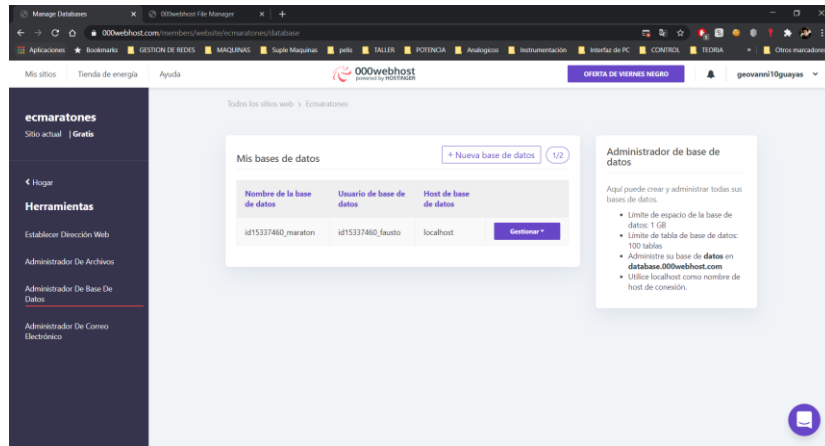


Fig. 22 Base de datos del servidor privado

El dominio proporcionado por el servidor privado servirá para realizar las configuraciones en el servidor por medio de los archivos php, html y para él envío de datos desde el dispositivo hacia la base de datos, por lo cual se usa esta dirección url <https://ecmaratones.000webhostapp.com/>. Y la distribución de el servidor se muestra en la Fig. 23 donde las aplicaciones del usuario es el Frontend y los archivos php de configuración son el Backend.

SERVIDOR PRIVADO

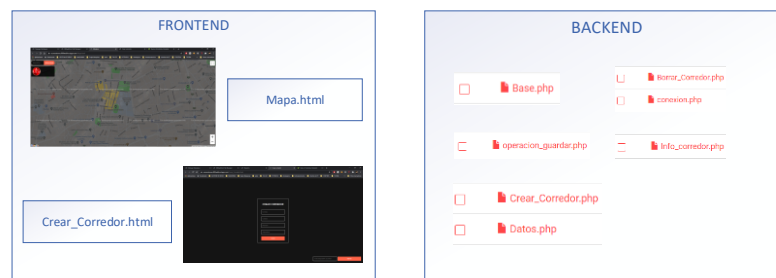


Fig. 23 Distribución del servidor

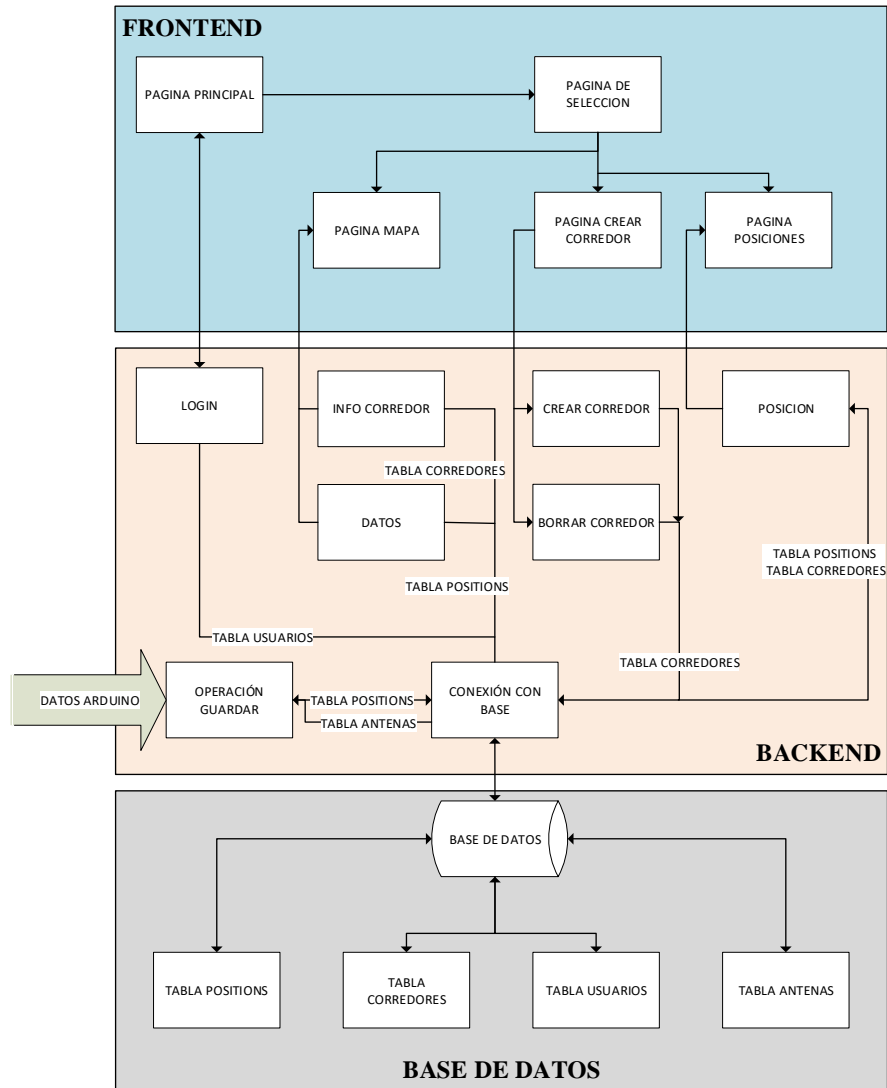


Diagrama 2 Estructura del servidor
Elaborado por: investigador

El funcionamiento del servidor se ilustra en el Diagrama 2, donde el Frontend es la interfaz que está de lado del usuario en donde se encuentra la página principal y los servicios a usuarios para poder crear perfiles o verificar recorrido y tiempo de los participantes de la maratón. En el Backend se encuentran todos los archivos de configuración del servidor, el archivo de conexión con la base de datos, borrar corredores, crear corredores, operación para guardar y procesar los datos provenientes del dispositivo móvil, para visualizar los datos ingresados en la base de datos, para obtener los datos y la información de cada corredor en función del dispositivo usado.

En la tabla 13 se muestra los archivos del frontend y backend con sus características.

Tabla 13 Características de los archivos en el servidor

FRONTEND	
ARCHIVO	CARACTERISTICAS
Index.html	Página de login para usuarios registrados
Base.html	Página principal de selección de recursos del servidor, contiene los links de acceso a los servicios de mapa, crear corredores y tabla de posiciones.
Mapa.html	Visualizar mapa de Google con la ruta, nombre, numero de dispositivo, numero de cedula y foto del corredor dibujado con la apli de polyline de Google.
Crear_Corredor.html	Interfaz de creación para corredores nuevos por nombre, numero de dispositivo, numero de cedula, foto y opción de borrar corredor.
Posicion.php	Tabla donde figuran los tiempos, el nombre y el número de dispositivo de los participantes ordenados según el tiempo de llegada.
BACKEND	
Conexion.php	Archivo para la conexión a la base de datos.

operacion_guardar.php	Archivo que sirve como intermediario entre el dispositivo móvil AGPS y el servidor.
Login.php	Archivo que sirve para la conexión con la tabla de usuarios registrados para el login.
Borrar_Corredor.php	Archivo con el sql para eliminar corredor según el número de dispositivo.
Crear_Corredor.php	Archivo para ingresar a la base los datos de los corredores registrados usando código sql.
Datos.php	Archivo usado en el aplicativo Mapa.html para obtener las coordenadas guardadas en la base de datos y dibujarlas.
Info_corredor.php	Archivo de verificación de datos ingresados a la base de corredores.

Elaborado por: Investigador, basado en apuntes de clase.

Para el uso del aplicativo de Google Polyline y los mapas se necesita estar registrado en la plataforma de Google Cloud Platform y crear el proyecto. Al tener configurado el proyecto la plataforma brinda un panel de control donde se administra todos los usos de los aplicativos Google usados en el proyecto y proporciona una clave API para usar las aplicaciones de desarrolladores como se puede ver en la Fig. 24.

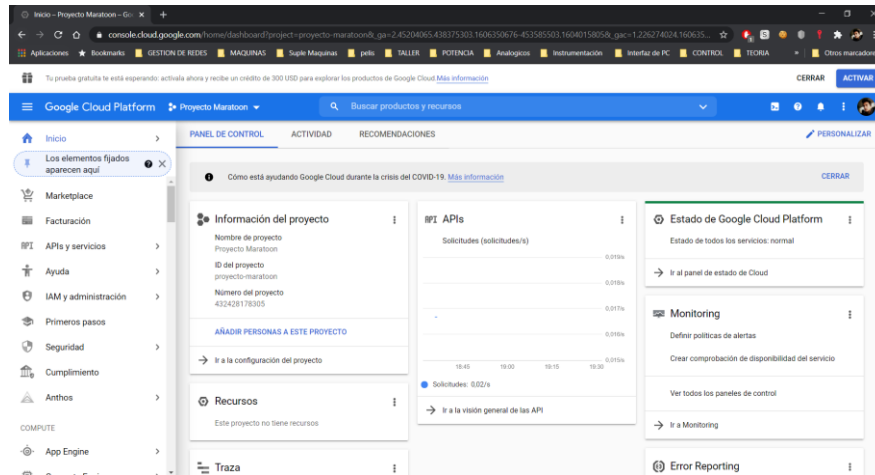


Fig. 24 Información del proyecto en Google Cloud Platform

En la Fig. 25 se presenta el apartado de credenciales generadas automáticamente en la aplicación creada que servirán para el uso de las aplicaciones de manera gratuita.

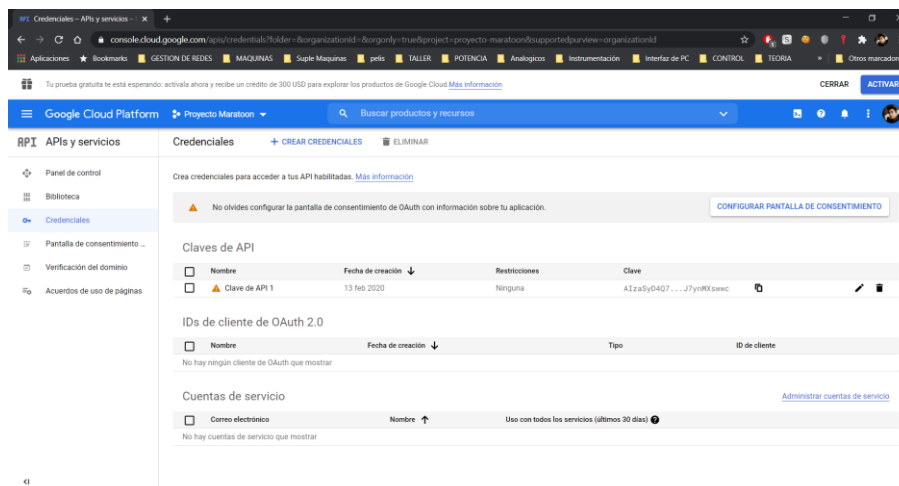


Fig. 25 Panel de control y clave API para el proyecto

Al ser generada la clave API en la plataforma se coloca la clave en el script de Google del archivo Html como se muestra en la fig. 26.

```

178 response.forEach(coord=>coords.push({lat:Number(coord.lat),lng:Number(coord.lng)}));
179 flightPath.setPath(coords);
180 });
181 }
182 setTimeout(updatePosition,5000);
183 }
184
185 function getPlayerInfo(){
186   id{id}=>return;
187   client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Info_corredor.php?disp='+id, function(response) {
188     const players=[];
189     response=JSON.parse(response);
190     if(response.length){
191       const player=response[0];
192       document.getElementById("photo").src=player.foto;
193       document.getElementById("name").innerHTML=player.nombre;
194       document.getElementById("id").innerHTML=player.cedula;
195     }else{
196       document.getElementById("photo").src="https://www.universidades.com.ec/logos/original/logo-universidad-tecnica-de-ambato.png";
197       document.getElementById("name").innerHTML="";
198       document.getElementById("id").innerHTML="";
199     }
200   });
201 }
202
203 function setPlayer(){
204   id=document.getElementById("txtPlayer").value;
205   flightPath.setPath([]);
206   trackPlayer();
207   getPlayerInfo();
208 }
209
210 <script async="" defer="" src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyD4Q72HXZMg3lMh_n5V64Uk37yNfKxswc&callback=initMap">
211 </script>
212
213 </html>

```

Fig. 26 Clave API en el archivo de Mapa.html

Para determinar las coordenadas del dispositivo móvil AGPS hay que tener en cuenta varios parámetros enviados al servidor, los cuales son el código de celda de cada módulo y la potencia en dbms de las mismas. Desde el dispositivo móvil se envía estos datos hacia el servidor con la siguiente línea de código del programa principal de Arduino

http://ecmaratones.000webhostapp.com/operacion_guardar.php?disp="+String (dispositivo)+"&cod="+String(celda_antena1)+"&cel="+String(celda_antena2) + "&pot="+String(potencia1)+"&pot2="+String(potencia2)+"&millis="+String (last_millis) + "\", en donde se especifica el número de dispositivo, el código de celda en la antena 1, el código de celda en la antena 2, la potencia de la antena 1 y antena 2 en dbms, y los milisegundos del programa. Con los datos de código de celda y potencia se puede realizar por medio de operaciones matemáticas una triangulación del dispositivo tomando en cuenta la posición de las antenas al comparar los códigos obtenidos con el dispositivo móvil y los códigos de antenas GSM y UMTS que se encuentra en el Anexo 2 y estos a su vez se encuentran en la base de datos para poder comparar los códigos y obtener los datos de latitud y longitud en los que se encuentran las antenas a la que están conectados los módulos GSM. En la figura 27 se muestra un esquema del proceso de triangulación que se realiza en el proyecto para determinar la fórmula empleada en el servidor, específicamente en el archivo de operación_guardar.php para determinar las coordenadas del dispositivo móvil AGPS por medio de estos datos.

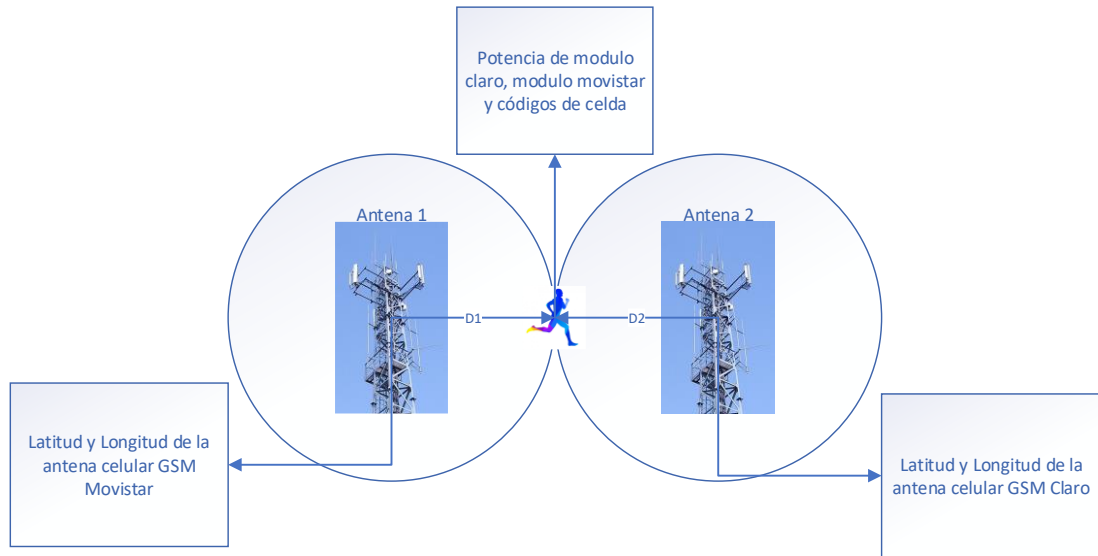


Fig. 27 Proceso de triangulación del módulo y antenas celulares

Teniendo en cuenta la Fig. 27 como referencia de funcionamiento se determina las ecuaciones para el cálculo de las coordenadas del móvil. Por medio de la base de datos de antenas GSM del Anexo 2 con los códigos de antenas se tiene las coordenadas y potencia de transmisión de dicha antena para realizar el cálculo de la distancia que existe entre la antena y el dispositivo, con la distancia de las antenas se aplica la fórmula de circunferencia máximas para determinar la distancia en grados y con esos datos aplicar la ecuación general de la circunferencia para cada antena y encontrar los puntos de corte que representan la latitud y la longitud del dispositivo en función de las antenas a las que se encuentra conectado, para este proceso las fórmulas son las siguientes:

Cálculo de coordenadas geográficas del dispositivo

Para determinar las ecuaciones se tiene los siguientes datos:

Datos:

- P_R = potencia del receptor (dbm)
- P_T = Potencia del transmisor (dbm)
- A_{CT}, A_{CR} = Perdidas por conectores (db)
- L_{50} = Atenuación en el medio (db)
- G_T, G_R = Ganancia de antenas en el transmisor y receptor (dbi)

- F_C = Frecuencia GSM (MHz)
- h_T = Altura del transmisor (m)
- d = Distancia (Km)

1.- Calculo de atenuación en el medio

Con los datos obtenidos de la base de datos y del dispositivo móvil se puede calcular la atenuación en el medio con una relación entre las potencias de transmisión, las ganancias de las antenas, la atenuación por los conectores y la potencia recibida, teniendo como resultado la ecuación 1.

$$L_{50} = P_T - A_{CT} + G_T - A_{CR} + G_R - P_R [32]$$

Ecuación 1 Cálculo de la atenuación en el medio

2.- Calculo de la distancia entre el móvil y la antena.

Teniendo en cuenta que el dispositivo se usa en zonas urbanas se puede usar la fórmula de atenuación de Okumura Hata con un factor de corrección para frecuencias altas debido a que las operadoras de movistar y claro operan en las frecuencias de 1900 MHz y 1700 MHz respectivamente para lo cual se usa la ecuación 2.

$$L_{50} = 69.55 + 26.16 \log F_C - 13.82 \log h_T + (44.9 - 6.55 \log h_T) \log d [32]$$

Ecuación 2 Calculo de atenuación en el medio Okumura Hata

Despejando distancia de la ecuación 2.

$$(44.9 - 6.55 \log(h_T)) \log(d) = L_{50} - 69.55 - 26.16 \log(F_C) + 13.82 \log(h_T)$$

$$\log(d) = \frac{L_{50} - 69.55 - 26.16 \log(F_C) + 13.82 \log(h_T)}{44.9 - 6.55 \log(h_T)}$$

Si

$$a = \frac{L_{50} - 69.55 - 26.16 \log(F_C) + 13.82 \log(h_T)}{44.9 - 6.55 \log(h_T)}$$

Entonces:

$$\log(b) = a$$

$$d = 10^a \text{ (Km)}$$

Ecuación 3 Calculo de distancia

3.- Calculo de coordenadas del dispositivo.

Teniendo la distancia hay que convertirla en grados equivalentes según la ecuación de circunferencia máxima de la tierra (Ecuación 4).

$$2\pi R \approx 40000\text{Km} \text{ [33]}$$

Ecuación 4 Circunferencia Máxima de la tierra

Despejando de Ecuación 4

$$1^\circ = 111.111\text{Km}$$

Ecuación 5 Conversión de Km a grados

Con la distancia de la ecuación 3 y con la ecuación 5 se convierte la distancia en grados con la ecuación 6:

$$r = \frac{d}{111.111}$$

Ecuación 6 Calculo de distancia en grados

Con la Ecuación 6 se tiene la distancia entre el dispositivo y la antena celular en grados para poder aplicar la ecuación 7.

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2 \text{ [34]}$$

Ecuación 7 Ecuación general de la circunferencia

En la ecuación 7 los puntos h es la latitud y k la longitud en donde se encuentran las antenas celulares, para obtener el punto de corte se usan dos ecuaciones de circunferencia para cada antena así:

$$1) (x - h_1)^2 + (y - k_1)^2 = r_1^2$$

$$2) (x - h_2)^2 + (y - k_2)^2 = r^2$$

Resolviendo:

$$x^2 - 2xh_1 + y^2 - 2yk_1 + (h_1^2 + k_1^2 - r^2) = 0$$

$$\underline{-x^2 + 2xh_2 - y^2 + 2yk_2 - (h_2^2 + k_2^2 - r^2) = 0}$$

$$(-2h_1 + 2h_2)x + (-2k_1 + 2k_2)y + (h_1^2 + k_1^2 - r^2 - h_2^2 - k_2^2 + r^2) = 0$$

Despejando x

$$x = \frac{-(-2k_1 + 2k_2)y - (h_1^2 + k_1^2 - r^2 - h_2^2 - k_2^2 + r^2)}{(-2h_1 + 2h_2)}$$

Despejando y

$$y = \frac{-(-2h_1 + 2h_2)x - (h_1^2 + k_1^2 - r^2 - h_2^2 - k_2^2 + r^2)}{(-2k_1 + 2k_2)}$$

Reemplazando en las ecuaciones de la circunferencia se tiene la latitud y la longitud del dispositivo al encontrar x e y respectivamente

$$\left(\frac{-(-2k_1 + 2k_2)y - (h_1^2 + k_1^2 - r^2 - h_2^2 - k_2^2 + r^2)}{(-2h_1 + 2h_2)} - h_1 \right)^2 + (y - k_1)^2 = r^2$$

Ecuación 8 Ecuación para calcular latitud del dispositivo

$$(x - h_2)^2 + \left(\frac{-(-2h_1 + 2h_2)x - (h_1^2 + k_1^2 - r^2 - h_2^2 - k_2^2 + r^2)}{(-2k_1 + 2k_2)} - k_2 \right)^2 = r^2$$

Ecuación 9 Ecuación para calcular la longitud del dispositivo

Al resolver las ecuaciones 7 y 8 se obtiene ecuaciones de la forma $ax^2 + bx + c = 0$ y se resuelve con la formula cuadrática

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Ecuación 10 Formula cuadrática

Almacenar datos en el servidor

Todos los archivos del servidor se encuentran en el Anexo 5 con su código completamente comentado y en la tabla 13 las características que tiene cada uno.

Las ecuaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 están implementadas en el archivo `operación_guardar.php` que se encuentra en el servidor, este archivo es el encargado de recibir los datos provenientes del dispositivo, buscar en la base de datos las coordenadas y potencia de las antenas trasmisoras, calcular las coordenadas del dispositivo móvil y subir estos datos a la tabla `positions` en la base de datos para que por medio de los archivos `html` puedan procesarlos en forma gráfica a través del mapa para visualizar la ruta tomada por el corredor registrado para ese dispositivo.

Los comandos `sql` para la creación de las tablas de la base de datos se encuentran al final del Anexo 5 en donde se encuentran la tabla `corredores`, `usuarios`, `antenas` y `positions`.

En la tabla `corredores` se guardan los datos del corredor como número de dispositivo, cédula, nombre y una foto. En la tabla `antenas` se guardan los datos de las antenas GSM en la base de datos con número de celda, latitud, longitud y potencia de transmisión. Por último en la tabla `positions` se guardan los datos generados por el dispositivo móvil y contiene, `id`, número de dispositivo, código de celda antena 1, celda antena 2, potencia antena 1, potencia antena 2, latitud y longitud generada por las ecuaciones, tiempo en formato `hh:mm:ss` y milisegundos enviados por el Arduino.

Funcionamiento de interfaz de usuario.

La interfaz de usuario es el segmento visual que el usuario puede manipular para el uso de los servicios que se encuentran configurados en el servidor. Primero el sistema de ingreso al que se puede acceder por medio de un Usuario y una contraseña otorgado por los administradores del servidor.

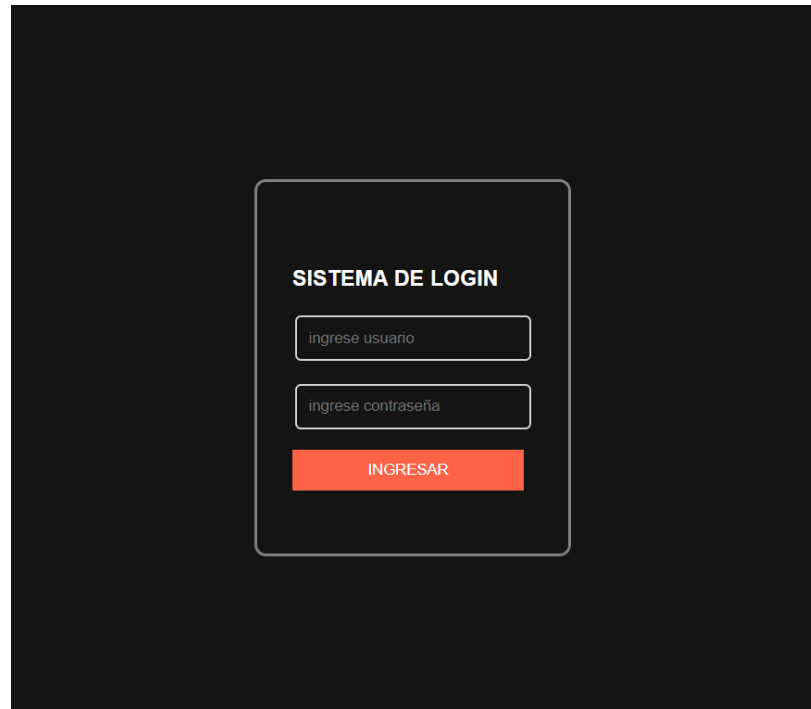


Fig. 28 Página de ingreso a los servicios.

Colocando el usuario y la contraseña correcta el sistema lo reenvía a la página principal en donde se encuentran los recursos del servicio tales como acceso al mapa de visualización de ruta, al apartado de creación-eliminación de corredor y a la tabla de control de tiempos. Si se ingresa de manera incorrecta los datos se muestra un mensaje de advertencia.

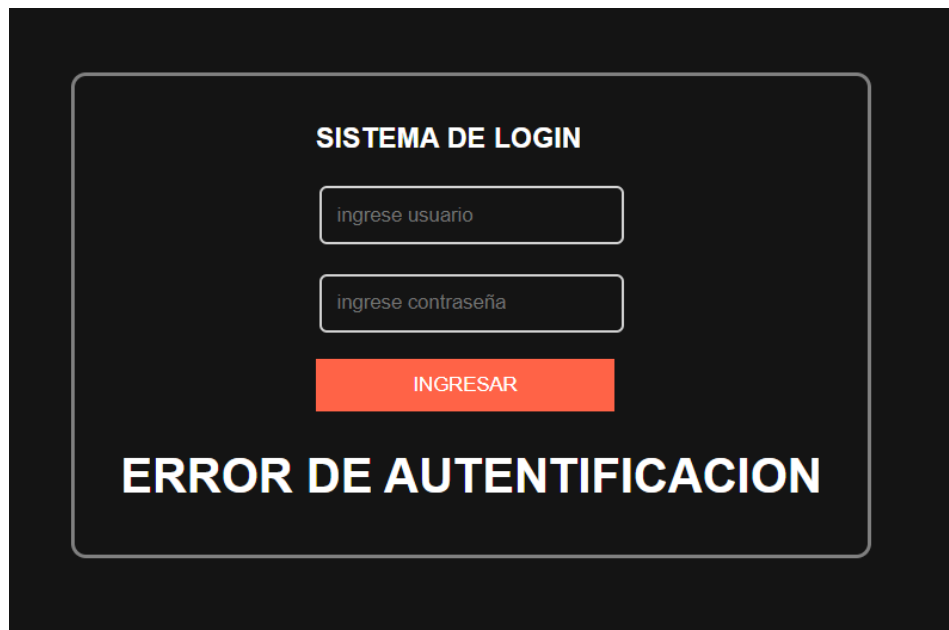


Fig. 29 Ingreso incorrecto de usuario

En la Fig. 30 se puede observar la página para seleccionar la competencia y la pagina donde se visualiza los recursos de dicha selección donde el usuario puede visualizar los servicios del servidor y en la Fig. 29 el mensaje de error.

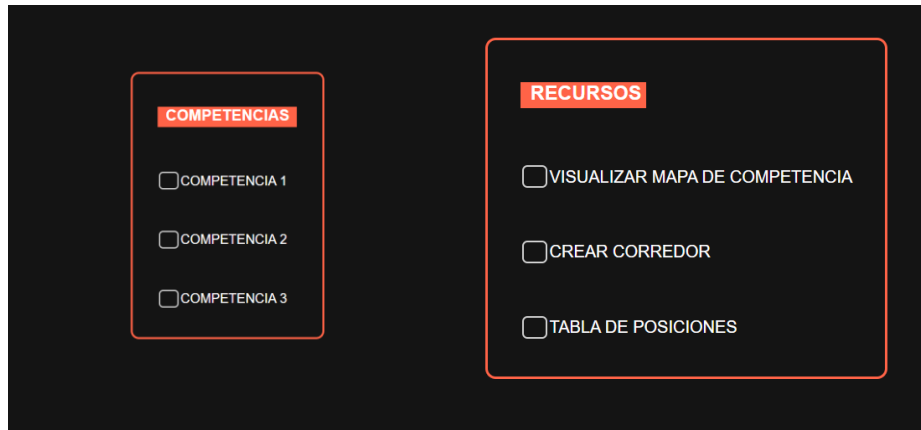


Fig. 30 Página de competencias y pagina de recursos para usuarios registrados

Al seleccionar la primera opción aparece una interfaz como la de la Fig. 31 en donde se encuentra un mapa, la selección del dispositivo y el bloque informativo de participante que se puede ver mejor en la Fig. 32 donde se muestra toda la información registrada junto con la foto.

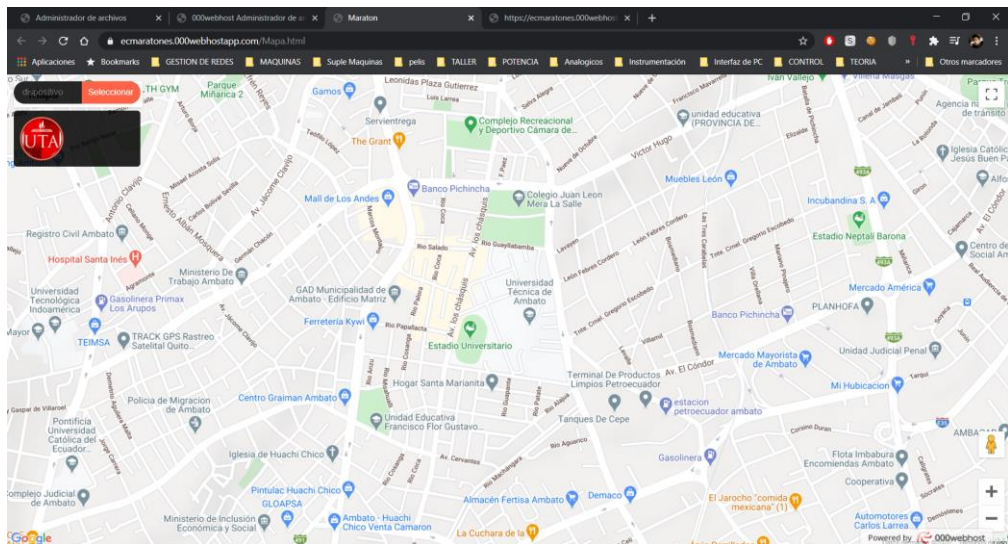


Fig. 31 Interfaz de visualización de ruta

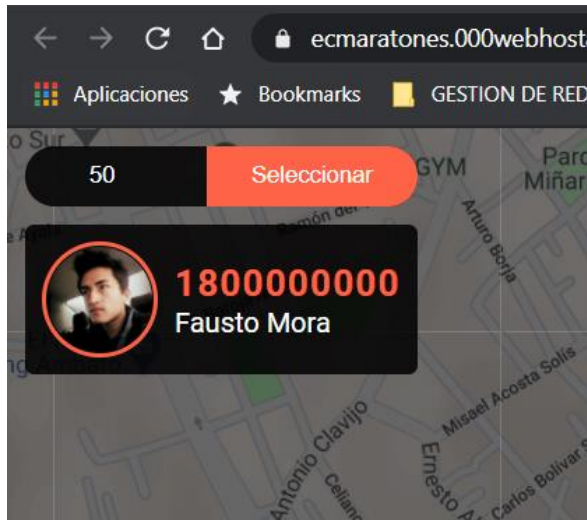


Fig. 32 Visualización de datos del corredor en función del dispositivo en el mapa.

Seleccionando la segunda opción se puede crear el perfil de un corredor, en la Fig. 33 se muestra la interfaz donde se ingresan los datos del participante junto con el URL de una foto de su preferencia. En la parte inferior derecha de la interfaz se encuentra la opción de eliminar los datos de un participante según su dispositivo.

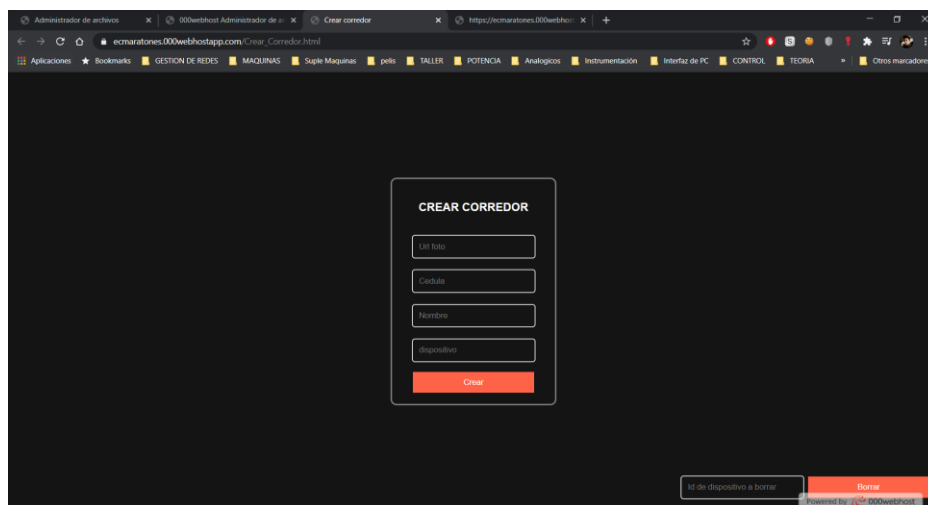


Fig. 33 Interfaz para crear o eliminar corredor

Para colocar la URL es posible obtenerla de Facebook con click derecho sobre la foto y pegándola en el apartado correspondiente, llenar los datos del corredor y darle click al botón de crear, un ejemplo se muestra en la Fig. 34.

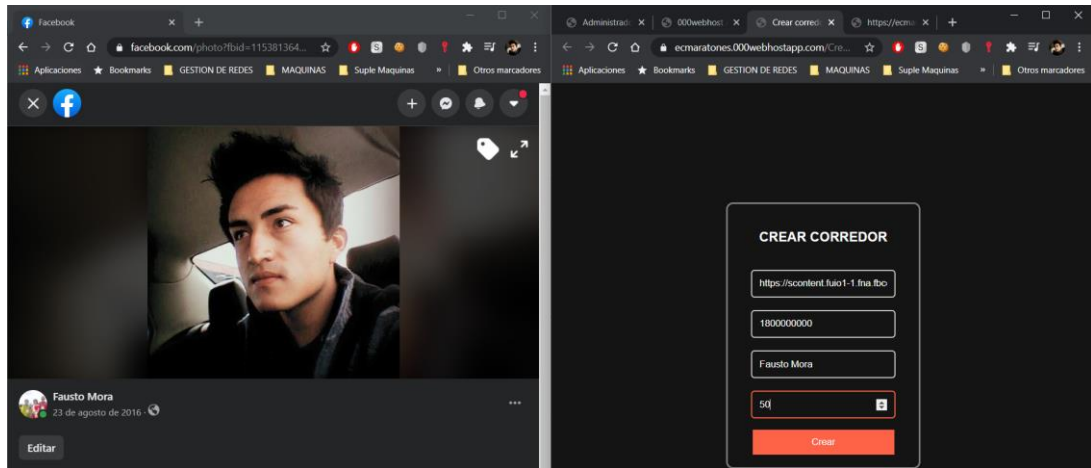


Fig. 34 Creación de corredor para tabla corredores en la base de datos

Por último, la opción de Tabla de posiciones muestra a los participantes y la hora de llegada al punto final de la competencia en orden de menor tiempo para determinar al ganador, según el reglamento este dato debe ser avalado por los jueces de la competencia. En la Fig. 35 se muestra la interfaz de visualización de estos datos.

DISPOSITIVO	CORREDOR	TIEMPO
5	fausto1	14:10:3
49	Javier Alexander	14:20:10
2	javier02	15:53:25

Fig. 35 Interfaz de visualización de tiempos.

3.1.12 Análisis de resultados

3.1.12.1 Comprobación del estado del dispositivo.

Antes de encender el dispositivo hay que seguir los siguientes pasos preparativos:

1.- Comprobar el estado de la batería.

Para comprobar la batería se usa su propio cargador como se muestra en la Fig. 36, los leds indicadores muestran el estado de las celdas de la batería, cuando los leds se encienden en rojo quiere decir que la batería no esta cargada, si los leds son de color verde quiere decir que la batería se encuentra cargada a su máxima capacidad. Si al conectarla a su cargador despues de una hora no cambian los leds de rojo a verde quiere decir que la batería se encuentra dañada.



Fig. 36 Visualizar el estado de la batería, hasta que las luces sean verdes

2.- Comprobar el estado de la banda.

Para comprobar el estado de la banda hay que verificar su estructura física que no se encuentren rota o con fisuras que podrían ocasionar la mala fijación de la banda al brazo del corredor, también hay que comprobar que el velcro se encuentre limpio y se pegue sin ningún problema.



Fig. 37 Verificación de la banda para el corredor

3.- Comprobar el encendido del dispositivo

Una vez verificados los puntos anteriores, encender el dispositivo y verificar que los leds indicadores se enciendan como se muestra en la fig. 38.



Fig. 38 Verificación de encendido de los leds indicadores.

Una vez revisado el dispositivo se puede determinar si está listo para ser usado, por último, se realiza una comprobación del saldo en el chip movistar que es el que tiene GPRS activado, el chip de claro no necesita saldo debido a que la comunicación y los datos recibidos de las antenas se realizan con o sin saldo. El saldo consumido por el dispositivo es de 2 centavos por una hora de uso continuo.

3.1.12.2 Comprobación de la fijación de la banda para el brazo del corredor.

La fijación del dispositivo al corredor depende explícitamente de la comodidad, para esto el usuario tiene que determinar si el dispositivo se encuentra bien sujeto realizando pruebas de movilidad como levantar los brazos, moverlos y verificar que el dispositivo no se mueva o se caiga con esos movimientos.



Fig. 39 Verificación de la sujeción del dispositivo al corredor

Prueba 1: Verificación preliminar del funcionamiento.

En esta prueba el objetivo principal es corregir problemas de conexión, de datos y servicios. En primera instancia una caminata corta de 5 minutos en donde se obtuvieron los siguientes datos:

DATOS PRUEBA 1															
cod	7408	cel	66C6	pot	-83	pot1	-85	lat	-1.280784	lng	-78.609612	time	18:36:3	millis	15861
cod	7408	cel	66C6	pot	-87	pot1	-83	lat	-1.280633	lng	-78.609558	time	18:36:19	millis	25325
cod	7408	cel	66C6	pot	-81	pot1	-85	lat	-1.280629	lng	-78.609589	time	18:36:35	millis	31818
cod	7408	cel	66C6	pot	-83	pot1	-89	lat	-1.280473	lng	-78.609581	time	18:36:50	millis	41215
cod	7408	cel	66C6	pot	-79	pot1	-87	lat	-1.280522	lng	-78.609581	time	18:37:6	millis	46938
cod	7408	cel	66C6	pot	-71	pot1	-91	lat	-1.280373	lng	-78.609528	time	18:37:21	millis	57273
cod	7408	cel	66C6	pot	-83	pot1	-81	lat	-1.280067	lng	-78.609383	time	18:37:36	millis	61234
cod	7408	cel	66C6	pot	-73	pot1	-87	lat	-1.280013	lng	-78.609222	time	18:37:51	millis	72977
cod	7408	cel	66C6	pot	-67	pot1	-85	lat	-1.279948	lng	-78.609039	time	18:38:6	millis	75560
cod	7408	cel	66C6	pot	-65	pot1	-85	lat	-1.279792	lng	-78.608856	time	18:38:21	millis	88653
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-73	lat	-1.279792	lng	-78.608856	time	18:38:36	millis	89880
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-67	lat	-1.278862	lng	-78.608604	time	18:38:51	millis	103554
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-63	lat	-1.278862	lng	-78.608604	time	18:39:7	millis	105759
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-69	lat	-1.278862	lng	-78.608604	time	18:39:22	millis	118479
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-73	lat	-1.278862	lng	-78.608604	time	18:39:38	millis	121806
cod	7408	cel	66C6	pot	-99	pot1	-69	lat	-1.279657	lng	-78.608131	time	18:39:52	millis	133442
cod	7408	cel	66C6	pot	-79	pot1	-71	lat	-1.279845	lng	-78.608032	time	18:40:8	millis	136975
cod	7408	cel	66C6	pot	-81	pot1	-63	lat	-1.276050	lng	-78.613297	time	18:40:24	millis	149197
cod	7408	cel	66C6	pot	-79	pot1	-61	lat	-1.276236	lng	-78.613235	time	18:40:40	millis	153017
cod	7408	cel	66C6	pot	-75	pot1	-67	lat	-1.276295	lng	-78.613403	time	18:40:56	millis	165197
cod	7408	cel	66C6	pot	-77	pot1	-69	lat	-1.276388	lng	-78.613533	time	18:41:11	millis	168970
cod	7408	cel	66C6	pot	-79	pot1	-71	lat	-1.276438	lng	-78.613708	time	18:41:26	millis	180306
cod	7408	cel	66C6	pot	-85	pot1	-69	lat	-1.276525	lng	-78.613876	time	18:41:41	millis	183975

Como resultado la Fig. 40 muestra el mapa para esta prueba

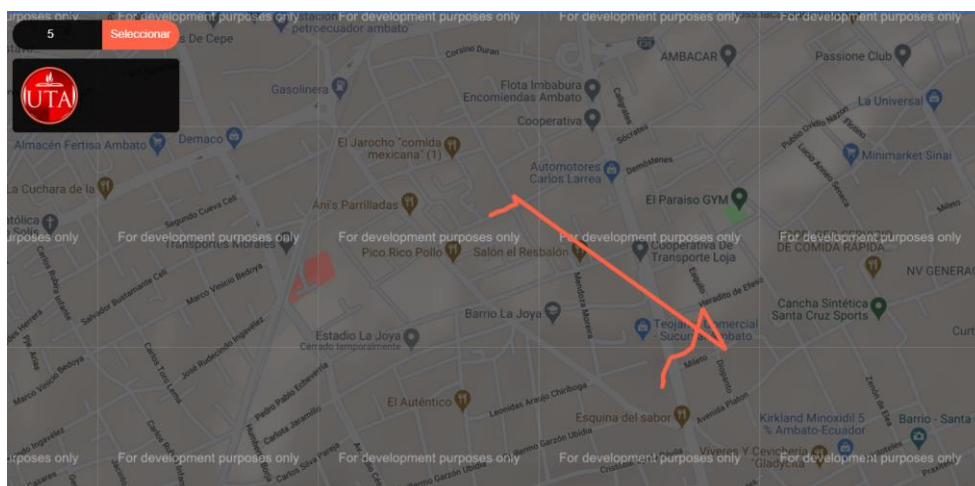


Fig. 40 Grafica de ruta para prueba 1

Al revisar la Fig. 40 se puede ver una ruta errática que comienza bien en el punto de inicio 1 con los datos de latitud -1.280784 y longitud -78.609612 pero que a partir del punto 10 comienza a dar datos erróneos. El siguiente paso en la prueba es la verificación de los datos obtenidos para determinar la causa del problema, mediante la revisión visual de los datos uno a uno se puede observar que los códigos de las antenas

son 7408 y 66C6 que constan en la base de datos antenas (Anexo2) con las siguientes coordenadas -1.285538, -78.624344 para 7408 y -1.268539, -78.607407 para 66C6, las potencias después de los primeros 10 datos validos cambian a -99 en el chip claro que según la información del módulo significa que se perdió la conexión con la operadora, analizando este inconveniente se opta por recolocar la antena del módulo para una mejor cobertura. En la tabla 14 se muestra un resumen de los resultados y las correcciones realizadas después de la prueba.

Tabla 14 Resultados prueba 1

Dispositivo	
Resultados	Correcciones
Problemas en el módulo con la operadora Claro, el módulo no se comunica correctamente con la antena celular, existe perdida de señal representativa por alrededor de 2 minutos.	Se cambió la posición de la antena del módulo Claro que se encontraba dentro de la banda hacia afuera, permitiendo que el módulo reciba una mayor cobertura de la operadora celular.
El estado de la batería fue correcto, la sujeción de la banda fue correcta, comodidad del dispositivo correcta según la perspectiva del usuario y el envío de datos hacia el servidor fue correcta.	No se realizan correcciones.
Servidor	
La aplicación de mapa a graficado las coordenadas generadas por el archivo operación_guardar.php, se guardaron estos datos en el servidor junto con la hora de cada dato. Para esta prueba no se crea un usuario por lo que se observa la imagen estándar en los datos que muestra el aplicativo Mapa.html	No se realiza ningún cambio en el servidor debido a que el problema en la prueba fue externo.

Elaborado por: Investigador.

Prueba 2: Circuito predios universitarios UTA

El recorrido de la prueba 2 tiene una distancia aproximada de 900 metros, el objetivo de la prueba es verificar el correcto funcionamiento del dispositivo una vez implementados los cambios de la prueba 1. En la Fig. 41 se muestra el recorrido planificado para esta prueba.



Fig. 41 Recorrido planificado para prueba 2

Los datos obtenidos para esta prueba se representan en el siguiente formato:

cod	27702	cel	6C36	pot	-75.35391209929	pot1	-72.71917212251
lat	-1.2710009624	lng	-78.6222037934	time	14:00:00		
millis	1000						

Donde:

- cod = código de celda de antena Claro
- cel = Código de celda de antena movistar
- pot = potencia recibida en el modulo A6
- pot1 = potencia recibida en el modilo Sim808
- lat = latitud calculada en el servidor

- lng = longitud calculada en el servidor
- time = hora, minutos y segundos en el que se ha generado la posición.
- Millis = milisegundos de programa Arduino.

Los datos completos recibidos en esta prueba se encuentran en el Anexo 6 y en Fig. 42 se puede visualizar el recorrido generado por el dispositivo en el mapa del servidor. Para generar el recorrido se utiliza los datos de latitud (lat) y longitud (lng).

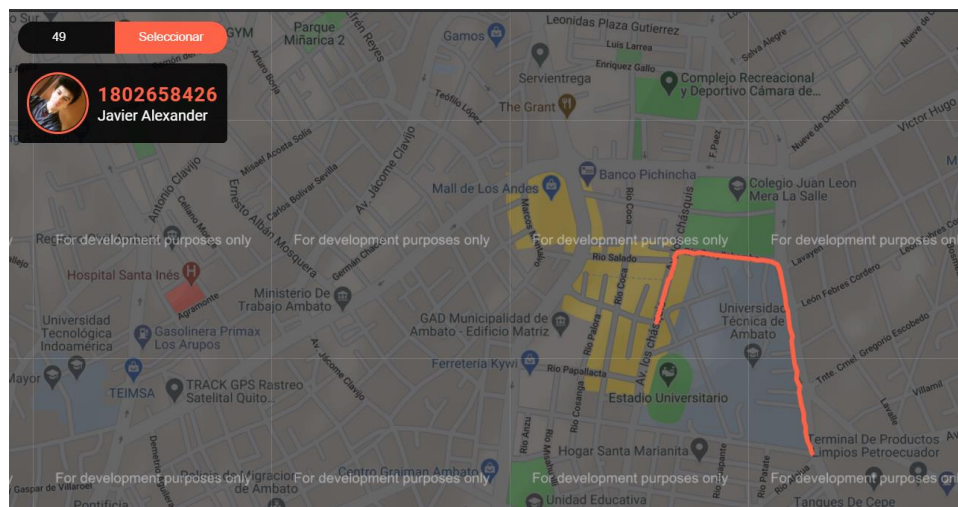


Fig. 42 Recorrido realizado en la prueba 2

Comparando la Fig. 41 con la Fig. 42 se aprecia que el recorrido realizado por el corredor no difiera del recorrido planificado comenzando la prueba en la esquina de las calles Julio Cesar Cañar y Rio Payamino y terminando en la esquina de las calles Los Chasquis y Rio Salado.

Para esta prueba el perfil del corredor es visible en la parte superior izquierda de la Fig. 42 con el número de dispositivo 49, el nombre del corredor (Javier Alexander) y el número de cédula (180265842-6) que por petición del corredor no es un número real.

La prueba inicia a las 14:00 pm y tiene una duración de 20 minutos, el deportista realiza cambios en la velocidad para comprobar la integridad física del dispositivo en lo que se refiere a comodidad y ajuste. En el tramo final se realizó una caminata en donde el deportista comparte con nosotros su experiencia con el dispositivo mencionando que

no le molesta en lo absoluto y que al tenerlo en el brazo no es necesario estar siempre pendiente de que se pueda caer.

Cálculo del error promedio de distancia (m)

Para comprobar si la distancia que separa el dispositivo de las antenas a la que se encuentra registrado se toman los datos del Anexo 6 de potencias de las antenas y por medio de la ecuación 1 se calcula la atenuación en el medio. Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 15 para el cálculo de la atenuación con la antena de código 27702 y con la antena 6C36 y los datos completos en el Anexo 7.

Tabla 15 Atenuación de las antenas.

Potencia 1	Atenuación 1	Potencia 2	Atenuación 2
-75,35391209929	129,05391209929	-72,71917212251	133,61917212251
-75,33905861250	129,03905861250	-72,71369867901	133,61369867901
-75,33717359683	129,03717359683	-72,70713697518	133,60713697518
-75,32796377437	129,02796377437	-72,70599566492	133,60599566492
-75,32748937489	129,02748937489	-72,69709720887	133,59709720887
-75,31134454533	129,01134454533	-72,69682438597	133,59682438597
-75,31105714880	129,01105714880	-72,68713408411	133,58713408411
-75,29664456280	128,99664456280	-72,68208806064	133,58208806064
-75,28504288748	128,98504288748	-72,67322797235	133,57322797235
-75,28181631381	128,98181631381	-72,67161024290	133,57161024290
-75,19428977496	128,89428977496	-72,64506988680	133,54506988680
-75,13640510551	128,83640510551	-72,57426324608	133,47426324608
-75,15710988807	128,85710988807	-72,50047215172	133,40047215172
-75,09888826079	128,79888826079	-72,46290426109	133,36290426109
-75,12774917160	128,82774917160	-72,38185246011	133,28185246011
-75,10610018893	128,80610018893	-72,34404147469	133,24404147469
-75,11762515141	128,81762515141	-72,28988084277	133,18988084277
-75,12410331390	128,82410331390	-72,24284382915	133,14284382915
-75,09639665341	128,79639665341	-72,23011431612	133,13011431612
-75,16720775116	128,86720775116	-72,15349626153	133,05349626153
-75,12746110845	128,82746110845	-72,13542400684	133,03542400684
-75,20902038752	128,90902038752	-72,05147615682	132,95147615682
-75,20548809985	128,90548809985	-72,02656405453	132,92656405453
-75,26967443458	128,96967443458	-71,96707380997	132,86707380997
-75,40299942062	129,10299942062	-71,86659812855	132,76659812855
-75,48273592019	129,18273592019	-71,81357649187	132,71357649187
-75,50217416601	129,20217416601	-71,81689601042	132,71689601042

Al tener calculada la atenuación, por medio de la ecuación 3 se calcula la distancia de separación entre el dispositivo y las Antenas en todos los puntos obtenidos por el dispositivo, los resultados obtenidos se expresan en la Tabla 16 de manera resumida y en el Anexo 8 la tabla completa con todos los puntos generados por el dispositivo.

Tabla 16 Distancia calculada del punto a la antena (Km)

Distancia Calculada 1	Distancia Calculada 2
0,889304364957009	1,59798427031144
0,888390169736638	1,59634155985176
0,888274218924306	1,59613320871627
0,887707923214994	1,59511563625010
0,887678763008148	1,59506323849553
0,886686949568483	1,59328105644614
0,886669304191451	1,59324934960194
0,885784860228127	1,59166009895048
0,885073551798060	1,59038195422593
0,884875829402667	1,59002666835286
0,879529076480991	1,58041912856923
0,876010823100011	1,57409720574582
0,877267648453014	1,57635558569286
0,873738054512885	1,57001328510470
0,875485922962192	1,57315401666819
0,874174494480305	1,57079752077289
0,874872396384481	1,57205157541272
0,875264930484434	1,57275691696057
0,873587322039758	1,56974243506666
0,877881264717974	1,57745818810667
0,875468460078222	1,57312263774439
0,880426662229136	1,58203199359420
0,880211344610404	1,58164509099773
0,884132178490479	1,58869040766742
0,892332264632722	1,60342508027992
0,897272716538858	1,61230254084947
0,898481246081099	1,61447413842034

Los datos de la Tabla 16 representan la distancia calculada que existe entre cada lectura del dispositivo con las antenas a las que está registrado. Para determinar el error entre la distancia calculada con los datos obtenidos del dispositivo y la distancia real primero se realiza una medición entre dos puntos de Google Maps como se observa en la fig. 43 tomando en cuenta la posición de la antena con la posición del corredor. En la Tabla 17 se realiza el calculo del error tomando en cuenta los datos de la Tabla 16 que son las distancias calculadas con las distancias reales para cada antena.

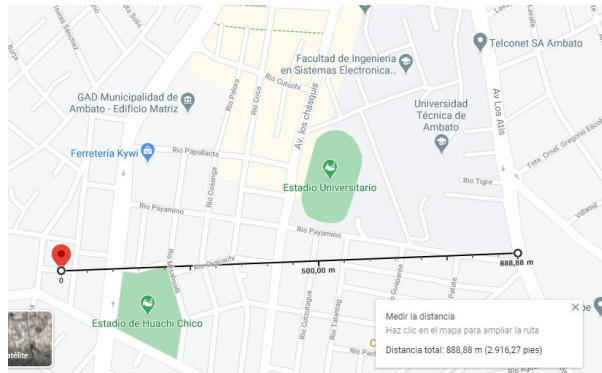


Fig. 43 Medir distancia entre dos puntos con Google Maps

En la tabla 17 se muestra el calculo del error presente entre la distancia real y la calculada para cada punto obtenido con el dispositivo en esta prueba para posteriormente realizar un promedio de todos los errores y determinar el error aproximado. En el Anexo 9 se encuentra la tabla completa con todos los datos obtenidos en la prueba.

Tabla 17 Calculo del error entre la distancia Real a la calculada.

Distancia Real 1	Distancia Real 2	Error Distancia 1	Error Distancia 2
0,889	1,59	0,000304364957009029	0,007984270311439890
0,888	1,59	0,000390169736637969	0,006341559851759990
0,888	1,59	0,000274218924306013	0,006133208716269990
0,887	1,59	0,000707923214994022	0,005115636250099920
0,887	1,59	0,000678763008147953	0,005063238495529810
0,886	1,59	0,000686949568483031	0,003281056446139850
0,886	1,59	0,000669304191450948	0,003249349601939900
0,885	1,59	0,000784860228126960	0,001660098950480030
0,885	1,59	0,000073551798060012	0,000381954225930015
0,884	1,59	0,000875829402666950	0,000026668352860026
0,879	1,58	0,000529076480990986	0,000419128569229876
0,876	1,57	0,000010823100010993	0,004097205745819950
0,877	1,57	0,000267648453013969	0,006355585692859880
0,873	1,57	0,000738054512885000	0,000013285104699889
0,875	1,57	0,000485922962191965	0,003154016668190040
0,874	1,57	0,000174494480305043	0,000797520772889859
0,874	1,57	0,000872396384481000	0,002051575412719940
0,875	1,57	0,000264930484433989	0,002756916960569900
0,873	1,56	0,000587322039757976	0,009742435066659950
0,877	1,57	0,000881264717974006	0,007458188106669980
0,875	1,57	0,000468460078221988	0,003122637744390030
0,880	1,58	0,000426662229136010	0,002031993594199920
0,880	1,58	0,000211344610403952	0,001645090997729910
0,884	1,58	0,000132178490478974	0,008690407667419910
0,892	1,60	0,000332264632721957	0,003425080279919830
0,897	1,61	0,000272716538857964	0,002302540849469900
0,898	1,61	0,000481246081099007	0,004474138420339950
	Error promedio	0,0005030265684	0,004634932509407040

En resumen:

- Error promedio para la antena 1 = 0.503 metros
- Error promedio para la antena 2 = 4.63 metros
- Suma de los errores = 5.133 metros

Se tiene un error aproximado de 5 metros en la lectura. Para verificar aun de mejor manera el funcionamiento del dispositivo se usa un teléfono celular con GPS en específico un iPhone 6 con la aplicación de Google Maps que envía las coordenadas de puntos en específico para realizar una comparación entre las coordenadas generadas

por el dispositivo implementado con las obtenidas del teléfono inteligente teniendo como resultados los expuestos en la Tabla 18.

Tabla 18 Error entre GPS comercial y dispositivo implementado.

Coordenadas iPhone 6	Coordenadas dispositivo implementado	Error absoluto	Convertir error a distancia (km).
-1.2709503075252755, -78.62223639932222	-1.2710009624, -78.6222037934	0.00005065487, 0.00003260592	0.01688, 0.0108686
-1.269516750090049, -78.62247217575315	-1.2695867850, -78.6225023030	0.0000700349, 0.00003012724	0.023344, 0.01004240329
-1.2666670261558373, -78.62298608243701	-1.2666562893, -78.6229834000	0.00001073685, 0.00000268243	0.00357894, 0.000894142
-1.2663821708186016, -78.62475745358495	-1.2663633703, -78.6247655462	0.00001880051, 0.00000809261	0.00626683, 0.00267653
-1.267981967177574, -78.62577120213248	-1.2679862932, -78.6257841090	0.00000432602, 0.00001230686	0.001442, 0.00410228
		Promedio del error (km)	Latitud 0.01030, Longitud 0.0057167

Analizando la tabla 18 se tiene un error en latitud de 10 metros y un error de longitud de 5.7 metros, si se suman los errores obtenidos y dividiendo para 2 se tiene un error de 0.008 kilómetros o lo que sería igual a 8 metros en relación a lo marcado por el teléfono celular usado teniendo en cuenta que el costo del equipo es de aproximadamente 300 dólares.

Al finalizar la prueba se realiza la comprobación de la batería donde las dos celdas se encuentran con carga marcando 3.73 voltios en la primera celda y 3.72 voltios en la segunda.

Tabla 19 Resultados prueba 2

Dispositivo	
Resultados	Correcciones
La batería del dispositivo cumple con las expectativas de funcionamiento brindando autonomía por los 20 minutos de desarrollo de la prueba.	No se realiza correcciones en la batería.
Todos los datos se enviaron de manera correcta hacia el servidor.	No se realizan correcciones en la comunicación GPRS
No muestra molestias en lo referente a comodidad, estabilidad y sujeción con el brazo del corredor.	No se realizan correcciones en la parte física
Los errores de medida obtenidos en relación a la distancia del dispositivo a las antenas es de 5.03 metros y en función de coordenadas obtenidas con un GPS comercial es de 8 metros que son resultados aceptables tomando en cuenta el costo del dispositivo implementado en comparación con el GPS comercial utilizado.	Error de medida aceptable, no requiere correcciones.
Servicios	
La línea mostrada concuerda con la ruta establecida de aproximadamente 1 Km por lo que no se muestra una falla similar a la primera prueba.	No se realizan cambios en los archivos para el servicio de mapa
Los datos del corredor mostrados en la parte superior izquierda del mapa son correctos.	No se realizan cambios en los archivos para el servicio de información.
A razón de prueba general, en la Fig. 35 se observa la tabla de posiciones en función del tiempo final, al tener solo un dispositivo se unifico las pruebas realizadas para aparentar una competencia simultánea.	No se realizan modificaciones en los archivos para el servicio de tabla de posiciones.

Elaborado por: Investigador.

Presupuesto del proyecto.

Se presenta el cálculo de los gastos generados para el proyecto con los precios actuales por modulo en Ecuador tomando en cuenta el tiempo de trabajo empleado para su construcción.

Presupuesto Final del Proyecto

EQUIPOS	Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Batería lipo nanotech	1	10	10
	Módulo Sim808	1	20	20
	Módulo Ai-Thinker	1	11	11
	Sim GSM	2	1.50	3
	Arduino Mega mini	1	11	11
	Banda para brazo	1	3	3
	Host Privado	1	0	0
	Google Cloud	1	0	0
	Kit de cables de conexión	1	2.50	2.50
	Estaño	1	1	1
	Cautín	1	5	5
	Aislante térmico	1	0.80	0.80
	Horas de trabajo	19	4.50	81.50
			Sub total equipos	\$148.80
			Imprevistos 10%	\$14.88
			Total	\$163.68

La construcción del dispositivo reduce sus costos de producción al adquirir los componentes al por mayor y al tener el diseño del dispositivo se reduce el tiempo de fabricación. Para lo que se tiene el presupuesto estimado para su producción.

Presupuesto Estimado

EQUIPOS	Detalle	Cantidad	Precio unitario al por mayor	Precio Total
	Batería lipo nanotech	1	5	5
	Módulo Sim808	1	15	15
	Módulo Ai-Thinker	1	5	5
	Sim GSM	2	1.50	3
	Arduino Mega mini	1	7	7
	Banda para brazo	1	3	3
	Kit de cables de conexión	1	1	1
	Estaño	1	0.25	0.25
	Aislante térmico	1	0.20	0.20
	Horas de trabajo	1	4.50	4.50
			Sub total equipos	\$43.95
			Imprevistos 10%	\$4.395
			Total	\$48.35

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó un análisis de las características que tienen distintas competencias atléticas para llegar a la conclusión de que la maratón es a la que mejor se adapta el proyecto y con estas características determinar la ingeniería a la cual el dispositivo va dirigido para cumplir con las necesidades de esta competición, de sus usuarios y que se encuentre acorde con el reglamento planteado.
- Se analizó el principio de posicionamiento global asistido que usa las radio base celulares para determinar los parámetros que esta tecnología aplica en la localización de un móvil, esta información proporciono lo necesario para determinar datos relevantes que las antenas celulares tienen en común para registrar a un móvil y así se desarrolló un sistema de pseudo-triangulación con los datos proporcionados por el dispositivo que son de uso público y los datos de las antenas celulares que de forma gratuita es proporcionado por OpenCellid y se realizó los cálculos para este proceso teniendo en cuenta a la ciudad de Ambato como base de pruebas.
- Se diseñó el prototipo del sistema tracking para competencias atléticas usando el sistema de posicionamiento global asistido por medio de una comparativa de módulos GSM/GPRS, de tarjetas microcontroladores que se adaptan a las necesidades del proyecto, el sistema de sujeción según las necesidades del corredor y una comparativa del servidor privado para lo cual se concluye que el resultado final del dispositivo y servicios de ruta por medio de un mapa cumple con las expectativas del proyecto con un margen de error de posicionamiento de 8 metros en comparación con dispositivos GPS comerciales reduciendo en gran medida la inversión que estos dispositivos demandan.

4.2. Recomendaciones

- El prototipo AGPS desarrollado cuenta con dispositivos de fácil adquisición y a un precio bajo lo que permite mejorar en lo que a hardware se refiere pudiendo hacerlo más pequeño con la compra de componentes de la misma serie pero que con el avance de la tecnología van reduciendo su tamaño como lo es el Ai-Thinker A9 que tiene mayor capacidad, menor precio pero que a día de este documento no se encuentra a la venta en el país y no cuenta con una homologación para GSM.
- Con la salida del módulo ESP32 se tiene un mundo de posibilidades en lo que a tecnología inalámbrica se refiere pudiendo actualizar este proyecto a las redes WIFI por medio de la utilización de coordenadas de routers y analizando la señal emitida por los mismos realizar una triangulación más precisa y en menos tiempo, OpenCellid cuenta con una base de datos de algunos routers registrados pero que en la actualidad no se encuentra completa.
- Un punto clave para tener un control más exacto en la posición de un móvil por este método es tomar lecturas de la potencia recibida, el código de celda de la antena y la posición en la que se toma la lectura que puede ser con un teléfono celular para poder determinar si la potencia de transmisión concuerda con la base de datos teniendo en cuenta que esta base debe ser actualizada una vez al mes verificando los datos de OpenCellid continuamente ya que existe la posibilidad de aumento en antenas o que alguna antena fuera dada de baja por el tiempo de vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. D. Juan Astudillo, SISTEMA DE LOCALIZACION MONITOREO Y CONTROL VEHICULAR BASADO EN LOS PROTOCOLOS GPS/GSM/GPRS, Cuenca, 2012.
- [2] R. Padilla, V. Quinteros-Rosas y A. Diaz-Ramirez, «MONITOREO Y LOCALIZACION DE PERSONAS EXTRAVIADAS UTILIZANDO ARDUINO Y GSM/GPS,» *INDUSTRIAL DATA*, vol. 18, nº 1, pp. 128-134, 2015.
- [3] A. J. Benítez, Á. M. López y M. Sánchez, EL USO DE SISTEMAS DE GEOLOCALIZACION EN LA NARRATIVA DE LOS DEPORTES EN DIRECTO: EL CASO DEL CICLISMO EN RUTA, Madrid, 2014.
- [4] A. Juansyah, «DESARROLLO DE APLICACIÓN DE SEGUIMIENTO INFANTIL BASADO ASISTIDO - SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (A-GPS) CON PLATAFORMA PARA ANDROID,» *Revista de Informática y Tecnología de la Información (KOMPUTA)*, vol. 1, nº 2089-9033, pp. 1-12, 2015.
- [5] C. Ecuador, «Carreras Ecuador,» [En línea]. Available: <http://carrerasecuador.com/?fbclid=IwAR2UFjwcz3DgWy0-rHsidHi6qEaUi-FUVXVroLbLJz6DIyaUMx7luUKqJE>. [Último acceso: 16 Enero 2021].
- [6] Q. Amérique, *Encyclopedie visuelle des sports*, Canada: Jacques Fortin, 2000.
- [7] Emilio Mazzeo y Eduardo Mazzeo, *Atletismo para todos*, Buenos Aires: Stadium, 2008.
- [8] D. Martin y P. Coe, *Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo*, Madrid: Paidotribo, Tercera Edición.
- [9] Cronopro, «Cronopro,» WordPress, [En línea]. Available: <http://cronopro.com/>. [Último acceso: 15 02 2020].
- [10] I. Sports, «Ipicos Sports,» [En línea]. Available: <http://www.ipicosports.co.za/index.php/how-it-works>. [Último acceso: 15 02 2020].

- [11] Cronopro, «Cronopro,» [En línea]. Available: <http://cronopro.com/chips/>. [Último acceso: 15 02 2020].
- [12] S. Ident, «Sportident,» [En línea]. Available: <https://www.sportident.com/products.html#cards>. [Último acceso: 02 15 2020].
- [13] A. B. M. Ponce, «Manta Marathon,» [En línea]. Available: <http://www.mantamarathon.com/web/index.php?r=site%2Freglamento>. [Último acceso: 15 02 2020].
- [14] F. V. Diggelen, A-GPS: Assisted GPS, GNSS and SBAS, Londres: Artech House, 2009.
- [15] Jordi Salazar, Santiago Silvestre, Internet de las cosas, República Checa: Erasmus+, 2018.
- [16] E. huerta, A. Mangiaterra y G. Noguera, GPS Posicionamiento Satelital, Rosario: UNR , 2005.
- [17] J. A. S. Wevar, *Análisis y estudio de Redes GPRS*, Chile: Universidad Austral de Chile, 2005, p. 73.
- [18] J. Casademont, *Integración de sistemas de comunicaciones móviles inalámbricas en una plataforma GIS*, Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, 2000.
- [19] Microsoft, «Microsoft,» Microsoft, 14 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/database-engine/configure-windows/remote-servers?view=sql-server-ver15>. [Último acceso: 10 Marzo 2020].
- [20] J. Abadías, «UOC,» [En línea]. Available: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/9183/1/recursosmobiles.pdf>. [Último acceso: 8 Junio 2020].
- [21] Arduino, «Arduino,» 05 febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: 08 Julio 2020].
- [22] E. Upton, «Raspberry Pi,» [En línea]. Available: <http://163.178.104.150/ci1210/practicas/RAPSBERRY/GUIA%20RAPSBERRY%20PI.pdf>. [Último acceso: 10 Julio 2020].

- [23] R. d. I. Cámara, «Arduino + módulo GSM/GPRS: monitorización, automatización y gestión remota en un viñedo,» *Universitat Oberta de Catalunya*, p. 74, 2017.
- [24] A.-T. Co, «Ai-Thinker,» Ai-Thinker Co, Ltd, 01 Enero 2008. [En línea]. Available: <http://www.ai-thinker.com/index.html>. [Último acceso: 08 Julio 2020].
- [25] N. Asuni, «ElectronicaPTY,» [En línea]. Available: <http://www.electronicapty.com/modulo-adaptador-a6-gprs-pro-serial-detail?tmpl=component&format=pdf>. [Último acceso: 09 Julio 2020].
- [26] E. Villanueva, «Universidad Tecnica Federico Santa Maria,» 22 Marzo 2010. [En línea]. Available: <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [27] E. Borges, «Infranetworking,» 13 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://blog.infranetworking.com/servidor-privado/>. [Último acceso: 12 Julio 2020].
- [28] Hostinger, «Hostinger,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.hostinger.es/>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [29] Bluehost, «BlueHost,» 2002. [En línea]. Available: <https://www.bluehost.com/hosting/shared?>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [30] Hostgator, «HostGator,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.hostgator.com/web-hosting>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [31] Dreamhost, «DreamHost,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.dreamhost.com/es/hosting/>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [32] J. C. S. Montero, «Modelo Experimental de Propagación de RF en Espacio Libre y Vegetación a 9.1Ghz,» Universidad de las Americas Puebla, Mexico, 2006.
- [33] M. Porres, «Calculo de distancia sobre la esfera terrestre,» Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, 2016.
- [34] J. I. Murillo, «Geometria Analitica,» 28 Febrero 2002. [En línea]. Available: https://expediente.ues.edu.sv/uiu/elementos_estudio/matematica/Jesus%20Infa

nte%20Murillo%20-%20Geometria%20Analitica/4.%20Circunferencia.pdf.

[Último acceso: 10 Agosto 2020].

- [35] P. Aventura, «proyectoaventura.com,» [En línea]. Available: <https://www.proyectoaventura.com/site/11/section/2258/uso-del-chip>. [Último acceso: 15 02 2020].

ANEXOS

3.1. Anexo 1: Entrevista

1.- ¿Conocen en que consiste una maratón?

Si, hemos participado en algunas competencias y en nuestra carrera nos explican reglamentos, entrenamientos y todo sobre las competencias atléticas.

2.- ¿Conoce el método más común de control para los participantes en una maratón?

Como te mencionamos ya participamos en algunas competencias de este tipo y sabemos que controlan a los participantes con un aparato pequeño que se pone en el zapato y hay que pisar en unas alfombras que se ponen en el piso pero si pierdes este aparatito te cobran como 70 dólares y si no pisas justo en la alfombra hay veces que no te cuentan y te sancionan al final de la carrera aun si seguías la ruta planificada y no se puede ni reclamar.

3.- ¿Creen que los sistemas que controlan a los participantes basados en su posición son necesarios?

Si, de hecho conozco varias competencias que ya usan sistemas GPS como el ciclismo, me parece que en triatlones también ya se hacen estos controles pero las inscripciones igual son caras y si perder esa cosita del zapato cuesta como 70 dólares imagínate perder un GPS, pero serían muy útiles también por el hecho de que ya se tiene pruebas de por donde se fue en la competencia y se puede evitar que otros vayan por calles ajenas a la ruta que también ha pasado, de hecho en la última carrera de Ambato 5K por las fiestas algunos se cansaron y tomaron carro para recibir la medalla de participación.

4.- ¿Les gustaría poder saber la ruta que están tomando los corredores en una maratón?

Si, sería muy útil porque nosotros como entrenadores tenemos que estar pendientes de nuestros pupilos y no se puede controlar a todos a la vez y tenemos que correr de lado a lado para ver por donde esta o seguirlos igual corriendo tomando vías alternas o ya

solo les esperamos en la meta y que sea lo que Dios quiera, esto más por las limitaciones económicas que tienen los corredores y por ende nosotros, no hay mucho apoyo a los deportistas a menos que ganes algo internacionalmente.

3.2.Anexo 2: Localización de antenas

Tec	Cod	Long	Lat	P	Cod Hexa
UMTS	131229100	-78.591774	-1.197161	24	7D265AC
UMTS	131229160	-78.62702	-1.262699	46	7D265E8
UMTS	131229159	-78.624516	-1.266287	42	7D265E7
UMTS	131229189	-78.627215	-1.279218	40	7D26605
UMTS	131229241	-78.633587	-1.254702	38	7D26639
UMTS	131229080	-78.624586	-1.243703	26	7D26598
UMTS	131229139	-78.616928	-1.245621	15	7D265D3
UMTS	131229180	-78.622971	-1.239258	20	7D265FC
UMTS	131229081	-78.628654	-1.240209	96	7D26599
UMTS	131229081	-78.628463745117	-1.2407684326172	11	7D26599
UMTS	131229109	-78.628693	-1.244158	33	7D265B5
UMTS	131229111	-78.632552	-1.242151	68	7D265B7
UMTS	131229079	-78.623123	-1.238327	19	7D26597
GSM	8802	-78.626816	-1.242856	25	2262
UMTS	131229129	-78.620867	-1.237685	31	7D265C9
UMTS	131229131	-78.619379	-1.239923	13	7D265CB
UMTS	131229171	-78.619916	-1.24713	49	7D265F3
UMTS	131229110	-78.626233	-1.243501	35	7D265B6
UMTS	161538	-78.630206	-1.271158	38	27702
GSM	8552	-78.664697	-1.290232	64	2168
GSM	8682	-78.729438	-1.303791	74	21EA
GSM	8951	-78.692066	-1.31022	16	22F7
GSM	8682	-78.724594116211	-1.3011932373047	11	21EA
GSM	8683	-78.778589	-1.327576	32	21EB
GSM	32111	-78.884888	-1.427935	11	7D6F
GSM	3081	-78.935394	-1.457748	12	C09
GSM	8572	-78.674285	-1.445435	13	217C
GSM	8652	-78.591093	-1.3215	47	21CC
GSM	8653	-78.615957	-1.301053	76	21CD
GSM	8712	-78.607717	-1.299624	28	2208
GSM	8841	-78.597403	-1.336184	61	2289
GSM	8842	-78.630074	-1.344888	47	228A
GSM	8731	-78.626784	-1.354009	39	221B
GSM	8571	-78.643315	-1.403275	27	217B
GSM	8781	-78.617379	-1.273678	28	224D
GSM	8602	-78.604938	-1.248974	54	219A
GSM	5052	-78.830338	-1.282883	13	13BC
GSM	21009	-78.447189331055	-1.4028167724609	14	5211
GSM	8732	-78.615993	-1.329995	81	221C

GSM	8601	-78.558319	-1.198324	13	2199
UMTS	8501	-78.638076782227	-1.2352752685547	11	2135
GSM	8844	-78.629845	-1.325314	12	228C
GSM	8631	-78.616533	-1.231413	16	21B7
GSM	8533	-78.613793	-1.223172	48	2155
GSM	7122	-78.61331	-1.288692	29	1BD2
GSM	8643	-78.627189	-1.015353	14	21C3
GSM	8791	-78.409561	-1.397873	15	2257
GSM	8621	-78.629837	-1.259471	21	21AD
GSM	8801	-78.617477416992	-1.2325286865234	12	2261
GSM	8811	-78.638077	-1.255476	31	226B
GSM	8523	-78.628376	-1.269987	47	214B
GSM	8521	-78.61334	-1.252531	15	2149
GSM	8711	-78.595504760742	-1.2847137451172	11	2207
GSM	8872	-78.570969	-1.245621	15	22A8
GSM	8903	-78.593133	-1.330032	44	22C7
GSM	8911	-78.638786	-1.251951	32	22CF
GSM	8921	-78.624802	-1.232323	20	22D9
GSM	29011	-78.515575	-1.318209	27	7153
GSM	9062	-78.518797	-1.273629	28	2366
GSM	8733	-78.624931	-1.331489	54	221D
GSM	8581	-78.530854	-1.325965	26	2185
GSM	8691	-78.487264	-1.379221	11	21F3
GSM	8543	-78.611487	-1.015274	17	215F
GSM	8672	-78.501225	-1.375769	23	21E0
GSM	8522	-78.611069	-1.259003	18	214A
GSM	8692	-78.511477	-1.363077	16	21F4
GSM	8771	-78.628463745117	-1.2435150146484	20	2243
GSM	8662	-78.628482	-1.242153	32	21D6
GSM	8803	-78.62434387207	-1.2366485595703	11	2263
GSM	33432	-78.625031	-1.262554	22	8298
GSM	8912	-78.640779	-1.255565	31	22D0
GSM	8901	-78.597248	-1.344082	26	22C5
GSM	32311	-78.61834	-1.247859	10	7E37
GSM	33452	-78.597994	-1.023208	17	82AC
GSM	8952	-78.648788	-1.265213	15	22F8
GSM	32312	-78.596878	-1.245575	12	7E38
GSM	8773	-78.627687	-1.244633	29	2245
GSM	8772	-78.628463745117	-1.2448883056641	21	2244
GSM	8673	-78.503896	-1.353682	35	21E1
GSM	8832	-78.633957	-1.258857	35	2280
GSM	8702	-78.53539	-1.3909	16	21FE
GSM	8693	-78.51904	-1.334673	29	21F5
GSM	8761	-78.613632	-1.243378	10	2239
GSM	8851	-78.570786	-1.243172	14	2293
GSM	8831	-78.613924	-1.245027	18	227F
GSM	8922	-78.632942	-1.239694	23	22DA

GSM	8923	-78.629837	-1.234914	19	22DB
GSM	9063	-78.528832	-1.230576	12	2367
GSM	8703	-78.535187	-1.379104	12	21FF
GSM	8562	-78.627090454102	-1.2435150146484	18	2172
GSM	8763	-78.618851	-1.240893	11	223B
GSM	8622	-78.638116	-1.260622	35	21AE
GSM	8563	-78.628225	-1.238022	23	2173
GSM	8603	-78.609542	-1.220717	23	219B
GSM	8642	-78.594448	-1.253075	26	21C2
GSM	8873	-78.630547	-1.27901	53	22A9
GSM	8783	-78.623049	-1.274041	35	224F
GSM	8542	-78.593033	-1.083939	15	215E
GSM	8862	-78.637738	-1.275121	58	229E
GSM	9032	-78.590973	-1.215225	10	2348
GSM	9031	-78.581968	-1.191919	17	2347
GSM	29051	-78.618528	-1.270335	34	717B
GSM	29012	-78.515535	-1.309022	25	7154
GSM	29042	-78.634516	-1.257248	27	7172
GSM	33431	-78.618851	-1.25227	18	8297
GSM	29002	-78.613233	-1.248634	11	714A
GSM	33433	-78.625488	-1.258621	12	8299
GSM	29043	-78.636703491211	-1.2572479248047	25	7173
GSM	29052	-78.6359	-1.279376	53	717C
GSM	29041	-78.632583618164	-1.2531280517578	16	7171
GSM	8812	-78.638076782227	-1.2572479248047	29	226C
GSM	8531	-78.531827	-1.165941	22	2153
GSM	8611	-78.546616	-1.179245	15	21A3
GSM	8661	-78.628896	-1.243318	27	21D5
GSM	8503	-78.639203	-1.251599	34	2137
GSM	8583	-78.539131	-1.32708	20	2187
GSM	8874	-78.614216	-1.272354	16	22AA
GSM	8502	-78.635802	-1.247892	32	2136
GSM	8633	-78.617674	-1.235864	17	21B9
GSM	8833	-78.635721	-1.255469	29	2281
GSM	8623	-78.626512	-1.265488	19	21AF
GSM	8541	-78.606491	-1.012344	13	215D
GSM	29022	-78.651374	-1.398665	10	715E
GSM	29001	-78.608551	-1.233559	14	7149
GSM	9061	-78.51797	-1.227165	12	2365
GSM	8762	-78.615378	-1.252478	13	223A
GSM	8632	-78.610717	-1.231261	13	21B8
GSM	8871	-78.61136	-1.26374	11	22A7
GSM	8701	-78.5186	-1.34816	15	21FD
GSM	8532	-78.546452	-1.184271	18	2154
GSM	8813	-78.63945	-1.257059	29	226D
GSM	8612	-78.550735	-1.197098	15	21A4
GSM	8561	-78.625374	-1.24054	12	2171

GSM	8651	-78.582001	-1.316528	18	21CB
GSM	4372	-78.640823	-1.379196	15	1114
GSM	22446	-78.988265991211	-1.2764739990234	11	57AE
GSM	20446	-78.942947387695	-1.2737274169922	11	4FDE
GSM	21343	-78.557396	-1.195107	14	535F
GSM	20489	-78.591384887695	-1.1075592041016	11	5009
GSM	22343	-78.585891723633	-1.1652374267578	11	5747
GSM	20454	-78.591384887695	-1.1089324951172	11	4FE6
GSM	21501	-78.771286010742	-1.1954498291016	11	53FD
GSM	22221	-78.622208	-1.270142	18	56CD
GSM	21563	-78.512077	-1.279221	14	543B
GSM	21103	-78.602096	-1.116211	10	526F
GSM	3062	-78.974533081055	-1.2572479248047	11	BF6
GSM	25482	-78.597812	-1.224454	25	638A
GSM	26004	-78.62866	-1.243123	14	6594
GSM	21899	-78.628463745117	-1.2421417236328	12	558B
GSM	8529	-78.632583618164	-1.2380218505859	11	2151
GSM	9284	-78.62764	-1.236923	10	2444
GSM	20563	-78.50987	-1.270098	14	5053
GSM	26310	-78.607407	-1.268539	18	66C6
GSM	22893	-78.639667	-1.259705	19	596D
GSM	9468	-78.627090454102	-1.2654876708984	11	24FC
GSM	22914	-78.632664	-1.254824	17	5982
GSM	27673	-78.636703	-1.296921	19	6C19
GSM	28122	-78.640823	-1.25414	19	6DDA
GSM	27702	-78.611964	-1.271245	45.2	6C36

3.3. Anexo 3: Datasheets

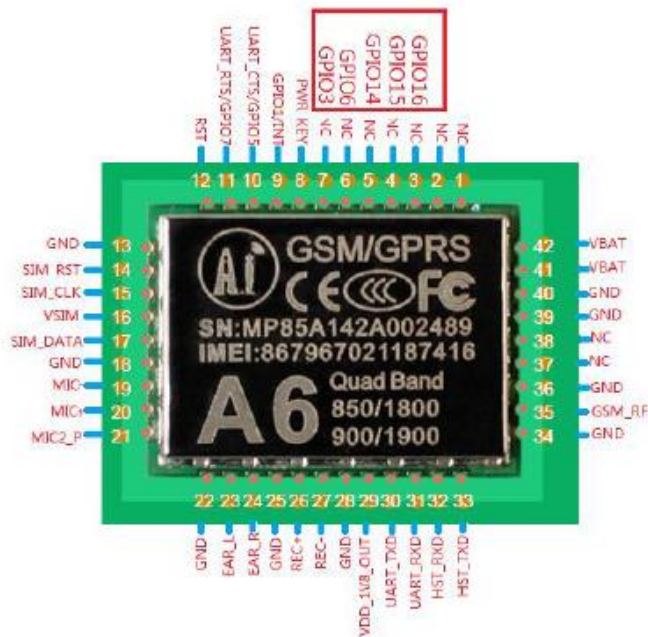
Ai-thinker



二、A6 模块（GSM+GPRS，四频段）

A6 是一款支持 GSM,GPRS 四频段的 GSM 模组。

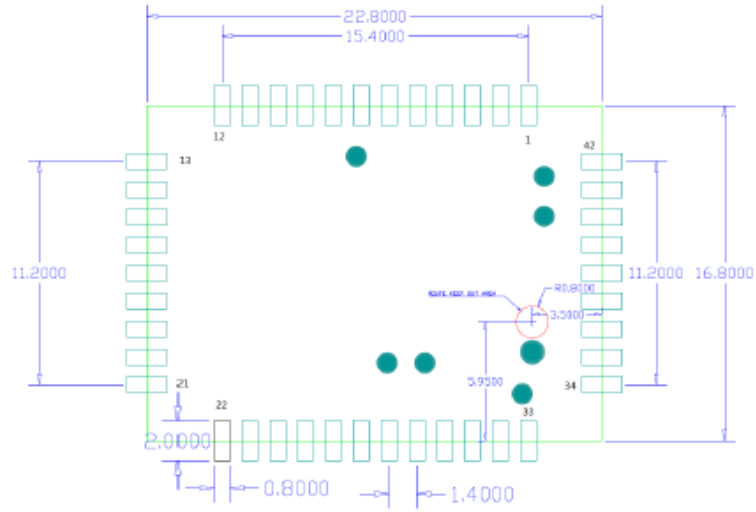
2.1 A6 管脚说明



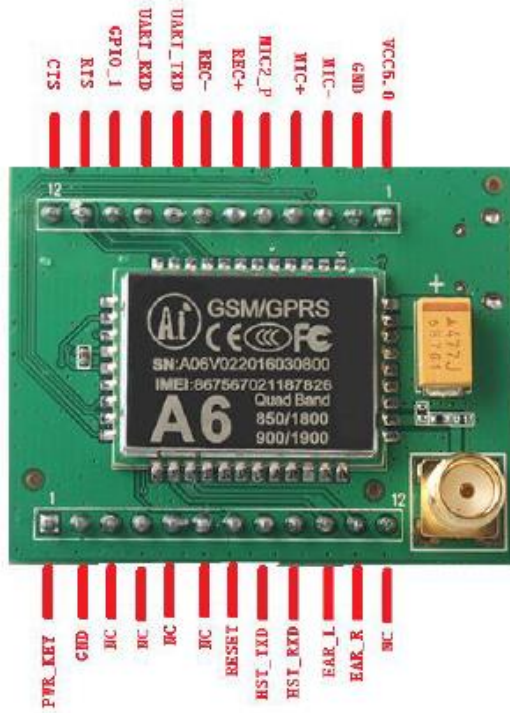
管脚编号	管脚名称	说明
1	NC	保留脚。
2	NC	保留脚
3	NC	保留脚，V3 版本以后的硬件为 GPIO16
4	NC	保留脚，V3 版本以后的硬件为 GPIO15
5	NC	保留脚，V3 版本以后的硬件为 GPIO14
6	NC	保留脚，V3 版本以后的硬件为 GPIO6,(内部用作网络状态指示)
7	NC	保留脚，V3 版本以后的硬件为 GPIO3

8	PWR_KEY	开机键，>1.9V 以上超过 2s 即可开机；开机以后该脚断不断开都可以；
9	GPIO1/INT	用于控制模块是否进入低功耗模式，高电平退出，低电平进入，在此模式下待机底电流<1mA 注意在此模式下串口不能使用
10	UART_CTS/GPIO5	AT 串口 CTS 脚
11	UART_RTS/GPIO7	AT 串口 RTS 脚
12	RST	模块硬件 RESET 脚，此脚使用的时候低电平 <0.05V,电流在 70ma 左右，建议使用 NMOS 可以控制；拉低以后其实是模块硬件关机了，该脚在正常工作的时候不能有漏电，否则会导致模块不稳定，难以注册网络；
13	GND	地脚
14	SIM_RST	SIM 卡 RST 脚
15	SIM_CLK	SIM 卡 CLK 脚
16	VSIM	SIM 电源脚
17	SIM_DATA	SIM 数据脚
18	GND	地脚
19	MIC-	MIC 负极
20	MIC+	MIC 正极
21	MIC2_P	耳机 MIC 接口
22	GND	地脚
23	EAR_L	耳机左声道
24	EAR_R	耳机右声道
25	GND	地脚
26	REC+	喇叭正极
27	REC-	喇叭负极
28	GND	地脚
29	VDD_1V8_OUT	对外 1.8V 电源脚
30	UART_TXD	AT 串口 TXD 脚，引脚电平 2.8V
31	UART_RXD	AT 串口 RXD 脚，引脚电平 2.8V
32	HST_RXD	下载串口 RXD 脚，引脚电平 2.8V
33	HST_TXD	下载串口 TXD 脚，引脚电平 2.8V
34	GND	地脚
35	GSM_RF	天线脚，可以接天线，如果接 PCB 上线路，注意 PCB 上采用 50 欧姆走线
36	GND	地脚
37	NC	保留脚
38	NC	保留脚
39	GND	地脚
40	GND	地脚
41	VBAT	接外界电源电源脚 3.5V-4.2V，最大供电电流不低于 2A
42	VBAT	接外界电源电源脚 3.5V-4.2V，最大供电电流不低于 2A

2.2 A6 封装尺寸



2.3 A6 转接板管脚说明



Arduino Mega Mini

Mega2560 Pro Mini

De Epalsite Wiki

Contenido

- 1 Introducción
- 2 características clave
- 3 Especificaciones de hardware
- 4 Uso

Introducción

La placa Meduino Mega2560 Pro Mini R3 es una versión más pequeña del Arduino Mega2560 R3. Para algunos proyectos, cuando el Arduino Mega2560 es demasiado grande, puede elegir nuestra placa Meduino Mega2560 Pro Mini. Tiene un tamaño mucho más pequeño y también tiene todas las E / S de Arduino Mega2560.

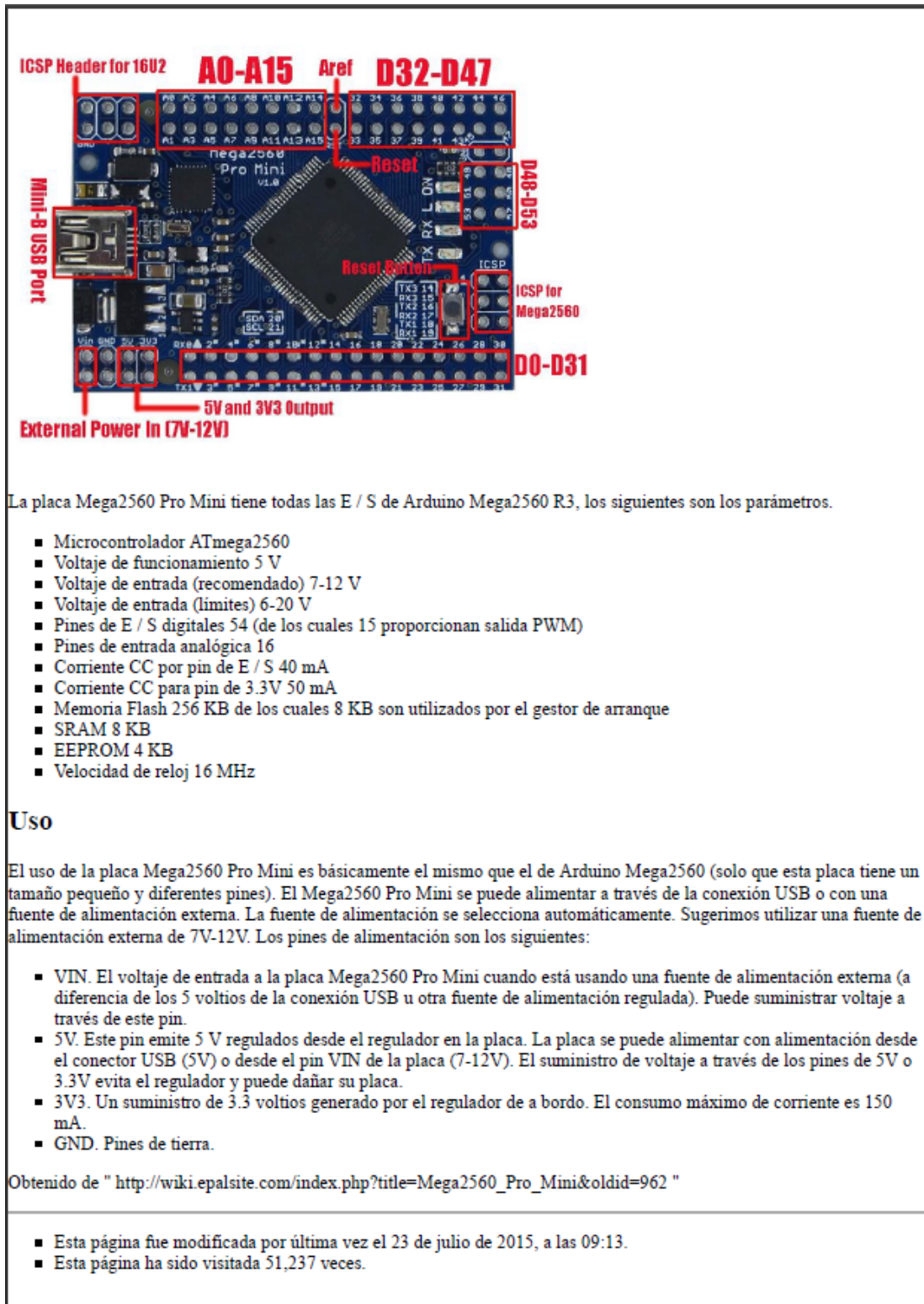


Características clave

1. Completamente compatible con Arduino Mega2560 original
2. Paso del pin: 0,1 pulgadas
3. Tamaño: 5,42 cm * 3,68 cm
4. Con el chip Atmega16U2 como convertidor de USB a serie
5. Voltaje de funcionamiento: 5 V
6. Voltaje de entrada: 7-12 V
7. Pines de entrada analógica: 16
8. Pines de E / S digitales: 54

Especificación de hardware

La siguiente imagen muestra los pines de la placa.



La placa Mega2560 Pro Mini tiene todas las E / S de Arduino Mega2560 R3, los siguientes son los parámetros.

- Microcontrolador ATmega2560
- Voltaje de funcionamiento 5 V
- Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V
- Voltaje de entrada (limites) 6-20 V
- Pines de E / S digitales 54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
- Pines de entrada analógica 16
- Corriente CC por pin de E / S 40 mA
- Corriente CC para pin de 3.3V 50 mA
- Memoria Flash 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el gestor de arranque
- SRAM 8 KB
- EEPROM 4 KB
- Velocidad de reloj 16 MHz

Uso

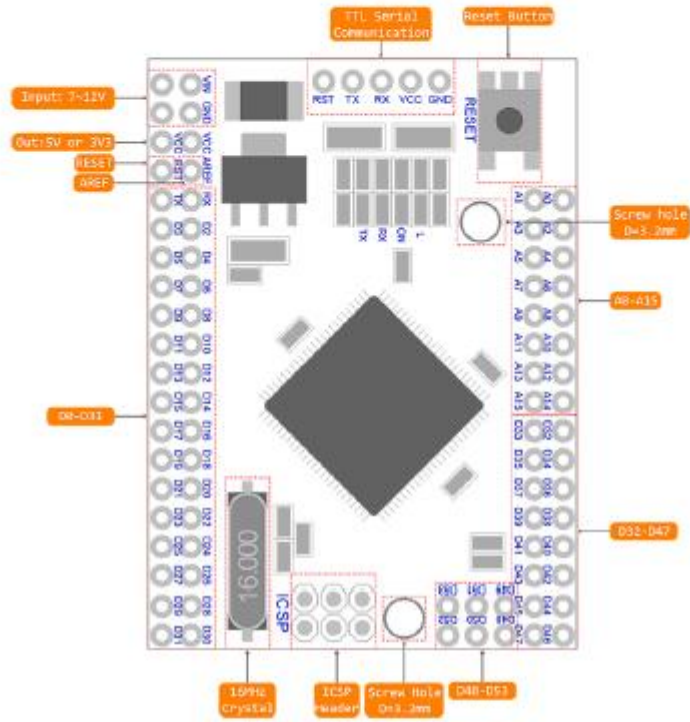
El uso de la placa Mega2560 Pro Mini es básicamente el mismo que el de Arduino Mega2560 (solo que esta placa tiene un tamaño pequeño y diferentes pines). El Mega2560 Pro Mini se puede alimentar a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente. Sugerimos utilizar una fuente de alimentación externa de 7V-12V. Los pines de alimentación son los siguientes:

- VIN. El voltaje de entrada a la placa Mega2560 Pro Mini cuando está usando una fuente de alimentación externa (a diferencia de los 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Puede suministrar voltaje a través de este pin.
- 5V. Este pin emite 5 V regulados desde el regulador en la placa. La placa se puede alimentar con alimentación desde el conector USB (5V) o desde el pin VIN de la placa (7-12V). El suministro de voltaje a través de los pines de 5V o 3.3V evita el regulador y puede dañar su placa.
- 3V3. Un suministro de 3.3 voltios generado por el regulador de a bordo. El consumo máximo de corriente es 150 mA.
- GND. Pines de tierra.

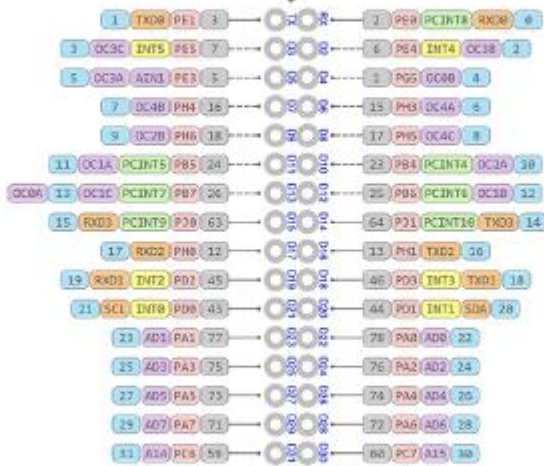
Obtenido de " http://wiki.epalsite.com/index.php?title=Mega2560_Pro_Mini&oldid=962 "

- Esta página fue modificada por última vez el 23 de julio de 2015, a las 09:13.
- Esta página ha sido visitada 51,237 veces.

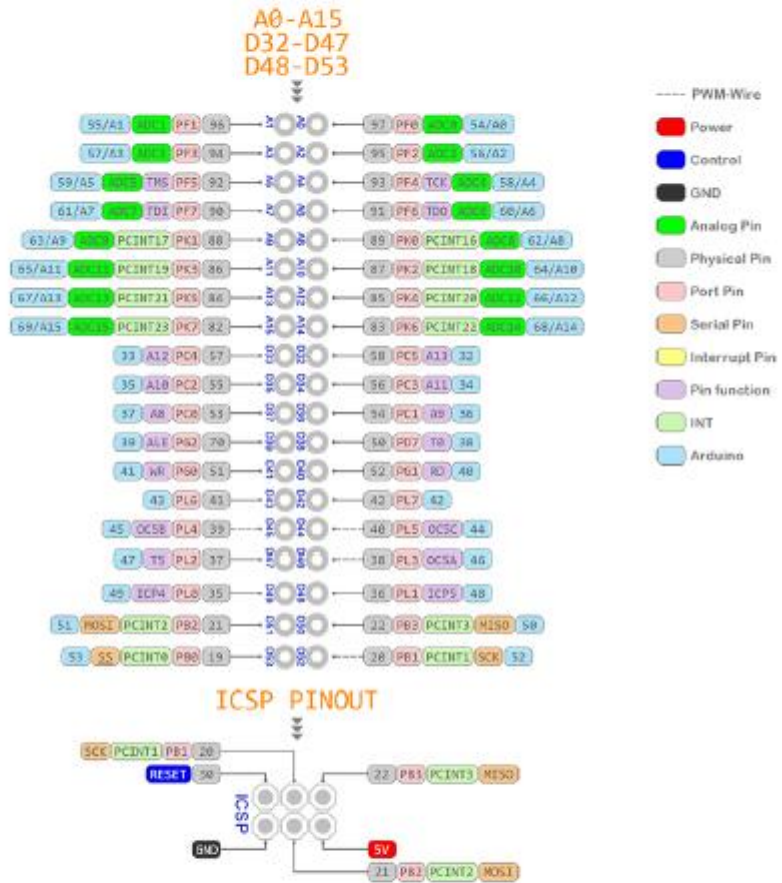
Mega 2560 PRO MINI
ATmega2560-16AU



D0-D31



- PWM-Wire
- Power
- Control
- GND
- Analog Pin
- Physical Pin
- Port Pin
- Serial Pin
- Interrupt Pin
- Pin function
- INT
- Arduino



Sim 808

Version : 1005



GSM/GPRS+GPS Module

SIM808



SIM808 module is a complete Quad-Band GSM/GPRS module which combines GPS technology for satellite navigation. The compact design which integrated GPRS and GPS in a SMT package will significantly save both time and costs for customers to develop GPS enabled applications. Featuring an industry-standard interface and GPS function, it allows variable assets to be tracked seamlessly at any location and anytime with signal coverage.

General features

- Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot class 12/10
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
 - Class 4 (2 W @ 850/900MHz)
 - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Dimensions: 24*24*2.6mm
- Weight: 3.3g
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Supply voltage range 3.4 ~ 4.4V
- Low power consumption
- Operation temperature:-40℃ ~85℃

Specifications for GPRS Data

- GPRS class 12: max. 85.6 kbps (downlink/uplink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- PPP-stack
- USSD

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- Point to point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Software features

- 0710 MUX protocol
- Embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP
- MMS
- POP3/SMTP
- DTMF
- Jamming Detection
- Audio Record
- SSL
- Bluetooth 3.0 (optional)
- TTS CN(optional)
- Embedded AT (optional)

Compatibility

- AT cellular command interface

Specification for GPS

- Receiver type
- 22 tracking /66 acquisition -channel
- GPS L1 C/A code
- Sensitivity
- Tracking: -165 dBm
- Cold starts : -148 dBm
- Time-To-First-Fix
- Cold starts: 32s (typ.)
- Hot starts: <1s
- Warm starts: 3s
- Accuracy
- Horizontal position : <2.5m CEP

Interfaces

- 68 SMT pads including
- Analog audio interface
- PCM Interface(optional)
- SPI Interface (optional)
- RTC backup
- Serial interface
- USB interface
- Interface to external SIM 3V/1.8V
- Keypad interface
- GPIO
- ADC
- GSM Antenna pad
- Bluetooth Antenna pad
- GPS Antenna pad

Certifications

- CE
- FCC

More about SIMCom SIM808

Please contact

Tel: 86-21-32523300

Fax: 86-21-32523301

Email: simcom@sim.com

Website: www.sim.com/300

All specifications are subject to change without prior notice.

3.4.Anexo 4: Programa principal

```
//SIM MOVI SERIAL 1 19200
```

```
//SIM CLARO SERIAL 3 115200
```

```
//VARIABLES DE PROGRAMA
```

```
String value1;
```

```
String value2;
```

```
String cadena;
```

```
String mensaje;
```

```
// Dispositivo Numero
```

```
int dispositivo=50;
```

```
//MILISEGUNDOS TRASCURRIDOS
```

```
long last_millis=0;
```

```
//variables String de antenas
```

```
String area_antena1="0", celda_antena1="0", area_antena2="0", celda_antena2="0",  
pot_antena1, pot_antena2;
```

```
// Variables int antenas
```

```
int potencia;
```

```
float potencia1, potencia2, pot_dbm;
```

```
void setup()

{

//INICIALIZACION DE PUEERTOS SERIE

Serial1.begin(19200);

Serial3.begin(115200);

Serial.begin(19200);

//ACTIVACION DE MODULO A6

pinMode(12,OUTPUT);

digitalWrite(12,HIGH);

delay(2000);

digitalWrite(12,LOW);

//CONFIGURACION DE GRPS EN SIM808

Serial.println("Config SIM808...");

delay(2000);

Serial.println("Done!...");

Serial1.flush();

Serial3.flush();

Serial.flush();
```

```

// REVISION DE MODULO

Serial1.println("AT+CGATT?");

delay(100);

toSerial();

// CONFIGURACION DE GPRS

Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\", \"GPRS\");

delay(100);

toSerial();

// CONFIGURACION DE PROVEEDOR DE INTERNET

Serial1.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.movistar.com.ec\");

delay(100);

toSerial();

Serial1.println("AT+SAPBR=1,1");

delay(100);

toSerial();

}

void loop()

{

```

```
last_millis=millis()/1000;

// ENVIO DE LOS DATOS QUE NO SEAN CERO

if(celda_antena1 != "0")

    enviar_dato();

//Codigo de area de antenas y celdas ANTENA 1

Serial.println("Antena 1");

Serial3.println("AT+CREG=2");

delay(100);

chipclaro();

Serial3.println("AT+CREG?");

delay(100);

toSerial2();

//PROCESO DE DECODIFICAR DATOS OBTENIDOS DEL MODULO

decoder_values(cadena);

//CAMBIO DE VARIABLE PARA ENVIO

area_antena1=value1;

celda_antena1=value2;
```

```
//Codigo de area de antenas y celdas ANTENA 2

Serial.println("Antena 2");

Serial1.println("AT+CREG=2");

delay(100);

toSerial();

Serial1.println("AT+CREG?");

delay(100);

toSerial1();

//PROCESO DE DECODIFICAR LOS DATOS OBTENIDOS DEL MODULO

decoder_values(cadena);

//CAMBIO DE VARIABLE PARA ENVIO

area_antena2=value1;

celda_antena2=value2;

//POTENCIA DE ANTENA 1

Serial3.println("AT+CSQ");

delay(100);

toSerial2();
```

```
//DECODIFICAR DATOS OBTENIDOS DEL MODULO

decoder_pot(cadena);

//GUARDAR DATOS EN VARIABLE PARA ENVIO

pot_antena1=value1;

//POTENCIA DE ANTENA 2

Serial1.println("AT+CSQ");

delay(100);

toSerial1();

//DECODIFICAR DATOS OBTENIDOS DEL MODULO

decoder_pot(cadena);

//GUARDAR DATO EN VARIABLE DE ENVIO

pot_antena2=value1;

//CONVERTIR POTENCIAS EN FUNCION AL DATASHEET DEL MODULO

potencia = pot_antena1.toInt();

potencias();

//GUARDAR POTENCIA 1 EN VARIABLE PARA ENVIO

potencia1=pot_dbm;

potencia = pot_antena2.toInt();
```



```

potencias());

//GUARDAR POTENCIA 2 EN VARIABLE PARA ENVIO

potencia2=pot_dbm;

}

//METODO DE ENVIO DE DATOS AL SERVIDOR

void enviar_dato()

{

// INICIALIZAR SERVICIO HTTP

Serial1.println("AT+HTTTPINIT");

delay(2000);

toSerial();

//GUARDAR DATOS EN VARIABLE STRING PARA ENVIAR

mensaje="AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://ecmaratones.000webhostapp.com/oper
acion_guardar.php?disp="+ String(dispositivo) + "&cod="+ String(celda_antena1) +
"&cel="+ String(celda_antena2) + "&pot="+ String(potencia1) + "&pot2="+
String(potencia2) + "&millis="+ String(last_millis) + "\"";

Serial.println(mensaje);

Serial1.println(mensaje);

delay(2000);

```

```

toSerial();

// ACCION HTTP PARA ENVIAR 0 = GET, 1 = POST, 2 = HEAD

Serial1.println("AT+HTTPACTION=0");

delay(4000);

toSerial();

// LEER RESPUESTA DEL SERVIDOR

Serial1.println("AT+HTTPREAD");

delay(1000);

toSerial();

//TERMINAR CONEXION HTTP

Serial1.println("");

Serial1.println("AT+HTTPTERM");

toSerial();

delay(300);

}

//METODO PARA REVISAR RESPUESTS DE LOS MODULOS POR MONITOR
SERIE

void toSerial()

```

```

{

while(Serial1.available()!=0)

{

Serial.write(Serial1.read());

}

}

//METODO PARA LEER EL CODIGO DE AREA Y CELDA DE LA ANTENA 2

void toSerial1()

{

cadena="";

while(Serial1.available()!=0)

{

//Serial.write(Serial1.read());

delay(10);

cadena += Serial1.readStringUntil('/r');

}

}

```

```
//METODO PARA LEER EL CODIGO DE AREA Y CELDA DE LA ANTENA 1
```

```
void toSerial2()
```

```
{
```

```
  cadena="";
```

```
  while(Serial3.available()!=0)
```

```
  {
```

```
    //Serial.write(Serial3.read());
```

```
    delay(10);
```

```
    cadena += Serial3.readStringUntil('/r');
```

```
  }
```

```
}
```

```
//METODO PARA LEER LA RESPUESTA PROVENIENTE DEL MODULO CON  
CHIP CLARO
```

```
void chipclaro()
```

```
{
```

```
  while(Serial3.available()!=0)
```

```
  {
```

```
    Serial.write(Serial3.read());
```

```

    }

}

//METODO PARA DECODIFICAR DATOS DE ANTENAS PROVENIENTES DE
LOS MODULOS

void decoder_values(String _cadena){

//Se decodifican las dos variables "value"

int Start1 = _cadena.indexOf("\\");

int Finish1 = _cadena.indexOf("", Start1 + 1);

int Start2 = _cadena.indexOf("\\", Finish1 + 1);

int Finish2 = _cadena.indexOf("", Start2 + 1);

value1 = "";

value2 = "";

//SE RECONSTRUYE LOS VALORES EN LAS VARIABLES

for (int i = Start1 + 1; i < Finish1; i++)

{

value1 = value1 + _cadena.charAt(i);

}

for (int i = Start2 + 1; i < Finish2; i++)

```

```

{

    value2 = value2 + _cadena.charAt(i);

}

}

//METODO PARA DESCOMPONER LA POTENCIA DE LOS MODULOS

void decoder_pot(String _cadena){

    //Se decodifican las dos variables "value" que los dispositivos ESP8266 nos envian

    int Start1 = _cadena.indexOf(" ");

    int Finish1 = _cadena.indexOf(',', Start1 + 1);

    //int Start2 = _cadena.indexOf("\"", Finish1 + 1);

    //int Finish2 = _cadena.indexOf("\"", Start2 + 1);

    value1 = "";

    //SE RECONSTRUYE EN LA VARIABLE

    for (int i = Start1 + 1; i < Finish1; i++)

    {

        value1 = value1 + _cadena.charAt(i);

    }

```

```
}  
  
//METODO PARA EL CALCULO DE LAS POTENCIAS EN DB  
  
void potencias ()  
  
{  
  
if(potencia == 0)  
  
pot_dbm=-113;  
  
if(potencia == 1)  
  
pot_dbm=-111;  
  
if(potencia >= 2 && potencia <= 30)  
  
pot_dbm=map(potencia,2,30,-109,-53);  
  
if(potencia == 31)  
  
pot_dbm=-51;  
  
if(potencia == 99)  
  
pot_dbm=0;  
  
}
```

3.5.Anexo 5: Archivos servidor

Borrar_Corredor.php

```
<?php

include("conexion.php");

$id= $_GET['id'];

$query="delete from corredores where Dispositivo='$id'";
$resultado=$conexion->query($query);

    if($resultado){

        echo "Instruccion exitosa";

    }

    else{

        echo "Instruccion no exitosa";

    }

?>
```

conexion.php

```
<?php

$conexion=new
mysqli("localhost","id15337460_fausto","Fausto1802516532.,"id15337460_marato
n"); ?>
```


Crear_Corredor.php

```
<!DOCTYPE html>

<html>

  <head>

    <link href = "https://fonts.googleapis.com/css2? family = Roboto: wght @ 500
    & display = swap" rel = "stylesheet">

    <meta content="initial-scale=1.0, user-scalable=no" name="viewport">

    <meta charset="utf-8">

    <title>Crear corredor</title>

    <style>

      /* Always set the map height explicitly to define the size of the div
      * element that contains the map. */

      /* Optional: Makes the sample page fill the window. */

      html, body {

        font-family:'Roboto', sans-serif;

        height: 100%;

        margin: 0;

        padding: 0;
```

```
display: flex;

align-items: center;

justify-content: center;

background-color: rgba(20,20,20, 1);

color: white;

}
```

```
.corredor{

display: flex;

align-items: center;

justify-content: space-around;

flex-direction: column;

padding: 10px 30px;

border: solid 3px gray;

height: 350px;

border-radius: 10px;

}
```

```
input{

margin: 2px;
```

```
border-radius: 5px;

height: 35px;

border: solid 2px lightgray;

padding: 0 10px;

outline: none;

width: 180px;

background-color: transparent;

color: white;

}
```

```
input:focus{

outline: none;

border: solid 2px tomato;

}
```

```
button{

background-color: tomato;

color: white;

width: 200px;

height: 35px;
```

```
    cursor: pointer;

    border: none;

    outline: none;

    padding: 0 10px;

}

.borrar{

    position: fixed;

    bottom: 1rem;

    right: 1rem;

    height: auto;

    flex-direction: row;

}

</style>

</meta>

</meta>

</head>

<body>

    <div class="corredor">
```

```
<h3>CREAR CORREDOR</h3>
```

```
<input type="text" id="foto" placeholder="Url foto">
```

```
<input type="text" id="id" placeholder="Cedula">
```

```
<input type="text" id="nombre" placeholder="Nombre">
```

```
<input type="number" id="dispositivo" placeholder="dispositivo">
```

```
<button onclick="createPlayer()">Crear</button>
```

```
</div>
```

```
<div class=" borrar">
```

```
<input type="number" id="borrar" placeholder="Id de dispositivo a borrar">
```

```
<button onclick="deletePlayer()">Borrar</button>
```

```
</div>
```

```
<script>
```

```
    var HttpClient = function() {
```

```
this.get = function(aUrl, aCallback) {
```

```
    var anHttpRequest = new XMLHttpRequest();
```

```
    anHttpRequest.onreadystatechange = function() {
```

```
        if (anHttpRequest.readyState == 4 && anHttpRequest.status == 200)
```

```

        aCallback(anHttpRequest.responseText);

    }

    anHttpRequest.open( "GET", aUrl, true );

    anHttpRequest.send( null );

}

}

var client = new HttpClient();

function createPlayer(){

    const id= document.getElementById("id").value;

    const nombre=document.getElementById("nombre").value;

    const disp=document.getElementById("dispositivo").value;

    const foto=encodeURIComponent(document.getElementById("foto").value);

    const url=encodeURIComponent();

    client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Crear_Corredor.php?id='+id+'&n
ombre='+nombre+'&disp='+disp+'&foto='+foto , function(response) {

        document.getElementById("id").value="";

        document.getElementById("nombre").value="";

        document.getElementById("dispositivo").value="";

```

```
document.getElementById("foto").value=";

});

}

function deletePlayer(){

const id= document.getElementById("borrar").value;

const url=encodeURIComponent();

client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Borrar_Corredor.php?id='+id,
function(response) {

    document.getElementById("borrar").value=";

});

}

</script>

</body>

</html>
```

Crear_Corredor.php

```
<?php

include("conexion.php");
```

```

$cedula= $_GET['id'];

$nombre= $_GET['nombre'];

$dispositivo= $_GET['disp'];

$foto= $_GET['foto'];

$query="INSERT INTO `corredores` (`Cedula`, `Dispositivo`,
`Nombre`, `Foto`) VALUES ('$cedula', '$dispositivo', '$nombre', '$foto)";

$resultado=$conexion->query($query);

if($resultado){

    echo "Instruccion exitosa";

}

else{

    echo "Instruccion no exitosa";

}

?>

```

Datos.php

```

<?php

include("conexion.php");

$disp= $_GET['disp'];

```



```

$query="SELECT Latitud, Longitud FROM `positions` where Dispositivo=".$disp;

$resultado=$conexion->query($query);

$data1 = array();

$i = 0;

while ($ver=mysqli_fetch_array($resultado)) {

    $data1[$i] = array("lat"=>$ver['Latitud'], "lng"=>$ver['Longitud']);

    $i++;

}

echo json_encode($data1);

//echo $resultado;

?>

```

Info_corredor.php

```

<?php

include("conexion.php");

$disp= $_GET['disp'];

$query="SELECT Cedula, Nombre, Foto FROM `corredores` where
Dispositivo=".$disp;

$resultado=$conexion->query($query);

```

```

$data1 = array();

$i = 0;

while ($ver=mysqli_fetch_array($resultado)) {

    $data1[$i] =
array("nombre"=>$ver['Nombre'], "cedula"=>$ver['Cedula'], "foto"=>$ver['Foto']);

    $i++;

}

echo json_encode($data1);

//echo $resultado;

?>

```

Mapa.html

```

<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

    <link href = "https://fonts.googleapis.com/css2? family = Roboto: wght @ 500 &
display = swap" rel = "stylesheet">

    <meta content="initial-scale=1.0, user-scalable=no" name="viewport">

    <meta charset="utf-8">

    <title>Maraton</title>

```

```
<style>

    /* Always set the map height explicitly to define the size of the div
    * element that contains the map. */

    #map {

        height: 100%;

    }

    /* Optional: Makes the sample page fill the window. */

    html, body {

        font-family:'Roboto', sans-serif;

        height: 100%;

        margin: 0;

        padding: 0;

    }

    .dispositivo{

        position: fixed;

        top: 10px;

        left: 10px;

        z-index: 100;

    }


```

```
}  
  
.buscar{  
  
    display: flex;  
  
    justify-content: center;  
  
    align-items: center;  
  
    overflow: hidden;  
  
    height: 35px;  
  
    box-sizing: border-box;  
  
    background-color: rgba(0, 0, 0, 0.85);  
  
    border-radius: 35px;  
  
}  
  
.buscar input{  
  
    background-color: transparent;  
  
    outline: none;  
  
    color: white;  
  
    border: none;  
  
    width: 100px;  
  
    min-width: 100px;
```

```
margin-right: 20px
```

```
padding: 10px;
```

```
text-align: center;
```

```
}
```

```
.buscar button{
```

```
background-color: tomato;
```

```
outline: none;
```

```
color: white;
```

```
border: none;
```

```
height: 100%;
```

```
width: 100%;
```

```
padding: 0 10px;
```

```
}
```

```
.info{
```

```
display: flex;
```

```
margin-top: 10px;
```

```
align-items: center;
```

```
background-color: rgba(0, 0, 0, 0.85);
```

```
padding: 10px;

border-radius: 5px;

}

.info img{

width: 60px;

height: 60px;

border-radius: 50%;

object-fit: cover;

border: solid 3px tomato;

margin-right: 10px;

}

.info .id{

color: tomato;

font-size: 1.3rem;

letter-spacing: 1px;

font-weight: 600;

}

.info .name{
```

```
        color: white;
    }

    </style>

    </meta>

</meta>

</head>

<body>

    <div id="map">

</div>

    <div class="dispositivo">

        <div class="buscar">

            <input type="number" placeholder="dispositivo" id="txtPlayer">

            <button onclick="setPlayer()">Seleccionar</button>

        </div>

        <div class="info">

        </div>
```

```

    <div class="id" id="id"></div>

    <div class="name" id="name"></div>

</div>

</div>

</div>

<script>

    var HttpClient = function() {

this.get = function(aUrl, aCallback) {

    var anHttpRequest = new XMLHttpRequest();

    anHttpRequest.onreadystatechange = function() {

        if (anHttpRequest.readyState == 4 && anHttpRequest.status == 200)

            aCallback(anHttpRequest.responseText);

    }

    anHttpRequest.open( "GET", aUrl, true );

    anHttpRequest.send( null );

}

}

var client = new HttpClient();

```



```

var flightPath =null;

var map=null;

var id=null;

var color='tomato';

var player=null;

// This example creates a 2-pixel-wide red polyline showing the path of

// the first trans-Pacific flight between Oakland, CA, and Brisbane,

// Australia which was made by Charles Kingsford Smith.

function initMap() {

if(!map){

    map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {

        zoom: 16,

        center: {lat: -1.268572, lng: -78.624231},

        mapTypeId: 'terrain'

    });

}

if(!flightPath){

```

```

flightPath= new google.maps.Polyline({

    path: [],

    geodesic: true,

    strokeColor: color,

    strokeOpacity: 1.0,

    strokeWeight: 5

});

}

flightPath.setMap(map);

updatePosition();

}

function trackPlayer(){

    if(!id){return;}

    client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Datos.php?disp='+id,
function(response) {

    const coords=[];

    response=JSON.parse(response);

```

```

response.forEach(coord=>coords.push({lat:Number(coord.lat),lng:Number(coord.lng
)}));

    flightPath.setPath(coords);

});

}

function updatePosition(){

    if(id){

        client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Datos.php?disp='+id,
function(response) {

        const coords=[];

        response=JSON.parse(response);

response.forEach(coord=>coords.push({lat:Number(coord.lat),lng:Number(coord.lng
)}));

        flightPath.setPath(coords);

});

}

    setTimeout(updatePosition,5000);

}

```

```

function getPlayerInfo(){

    if(!id){return;}

client.get('https://ecmaratones.000webhostapp.com/Info_corredor.php?disp='+id,
function(response) {

    const players=[];

    response=JSON.parse(response);

    if(response?.length){

        const player=response[0];

        document.getElementById("photo").src=player.foto;

        document.getElementById("name").innerHTML=player.nombre;

        document.getElementById("id").innerHTML=player.cedula;

    }else{

document.getElementById("photo").src='https://www.universidades.com.ec/logos/original/logo-universidad-tecnica-de-ambato.png';

        document.getElementById("name").innerHTML="";

        document.getElementById("id").innerHTML="";

    }

});

```

```

    }

    function setPlayer(){

    id= document.getElementById("txtPlayer").value;

    flightPath.setPath([]);

    trackPlayer();

    getPlayerInfo();

    }

</script>

<script                                async=""                                defer=""
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyD4Q72MXZMgJlmM_n
SVeAUNkJ7ynMXswwc&callback=initMap">

</script>

</body>

</html>

```

operacion_guardar.php

```

<?php

include("Prueba_conexion.php");

$disp= $_GET['disp'];

$cod= $_GET['cod'];

```

```

$cel= $_GET['cel'];

$pot= $_GET['pot'];

$pot2= $_GET['pot2'];

$millis= $_GET['millis'];

//antena 1

$query1="SELECT latitud, longitud, potencia FROM `antenas` where
celda="".$cod.""";

$resultado1=$conexion->query($query1);

while ($row = mysqli_fetch_assoc($resultado1)) {

    $test[] = $row;

}

$data1_json=json_encode($test);

$array = json_decode($data1_json, true);

foreach ($array as $value) {

    $latitud1=$value['latitud'];

    $longitud1=$value['longitud'];

    $potencia1=$value['potencia'];

}

```

```

//antena 2

$query2="SELECT latitud, longitud, potencia FROM `antenas` where
celda='".$cel."'";

$resultado2=$conexion->query($query2);

while ($row2 = mysqli_fetch_assoc($resultado2)) {

    $test2[] = $row2;

}

$data2_json=json_encode($test2);

$array2 = json_decode($data2_json, true);

foreach ($array2 as $value2) {

    $latitud2=$value2['latitud'];

    $longitud2=$value2['longitud'];

    $potencia2=$value2['potencia'];

}

//CALCULO DE ATENUACION EN EL MEDIO

//$L_50=$P_T-$A_CT+$G_T-$A_CR+$G_R-$P_R;

//datos

$P_T=$potencia1;

```

```

$A_CT=1;

$G_T=15.7;

$A_CR=1;

$G_R=2;

$P_R=$pot;

$P_T2=$potencia2;

$P_R2=$pot2;

$L_50=$P_T-$A_CT+$G_T-$A_CR+$G_R-$P_R;

$L_502=$P_T2-$A_CT+$G_T-$A_CR+$G_R-$P_R2;

//CALCULO DE DISTANCIA

//log(d)=(L_50-69.55-26.16 log(F_c )+13.82 log(h_T ))/(44.9-6.55
log(h_T ) )=a

//datos

$F_c=1900;

$F_c2=1700;

$h_T=60;

$a=($L_50-69.55-26.16*log10($F_c)+13.82*log10($h_T))/(44.9-
6.55*log10($h_T));

```



```
$a2=($L_502-69.55-26.16*log10($F_c2)+13.82*log10($h_T))/(44.9-6.55*log10($h_T));
```

```
//log(b)=a
```

```
//d= [10] ^a (Km)
```

```
$d= pow(10, $a);
```

```
$d2= pow(10, $a2);
```

```
//CALCULO DE RADIO DE CIRCUNFERENCIA
```

```
//r=d/111.111
```

```
$r1=$d/111.111;
```

```
$r2=$d2/111.111;
```

```
//ECUACION DE LATITUD
```

```
//((-(-2k1+2k2)y-( [h1] ^2+ [k1] ^2- [r1] ^2- [h2] ^2- [k2] ^2+ [r2] ^2 ))/((-2h1+2h2)-h1)^2+(y-k1)^2= [r1] ^2
```

```
//ECUACION DE LONGITUD
```

```
//(x-h2)^2+((-(-2h1+2h2)x-( [h1] ^2+ [k1] ^2- [r1] ^2- [h2] ^2- [k2] ^2+ [r2] ^2 ))/((-2k1+2k2)-k2)^2= [r2] ^2
```

```
//FORMULA CUADRATICA
```

```
//x=(-b±√(b^2-4ac))/2a
```

```
//datos
```

```

$k1=$latitud1;

$k2=$latitud2;

$h1=$longitud1;

$h2=$longitud2;

//lat

$ec1=($k1-$k2)/($h2-$h1);

$ec2=(pow($h1, 2)-pow($k1, 2)+pow($r1, 2)+pow($h2, 2)+pow($k2,
2)-pow($r2, 2)-(2*$h1*$h2))/($h2-$h1);

$f_a1=pow($ec1, 2)+1;

$f_b1=($ec1*$ec2)-(2*$k1);

$f_c1=((1/4)*pow($ec2, 2))+pow($k1, 2)-pow($r1, 2);

$f_ec1=-$f_b1;

$f_ec2=pow($f_b1, 2)-(4*$f_a1*$f_c1);

$f_ec3=pow($f_ec2, 1/2);

$lat=($f_ec1-$f_ec3)/(2*$f_a1)+0.00417555762;

//long

$ec12=($h1-$h2)/($k2-$k1);

$ec22=(pow($h1, 2)+pow($k1, 2)-pow($r1, 2)-pow($h2, 2)+pow($k2,
2)+pow($r2, 2)-(2*$k1*$k2))/($k2-$k1);

```

```
$f_a12=pow($ec1, 2)+1;
```

```
$f_b12=-(($ec1*$ec2)+(2*$h2));
```

```
$f_c12=((1/4)*pow($ec2, 2))-pow($r2, 2)+pow($h2, 2);
```

```
$f_ec12=-$f_b12;
```

```
$f_ec22=pow($f_b12, 2)-(4*$f_a12*$f_c12);
```

```
$f_ec32=pow(-$f_ec22, 1/2);
```

```
$long=((($f_ec12-$f_ec32)/(2*$f_a12))+0.3756368828;
```

```
$query3="INSERT INTO `positions` (`id`, `Dispositivo`, `Codigo`,  
`Celda`, `Potencia`, `Pot2`, `Latitud`, `Longitud`, `Tiempo`, `Milisegundos`)  
VALUES (NULL, '$disp', '$cod', '$cel', '$pot', '$pot2', '$lat', '$long',  
current_timestamp(), '$millis');"
```

```
$resultado3=$conexion->query($query3);
```

```
if($resultado3){
```

```
    echo "Instruccion exitosa";
```

```
}
```

```
else{
```

```
    echo "Instruccion no exitosa";
```

```
}
```

```
?>
```

Index.html

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="es">

<head>

<meta charset="UTF-8">

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

<title>Login</title>

<style>

    /* Always set the map height explicitly to define the size of the div

    * element that contains the map. */

    /* Optional: Makes the sample page fill the window. */

    html, body {

        font-family:'Roboto', sans-serif;

        height: 100%;

        margin: 0;

        padding: 0;
```

```
display: flex;

align-items: center;

justify-content: center;

background-color: rgba(20,20,20, 1);

color: white;

}
```

```
.Login{

display: flex;

align-items: center;

justify-content: space-around;

flex-direction: column;

padding: 10px 30px;

border: solid 3px gray;

height: 300px;

border-radius: 10px;

}
```

```
input{
```

```
margin: 2px;

border-radius: 5px;

height: 35px;

border: solid 2px lightgray;

padding: 0 10px;

outline: none;

width: 180px;

background-color: transparent;

color: white;

}
```

```
input:focus{

outline: none;

border: solid 2px tomato;

}
```

```
button{

background-color: tomato;

color: white;

width: 200px;
```

```
height: 35px;
```

```
cursor: pointer;
```

```
border: none;
```

```
outline: none;
```

```
padding: 0 10px;
```

```
}
```

```
</style>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<div class="Login">
```

```
<form action="Login.php" method="post">
```

```
<h3>SISTEMA DE LOGIN</h3>
```

```
<p><input type="text" placeholder="ingrese usuario" name="usuario"></p>
```

```
<p><input type="password" placeholder="ingrese contraseña"
name="contraseña"></p>
```

```
<button onclick="submit" name="Ingresar">INGRESAR</button>
```

```
</form>
```

```
</body>
```

</html>

Login.php

<?php

```
$usuario= $_POST['usuario'];

$contraseña= $_POST['contraseña'];

session_start();

$_SESSION['usuario']=$usuario;

$conexion = new
mysqli("localhost","id15337460_fausto","Fausto1802516532.,"id15337460_marato
n");

$query="SELECT * FROM `usuarios` where usuario='".$usuario.'" and
contraseña='".$contraseña.'"";

$resultado=$conexion->query($query);

$filas=mysqli_num_rows($resultado);

if ($filas) {

    header("location:Base.html");

}else{

    ?>

<?php
```



```
        include("index.html");

    ?>

    <h1 class="bad">ERROR DE AUTENTIFICACION</h1>

    <?php

    }

    mysqli_free_result($resultado);

    mysqli_close($conexion);

?>
```

Base.html

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="es">

<head>

    <meta charset="UTF-8">

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

    <title>PRINCIPAL</title>

    <style>

        /* Always set the map height explicitly to define the size of the div

        * element that contains the map. */
```

```
/* Optional: Makes the sample page fill the window. */
```

```
html, body {
```

```
    font-family:'Roboto', sans-serif;
```

```
    height: 100%;
```

```
    margin: 0;
```

```
    padding: 0;
```

```
    display: flex;
```

```
    align-items: center;
```

```
    justify-content: center;
```

```
    background-color: rgba(20,20,20, 1);
```

```
    color: white;
```

```
}
```

```
.Login{
```

```
    display: flex;
```

```
    align-items: flex-start;
```

```
    justify-content: space-around;
```

```
    flex-direction: column;
```

```
padding: 10px 30px;
```

```
border: solid 3px tomato;
```

```
height: 300px;
```

```
border-radius: 10px;
```

```
}
```

```
a{
```

```
margin: 2px;
```

```
border-radius: 5px;
```

```
height: 35px;
```

```
border: solid 2px lightgray;
```

```
padding: 0 10px;
```

```
outline: none;
```

```
width: 180px;
```

```
background-color: transparent;
```

```
color: tomato;
```

```
}
```

```
h3{
```

```
background-color: tomato;
```

```
color: white;
```

```
width: 100px;
```

```
height: 25px;
```

```
cursor: pointer;
```

```
border: none;
```

```
outline: none;
```

```
padding: 0 10px;
```

```
}
```

```
a:focus{
```

```
outline: none;
```

```
border: solid 2px tomato;
```

```
}
```

```
button{
```

```
background-color: tomato;
```

```
color: white;
```

```
width: 200px;
```

```
height: 35px;
```

```
cursor: pointer;
```

```
border: none;

outline: none;

padding: 0 10px;

}

</style>

</head>

<body>

<div class="Login">

<h3>RECURSOS</h3>

<p> <a href="Mapa.html"></a>VISUALIZAR MAPA DE
COMPETENCIA</p>

<p> <a href="Crear_Corredor.html"></a>CREAR CORREDOR</p>

<p> <a href="Posicion.php"></a>TABLA DE POSICIONES</p>

</body>

</html>
```

Posicion.php

```
<?php

include("conexion.php");
```

```
?>

<!DOCTYPE html>

<html lang="es">

<head>

  <meta charset="UTF-8">

  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

  <title>TABLA DE POSICIONES</title>

  <style>

    /* Always set the map height explicitly to define the size of the div

    * element that contains the map. */

    /* Optional: Makes the sample page fill the window. */

    html, body {

      font-family:'Roboto', sans-serif;

      height: 100%;

      margin: 0;

      padding: 0;

      display: flex;
```

```
align-items: center;

justify-content: center;

background-color: rgba(20,20,20, 1);

color: white;

}
```

```
.Tabla{

display: flex;

align-items: flex-start;

justify-content: space-around;

flex-direction: column;

padding: 10px 50px;

border: solid 3px tomato;

border-radius: 10px;

}
```

```
.tabla2{

margin: 2px;

border-radius: 5px;

height: 35px;
```

```
border: solid 2px lightgray;

padding: 0 10px;

outline: none;

width: 400px;

background-color: transparent;

color: tomato;

}
```

```
.tabla1{

background-color: tomato;

color: white;

width: 400px;

height: 35px;

cursor: pointer;

border: none;

outline: none;

padding: 0 10px;

}
```



```

</style>

</head>

<body>

<div class="Tabla">

<table>

<tr class="tabla1">

<td>DISPOSITIVO</td>

<td>CORREDOR</td>

<td>TIEMPO</td>

</tr>

<?php

    $sql="SELECT A.id, A.Dispositivo, A.Tiempo, C.Nombre
FROM positions A, corredores C WHERE A.Dispositivo=C.Dispositivo AND A.id =
(SELECT MAX(id) FROM positions B WHERE A.Dispositivo = B.Dispositivo)
ORDER BY A.id DESC";

    $result=$conexion->query($sql);

    while ($mostrar=mysqli_fetch_array($result)) {

        ?>

```

```

        <tr class="tabla2">
            <td><?php echo $mostrar['Dispositivo'];
?></td>
            <td><?php echo $mostrar['Nombre']; ?></td>
            <td><?php echo $mostrar['Tiempo']; ?></td>
        </tr>
    <?php
    }
?>
</table>
</div>
</body>
</html>

```

Comandos SQL para la creación de tablas

```

create table usuarios (
    usuario varchar(100) ,
    contraseña varchar(100),
);

```

```

create table corredores (
    Dispositivo varchar(10) PRIMARY KEY,
    Cedula varchar(15) ,

```

```
Nombre varchar(100),  
Foto text  
);
```

```
create table antenas (  
  celda varchar(10) PRIMARY KEY,  
  latitud varchar(15),  
  longitud varchar(15),  
  potencia varchar(15)  
);
```

```
create table positions (  
  id int(100) NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
  Dispositivo varchar(15),  
 Codigo varchar(10),  
Celda varchar(10),  
Potencia varchar(15),  
Pot2 varchar(15),  
Latitud varchar(15),  
Longitud varchar(15),  
Tiempo timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ON  
UPDATE CURRENT_TIMESTAMP,  
Milisegundos varchar(100)  
);
```

3.6.Anexo 6: Datos recibidos en la base de datos.

```
cod  27702 cel  6C36 pot  -75.35391209929  pot1  -72.71917212251  
lat  -1.2710009624  lng  -78.6222037934  time  14:00:00  
millis  1000
```

cod	27702	cel	6C36	pot	-75.33905861250	pot1	-72.71369867901
	lat	-1.2709778340		lng	-78.6222125106	time	14:00:10
	millis	2525					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.33717359683	pot1	-72.70713697518
	lat	-1.2709650967		lng	-78.6222138517	time	14:00:20
	millis	3752					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.32796377437	pot1	-72.70599566492
	lat	-1.2709543705		lng	-78.6222192161	time	14:00:30
	millis	4586					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.32748937489	pot1	-72.69709720887
	lat	-1.2709389515		lng	-78.6222198866	time	14:00:40
	millis	5682					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.31134454533	pot1	-72.69682438597
	lat	-1.2709228623		lng	-78.6222292744	time	14:00:50
	millis	6523					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.31105714880	pot1	-72.68713408411
	lat	-1.2709061026		lng	-78.6222299449	time	14:01:00
	millis	7856					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.29664456280	pot1	-72.68208806064
	lat	-1.2708833094		lng	-78.6222386621	time	14:01:10
	millis	8254					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.28504288748	pot1	-72.67322797235
	lat	-1.2708564939		lng	-78.6222460382	time	14:01:20
	millis	9582					

cod	27702	cel	6C36	pot	-75.28181631381	pot1	-72.67161024290
	lat	-1.2708504604		lng	-78.6222480498	time	14:01:30
	millis	10254					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.19428977496	pot1	-72.64506988680
	lat	-1.2707129691		lng	-78.6223027502	time	14:01:40
	millis	11254					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.13640510551	pot1	-72.57426324608
	lat	-1.2705133130		lng	-78.6223482970	time	14:01:50
	millis	12546					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.15710988807	pot1	-72.50047215172
	lat	-1.2703872144		lng	-78.6223482970	time	14:02:00
	millis	13852					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.09888826079	pot1	-72.46290426109
	lat	-1.2702295911		lng	-78.6223973474	time	14:02:10
	millis	14578					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.12774917160	pot1	-72.38185246011
	lat	-1.2700789733		lng	-78.6224008510	time	14:02:20
	millis	15263					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.10610018893	pot1	-72.34404147469
	lat	-1.2699486336		lng	-78.6224319263	time	14:02:30
	millis	16785					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.11762515141	pot1	-72.28988084277
	lat	-1.2698179660		lng	-78.6224470070	time	14:02:40
	millis	17524					

cod	27702	cel	6C36	pot	-75.12410331390	pot1	-72.24284382915
	lat	-1.2696872985		lng	-78.6224671146	time	14:02:50
	millis	18656					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.09639665341	pot1	-72.23011431612
	lat	-1.2695867850		lng	-78.6225023030	time	14:03:00
	millis	19585					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.16720775116	pot1	-72.15349626153
	lat	-1.2694711945		lng	-78.6224872223	time	14:03:10
	millis	20458					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.12746110845	pot1	-72.13542400684
	lat	-1.2692852445		lng	-78.6225525721	time	14:03:20
	millis	21254					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.20902038752	pot1	-72.05147615682
	lat	-1.2691244229		lng	-78.6225475452	time	14:03:30
	millis	22145					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.20548809985	pot1	-72.02656405453
	lat	-1.2689334472		lng	-78.6226028412	time	14:03:40
	millis	23524					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.26967443458	pot1	-71.96707380997
	lat	-1.2687625742		lng	-78.6226179219	time	14:03:50
	millis	24587					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.40299942062	pot1	-71.86659812855
	lat	-1.2684007255		lng	-78.6226631641	time	14:04:00
	millis	25784					

cod	27702	cel	6C36	pot	-75.48273592019	pot1	-71.81357649187
	lat				-1.2683002119	lng	-78.6226531103
	time						14:04:10
	millis						26458
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.50217416601	pot1	-71.81689601042
	lat				-1.2681042105	lng	-78.6227184601
	time						14:04:20
	millis						27854
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.60684928350	pot1	-71.76408254597
	lat				-1.2679283118	lng	-78.6227285139
	time						14:04:30
	millis						28458
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.72779690164	pot1	-71.71432485073
	lat				-1.2677153611	lng	-78.6227486193
	time						14:04:40
	millis						29254
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.73090998756	pot1	-71.74202512505
	lat				-1.2675973728	lng	-78.6228022634
	time						14:04:50
	millis						30214
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.88336553823	pot1	-71.68889177330
	lat				-1.2673744863	lng	-78.6228155626
	time						14:05:00
	millis						31285
cod	27702	cel	6C36	pot	-76.18669382234	pot1	-71.67451930230
	lat				-1.2668167233	lng	-78.6229228509
	time						14:05:10
	millis						32478
cod	27702	cel	6C36	pot	-76.24076990323	pot1	-71.71518046610
	lat				-1.2666562893	lng	-78.6229834000
	time						14:05:20
	millis						33254

cod	27702	cel	6C36	pot	-76.09590249437	pot1	-71.88398551289
	lat	-1.2665865689		lng	-78.6231282392	time	14:05:30
	millis	34747					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.84487692612	pot1	-72.12472792932
	lat	-1.2665490271		lng	-78.6233267227	time	14:05:40
	millis	35258					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.76199278151	pot1	-72.20233646995
	lat	-1.2665383009		lng	-78.6233910957	time	14:05:50
	millis	36352					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.62388187469	pot1	-72.31549245706
	lat	-1.2665436640		lng	-78.6234822908	time	14:06:00
	millis	37524					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.51544946867	pot1	-72.42740306721
	lat	-1.2665114854		lng	-78.6235788503	time	14:06:10
	millis	38578					
cod	27702	cel	6C36	pot	-75.29294033577	pot1	-72.61445877784
	lat	-1.2664739436		lng	-78.6239704528	time	14:06:20
	millis	40625					
cod	27702	cel	6C36	pot	-74.97943292074	pot1	-72.88983132575
	lat	-1.2664524912		lng	-78.6241850296	time	14:06:30
	millis	41547					
cod	27702	cel	6C36	pot	-74.68520414741	pot1	-73.13728582837
	lat	-1.2664256756		lng	-78.6243566909	time	14:06:40
	millis	42154					

cod	27702	cel	6C36	pot	-74.46108476558	pot1	-73.33093758184
	lat	-1.2664149494		lng	-78.6245283523	time	14:06:50
	millis	43265					
cod	27702	cel	6C36	pot	-74.21759114887	pot1	-73.52460870474
	lat	-1.2663633703		lng	-78.6247655462	time	14:07:00
	millis	44952					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.92887915181	pot1	-73.78304663238
	lat	-1.2663698952		lng	-78.6248547411	time	14:07:10
	millis	45689					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.78673178168	pot1	-73.88270044537
	lat	-1.2663894698		lng	-78.6249200057	time	14:07:20
	millis	46354					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.66224558636	pot1	-73.95719986226
	lat	-1.2663677202		lng	-78.6249874458	time	14:07:30
	millis	47586					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.59057740216	pot1	-74.02811539407
	lat	-1.2663590204		lng	-78.6250635879	time	14:07:40
	millis	48236					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.48833973404	pot1	-74.10992573283
	lat	-1.2663546705		lng	-78.6251157996	time	14:07:50
	millis	49365					
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.41610024429	pot1	-74.16598253022
	lat	-1.2663503206		lng	-78.6251810642	time	14:08:00
	millis	50265					

cod	27702	cel	6C36	pot	-73.32436386844	pot1	-74.23590121357
	lat				-1.2663481456	lng	-78.6252441533
	time						14:08:10
	millis						51365
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.23284033601	pot1	-74.30343775469
	lat				-1.2663633703	lng	-78.6253050669
	time						14:08:20
	millis						52365
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.11899568914	pot1	-74.37054270137
	lat				-1.2663916448	lng	-78.6253224708
	time						14:08:30
	millis						53568
cod	27702	cel	6C36	pot	-73.05099314225	pot1	-74.39272025201
	lat				-1.2664460186	lng	-78.6253507522
	time						14:08:40
	millis						54256
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.92731620993	pot1	-74.42991483783
	lat				-1.2664982176	lng	-78.6253659806
	time						14:08:50
	millis						55485
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.82615465787	pot1	-74.45308897354
	lat				-1.2665504165	lng	-78.6253551031
	time						14:09:00
	millis						56582
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.76537849445	pot1	-74.44878003335
	lat				-1.2665873908	lng	-78.6253746825
	time						14:09:10
	millis						57528
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.67954393124	pot1	-74.47474614012
	lat				-1.2666417646	lng	-78.6253833845
	time						14:09:20
	millis						58458

cod	27702	cel	6C36	pot	-72.58454867863	pot1	-74.49181574555
	lat	-1.2666896137		lng	-78.6254051393	time	14:09:30
	millis	59568					
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.47802617176	pot1	-74.52185367931
	lat	-1.2667418126		lng	-78.6254160168	time	14:09:40
	millis	60358					
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.38202657864	pot1	-74.54122008437
	lat	-1.2667918365		lng	-78.6254312452	time	14:09:50
	millis	61258					
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.28181983256	pot1	-74.56497862528
	lat	-1.2668331607		lng	-78.6254442981	time	14:10:00
	millis	62654					
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.19791221712	pot1	-74.58520177524
	lat	-1.2669308562		lng	-78.6254648249	time	14:10:10
	millis	63256					
cod	27702	cel	6C36	pot	-72.01579424466	pot1	-74.62259056422
	lat	-1.2670068870		lng	-78.6255133714	time	14:10:20
	millis	64785					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.81712133583	pot1	-74.68592422332
	lat	-1.2670304506		lng	-78.6255207368	time	14:10:30
	millis	65657					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.76836509551	pot1	-74.69760742312
	lat	-1.2670481233		lng	-78.6255266292	time	14:10:40
	millis	66358					

cod	27702	cel	6C36	pot	-71.73108795961	pot1	-74.70676941226
	lat	-1.2670650596		lng	-78.6255325215	time	14:10:50
	millis	67485					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.69487504384	pot1	-74.71581767897
	lat	-1.2670842050		lng	-78.6255384138	time	14:11:00
	millis	68459					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.65521432215	pot1	-74.72526734373
	lat	-1.2671085049		lng	-78.6255435696	time	14:11:10
	millis	69321					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.60888037662	pot1	-74.73488789619
	lat	-1.2671305957		lng	-78.6255479889	time	14:11:20
	millis	70852					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.56717817911	pot1	-74.74338699313
	lat	-1.2671394321		lng	-78.6255560908	time	14:11:30
	millis	71595					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.53922331062	pot1	-74.75332870975
	lat	-1.2671563684		lng	-78.6255560908	time	14:11:40
	millis	72454					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.51320857863	pot1	-74.75637612157
	lat	-1.2671696229		lng	-78.6255590370	time	14:11:50
	millis	73625					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.48758865264	pot1	-74.76181116800
	lat	-1.2671836137		lng	-78.6255619831	time	14:12:00
	millis	74585					

cod	27702	cel	6C36	pot	-71.46081753394	pot1	-74.76739032691
	lat	-1.2671998137		lng	-78.6255686120	time	14:12:10
	millis	75248					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.42399754036	pot1	-74.77717512045
	lat	-1.2672145409		lng	-78.6255700851	time	14:12:20
	millis	76248					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.39869485385	pot1	-74.78139733976
	lat	-1.2672277954		lng	-78.6255767140	time	14:12:30
	millis	77584					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.36630646266	pot1	-74.79065962085
	lat	-1.2672476772		lng	-78.6255789236	time	14:12:40
	millis	78524					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.33169531199	pot1	-74.79662238774
	lat	-1.2672660862		lng	-78.6255862890	time	14:12:50
	millis	79658					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.28991518762	pot1	-74.80762404579
	lat	-1.2672927329		lng	-78.6255872208	time	14:13:00
	millis	85841					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.24718057341	pot1	-74.81360114509
	lat	-1.2673377165		lng	-78.6256004545	time	14:13:10
	millis	86258					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.15345240943	pot1	-74.83573437600
	lat	-1.2673509469		lng	-78.6256039835	time	14:13:20
	millis	87584					

cod	27702	cel	6C36	pot	-71.12649840745	pot1	-74.84189123090
	lat	-1.2673853462		lng	-78.6256136882	time	14:13:30
	millis	88471					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.05530830529	pot1	-74.85848047791
	lat	-1.2673923293		lng	-78.6256225060	time	14:13:40
	millis	89632					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.02795517363	pot1	-74.86884076190
	lat	-1.2674037259		lng	-78.6256278704	time	14:13:50
	millis	90145					
cod	27702	cel	6C36	pot	-71.00023070236	pot1	-74.87654034823
	lat	-1.2674164633		lng	-78.6256278704	time	14:14:00
	millis	91235					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.98053635407	pot1	-74.87904261248
	lat	-1.2674318822		lng	-78.6256352464	time	14:14:10
	millis	92658					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.94271517276	pot1	-74.88959692985
	lat	-1.2674473011		lng	-78.6256352464	time	14:14:20
	millis	93261					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.91886626830	pot1	-74.89265425554
	lat	-1.2674620497		lng	-78.6256412814	time	14:14:30
	millis	94851					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.88454227914	pot1	-74.90173084532
	lat	-1.2674788094		lng	-78.6256439636	time	14:14:40
	millis	95628					

cod	27702	cel	6C36	pot	-70.85347852070	pot1	-74.90781220439
	lat	-1.2674935579		lng	-78.6256473164	time	14:14:50
	millis	96258					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.82422219238	pot1	-74.91418495710
	lat	-1.2675076361		lng	-78.6256520103	time	14:15:00
	millis	97485					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.79339172796	pot1	-74.92179407572
	lat	-1.2675217142		lng	-78.6256553630	time	14:15:10
	millis	98475					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.76512041970	pot1	-74.92805164944
	lat	-1.2675357924		lng	-78.6256593863	time	14:15:20
	millis	99628					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.73552456536	pot1	-74.93499881600
	lat	-1.2675478594		lng	-78.6256654213	time	14:15:30
	millis	100547					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.70509315905	pot1	-74.94358001805
	lat	-1.2675605967		lng	-78.6256667624	time	14:15:40
	millis	101547					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.68274546849	pot1	-74.94755221906
	lat	-1.2675719933		lng	-78.6256701152	time	14:15:50
	millis	102586					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.65853366250	pot1	-74.95329259527
	lat	-1.2675847307		lng	-78.6256734679	time	14:16:00
	millis	103247					

cod	27702	cel	6C36	pot	-70.63222447167	pot1	-74.95931646371
	lat	-1.2675954569		lng	-78.6256821851	time	14:16:10
	millis	104962					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.59844199881	pot1	-74.97034954491
	lat	-1.676088647		lng	-78.6256815145	time	14:16:20
	millis	105321					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.57897149976	pot1	-74.97246197294
	lat	-1.2676236132		lng	-78.6256828557	time	14:16:30
	millis	106287					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.55346367108	pot1	-74.97689824767
	lat	-1.2676397026		lng	-78.6256855379	time	14:16:40
	millis	107548					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.52321833261	pot1	-74.98298275174
	lat	-1.2676571326		lng	-78.6256942550	time	14:16:50
	millis	108298					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.47883255882	pot1	-74.99544645631
	lat	-1.2676993671		lng	-78.6257029722	time	14:17:00
	millis	109852					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.39587704896	pot1	-75.01320340911
	lat	-1.2677235011		lng	-78.6257063250	time	14:17:10
	millis	110852					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.35172169039	pot1	-75.02175569803
	lat	-1.2677342273		lng	-78.6257157127	time	14:17:20
	millis	111485					

cod	27702	cel	6C36	pot	-70.31603787446	pot1	-75.03349648295
	lat	-1.2677516574		lng	-78.6257183949	time	14:17:30
	millis	112658					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.28355090978	pot1	-75.03996060056
	lat	-1.2677697579		lng	-78.257237593	time	14:17:40
	millis	113256					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.24452196231	pot1	-75.04927593046
	lat	-1.2677898695		lng	-78.6257230888	time	14:17:50
	millis	114569					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.21475688740	pot1	-75.05300276758
	lat	-1.2678026069		lng	-78.6257344882	time	14:18:00
	millis	115462					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.17151629205	pot1	-75.06721089065
	lat	-1.2678166850		lng	-78.6257297943	time	14:18:10
	millis	116254					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.15942771541	pot1	-75.06561841883
	lat	-1.2678300928		lng	-78.6257391820	time	14:18:20
	millis	117954					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.11919176040	pot1	-75.07797050504
	lat	-1.2678455117		lng	-78.6257391820	time	14:18:30
	millis	118451					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.09532428903	pot1	-75.08139432106
	lat	-1.2678575787		lng	-78.6257499109	time	14:18:40
	millis	119265					

cod	27702	cel	6C36	pot	-70.05422220862	pot1	-75.09479279085
	lat	-1.2678709865		lng	-78.6257465581	time	14:18:50
	millis	120154					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.04048793855	pot1	-75.09444479754
	lat	-1.2678864054		lng	-78.6257445465	time	14:19:00
	millis	121204					
cod	27702	cel	6C36	pot	-70.02089104278	pot1	-75.09590059056
	lat	-1.2678991428		lng	-78.6257546047	time	14:19:10
	millis	122154					
cod	27702	cel	6C36	pot	-69.98000283218	pot1	-75.10879526228
	lat	-1.2679159025		lng	-78.6257592986	time	14:19:20
	millis	123015					
cod	27702	cel	6C36	pot	-69.94415505172	pot1	-75.11725771587
	lat	-1.2679360141		lng	-78.6257626514	time	14:19:30
	millis	124512					
cod	27702	cel	6C36	pot	-69.90595011823	pot1	-75.12516135136
	lat	-1.2679514330		lng	-78.6257706980	time	14:19:40
	millis	125485					
cod	27702	cel	6C36	pot	-69.86494978798	pot1	-75.13667644123
	lat	-1.2679802597		lng	-78.6257733802	time	14:19:50
	millis	126201					
cod	27702	cel	6C36	pot	-69.81467631858	pot1	-75.14595165939
	lat	-1.2679862932		lng	-78.6257841090	time	14:20:00
	millis	127512					

cod 27702 cel 6C36 pot -69.81467631858 pot1 -75.14595165939
lat -1.2679862932 lng -78.6257841090 time 14:20:10
millis 128545,2667

3.7.Anexo 7: Calculo de atenuación prueba 2

Potencia 1	Atenuación 1	Potencia 2	Atenuación 2
-75,35391209929	129,05391209929	-72,71917212251	133,61917212251
-75,33905861250	129,03905861250	-72,71369867901	133,61369867901
-75,33717359683	129,03717359683	-72,70713697518	133,60713697518
-75,32796377437	129,02796377437	-72,70599566492	133,60599566492
-75,32748937489	129,02748937489	-72,69709720887	133,59709720887
-75,31134454533	129,01134454533	-72,69682438597	133,59682438597
-75,31105714880	129,01105714880	-72,68713408411	133,58713408411
-75,29664456280	128,99664456280	-72,68208806064	133,58208806064
-75,28504288748	128,98504288748	-72,67322797235	133,57322797235
-75,28181631381	128,98181631381	-72,67161024290	133,57161024290
-75,19428977496	128,89428977496	-72,64506988680	133,54506988680
-75,13640510551	128,83640510551	-72,57426324608	133,47426324608
-75,15710988807	128,85710988807	-72,50047215172	133,40047215172
-75,09888826079	128,79888826079	-72,46290426109	133,36290426109
-75,12774917160	128,82774917160	-72,38185246011	133,28185246011
-75,10610018893	128,80610018893	-72,34404147469	133,24404147469
-75,11762515141	128,81762515141	-72,28988084277	133,18988084277
-75,12410331390	128,82410331390	-72,24284382915	133,14284382915
-75,09639665341	128,79639665341	-72,23011431612	133,13011431612
-75,16720775116	128,86720775116	-72,15349626153	133,05349626153
-75,12746110845	128,82746110845	-72,13542400684	133,03542400684
-75,20902038752	128,90902038752	-72,05147615682	132,95147615682
-75,20548809985	128,90548809985	-72,02656405453	132,92656405453
-75,26967443458	128,96967443458	-71,96707380997	132,86707380997
-75,40299942062	129,10299942062	-71,86659812855	132,76659812855
-75,48273592019	129,18273592019	-71,81357649187	132,71357649187
-75,50217416601	129,20217416601	-71,81689601042	132,71689601042
-75,60684928350	129,30684928350	-71,76408254597	132,66408254597
-75,72779690164	129,42779690164	-71,71432485073	132,61432485073
-75,73090998756	129,43090998756	-71,74202512505	132,64202512505
-75,88336553823	129,58336553823	-71,68889177330	132,58889177330
-76,18669382234	129,88669382234	-71,67451930230	132,57451930230
-76,24076990323	129,94076990323	-71,71518046610	132,61518046610
-76,09590249437	129,79590249437	-71,88398551289	132,78398551289
-75,84487692612	129,54487692612	-72,12472792932	133,02472792932
-75,76199278151	129,46199278151	-72,20233646995	133,10233646995
-75,62388187469	129,32388187469	-72,31549245706	133,21549245706
-75,51544946867	129,21544946867	-72,42740306721	133,32740306721

-75,29294033577	128,99294033577	-72,61445877784	133,51445877784
-74,97943292074	128,67943292074	-72,88983132575	133,78983132575
-74,68520414741	128,38520414741	-73,13728582837	134,03728582837
-74,46108476558	128,16108476558	-73,33093758184	134,23093758184
-74,21759114887	127,91759114887	-73,52460870474	134,42460870474
-73,92887915181	127,62887915181	-73,78304663238	134,68304663238
-73,78673178168	127,48673178168	-73,88270044537	134,78270044537
-73,66224558636	127,36224558636	-73,95719986226	134,85719986226
-73,59057740216	127,29057740216	-74,02811539407	134,92811539407
-73,48833973404	127,18833973404	-74,10992573283	135,00992573283
-73,41610024429	127,11610024429	-74,16598253022	135,06598253022
-73,32436386844	127,02436386844	-74,23590121357	135,13590121357
-73,23284033601	126,93284033601	-74,30343775469	135,20343775469
-73,11899568914	126,81899568914	-74,37054270137	135,27054270137
-73,05099314225	126,75099314225	-74,39272025201	135,29272025201
-72,92731620993	126,62731620993	-74,42991483783	135,32991483783
-72,82615465787	126,52615465787	-74,45308897354	135,35308897354
-72,76537849445	126,46537849445	-74,44878003335	135,34878003335
-72,67954393124	126,37954393124	-74,47474614012	135,37474614012
-72,58454867863	126,28454867863	-74,49181574555	135,39181574555
-72,47802617176	126,17802617176	-74,52185367931	135,42185367931
-72,38202657864	126,08202657864	-74,54122008437	135,44122008437
-72,28181983256	125,98181983256	-74,56497862528	135,46497862528
-72,19791221712	125,89791221712	-74,58520177524	135,48520177524
-72,01579424466	125,71579424466	-74,62259056422	135,52259056422
-71,81712133583	125,51712133583	-74,68592422332	135,58592422332
-71,76836509551	125,46836509551	-74,69760742312	135,59760742312
-71,73108795961	125,43108795961	-74,70676941226	135,60676941226
-71,69487504384	125,39487504384	-74,71581767897	135,61581767897
-71,65521432215	125,35521432215	-74,72526734373	135,62526734373
-71,60888037662	125,30888037662	-74,73488789619	135,63488789619
-71,56717817911	125,26717817911	-74,74338699313	135,64338699313
-71,53922331062	125,23922331062	-74,75332870975	135,65332870975
-71,51320857863	125,21320857863	-74,75637612157	135,65637612157
-71,48758865264	125,18758865264	-74,76181116800	135,66181116800
-71,46081753394	125,16081753394	-74,76739032691	135,66739032691
-71,42399754036	125,12399754036	-74,77717512045	135,67717512045
-71,39869485385	125,09869485385	-74,78139733976	135,68139733976
-71,36630646266	125,06630646266	-74,79065962085	135,69065962085
-71,33169531199	125,03169531199	-74,79662238774	135,69662238774
-71,28991518762	124,98991518762	-74,80762404579	135,70762404579
-71,24718057341	124,94718057341	-74,81360114509	135,71360114509
-71,15345240943	124,85345240943	-74,83573437600	135,73573437600
-71,12649840745	124,82649840745	-74,84189123090	135,74189123090
-71,05530830529	124,75530830529	-74,85848047791	135,75848047791
-71,02795517363	124,72795517363	-74,86884076190	135,76884076190

-71,00023070236	124,70023070236	-74,87654034823	135,77654034823
-70,98053635407	124,68053635407	-74,87904261248	135,77904261248
-70,94271517276	124,64271517276	-74,88959692985	135,78959692985
-70,91886626830	124,61886626830	-74,89265425554	135,79265425554
-70,88454227914	124,58454227914	-74,90173084532	135,80173084532
-70,85347852070	124,55347852070	-74,90781220439	135,80781220439
-70,82422219238	124,52422219238	-74,91418495710	135,81418495710
-70,79339172796	124,49339172796	-74,92179407572	135,82179407572
-70,76512041970	124,46512041970	-74,92805164944	135,82805164944
-70,73552456536	124,43552456536	-74,93499881600	135,83499881600
-70,70509315905	124,40509315905	-74,94358001805	135,84358001805
-70,68274546849	124,38274546849	-74,94755221906	135,84755221906
-70,65853366250	124,35853366250	-74,95329259527	135,85329259527
-70,63222447167	124,33222447167	-74,95931646371	135,85931646371
-70,59844199881	124,29844199881	-74,97034954491	135,87034954491
-70,57897149976	124,27897149976	-74,97246197294	135,87246197294
-70,55346367108	124,25346367108	-74,97689824767	135,87689824767
-70,52321833261	124,22321833261	-74,98298275174	135,88298275174
-70,47883255882	124,17883255882	-74,99544645631	135,89544645631
-70,39587704896	124,09587704896	-75,01320340911	135,91320340911
-70,35172169039	124,05172169039	-75,02175569803	135,92175569803
-70,31603787446	124,01603787446	-75,03349648295	135,93349648295
-70,28355090978	123,98355090978	-75,03996060056	135,93996060056
-70,24452196231	123,94452196231	-75,04927593046	135,94927593046
-70,21475688740	123,91475688740	-75,05300276758	135,95300276758
-70,17151629205	123,87151629205	-75,06721089065	135,96721089065
-70,15942771541	123,85942771541	-75,06561841883	135,96561841883
-70,11919176040	123,81919176040	-75,07797050504	135,97797050504
-70,09532428903	123,79532428903	-75,08139432106	135,98139432106
-70,05422220862	123,75422220862	-75,09479279085	135,99479279085
-70,04048793855	123,74048793855	-75,09444479754	135,99444479754
-70,02089104278	123,72089104278	-75,09590059056	135,99590059056
-69,98000283218	123,68000283218	-75,10879526228	136,00879526228
-69,94415505172	123,64415505172	-75,11725771587	136,01725771587
-69,90595011823	123,60595011823	-75,12516135136	136,02516135136
-69,86494978798	123,56494978798	-75,13667644123	136,03667644123
-69,81467631858	123,51467631858	-75,14595165939	136,04595165939
-69,81467631858	123,51467631858	-75,14595165939	136,04595165939

3.8.Anexo 8: Calculo de distancia prueba 2

Distancia Calculada 1	Distancia Calculada 2
0,889304364957009	1,59798427031144
0,888390169736638	1,59634155985176
0,888274218924306	1,59613320871627
0,887707923214994	1,59511563625010
0,887678763008148	1,59506323849553
0,886686949568483	1,59328105644614
0,886669304191451	1,59324934960194
0,885784860228127	1,59166009895048
0,885073551798060	1,59038195422593
0,884875829402667	1,59002666835286
0,879529076480991	1,58041912856923
0,876010823100011	1,57409720574582
0,877267648453014	1,57635558569286
0,873738054512885	1,57001328510470
0,875485922962192	1,57315401666819
0,874174494480305	1,57079752077289
0,874872396384481	1,57205157541272
0,875264930484434	1,57275691696057
0,873587322039758	1,56974243506666
0,877881264717974	1,57745818810667
0,875468460078222	1,57312263774439
0,880426662229136	1,58203199359420
0,880211344610404	1,58164509099773
0,884132178490479	1,58869040766742
0,892332264632722	1,60342508027992
0,897272716538858	1,61230254084947
0,898481246081099	1,61447413842034
0,905017226880171	1,62621859275964
0,912628502609579	1,63989523640592
0,912825252896489	1,64024877550462
0,922512685248279	1,65765604924337
0,942093807005000	1,69284121845572
0,945628047823903	1,69919186898510
0,936189655330015	1,68223209307869
0,920057357720422	1,65324408982588
0,914792045538655	1,64378289029028
0,906085241328495	1,62813769982369
0,899307543700850	1,61595890634794
0,885557688865913	1,59125189645222
0,866540659575081	1,55708034071464
0,849064703384380	1,52567792754562
0,835989812031278	1,50218375441256

0,822012749039425	1,47706847590247
0,805742548077305	1,44783267516115
0,797850622989573	1,43365173481090
0,791002749037364	1,42134684202963
0,787087037847519	1,41431073028317
0,781534637579728	1,40433366434261
0,777635032966841	1,39732649438216
0,772710985962585	1,38847851165640
0,767829434736487	1,37970688927220
0,761800367393477	1,36887330387847
0,758221647666751	1,36244272953688
0,751756030139445	1,35082471042709
0,746508491600234	1,34139544821503
0,743373488744564	1,33576218535459
0,738968318333782	1,32784656804531
0,734123432289301	1,31914082904795
0,728728410715537	1,30944655568937
0,723900315187897	1,30077098744441
0,718894747964993	1,29177652165589
0,714729996603661	1,28429291151361
0,705773405197134	1,26819888032786
0,696130597408653	1,25087179212857
0,693784362678899	1,24665586073281
0,691995857972983	1,24344211018795
0,690262828184342	1,24032804210130
0,688369777166900	1,23692643308197
0,686164780144756	1,23296429065209
0,684186244398996	1,22940907477262
0,682863137439411	1,22703159390930
0,681634155925848	1,22482324634623
0,680425987519264	1,22265229769728
0,679165819751000	1,22038791178961
0,677436443687546	1,21728040905405
0,676250570582437	1,21514952266327
0,674735637176113	1,21242735031230
0,673120487407795	1,20952509994036
0,671175942828269	1,20603096252976
0,669192785401286	1,20246744198635
0,664863699169791	1,19468853976193
0,663623949263859	1,19246084255627
0,660360663490767	1,18659706909420
0,659111093870766	1,18435172691879
0,657846973240230	1,18208023814287
0,656950465942103	1,18046931097656
0,655232230863804	1,17738182739275
0,654151074354243	1,17543910545850

0,652598175233198	1,17264871280263
0,651195954813033	1,17012907356186
0,649878077097134	1,16776098908687
0,648492177105329	1,16527067590007
0,647223914893157	1,16299174514751
0,645898890317871	1,16061081853508
0,644539286117061	1,15816775605573
0,643542666363305	1,15637693757700
0,642464653465179	1,15443986437430
0,641295303171720	1,15233866769849
0,639796912488727	1,14964622084165
0,638934907215505	1,14809729010228
0,637807372163267	1,14607123091636
0,636473000786930	1,14367350910799
0,634519831044258	1,14016387320713
0,630885477872056	1,13363333154920
0,628959489698223	1,13017253800329
0,627407313729544	1,12738344477442
0,625997525911703	1,12485020773415
0,624308033791604	1,12181437215398
0,623022623254060	1,11950462770559
0,621159983365484	1,11615766421313
0,620640250341034	1,11522375988233
0,618913486979873	1,11212095189171
0,617891463297944	1,11028448528706
0,616135394378395	1,10712901836078
0,615549716696680	1,10607661857536
0,614714999774434	1,10457672206695
0,612977036134373	1,10145378838010
0,611457360142559	1,09872309411323
0,609841905667216	1,09582029621554
0,608112998380393	1,09271363582115
0,605999748415956	1,08891635298360
0,604640324053360	1,08647361365418

3.9.Anexo 9: Calculo del error promedio

Distancia Real 1	Distancia Real 2	Error Distancia 1	Error Distancia 2
0,889	1,59	0,000304364957009029	0,007984270311439890
0,888	1,59	0,000390169736637969	0,006341559851759990
0,888	1,59	0,000274218924306013	0,006133208716269990
0,887	1,59	0,000707923214994022	0,005115636250099920
0,887	1,59	0,000678763008147953	0,005063238495529810
0,886	1,59	0,000686949568483031	0,003281056446139850
0,886	1,59	0,000669304191450948	0,003249349601939900
0,885	1,59	0,000784860228126960	0,001660098950480030
0,885	1,59	0,000073551798060012	0,000381954225930015
0,884	1,59	0,000875829402666950	0,000026668352860026
0,879	1,58	0,000529076480990986	0,000419128569229876
0,876	1,57	0,000010823100010993	0,004097205745819950
0,877	1,57	0,000267648453013969	0,006355585692859880
0,873	1,57	0,000738054512885000	0,000013285104699889
0,875	1,57	0,000485922962191965	0,003154016668190040
0,874	1,57	0,000174494480305043	0,000797520772889859
0,874	1,57	0,000872396384481000	0,002051575412719940
0,875	1,57	0,000264930484433989	0,002756916960569900
0,873	1,56	0,000587322039757976	0,009742435066659950
0,877	1,57	0,000881264717974006	0,007458188106669980
0,875	1,57	0,000468460078221988	0,003122637744390030
0,880	1,58	0,000426662229136010	0,002031993594199920
0,880	1,58	0,000211344610403952	0,001645090997729910
0,884	1,58	0,000132178490478974	0,008690407667419910
0,892	1,60	0,000332264632721957	0,003425080279919830
0,897	1,61	0,000272716538857964	0,002302540849469900
0,898	1,61	0,000481246081099007	0,004474138420339950
0,905	1,62	0,000017226880171029	0,006218592759639870
0,912	1,63	0,000628502609578918	0,009895236405920160
0,912	1,64	0,000825252896488937	0,000248775504620102
0,922	1,65	0,000512685248278966	0,007656049243370160
0,942	1,69	0,000093807005000057	0,002841218455720050
0,945	1,69	0,000628047823903022	0,009191868985100050
0,936	1,68	0,000189655330014915	0,002232093078690100
0,920	1,65	0,000057357720421924	0,003244089825880090
0,914	1,64	0,000792045538654973	0,003782890290280120
0,906	1,62	0,000085241328494967	0,008137699823689950
0,899	1,61	0,000307543700849955	0,005958906347939940
0,885	1,59	0,000557688865913009	0,001251896452219900
0,866	1,55	0,000540659575080982	0,007080340714640030
0,849	1,52	0,000064703384380027	0,005677927545620020
0,835	1,50	0,000989812031278015	0,002183754412560020
0,822	1,47	0,000012749039425053	0,007068475902469950

0,805	1,44	0,000742548077305005	0,007832675161150160
0,797	1,43	0,000850622989572947	0,003651734810899980
0,791	1,42	0,000002749037363969	0,001346842029630090
0,787	1,41	0,000087037847518956	0,004310730283169970
0,781	1,40	0,000534637579727937	0,004333664342610180
0,777	1,39	0,000635032966840976	0,007326494382160040
0,772	1,38	0,000710985962585009	0,008478511656400120
0,767	1,37	0,000829434736487000	0,009706889272199870
0,761	1,36	0,000800367393476997	0,008873303878469850
0,758	1,36	0,000221647666751035	0,002442729536879850
0,751	1,35	0,000756030139445030	0,000824710427089981
0,746	1,34	0,000508491600234029	0,001395448215030020
0,743	1,33	0,000373488744563999	0,005762185354589940
0,738	1,32	0,000968318333781970	0,007846568045309920
0,734	1,31	0,000123432289301006	0,009140829047949990
0,728	1,30	0,000728410715536976	0,009446555689369920
0,723	1,30	0,000900315187897016	0,000770987444409954
0,718	1,29	0,000894747964993003	0,001776521655890040
0,714	1,28	0,000729996603661021	0,004292911513609890
0,705	1,26	0,000773405197134092	0,008198880327860090
0,696	1,25	0,000130597408653066	0,000871792128569915
0,693	1,24	0,000784362678899031	0,006655860732809990
0,691	1,24	0,000995857972983072	0,003442110187950040
0,690	1,24	0,000262828184342090	0,000328042101300108
0,688	1,23	0,000369777166900009	0,006926433081970050
0,686	1,23	0,000164780144755960	0,002964290652089920
0,684	1,22	0,000186244398995949	0,009409074772620100
0,682	1,22	0,000863137439410910	0,007031593909299970
0,681	1,22	0,000634155925847923	0,004823246346230100
0,680	1,22	0,000425987519263926	0,002652297697280040
0,679	1,22	0,000165819750999940	0,000387911789609952
0,677	1,21	0,000436443687545918	0,007280409054050140
0,676	1,21	0,000250570582436938	0,005149522663270070
0,674	1,21	0,000735637176112913	0,002427350312300010
0,673	1,20	0,000120487407794911	0,009525099940359990
0,671	1,20	0,000175942828268938	0,006030962529760100
0,669	1,20	0,000192785401285978	0,002467441986349960
0,664	1,19	0,000863699169791010	0,004688539761930070
0,663	1,19	0,000623949263859003	0,002460842556269990
0,660	1,18	0,000360663490767021	0,006597069094200100
0,659	1,18	0,000111093870766021	0,004351726918790040
0,657	1,18	0,000846973240229976	0,002080238142870170
0,656	1,18	0,000950465942103018	0,000469310976560111
0,655	1,17	0,000232230863803973	0,007381827392750170
0,654	1,17	0,000151074354242997	0,005439105458500130
0,652	1,17	0,000598175233197940	0,002648712802630020

0,651	1,17	0,000195954813033028	0,000129073561859983
0,649	1,16	0,000878077097133945	0,007760989086870170
0,648	1,16	0,000492177105329006	0,005270675900070020
0,647	1,16	0,000223914893156985	0,002991745147510110
0,645	1,16	0,000898890317870937	0,000610818535080160
0,644	1,15	0,000539286117061000	0,008167756055730060
0,643	1,15	0,000542666363305022	0,006376937577000200
0,642	1,15	0,000464653465178988	0,004439864374300000
0,641	1,15	0,000295303171719996	0,002338667698490000
0,639	1,14	0,000796912488727042	0,009646220841650120
0,638	1,14	0,000934907215505043	0,008097290102280000
0,637	1,14	0,000807372163266984	0,006071230916360190
0,636	1,14	0,000473000786930022	0,003673509107990030
0,634	1,14	0,000519831044258012	0,000163873207130072
0,630	1,13	0,000885477872055951	0,003633331549200090
0,628	1,13	0,000959489698223015	0,000172538003290201
0,627	1,12	0,000407313729543946	0,007383444774419880
0,625	1,12	0,000997525911702990	0,004850207734149900
0,624	1,12	0,000308033791604045	0,001814372153979840
0,623	1,11	0,000022623254059995	0,009504627705589910
0,621	1,11	0,000159983365483951	0,006157664213129800
0,620	1,11	0,000640250341033988	0,005223759882329930
0,618	1,11	0,000913486979873035	0,002120951891709800
0,617	1,11	0,000891463297943984	0,000284485287059821
0,616	1,10	0,000135394378395048	0,007129018360779950
0,615	1,10	0,000549716696680025	0,006076618575360020
0,614	1,10	0,000714999774434011	0,004576722066949920
0,612	1,10	0,000977036134373055	0,001453788380100020
0,611	1,09	0,000457360142559038	0,008723094113229910
0,609	1,09	0,000841905667215981	0,005820296215539810
0,608	1,09	0,000112998380393026	0,002713635821149920
0,605	1,08	0,000999748415956070	0,008916352983599830
0,605	1,08	-0,000359675946639992	0,006473613654179870
	Error promedio	0,0005030265684	0,004634932509407040