

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

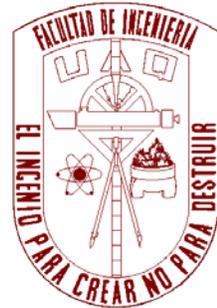
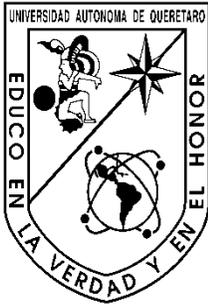
DE

QUERÉTARO

Facultad de Ingeniería

Campus San Juan del Río

Área de Electromecánica



T E S I S

**Implementación y programación de sistema GPS para
geolocalización vía internet de un midibús de transporte público**

Que como parte de los requisitos para obtener el título de:

Ingeniero Electromecánico

Línea terminal en Diseño y Manufactura

Presenta:

José Joaquín Nieto Ugalde

Dirigido por:

Dr. Miguel Trejo Hernández

San Juan del Río, Querétaro, Febrero de 2015

DEDICATORIAS

“En memoria de mi querido padre el Sr. Benito, que gracias a sus consejos que en vida me dio,
hizo de mí un hombre de bien.”

“A mi pequeño hijo Axel, que gracias a su cariño y amor me ha motivado a salir adelante.”

“A mis sobrinas traviesas y al pequeño que viene en camino”

“A toda mi familia por sus sabios consejos.”

“A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para realizar mis estudios.”

AGRADECIMIENTOS

A mí Querida madre la Sra. Victoria, y hermanos, Esteban, Elizabeth y Benito, por brindarme su apoyo y motivación para realizar mis estudios en esta institución.

A mi amada esposa Daniela por comprenderme y brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba.

A mi Tía la Sra. Guadalupe que directa e indirectamente me brindó su apoyo.

A mi asesor el Dr. Miguel Trejo Hernández, por su apoyo y motivación para realizar este proyecto y a lo largo de mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por permitirme realizar mis estudios en esta institución y al proyecto Fomix-Qro-2012 –C01-193454.

A mis profesores por compartirme sus conocimientos, y de ellos enriquecerme para concluir la carrera.

A mis compañeros por sus motivación y enseñanzas, dentro y fuera de la Universidad.

¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
1. Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 OBJETIVOS PARTICULARES.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 ALCANCE.....	7
2. Capítulo 2: Fundamentación teórica.....	8
2.1 ORÍGENES DEL RASTREO REMOTO.....	8
2.2 TIPOS DE RASTREO REMOTO.....	9
2.3 UBICACIÓN DEL NORTE GEOGRÁFICO.....	9
2.4 INICIOS DE UBICACIÓN A TRAVÉS DE LA BRÚJULA-COMPAS.....	9
2.5 EL ASTROLABIO COMO INSTRUMENTO.....	10
2.6 INVENCION DEL OCTANTE.....	11
2.7 PRINCIPALES APLICACIONES ACTUALES DEL RASTREO REMOTO.....	12
2.8 RADIONAVEGACIÓN ESPACIAL: SATÉLITES ARTIFICIALES.....	14
2.9 PRINCIPALES INICIOS Y ETAPAS DEL SISTEMA TRANSIT.....	15
2.10 INTRODUCCIÓN DEL TERMINO GPS.....	16
2.11 RASTREO GPS.....	17
2.12 TRÁFICO DE DATOS LÓGICO DEL SISTEMA GPS.....	19
2.13 ACCESORIOS EXTERNOS NECESARIOS PARA EL GPS.....	19
2.14 KITS COMERCIALES PARA APLICACIONES GENERALES BASADOS EN GPS.....	19
3. Capítulo 3. Metodología.....	22
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	22
3.2 DESCRIPCIÓN A DETALLE DEL SISTEMA.....	26

3.3	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GPS	27
3.4	RECEPCIÓN DE DATOS BAJO ESTÁNDAR DE PROTOCOLO	28
3.5	PRINCIPAL ERROR EN RECEPCIÓN DE DATOS.....	34
3.6	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA GSM	34
3.7	SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE COMANDO TIPO AT	38
3.8	PROGRAMACIÓN PARA MÓDULO GSM.....	41
3.9	INTERCONEXIÓN.....	42
3.10	IDENTIFICACIÓN DE PINES Y CONEXIÓN DE MÓDULOS A TARJETA	43
3.11	PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE PRUEBAS	46
3.12	PROGRAMACIÓN DE OPERACIÓN.....	46
3.13	PROGRAMACIÓN DE WEB EMBEBIDA.....	50
3.14	INTERFAZ GRÁFICA DEL USUARIO.....	53
3.15	DISEÑO DE PRUEBAS.....	54
3.16	ACCESO A PÁGINA POR INTERNET	62
3.17	ACCESO A INTERFAZ GRÁFICA.....	62
4.	Capítulo 4. Análisis de resultados y conclusiones	64
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	64
4.2	CONCLUSIONES	66
5.	Referencias.....	68
	Anexo.....	72

Índice de Figuras

Figura 2.2 Representación de la brújula como inicio del rastreo remoto.....	9
Figura 2.3 Imagen representativa del Astrolabio.....	10
Figura 2.4 Representación del Octante para ubicación marítima.....	11
Figura 2.5 Interior de una estación LORAN. Foto: US Coast Guard.....	13
Figura 2.6 Satélite artificial: el Sputnik. Foto: Wikimedia commons.....	14
Figura 2.7 El comienzo del sistema TRANSIT fue en 1959 Financiado por la Marina. Foto: Cortesía de la NASA.....	15
Figura 2.8 Lanzamiento de satélites para la constelación NAVSTAR-GPS mediante un Cohete Delta. Foto: Wikimedia Commons.....	16
Figura 2.9 Conformación de Constelación GPS. Foto: Cortesía de la NASA.....	18
Figura 3.1 Representación del sistema identificando cada componente.....	22
Figura 3.2 Representación física del componente de GPS.....	23
Figura 3.3 Representación del sistema identificando como Modulo Wireless GSM.....	24
Figura 3.4 Tarjeta programable para el desarrollo del sistema.....	25
Figura 3.5 Estructura de datos de acuerdo al protocolo NMEA.....	27
Figura 3.6 Datos obtenidos de acuerdo al receptor GPS bajo los estándares de protocolo.....	28
Figura 3.7 Estructura del mensaje para determinar Velocidad del receptor sobre la Tierra.....	29
Figura 3.8 Estructura de programación para Velocidad de receptor sobre la Tierra.....	30
Figura 3.9 Estructura del mensaje para determinar Altura en metros.....	31
Figura 3.10 Estructura de programación para obtener la Altitud respecto al nivel del Mar.....	32
Figura 3.11 Estructura del mensaje para determinar Latitud, Longitud y la indicación del hemisferio.....	33
Figura 3.12 Error provocado por condiciones de clima extremo en el proceso de arranque de modulo GPS.....	34
Figura 3.13 símbolo universal para identificar un módulo GSM.....	35
Figura 3.14 Código con identificación de comando AT+CMGF para mensajes de texto.....	41
Figura 3.15 Código con identificación de comando AT+CMGS con número de destino y espacio para mensaje corto.....	41
Figura 3.16 Antena activa-555 Magnética.....	42

Figura 3.17 Diagrama de conexiones Física entre GPS y Tarjeta.....	43
Figura 3.18 Diagrama de conexiones entre GPS y Tarjeta.....	43
Figura 3.19 Diagrama de conexiones entre GSM y Tarjeta.....	44
Figura 3.20 Diagrama de conexiones Física entre GSM y Tarjeta.....	45
Figura 3.21 Software de programación.....	46
Figura 3.22 Inicio de la función del código para tener acceso a la función del GPS.....	47
Figura 3.23 Función principal de obtención de datos.....	47
Figura 3.24 Código para contar comas y ordenar datos de GPS.....	48
Figura 3.25 Datos obtenidos por el GPS de manera ordenada.....	49
Figura 3.26 Función de inicio y librerías específicas.....	49
Figura 3.27 Reconocimiento de comandos AT y envío de SMS.....	50
Figura 3.28 Código para color de página web.....	51
Figura 3.29 Código enunciado principal de la web.....	52
Figura 3.30 Código de activación de página web.....	52
Figura 3.31 Ruta establecida para pruebas de GPS.....	54
Figura 3.32 Datos obtenidos del GPS durante prueba 1.....	55
Figura 3.33 Datos obtenidos del GPS durante prueba 1.....	56
Figura 3.34 Datos obtenidos del GPS durante prueba 2.....	57
Figura 3.35 Gráfica Datos obtenidos del GPS durante prueba 2.....	58
Figura 3.36 Comparación de gráficas.....	59
Figura 3.37 Datos seleccionados para envío de SMS.....	60
Figura 3.38 Recepción de SMS.....	60
Figura 3.39 Comprobación de coordenadas.....	61
Figura 3.41 Captura de pantalla principal de interfaz.....	62
Figura 3.42 Acceso a monitoreo de internet a interfaz.....	63

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Protocolo de comunicación con el Modem GSM.....	38
Tabla 3.2 Protocolo de comunicación vía SMS.....	38
Tabla 3.3 Protocolo de identificación de Módulo GSM	39
Tabla 3.4 Protocolo de identificación de receptor.....	39
Tabla 3.5 Protocolo de recepción y lectura de SMS.....	39
Tabla 3.6 Serie de comandos para comunicación con el módulo GSM.....	40

1. Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

En la actualidad se conoce una gran variedad de dispositivos electrónicos, tecnología de gran utilidad y que de forma involuntaria benefician a las personas de una u otra forma. Hoy en día se cuenta con la tecnología GPS (de sus siglas en inglés Sistema de Posicionamiento Global) donde existen diversos dispositivos móviles que cuentan con esta tecnología, sin embargo, como es bien conocido este desarrollo tuvo principio en los Estados Unidos Desarrollado por El Departamento de Defensa empleado principalmente para usos militares pero después se extendió para uso civil.

El presente proyecto pretende implementar un sistema de Geolocalización a un midibús de transporte público, si bien es conocido sabemos que el transporte público la mayor parte del tiempo explota de manera inadecuada sus actividades de recorrido de ruta, de acuerdo con estadísticas del Servicio de Urgencias durante el 2013, en territorio mexicano se registraron 28 mil accidentes de tránsito. En 35 por ciento de ellos estuvieron involucradas unidades de Transporte Público (PDQ, 2012). Así se tiene la finalidad de tener monitoreado y controlado el recorrido del midibús de transporte público, utilizando un Módulo Geolocalizador (GPS+GMS) con el que se obtendrá la ubicación en tiempo real, velocidad, latitud, altitud, evitando con este monitoreo la modificación de la ruta establecida, evitar el exceso de velocidad, así mismo y en efecto, reducir la posibilidad de mayor número de accidentes y explotando de manera correcta y adecuada el servicio establecido para el midibús. El módulo de Geolocalización también contará con un sistema GMS el cual se utilizará para encontrarse aunado a una central de control para obtener una pronta respuesta ante una posible eventualidad con algún pasajero. Además, a través de una petición HTTP entre la tarjeta programable y la computadora se utilizará la tecnología adecuada y actualizada del Centro Nacional de Geografía, utilizando imágenes cartográficas para crear una imagen en tiempo real de la ruta trazada por el seguimiento del sistema de rastreo.

La habilidad del GPS para determinar con precisión la localización de un usuario utilizando un receptor GPS en cualquier lugar bajo cualquier condición climática, atrajo a millones de usuarios. El Sistema de Posicionamiento Global (GPS- *Global Positioning System*)

es un sistema de navegación basado en satélites de comunicación que fue desarrollado por el departamento de defensa a principios de los 70's. Inicialmente fue desarrollado para beneficios militares de los Estado Unidos. Sin embargo este tipo de sistema, más tarde fue permitido para uso a personas civiles, y es ahora un sistema de uso dual que puede ser utilizado tanto para militares como para civiles. El GPS envía continuamente información de posición y tiempo en cualquier parte del mundo bajo cualquier condición climática. El GPS es un sistema que ha sido utilizado por un número ilimitado de usuarios. Esto es, los usuarios solo pueden recibir las señales satelitales del GPS. (Cenice, 2006).

El GPS consiste de una constelación de 24 satélites operacionales y 6 satélites de respaldo. Para llevar a cabo la cobertura continua mundial, los satélites del sistema GPS son agrupados en órbitas de 4 satélites, así forman un total de 6 órbitas. Con esta constelación geométrica, de 4 a 10 satélites serán visibles para cualquier parte del mundo, pero solo 4 satélites serán necesarios para determinar la información de la localización, (Parkinson, 1996).

Por ello en el desarrollo de este proyecto se implementará un sistema de control y monitoreo GPS para el seguimiento de un midibús aunado a un sistema de pronta respuesta ante una situación adversa a la ruta establecida, el desarrollo del sistema constará de dos etapas principales, la primera donde será desarrollado el software y la segunda etapa consta del chip que interpretará de la programación realizada y la adquisición de las señales emitidas por los satélites de la constelación GPS para la determinación de posición y ruta, además de una petición HTTP entre la tarjeta programable y la computadora .

1.1 Antecedentes

Así como muchas de las innovaciones en alta tecnología de los últimos 60 años fueron originalmente desarrolladas para milicia, GPS no fue la excepción. En 1973 el Departamento de defensa de Estados Unidos, con una inversión de 12 millones de dólares, empezó a desarrollar el proyecto Navstar GPS para proveer información precisa de localización para aeronaves, navíos, submarinos, tanques de guerra, etc. No fue sino hasta 1983 que Navstar GPS expandiera sus señales para uso civil; esto permitió a la aviación, navegación en tierra, mar y otros medios de transportación una mejor precisión en sus sistemas de navegación.

La constelación Navstar compuesta de 24 satélites envía dos tipos de señales a la tierra que difieren en niveles de precisión. El primer tipo conocido como servicio de localización precisa (PPS- *Precise Positioning Service*) es una señal encriptada para usos militares, la cual fue diseñada para niveles de aproximación de 15 a 30 metros, pero en la práctica se han logrado precisiones en el orden de 10 metros. La segunda señal conocida como Servicio de Localización Estándar (SPS-*Standard Positioning Service*) es una señal estándar para uso civil, tiene una precisión de 100 a 150 metros. La señal SPS es degradada a propósito por el Departamento de Defensa utilizando una técnica conocida como Disponibilidad Selectiva (SA-*Selective Availavility*).

Los receptores GPS han estado disponibles en el mercado por más de 20 años, sin embargo como sucede en otros tipos de radio receptores, estos están basados fundamentalmente en una electrónica de tipo analógica y se utilizaban microprocesadores únicamente para el cálculo de la posición. En 1989 con el lanzamiento del satélite GPS de fase II todo el procesamiento de señales analógicas fue reemplazado por microprocesadores y algunos circuitos integrados adicionales. (Parkinson, 1996)

Aproximadamente hace una década se han desarrollado receptores GPS basados en software, sin embargo solo hasta hace poco se ha podido disponer de la capacidad de procesamiento en microprocesadores en computadoras personales que hacen posible implementar un receptor completo que pueda operar en tiempo real.

En lo que se refiere a desarrollos en el ámbito de la Universidad Autónoma de Querétaro, se tienen los trabajos siguientes:

En lo que se refiere a desarrollos utilizando equipos GPS al interior de la Universidad Autónoma de Querétaro, se tienen trabajos variados como el de (Montoya, 2011) quién desarrolla herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la evaluación de redes cuya caracterización se basa en formulaciones empíricas del consumo de combustible y daño a pavimentos y que toman información de posicionamiento global (GPS) para evaluar el impacto ambiental y daño a infraestructuras. Por otra parte (Vega, 2012), realiza el modelado y simulación de sistemas de transporte público en la ciudad de Querétaro, en él, se permite al usuario del servicio de transporte, construir el itinerario óptimo como una sucesión de puntos, cada uno consistente en un sitio y una lista de identificaciones de ruta del sistema que el usuario en dado momento pudiera abordar para alcanzar su destino.

También se encuentra el trabajo de (Piña, 2013) quién presenta un sistema de monitoreo móvil de la calidad del aire utilizando redes vehiculares de transporte que consiste en una unidad remota y un servidor-receptor de información habilitado para la recepción de mensajes SMS, integrando un modem GPRS y un chip GPS. El sistema adquiere niveles de contaminantes ambientales como CO, NO₂, SO₂ y puede ser visualizada el área urbana donde se aplicó la prueba (a través de una ruta definida) mediante la muy conocida aplicación Google Earth. En (Soto, 2011) se encuentra el desarrollo de una plataforma de comunicación basada en GPRS para administración de datos en sistemas de automatización de invernaderos.

Por último, referente al transporte público, en (Vázquez, 2010) se hace un estudio de diseño como espaciamiento, ubicación, dimensionamiento y elementos de infraestructura complementarios en cuanto a los paraderos del transporte público donde se encuentra que existe una problemática muy acentuada en los paraderos principales que es debida al exceso de unidades en funcionamiento. En el trabajo de (Arellano, 2014) del área administrativa, se puede observar la adopción de aplicaciones móviles para el sistema de transporte público en Querétaro, haciendo hincapié en el desarrollo de aplicaciones para las plataformas móviles generando un nuevo mundo dominado por los Smartphome, y más bien el estudio se enfoca a determinar qué factores influyen en los usuarios a adoptar una tecnología móvil para el transporte. Por lo que puede verse, se ha trabajado en diversos desarrollos de sistemas en GPS y en algunos otros casos

en temas sobre el transporte público, y en ese sentido en la presente tesis, se aborda el uso, programación e implementación de un sistema GPS a un midibús de transporte público para su geolocalización como una de las aportaciones a un proyecto integral con otros desarrollos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema integral de control y monitoreo vía GPS que pueda ser interconectado vía internet para la geolocalización satelital de una unidad de transporte público, obteniendo ubicación, velocidad y aceleración para llevar un control del tiempo de recorrido de la ruta.

2.2.1 Objetivos Particulares

- Investigar los distintos modelos y opciones de GPS que pueden ser presentados para el presente proyecto.
- Definir el dispositivo de banda ancha o forma de interconectare al sistema de GPS.
- Desarrollar una interfaz en software para el monitoreo de posición de la unidad, definiendo a su vez el tiempo de lectura.
- Desarrollar en el software un mapa donde se evidencie la posición de la unidad, determinando su velocidad y aceleración.
- Reportar los resultados obtenidos e interpretarlos.

1.3 Justificación

Un receptor de señales GPS basado en software ofrecerá la posibilidad de aplicar rediseños de forma directa y costos relativamente bajos. Este receptor, al contrario de un receptor ordinario, realiza todas sus operaciones a través de un micro controlador programable. Permitirá la efectividad de diferentes algoritmos y ajustar la operación del receptor en caso de que sucedan cambios en la señal GPS que recibe.

Debido a lo ya mencionado, esta tesis tiene como finalidad el estudio de la geolocalización de un midibús de transporte público y la verificación de la efectividad del dispositivo receptor, que en comparación a otros sistemas GPS de desarrollo, tendrá la flexibilidad de que dada la circunstancia, las lecturas se tornen de cierta forma errónea, el dispositivo será capaz de ser reprogramado verificando el error en el algoritmo. Por otra parte, en ventaja sobre otras tarjetas de desarrollo GPS la tarjeta definida para utilizar en el proyecto, cuenta con un GSM Tracker Wireless que permite realizar fácilmente la transferencia de datos en tiempo real, capaz de recibir señales satelitales y a su vez enviar un mensaje o llamada corta a una central de control de emergencia (cruz roja ejemplo) para una pronta respuesta de ayuda ante una posible eventualidad de algún pasajero del Transporte Público.

El transporte público también es de suma importancia para nuestro vida cotidiana pero ante el servicio se encuentra principalmente la seguridad, nadie está dispuesto a sufrir un accidente, así el sistema que se implementará no estará enviando lecturas sobre su ruta establecida ya que durante el monitoreo de este, entregará una serie de datos importantes para mantener el control de la unidad, conociendo los valores de posición, velocidad, aceleración, de esta manera se conocerá si el chofer de la unidad se encuentra fuera de los límites de velocidad permitidos ya que un gran porcentaje de los accidentes son provocados este hecho. Por caso contrario, ante alguna eventualidad inesperada, el sistema de monitoreo remoto permitirá una pronta respuesta.

1.4 Alcance

El desarrollo de este proyecto tendrá como fin la interpretación de los resultados obtenidos por el sistema de geolocalización GPS de manera que el seguimiento que llevará el midibús será en tiempo real y con ayuda de la tecnología que utiliza Google Maps o imágenes cartográficas esta interpretación se llevará a cabo a través de una petición de HTTP, esta interpretación principalmente controlada por un administrador obtendrá como fin el seguimiento y la ruta trazada durante el trayecto especificado para el midibús, dando como resultado la posición, velocidad, altitud, latitud y una imagen representativa en un mapa.

Con la ejecución de este proyecto se beneficiaría a los usuarios de Transporte Público, socio-propietarios de la unidad o unidades. El mejoramiento de este servicio en relación al desarrollo del proyecto es que además de conocer la ubicación exacta de la unidad, velocidad , aceleración y el cuidado de los choferes al manejar, evitaría un gran número de quejas acerca del servicio mejor trato de las unidades y en consecuencia evitar y así tratar de disminuir la cifra de accidentes.

2. Capítulo 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Orígenes del rastreo remoto

La navegación marítima es una actividad antigua que es conocida e historiada sobre todo a partir de la civilización griega. Los griegos, los romanos y los árabes se orientaban principalmente observando la costa y la posición de algunos astros dominantes (el sol durante el día y la estrella polar durante la noche) ya que la navegación era en pequeños mares. También se ayudaban con los faros. Parece sin embargo, que ya se ayudaban de algunos instrumentos tal como el astrolabio, invención que llegaría a España a través de los árabes hacia el siglo XII. Es posible que también utilizaran una forma rudimentaria de brújula, invención atribuida a los chinos que sería posteriormente perfeccionada por los europeos y usada para determinar el polo norte de la Tierra. Con estos instrumentos, los astros y las cartas de navegación se podían determinar el rumbo y la latitud, aunque de forma imprecisa. La creciente importancia de la navegación marítima, tanto de la guerra como la comercial, llevaron al perfeccionamiento de los instrumentos y a mediados del siglo XVIII se inventó en Inglaterra el Sextante, instrumento mecánico óptico que permitía medir con mayor precisión la latitud del observador conociendo la elevación del sol sobre el horizonte y la hora del día. Sin embargo, la determinación de la hora y por lo tanto de la longitud era muy poco precisa y fue necesario esperar la construcción de precisos cronómetros, lo cual tuvo lugar en Inglaterra y Francia a finales del siglo XVIII. (Manuel, 1992).

Hay instrumentos como se es mencionado cuyo uso persiste en el tiempo, y aquellos que resultan obsoletos al ser sustituidos por otros mejores. La rueda, la tijera, el reloj, la brújula nos son cotidianos pero el astrolabio, el sextante y la ballestilla, no. Estos últimos aun cuando su utilidad es anacrónica incluso para los navegantes actuales, resolvieron en buena medida esa necesidad por lo cual hoy empleamos un GPS en el automóvil o teléfono.

2.2 Tipos de rastreo remoto

En altamar todo ofrece el mismo panorama, no hay un paisaje cuyos accidentes permitan orientarse. Son el sol y el resto de los astros las referencias que los navegantes usaron durante los siglos para conocer su ubicación y rumbo. Como se presenta a continuación estos instrumentos fueron empleados en la antigüedad para orientarse.

2.3 Ubicación del Norte Geográfico

En la Tierra existe un norte magnético que, en términos generales, coincide con su norte geográfico. Cuando el hombre se percató de ello, se ayudó de imanes para construir los primeros instrumentos para la navegación.

2.4 Inicios de Ubicación a través de la Brújula-Compas

El instrumento más importante y antiguo es la brújula que, a bordo de un buque, se llama compás. La referencia más antigua de su uso corresponde al año 1111 en China. También es posible que los noruegos en cuyo país abunda la magnetita usaran el leiderstein o piedra de imán como primitivo compás en el año 868. Su uso se generalizó en Europa alrededor del siglo XVIII.



Figura 2.2 Representación de la brújula como inicio del rastreo remoto. Foto cortesía de Algarabía

Es un instrumento circular cuya caja se encuentra fija frente al timón. En el mismo sitio en que nuestro reloj marcaría las doce está indicada una "línea de fe", sobre la cual avanza el barco. Dentro de la caja hay una rosa de los vientos: un círculo dividido en cuadrantes por una cruz cuyas puntas indican los puntos cardinales. Cada cuadrante puede ser dividido en mitades o

en cuartos, las más precisas indican 360 grados en que se divide una circunferencia. La rosa con la magnetita adherida a la punta que señala el norte, gira dentro de la caja. Así, al leer donde coincide la línea de fe con la línea de la rosa, el timonel sabe la dirección del barco. (Manuel, 1992) Ver figura 2.2.

2.5 El Astrolabio como Instrumento

El buscador de estrellas es, quizá, el instrumento astronómico más antiguo. Es probable que Hiparco y Ptolomeo lo hayan usado, Juan Filopono escribió un tratado sobre el hacia 550, y los árabes lo perfeccionaron en el siglo X. Es un disco que el navegante suspende de canto frente a sí; se toma con los dedos de un anillo que representa el cenit 90 grados de elevación; la línea horizontal del disco representa el horizonte 0 grados; la aguja que gira en el centro se dirige al sol con ayuda de pínulas que sirven de visor. Ver figura 2.3.

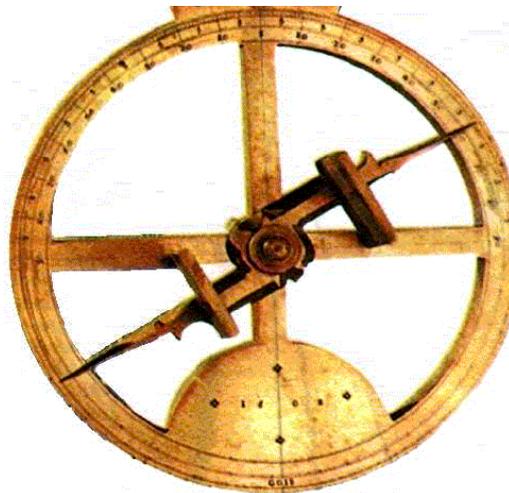


Figura 2.3 Imagen representativa del Astrolabio. Foto cortesía de Algarabía

Una vez ubicado el Sol, se leen los grados sobre el horizonte marcados en la superficie del disco que la aguja indica. Fue utilizado hasta el siglo XVII por los españoles y portugueses, principalmente.

2.6 Invención del Octante

Fue inventado en 1731 por el astrónomo inglés John Hadley a partir de un telescopio reflector desarrollado por Isaac Newton. Debe su nombre a que su arco mide un octavo de circunferencia. Ver figura 2.4



Figura 2.4 Representación del Octante para ubicación marítima. Foto: Coast Guard

Sobre cuán al este o al oeste se desplazaban los navegantes, se usa un principio muy semejante al ya explicado. Se observa un cuerpo celeste como el sol en su altura máxima (mediodía). Se ajusta entonces un reloj a las 12, y se compara con la hora de un segundo reloj a bordo, que registra la del meridiano de referencia. La diferencia entre ambas horas indica la longitud, cuantos meridianos de referencia y por lo tanto que distancia hay entre ambos puntos. Sin embargo, ese cálculo era bastante errático con los frágiles e imprecisos relojes de arena, los únicos que podían llevarse a bordo. El problema se resolvió hasta la invención del cronometro, obra del relojero inglés John Harrison, quien en 1774 cobro el premio que desde 1714 ofrecía el parlamento inglés a quien lograra crear un instrumento de precisión capaz de mantener a bordo la hora del meridiano de origen.

2.7 Principales aplicaciones actuales del rastreo remoto

Con el desarrollo de la Radiotelegrafía en el primer cuarto del siglo XX los barcos podían comunicarse entre ellos y con la costa, y ayudare en a determinación de las rutas, pero un medio de comunicación a distancia y no de localización. Habría que esperar a las Segunda Guerra Mundial para que surgiera la apremiante necesidad militar. Ésta no era otra que los aviones bombarderos británicos pudieran orientarse y alcanzar sus objetivos durante vuelos nocturnos o de día en presencia de nubes. Así comenzó en junio de 1940 el estudio de un sistema bajo la dirección y supervisión de la Royal Air Force (RAF) británica en el proyecto que se denominó GEE. (Campbell, 1940)

Se conocían ya el funcionamiento de los radares que permitían la localización y distancia de los aviones de vuelo. Se estableció un sistema de triangulación con tres estaciones de radar situadas a la mayor distancia posible entre ellas. Los ecos de los pulsos reflejados por el avión permitían situar al mismo en una rejilla hiperbólica por la interacción de las señales reflejadas. (Campbell, 1940). El procedimiento resulto seguro y las primeras operaciones importantes, como el bombardeo de la ciudad alemana de Essen, se llevó a cabo en marzo de 1942. La operación resulto tan exitosa que en agosto de ese mismo año todos los cazabombarderos británicos ya estaban equipados con este sistema.

También la marina de guerra jugo un papel muy importante en la Segunda Guerra Mundial y durante la misma o inmediatamente después surgieron en Gran Bretaña y Estados Unidos proyectos para la navegación basados en las ondas radioeléctricas. En esos momentos en los que había que hacer grandes esfuerzos bélicos, los países implicados en la guerra dedicaban grandes esfuerzos para hallar herramientas, sistemas y equipos que les proporcionaran superioridad bélica sobre el enemigo. Por eso, tal y como dice Bornschlegtel " A principios de 1945 había más científicos e ingenieros en EEUU, Reino Unido, Alemania y Japón trabajando en cómo aplicar la tecnología radio a la navegación y a la localización que todos los científicos e ingenieros que dedicaron su tiempo a estos descubrimientos en toda la historia desde 1935". (Bornschlegtel, 2009)

Así se desarrollaron e implementaron varios sistemas tales como LORAN, OMEGA y DECCA. El desarrollo de LORAN comenzó en 1940 como u proyecto del Microondas del

Comité de Investigación de la Defensa Nacional, perteneciente a su vez al departamento de Defensa de los EEUU. (Dieggelen, 2009) Este sistema, que copio conceptos y se basó en los principios del GEE británico, fue desarrollado en el Laboratorio de Radiación del MIT y se convirtió en el primer sistema de posicionamiento que podía funcionar en cualquier circunstancia o condición meteorológica. Sin embargo, solo podía determinar la posición en dos dimensiones: longitud y altitud A diferencia del GEE, que trabajaba en frecuencias de UHF (Ultra High Frequency), el sistema LORAN utilizaba frecuencias de LF (Low Frequency), cuyo alcance era mucho mayor, del orden de los casi 2000 km. Era un sistema también hiperbólico y los primeros resultados permitían fijar la posición de un navío con un error de 160 metros. (Campbell, 1940).



Figura 2.5 Interior de una estación LORAN. Foto: US Coast Guard

La administración de este programa fue transferida a la armada estadounidense a principios de 1943 siendo la Guardia Costera del Ejército la encargada de establecer el servicio de modo que proporcionase cobertura a todo el teatro de operaciones en el pacífico. La rapidez en la construcción y disponibilidad operativa de las estaciones fue un factor decisivo para proporcionar asistencia a los barcos y aviones que combatieron en el pacífico y que lograron la victoria sobre Japón. (Needham, 1962)

El sistema LORAN con sus sucesivas versiones y mejoras era operado a nivel gubernamental por los EEUU pero fue extendiéndose por todo el mundo mediante acuerdos con los gobiernos de otros países y a partir de la década de los sesenta fue utilizado extensivamente en la navegación civil. Con la llegada de los sistemas de navegación basados en satélites empezó

a decrecer su uso hasta que hacia el año 2010 el gobierno de EEUU decidió dejar de operarlo. (Campbell, 1940)

2.8 Radionavegación espacial: Satélites Artificiales

En octubre del año 1957 la Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial: el Sputnik en plena Guerra Fría y con la carrera espacial comenzada, este hecho fue un duro golpe para el prestigio de los EEUU y motivó, entre otras acciones, la creación de la NASA y de DARPA tratando de recuperar el liderazgo en tecnologías del espacio y de la defensa. (W.Bradford, 1996)

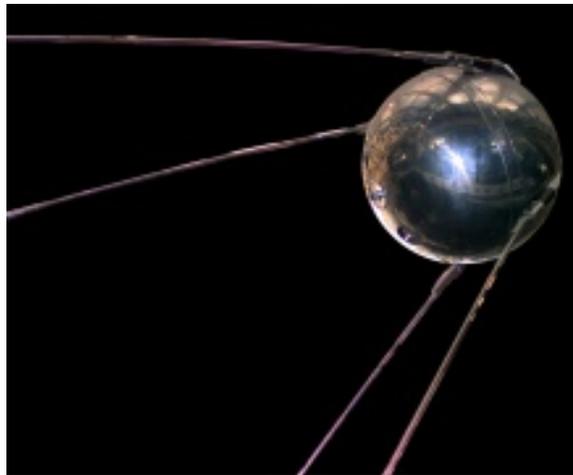


Figura 2.6 Satélite artificial: el Sputnik. Foto: Wikimedia commons

Las señales emitidas por el satélite se podían utilizar para fijar la posición del satélite y su órbita. Se pensó en la utilización recíproca, es decir, determinar la posición del receptor en la Tierra a partir de las señales del satélite iniciando así los estudios y proyectos para la navegación y localización basada en estos "astros" artificiales. Alrededor de esta época se estaban desarrollando también los misiles nucleares intercontinentales y conocer su trayectoria anticipadamente era muy importante para poder destruirlos. Por todo ello, tanto en la marina como en la fuerza aérea de EEUU comenzaron a desarrollar sistemas de navegación basados en satélites. (W.Bradford, 1996)

2.9 Principales Inicios y Etapas del sistema TRANSIT

El sistema TRANSIT comenzó su estudio y desarrollo en 1959 financiado por la marina y su desarrollo se realizó principalmente en la John Hopkins University. Fue el primer sistema de navegación satelital pero funcionaba solo con cuatro o seis satélites de baja orbita por lo cual sus capacidades eran demasiado limitadas. Sus primeras mediadas, para la localización de submarinos con misiles Polaris, tuvo lugar en 1964. Posteriormente, en 1967, fue autorizado para fines civiles y, utilizado por flotas pesqueras, buques, oceanográficos y compañías de exploración de petróleo hasta el año 1996 en que fue abandonado. (Manuel, 1992)



Figura 2.7 El comienzo del sistema TRANSIT fue en 1959 Financiado por la Marina. Foto: Cortesía de la NASA

Las limitaciones del sistema TRANSIT llevaron a otros desarrollos debido a que solo determinaba la posición en el plano, además para lograr esto solo se podía acceder a los satélites cada 1.5h y se requería seguir al satélite durante 15 minutos, y no determinaba altura y distancia, tal como el TIMATON desarrollado en U.S Naval Research Laboratory (NRL) a partir de 1964 y operativo en 1967. La constelación de satélites, que llevaban relojes atómicos a bordo, permitía determinar posición en tres coordenadas y la distancia. (Akos, 1997)

2.10 Introducción del término GPS

Al mismo tiempo, la fuerza aérea de EEUU estaba desarrollando otro sistema denominado 621B que permitiría determinar la posición de un avión con una precisión de una centena de milla, y el ejército también estaba estudiando su propio sistema. Para evitar este desastre de esfuerzos y presupuesto mal invertido, el Departamento de Defensa (DoD) de Estados Unidos decide en 1968 unificar estas iniciativas y crea un comité llamado NAVSEG cuyo objetivo era desarrollar el concepto de navegación vía satélite tomando como base las investigaciones llevadas a cabo por la Marina y Fuerza aérea. El resultado es la definición de un nuevo concepto del sistema denominado NAVSTAR-GPS que incorporaba las mejores tecnologías de los proyectos existentes y fijaba una configuración que consistía en 24 satélites en orbitas inclinadas de 12 horas de periodo. (Scott Pace, 1995) En diciembre de 1973 se aprueba el plan y los presupuestos para las primeras fases del desarrollo. En junio de 1974 un grupo de empresas con gran experiencia en sistemas de armas del DoD denominado Rockwell International es elegido para la primera fase del programa. El 14 de julio de 1974 el primer satélite de la serie GPS es puesto en órbita.



Figura 2.8 Lanzamiento de satélites para la constelación NAVSTAR-GPS mediante un cohete Delta. Foto: Wikimedia Commons

Después del primer lanzamiento se planificó tener la constelación completa ocho años después. Unido a varios retrasos el proyecto paró durante varios años. Por fin, en diciembre de 1983 se declaró la fase operativa inicial del sistema GPS. El objetivo del sistema GPS era ofrecer a las fuerzas de los EEUU la posibilidad de posicionarse de forma autónoma o individual, de vehículos o de armamento, con un coste relativamente bajo, con disponibilidad global y sin restricciones temporales. La iniciativa, financiación y explotación corrieron a cargo del Departamento de defensa de los EEUU, el GPS se concibió como un sistema militar estratégico. (Bornschlegtel, 2009)

En 1984 un vuelo civil de Korean Airlines fue derribado por la unión soviética al invadir por error su espacio aéreo. Ello llevó a la administración Reagan a ofrecer a los usuarios civiles cierto nivel de uso de GPS, llegando finalmente a ceder el uso global y sin restricciones temporales, de esta forma se conseguía un retorno a la economía de los EEUU inimaginables unos años atrás. Además se suponía un gran liderazgo tecnológico originando un vertiginoso mercado de aplicaciones. (Bornschlegtel, 2009).

2.11 Rastreo GPS

El sistema de posicionamiento global GPS, es un sistema de radio navegación mundial formado principalmente por una constelación de 24 satélites y sus estaciones terrenas de monitoreo y control. Este sistema utiliza puntos de referencia para calcular posiciones con exactitud en la superficie del planeta.

Hoy en día, los receptores del sistema GPS son miniaturizados al tamaño de unos cuantos circuitos integrados que son sumamente económicos. Esta ventaja hace que la tecnología se encuentre disponible para cualquier persona. En el mercado, se pueden encontrar receptores de GPS para medios de transporte terrestre, acuáticos y aéreos; equipos de construcción, maquinaria de granjas y en computadoras personales portátiles.

GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. Para la obtención de coordenadas

el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema. (Aldo Mangiaterra, 2005)

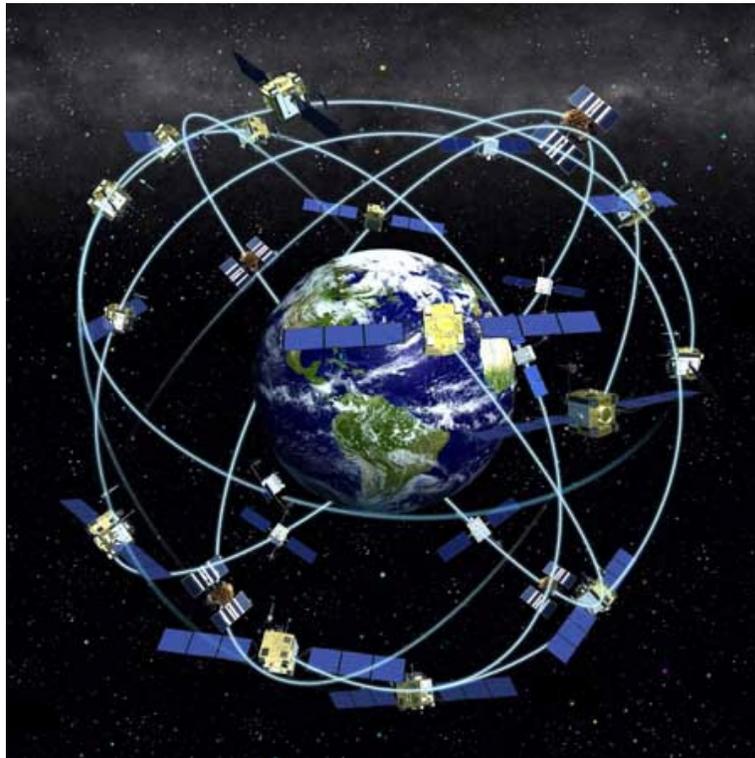


Figura 2.9 Conformación de Constelación GPS. Foto: Cortesía de la NASA.

Aunque la sensibilidad de los sistemas GPS se ha mejorado con el tiempo, las modalidades civiles de tales equipos varía en función de una serie de condiciones ambientales y circunstanciales, que incluyen el nivel de nubosidad/humedad, que interfieran con las señales satelitales, así como de la disponibilidad para uso civil del conjunto de satélites que conforman la red GPS. De esta manera, la disponibilidad en México es diferente de la disponibilidad de satélites en otros territorios, en particular, en Estados Unidos.

2.12 Tráfico de datos lógico del sistema GPS

Los equipos comerciales de sistemas GPS poseen soportes físicos y lógicos para establecer una comunicación bidireccional con los satélites, de tal manera que como se mencionó en el capítulo anterior que, entre tres o cuatro satélites es posible establecer la posición del dispositivo GPS (transmisor-receptor). De esta forma, se trata de alguna manera de descifrar los datos estándar provenientes del dispositivo o antena receptora, de tal suerte que el soporte lógico contiene un data logger, para adquirir los caracteres y, de esta manera pasar a un data converter, que consiste en descifrar estos datos para convertirlos en cantidades digitales capaces de ser manipulados en el proceso de manipulación de datos.

2.13 Accesorios externos necesarios para el GPS

El receptor-transmisor GPS entonces se debe acoplar a una tarjeta para acondicionar y amplificar los datos. Mediante Microcontroladores PIC (*Programmable Interface Controllers*) se efectúa el control de las tarjetas de manejo de datos. La comunicación entre la tarjeta con el sistema de despliegue de resultados se puede presentar mediante un cable USB. Asimismo, el dispositivo debe contar con una fuente de alimentación de la tarjeta de manejo de datos. De manera que el tráfico de datos se realiza de manera continua el sistema debe contemplar un sistema de alimentación de emergencia en caso de falta suministro de energía por parte del control central y de esta forma lograr mantener los datos en adquisición continua sin pérdida de información importante de acuerdo a la aplicación en curso.

2.14 Kits comerciales para aplicaciones generales basados en GPS

El desarrollo de posicionadores de GPS precisos y a precios razonables, y la miniaturización de componentes electrónicos, han hecho que el GPS se encuentre disponible a casi todo el mundo, lo cual ha facilitado que el GPS esté convirtiéndose en una necesidad en muchas facetas de la vida cotidiana. Enumerar todas las aplicaciones para el GPS sería una labor imposible. Seguido se dan solo algunos ejemplos de aplicaciones de GPS en el mundo moderno. Enumerar todas las aplicaciones para el GPS sería una labor imposible. A continuación se dan solo algunos ejemplos de aplicaciones de GPS en el mundo moderno:

Agricultura

La navegación por satélite puede ayudar a los agricultores a aumentar su producción y a mejorar la eficiencia de sus métodos de cultivo. Sistemas de GPS ubicados en los tractores y en otros vehículos agrícolas, junto con sofisticados sistemas de información geográficos utilizan varios métodos para recoger datos sobre las condiciones del suelo, humedad, temperatura y muchas otras variables. Con esta información, el sistema puede controlar muchos aspectos de la operación agrícola, por ejemplo, la intensidad de siembra por terreno, la aplicación de fertilizantes e insecticidas, los patrones de riego y mucho más. Estos sistemas también pueden ayudar a los agricultores a mantenerse al tanto de la operación de sus fincas, manteniendo registros de rendimiento, historia de aplicación de productos químicos, análisis del suelo, registros de pérdidas y ganancias por terreno, y muchos otros. Aplicaciones modernas de la tecnología GPS también incluyen el posicionamiento y la operación de equipos de agricultura robóticas en el campo.

Navegación en tierra y mar

Además de sus usos directos para determinar posición usando sistemas de navegación a bordo, el GPS se utiliza para mejorar la precisión de cartas marinas, para guiar sistemas de autopiloto, para marcar objetos sumergidos como obstrucciones o su sitio favorito de pesca, y para determinar la posición exacta de naves en alta mar. Agencias de socorro y primeros auxilios dependen de sistemas de GPS para reducir el tiempo en tránsito a emergencias. Empresas de fletes y mudadas usan sistemas de GPS para mantenerse al tanto de la ubicación de sus vehículos, para planificar más eficientemente sus horarios de recogidas y entregas, y para determinar las tablas de mantenimiento para los vehículos. El GPS también se está usando para mantenerse al tanto de la posición de vehículos y otras propiedades móviles, y en sistemas para ayuda directa al motorista como el OnStar (Sociedad anónima filial de General Motors que provee comunicaciones basadas en suscripción).

Usos militares

Además de las aplicaciones más comunes tal como la navegación general, los servicios militares utilizan el GPS en gran variedad de aplicaciones incluyendo dirigir proyectiles y

"bombas inteligentes" a sus blancos, para organizar el despliegue de tropas, para la coordinación en el campo y muchas otras.

Mapas y agrimensura

El GPS permite la construcción de mapas y cartas más precisas, y es usado rutinariamente por agrimensores para planear proyectos y localizar marcadores catastrales, límites, estructuras, y rasgos naturales.

Ciencias

Las aplicaciones de GPS en las ciencias son innumerables. El GPS es especialmente valioso para investigadores de campo, para construir mapas y localizar sus estaciones de muestreo, para definir límites de hábitáculos, para análisis espacial de rasgos naturales, para seguir a poblaciones de animales, y muchas otras. GPS también es usado ampliamente en la sismología, física, ciencias del espacio y en muchas otras ramas de la ciencia.

Recreación

GPS es usado por operadores de embarcaciones para mantener el curso y para regresar a sitios favoritos, por ciclistas y naturistas para mantenerse al tanto de sus posiciones y rutas, y por grupos de viaje para compartir información sobre viajes y rutas. Un nuevo "deporte" es el "geocaching" lo cual es básicamente una búsqueda de tesoros guiada por GPS. Los jugadores utilizan el GPS para viajar a coordenadas geográficas específicas y encontrar objetos escondidos por otros jugadores.

Tendencias del Tiempo

GPS se usa frecuentemente como un cronómetro fiable. Por ejemplo, el GPS puede ser usado para sincronizar múltiples instrumentos científicos desplegados en el campo, o para cualquier experimento que requiera sincronización precisa. La tecnología de GPS también se está usando para sincronizar torres de comunicaciones celulares, redes de telecomunicación y muchas otras. Cronometraje por GPS se usó en las olimpiadas por primera vez en los juegos del 2000.

3. Capítulo 3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción general del sistema

La Figura 3.1 muestra a groso modo los módulos de los cuales consta el equipo a desarrollar. Las interacciones entre estos diferentes elementos consisten de señales digitales que contienen la información codificada y decodificada, de acuerdo a la etapa de procesamiento en la que se encuentre la señal. Los criterios para la selección de los componentes incluyeron el que la arquitectura fuera expandible, susceptible de acoplarse a otros módulos para realizar otras funciones.

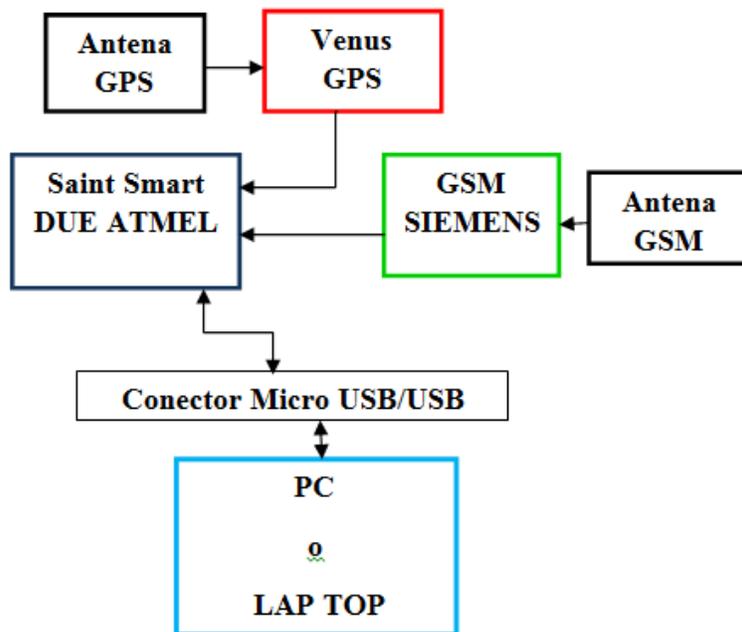


Figura 3.1 Representación del sistema identificando cada componente.

El sistema cuenta con diferentes tipos de módulos los cuales se describen cada uno por separado especificando cada una de sus características. Debido a las características especiales por la cuales fueron seleccionados los anteriores módulos mencionados en la figura 3.1 es necesario desglosar cada una de estas como se hace mención a continuación.

Sparkfun Venus GPS con conector SMA

Las salidas del Venus638FLPx corresponden a las reglas estándar del código NMEA-0183 o a sentencias binarias a un rango definido de 9600bps (ajustable hasta 115200bps), con actualizaciones de hasta 20Hz.

Esta tarjeta incluye un conector SMA para la conexión de una antena externa, conectores de 3.3V para datos seriales, salidas de un pulso por segundo.

La tarjeta requiere de 3.3V regulados para su operación; la corriente máxima que puede llegar a utilizar es de hasta 90mA, y la corriente mínima que requiere es de 60mA.

Características:

- Hasta 20Hz en rango de actualización
- Sensibilidad de enfriado a inicio -14dBm
- Sensibilidad de tráfico -165dBm
- 29 segundos para iniciar TTFF
- 3.5 segundos para TTFF con AGPS
- 1 segundo para inicio una vez caliente
- 2.5 m de exactitud
- Poder de navegación de 67 mW
- Directamente trabaja con antena pasiva o activa
- Soporta memoria flash externa tipo SPI
- Receptor diminuto de 10mm X 10mm X 1.3mm
- Abastecimiento entre 2.7-3.3V
- Dimensiones finales de 1.15 x 0.7 pulgadas.

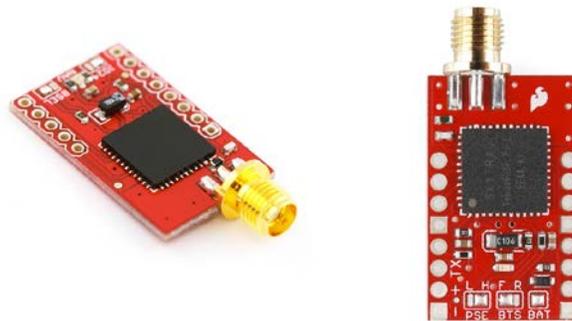


Figura 3.2 Representación física del componente de GPS

GSM SIEMENS TC35 SMS modulo Wireless UAR/232 TC35I/MC35I

El SIEMENS Tc35 es un módulo GSM basado en comandos estándar AT, esto se puede aplicar fácilmente con un Sistema embebido para crear un módulo GSM Wireless basado en la transferencia de datos. Soporta tarjetas Arduino.

El módulo SIEMENS Tc35 es un modem GSM controlado con comandos AT, a través del puerto serial (RS232/comunicación TTL).

El programa para código fuente puede ser proveído así que puede ser usado el módulo fácilmente y familiarizarse con el modulo rápidamente.

Las aplicaciones más comunes son: control de envío/recepción de SMS, llamadas telefónicas.

- Alimentación: 7-12V DC
- Frecuencia de operación: 900MHz, 1800 MHz
- Cuenta con antena especial GSM
- Extensión de cable serial para conectar COM-Computadora
- Convertidor de RS232 a puerto UART
- UC00A o UC00B: para ofrecer UART a USB y usar en computadora o Laptop



Figura 3.3 Representación del sistema identificando como Modulo Wireless GSM.

Saint Smart DUE ATMEL SAM3X8E ARM Cortex-M3

La tarjeta SaintSmart Due contiene un microcontrolador basado en Atmel SAM3X8E cortex-M3.esta es la primer tarjeta basada en un micro controlador de 32-bit ARM, contiene 54 pines para entradas/salidas digitales de las cuales 12 pueden ser utilizadas como PWM, 12 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos para hardware serial), un reloj de 84 MHz, una conexión USB OTG, 2 DAC, 2 TWI, un power Jack, tira de pines SPI, una conexión para JTAG, un botón de reset.

A diferencia de otras tarjetas la SaintSmart Due corre a un voltaje de 3.3V.el máximo voltaje tolerado en pines I/O es de 3.3V.La alimentación es sencilla basta con un cable micro USB o suministrar con un adaptador de AC a DC, o en última opción con baterías que suministren el voltaje necesario.

Características:

- Micro controlador AT91SAM3X8E
- Voltaje de operación 3.3
- Voltaje de entrada recomendado: 7-12V
- Voltaje de entrada mínimo y máximo 6-20V
- Corriente total en DC de todas las líneas de I/O: 130mA
- Corriente DC para los pines de 3.3V: 800mA
- Corriente DC para los pines de 5V: 800mA
- Memoria flash: 512KB disponible para aplicaciones del usuario.
- SRAM: 96KB
- Velocidad del reloj: 84MHz



Figura 3.4 Tarjeta programable para el desarrollo del sistema.

3.2 Descripción a detalle del sistema

El sistema a utilizar para el presente proyecto se decidió en un sistema de manera genérica en base material Arduino para el Módulo de Tarjeta Programable obteniendo en la marca genérica la Tarjeta Programable de SaintSmart DUE, de manera que la programación y software del mismo es en esencia el mismo para ambos casos. Esta tarjeta es una plataforma programable de electrónica que se extiende a la creación de prototipos basada en software periféricos, los cuales se reportan como flexibles y fáciles de usar. Aunque su creación es principalmente para propósitos de representaciones audiovisuales, se reporta útil para que cualquier programador interesado en crear entornos u objetos interactivos.

El sistema SaintSmart cuenta con varios tipos de tarjetas programables similares a Arduino tales como la SaintSmart uno (Arduino uno), SaintSmart Mega (Arduino Mega) y SaintSmart DUE (Arduino Due), entre otras, las cuales funcionan en base a un Microcontrolador, ya sea de 6, 8, 16 o 24 bits dependiendo la aplicación el tipo de tarjeta a elegir, que es el componente principal de la tarjeta y es en el cual se guarda y ejecuta el software que se ejecuta y es programado. Además, la versión DUE de esta tarjeta permitirá expansiones en la capacidad de procesamiento a futuro, dada su gran cantidad de puertos seriales, PWM, JTAG, gran cantidad de entradas analógicas y su capacidad para una posible expansión de sensores y otros dispositivos, entre otras capacidades para proyecto de orden superior o fines diferentes al presente.

Por otro lado, el sistema de programación de Arduino es en esencia muy parecido al lenguaje C++ en cuestiones tales como su funcionalidad de las funciones en base a librerías, además que es similar en cuanto a los tipos de variables, así como su manejo de funciones, de tal forma que al momento de la programación, el programador ya se encuentra en un ambiente familiar debido a la similitud de programación y no en un bucle de programación confusa.

Dentro del desarrollo de código se cuenta con dos funciones principales, de las cuales la primera sólo se ejecuta una sola vez (Void Setup ()) siendo esta la entrada o inicialización de código, la segunda es la que se ejecuta infinitamente similar a un ciclo (Void Loop ()), lo cual es sumamente útil para contar con un flujo constante de información hacia el Microcontrolador y en

consecuencia al exterior o programador. Para la aplicación, el sistema se dividirá en 2 partes, en donde la primera función se utilizará para la inicialización del navegador GPS, el cual necesita una secuencia y una frecuencia de lectura de inicio para que el dispositivo Venus GPS pueda mostrar los datos en un formato capaz de transmitir información clara.

De manera que el sistema se efectúa de manera flexible, el desarrollo de programación generada para el módulo GSM siemens Cuenta con la oportunidad de generar el código de igual manera en que se es generado para el sistema GPS, contando este módulo con sus 2 funciones principales como se mencionó anteriormente. Así, la conjunción de programación reduce al mínimo la fusión de diferentes programaciones para el presente sistema obteniendo una fluidez de código precisa, clara y única para ambos casos.

3.3 Funcionamiento del sistema GPS

De manera que la decodificación de la recepción en la información del GPS está basado y regido bajo un protocolo que es el que describe de manera completa la información proveída por el modulo. Este protocolo de recepción y de manera específica para el módulo de Venus GPS es el NMEA de sus siglas en inglés (National Marine Electronics Association).La estructura de este protocolo se muestra de la siguiente manera.

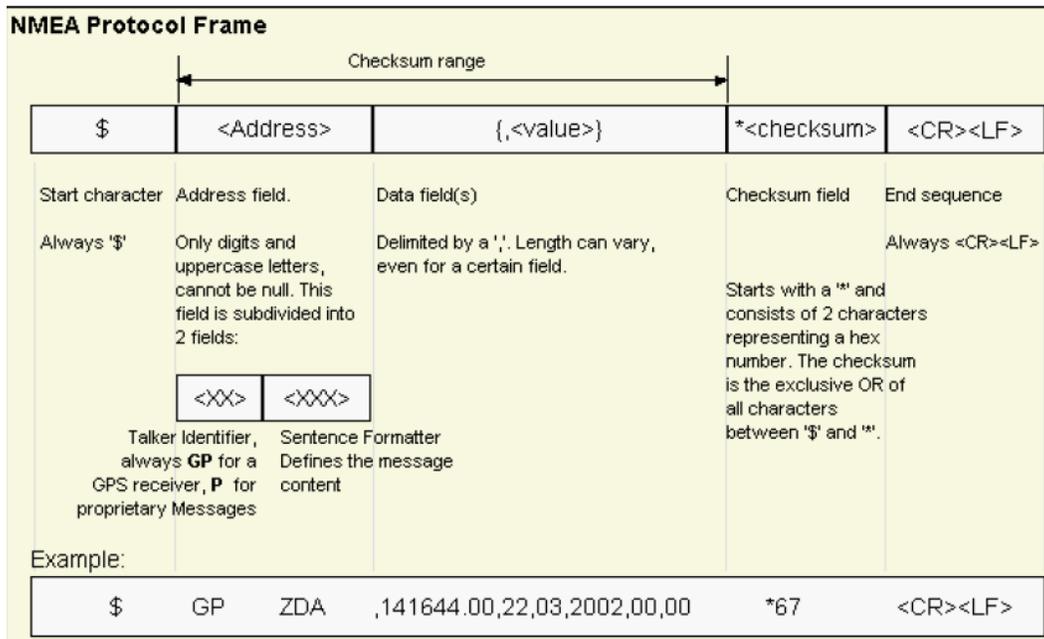


Figura 3.5 Estructura de datos de acuerdo al protocolo NMEA.

Una vez obtenidas las líneas en el protocolo es necesario elegir un formato el cual contenga la información que necesitamos para el estudio en cuestión. Como se puede observar en la figura anterior comprendemos que los datos son arrojados de acuerdo a la estructura del formato del protocolo, se observa que sigue la secuencia mostrada en la figura 3.6 pero en cada línea se extiende una serie de letras diferentes después de la palabra de GPS. Esto es debido a que el receptor arroja todos los datos posibles que se encuentren bajo este protocolo. Además los datos se sabe que son arrojados pero para el usuario que manipula esta información tal vez es un poco confusa su lectura, de manera que se requiere de ordenar esta información pero sin alterar lo obtenido.

Se conoce el protocolo y se selecciona la estructura para la información a utilizar de acuerdo al sistema mostrado en la Figura 3.7, como datos principales y necesarios, es de vital importancia seleccionar el tipo de mensaje VTG, el cual de manera correcta como petición sería "\$GPVTG" para obtener la velocidad sobre la tierra o curso sobre la tierra.

Message	VTG		
Description	Course over ground and Ground speed		
Firmware	Supported on u-blox 6 from firmware version 6.00 up to version 7.03.		
Type	Output Message		
Comment	Velocity is given as Course over Ground (COG) and Speed over Ground (SOG).		
Message Info	ID for CFG-MSG	Number of fields	
	0xF0 0x05	12	

Message Structure:

```
$GPVTG,cogt,T,cogm,M,sog,N,kph,K,mode*cs<CR><LF>
```

Example:

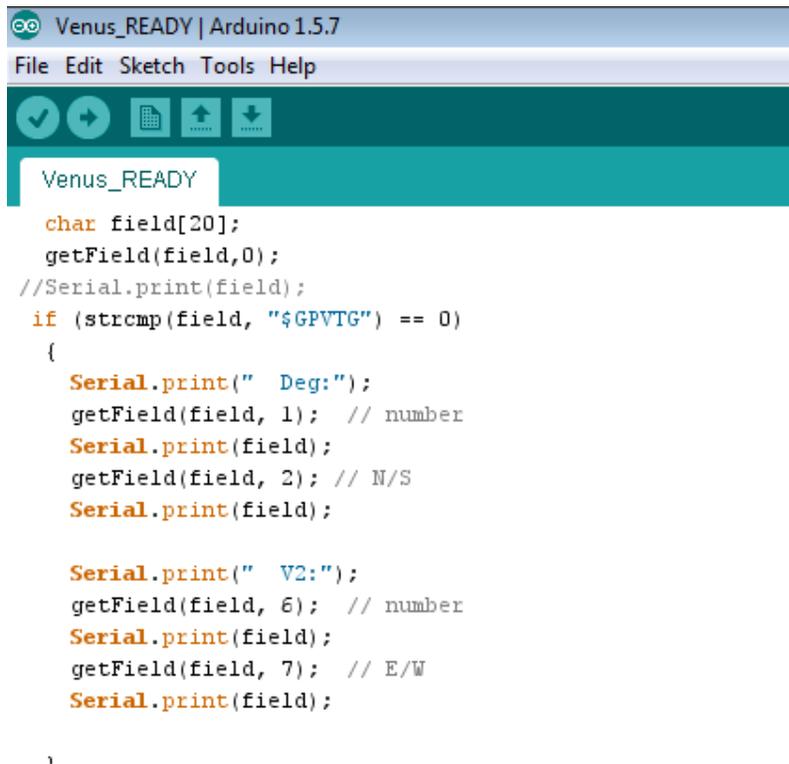
```
$GPVTG,77.52,T,,M,0.004,N,0.008,K,A*06
```

Field No.	Example	Format	Name	Unit	Description
0	\$GPVTG	string	\$GPVTG	-	Message ID, VTG protocol header
1	77.52	numeric	cogt	degrees	Course over ground (true)
2	T	character	T	-	Fixed field: true
3	-	numeric	cogm	degrees	Course over ground (magnetic), not output
4	M	character	M	-	Fixed field: magnetic
5	0.004	numeric	sog	knots	Speed over ground
6	N	character	N	-	Fixed field: knots
7	0.008	numeric	kph	km/h	Speed over ground
8	K	character	K	-	Fixed field: kilometers per hour
9	A	character	mode	-	Mode Indicator, see Position Fix Flags description
10	*06	hexadecimal	cs	-	Checksum
11	-	character	<CR><LF>	-	Carriage Return and Line Feed

Figura 3.7 Estructura del mensaje para determinar Velocidad del receptor sobre la Tierra

Como se observó en la Figura 3.6 el mensaje recibido se encuentra en forma poco ordenada de manera que conociendo el número de etiqueta podemos eliminar ciertos datos innecesarios. Esto quiere decir que para ello hay que tener en cuenta que aunque parezca que la información está siendo recibida por medio de vectores, en realidad llega digito por digito o en este caso carácter por carácter, lo cual facilita un poco el trabajo y de esta manera solo obtener ciertos caracteres o datos y no la cadena de caracteres completa.

En la estructura del código lo mencionado anteriormente se obtiene de la siguiente manera Figura 3.8. Observando que solo se hace la petición "\$GPVTG" y obteniendo los datos de la etiquetas 1, 2, 6 y 7 que respecto a la figura 3.7 representan 1 y 2 grados de curso sobre la tierra y la afirmación que el receptor esta sobre la tierra, 6 y 7 representa la velocidad del receptor sobre la tierra indicada en Km/h.



```
Venus_READY | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help

Venus_READY
char field[20];
getField(field,0);
//Serial.print(field);
if (strcmp(field, "$GPVTG") == 0)
{
  Serial.print(" Deg:");
  getField(field, 1); // number
  Serial.print(field);
  getField(field, 2); // N/S
  Serial.print(field);

  Serial.print(" V2:");
  getField(field, 6); // number
  Serial.print(field);
  getField(field, 7); // E/W
  Serial.print(field);
}
```

Figura 3.8 Estructura de programación para Velocidad de receptor sobre la Tierra.

Continuando con la programación y obtención de datos para el sistema se selecciona la estructura para la información a utilizar de acuerdo al sistema mostrado en la Figura 3.9, como datos principales y necesarios, es de vital importancia seleccionar el tipo de mensaje, para este caso GGA, el cual de manera correcta como petición sería "\$GPGGA" para obtener la Altitud.

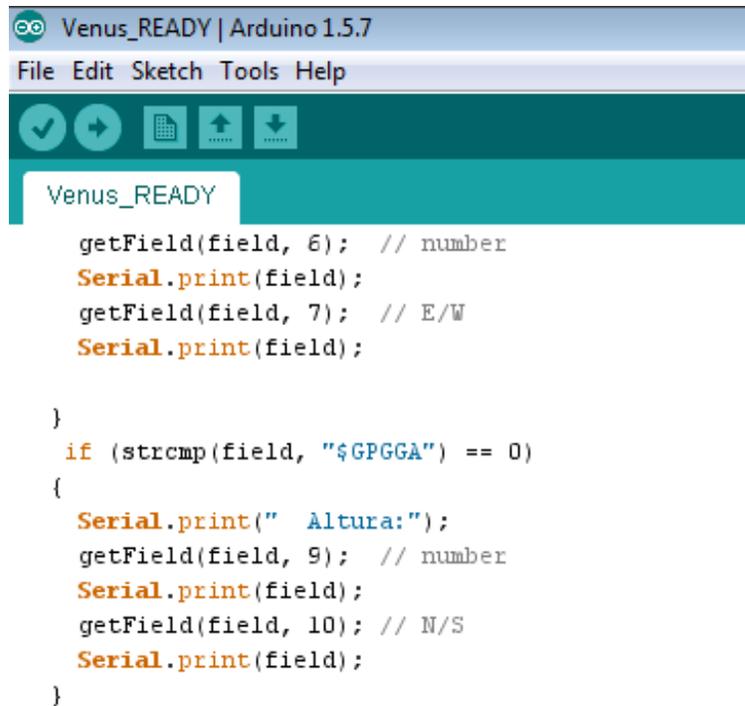
Structure:
 \$GPGGA,hhmmss.sss,ddmm.mmmm,a,dddmm.mmmm,a,x,xx,x.x,x.x,M,,,,xxxx*hh<CR><LF>
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Example:
 \$GPGGA,111636.932,2447.0949,N,12100.5223,E,1,11,0.8,118.2,M,,,,0000*02<CR><LF>

Field	Name	Example	Description
1	UTC Time	111636.932	UTC of position in hhmmss.sss format, (000000.000 ~ 235959.999)
2	Latitude	2447.0949	Latitude in ddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
3	N/S Indicator	N	Latitude hemisphere indicator, 'N' = North, 'S' = South
4	Longitude	12100.5223	Longitude in dddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
5	E/W Indicator	E	Longitude hemisphere indicator, 'E' = East, 'W' = West
6	GPS quality indicator	1	GPS quality indicator 0: position fix unavailable 1: valid position fix, SPS mode 2: valid position fix, differential GPS mode 3: GPS PPS Mode, fix valid 4: Real Time Kinematic. System used in RTK mode with fixed integers 5: Float RTK. Satellite system used in RTK mode. Floating integers 6: Estimated (dead reckoning) Mode 7: Manual Input Mode 8: Simulator Mode
7	Satellites Used	11	Number of satellites in use, (00 ~ 12)
8	HDOP	0.8	Horizontal dilution of precision, (00.0 ~ 99.9)
9	Altitude	108.2	mean sea level (geoid), (-9999.9 ~ 17999.9)
10	DGPS Station ID	0000	Differential reference station ID, 0000 ~ 1023

Figura 3.9 Estructura del mensaje para determinar Altura en metros.

Así mismo la manera en la estructura del código lo mencionado anteriormente se obtiene de la siguiente manera Figura 3.10. Observando que solo se hace la petición "\$GPGGA" y obteniendo los datos de la etiquetas 9 y 10 que respecto a la figura 3.9 representan 9 y 10 Altitud respecto al nivel del mar y M de acuerdo a la unidad de medición (metros).



```
Venus_READY | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help

Venus_READY
getField(field, 6); // number
Serial.print(field);
getField(field, 7); // E/W
Serial.print(field);

}
if (strcmp(field, "$GPGGA") == 0)
{
Serial.print("  Altura:");
getField(field, 9); // number
Serial.print(field);
getField(field, 10); // N/S
Serial.print(field);
}
```

Figura 3.10 Estructura de programación para obtener la Altitud respecto al nivel del Mar.

Siguiendo el mismo método de programación y obtención de datos para el sistema se selecciona la estructura para la información a utilizar de acuerdo al sistema mostrado en la Figura 3.11, como datos necesarios, es de vital importancia seleccionar el tipo de mensaje, para este caso RMC, el cual de manera correcta como petición sería "\$GPRMC" para obtener Latitud, Longitud y su orientación del hemisferio de acuerdo a la rosa de los vientos Norte, Sur, Este u Oeste.

Cabe mencionar que se observó se han utilizado diferentes tipos de mensaje para obtener los datos, esto es para verificar que si cabe la posibilidad que dentro de un mensaje no se encuentran todos los datos requeridos para la aplicación, se puede recurrir a otra petición de mensaje sin alterar los datos que el receptor obtiene y en consecuencia el usuario muestra para manipularlos.

RMC – Recommended Minimum Specific GNSS Data

Time, date, position, course and speed data provided by a GNSS navigation receiver.

Structure:

```
$GPRMC,hhmmss.sss,A,dddmm.mmmm,a,dddmm.mmmm,a,x.x,x.x,ddmmyy,,,a*hh<CR><LF>
```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Example:

```
$GPRMC,111636.932,A,2447.0949,N,12100.5223,E,000.0,000.0,030407,,,A*61<CR><LF>
```

Field	Name	Example	Description
1	UTC time	0111636.932	UTC time in hhmmss.sss format (000000.00 ~ 235959.999)
2	Status	A	Status 'V' = Navigation receiver warning 'A' = Data Valid
3	Latitude	2447.0949	Latitude in dddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
4	N/S indicator	N	Latitude hemisphere indicator 'N' = North 'S' = South
5	Longitude	12100.5223	Longitude in dddmm.mmmm format Leading zeros transmitted
6	E/W Indicator	E	Longitude hemisphere indicator 'E' = East 'W' = West
7	Speed over ground	000.0	Speed over ground in knots (000.0 ~ 999.9)
8	Course over ground	000.0	Course over ground in degrees (000.0 ~ 359.9)
9	UTC Date	030407	UTC date of position fix, ddmmyy format
10	Mode indicator	A	Mode indicator 'N' = Data not valid

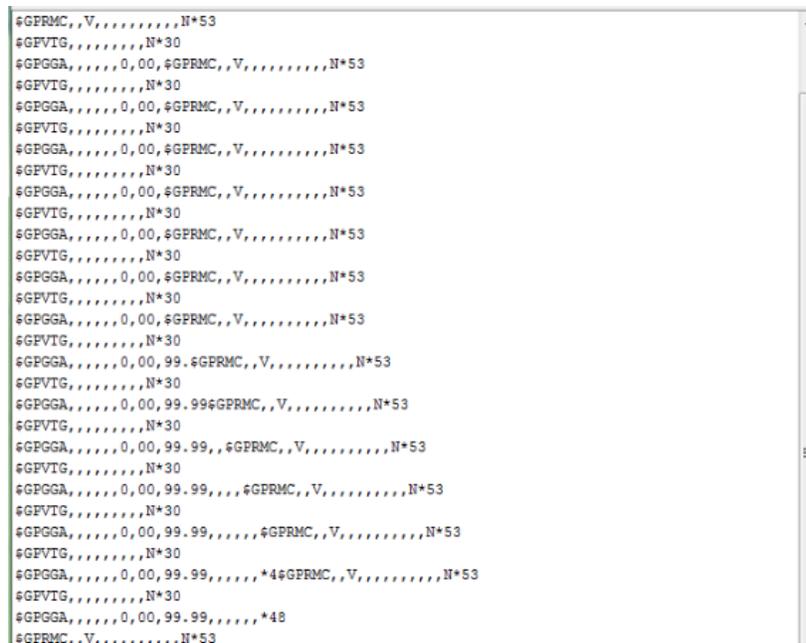
Figura 3.11 Estructura del mensaje para determinar Latitud, Longitud y la indicación del hemisferio.

Así mismo la manera en la estructura del código en software lo observado anteriormente se obtiene de la siguiente manera Figura 3.12. Observando que solo se hace la petición "\$GPRMC" y obteniendo los datos de la etiquetas 3, 4, 5 y 6 que respecto a la figura 3.11 representan 3 y 4 Latitud y N/S respectivamente indicando la letra Norte o sur, 5 y 6 Longitud y E/W respectivamente indicando la letra East o West (Este u Oeste).

Es importante mencionar que la estructura que se siguió durante la determinación de estos datos es repetitiva por lo cual no se ejerce algún cambio al obtener el mensaje de esta manera se conserva la estructura que indica el protocolo NMEA para obtener las lecturas reales y no obtener caracteres que representen basura.

3.5 Principal error en recepción de datos

Como en todo sistema, este no está libre de ocurrir un error ya sea de cualquier magnitud o tipo, Este tipo de sistemas se encuentra expuesto a un problema debido a condiciones de clima extremas, de manera que dentro de la ionosfera se crea el primer error de tiempo de llegada de información al receptor este se incrementa si las condiciones de clima se encuentran con un cielo poco despejado o extremadamente nublado. Esto se debe a que todos los módulos GPS cuentan con un tiempo de arranque, el cual depende de las condiciones del arranque en cada modelo. Por ejemplo, si se trata de un arranque en frío, el dispositivo puede tardar desde 29 segundos, tal es el caso del Venus GPS o hasta 3 min en otros módulos GPS en obtener los datos correctos y mientras mostrará el protocolo pero con campos vacíos en donde deberían estar los datos tales como por ejemplo altitud, longitud, velocidad, etc. En la Figura 3.12 se muestra una imagen de este problema.



```
$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99, . . . . .,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99, . . . . .,$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99, . . . . .,*4$GPRMC, ,V, . . . . .,N*53
$GPVTG, . . . . .,N*30
$GPGGA, . . . . .,0,00,99.99, . . . . .,*48
$GPRMC, .V, . . . . .,N*53
```

Figura 3.12 Error provocado por condiciones de clima extremo en el proceso de arranque de modulo GPS.

3.6 Funcionamiento del sistema GSM

Durante el desarrollo del presente proyecto se eligió utilizar un módulo modem de GSM debido a las características particulares que tiene y que se adaptan para ser utilizadas dentro de la aplicación del proyecto GPS y GSM.



Figura 3.13 símbolo universal para identificar un módulo GSM

GSM de sus siglas en inglés que tiene el significado de Global System for Mobile Communications, lo que en Español es Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Ya que en el nombre está implícita la clara intención de comunicar a las personas. Lo que se pretendía y se ha logrado con la tecnología GSM es una especie de roaming internacional, de manera Global que no solo se abarque dentro de un país o en ciertas zonas específicas del mismo. Como se ha mencionado al igual que el sistema GPS esta red trabaja de manera satelital por tal motivo e trata de tener esta red para más de 150 países. A pesar de que se empezó a desarrollar desde hace más de 10 años, ha sido hasta los presentes años que ha empezado a ser utilizada en todo el mundo, esto debido al gran avance tecnológico desarrollado por las grandes industrias de telefonía móvil.

Los servicios de datos constituye el mayor potencial de crecimiento de las redes móviles celulares y se ponen en manifiesto de servicios como el envío de mensajes de texto SMS entre dos terminales, estos mensajes contienen información muy pequeña y por esta razón resultan eficientes para aplicaciones que no trabajan con cantidades de datos grandes, además el precio ha disminuido considerablemente en los últimos años permitiendo el acceso a la mayor parte de usuarios.

Todas las redes GSM se pueden dividir en diferentes etapas fundamentales y con funciones específicas.

MS (Mobil Station).- Es el punto de entrada a la red inalámbrica.

Mobile Equipment ME.- Es el equipo físico utilizado por el usuario GSM para acceder a los servicios proporcionados por la red.

Subscriber Identity Module SIM.- Se encuentra asociado con el abonado, se trata de un chip que el usuario debe introducir en la terminal GSM.

BSS (Base Station Subsystem).- Sirve para conectar a las estaciones móviles con el subsistema de comunicación, además de ser los encargados de la transmisión y recepción, consta de los siguientes elementos.

Base Transceiver Station BTS.- Dispone de transceivers y antenas usadas en cada celda de la red y que suelen estar situadas en el centro, generalmente su potencia de transmisión determina el tamaño de la célula.

Base Station Controller BSC.- Se utilizan como controladores de los BTS y tienen como funciones principales las de estar al cargo de los handovers, los frequency hopping y los controles de la frecuencia de radio de los BTS.

El subsistema de comunicación y red o Network and Switching Subsystem (NSS).- Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de red.

La Estación Base o Base Station Subsystem (BSS).- Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción.

Los Subsistemas de Soporte y Operación o Operation and Support Subsystem (OSS).-Se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el número de BSS se está incrementando se pretende delegar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS en los BTS de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema.

La transmisión dentro de las redes GSM tienen ciertas limitaciones, pero para la aplicación son ideales.

- Velocidad de transferencia de 9.6Kbps

- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos.
- Pago por tiempo de conexión.

Debido al pequeño volumen de información que debemos enviar, que será inferior a los 100 caracteres, y a que los envíos se producirán en ocasiones puntuales, cuando el usuario presione alguno de los pulsadores del dispositivo, se utilizara la tecnología GSM mediante los mensajes cortos SMS.

El servicio de mensajes cortos SMS permite enviar o recibir mensajes breves de texto (máximo de 160 caracteres). Para el envío de un SMS, es necesario que el dispositivo GSM tenga configurado el número telefónico del centro de mensajes propio del operador.

EL control del modem GSM Siemens TC35 se basa en el uso de comandos denominados Hayes o AT, de los que se exponen brevemente algunas referencias.

Hayes es el nombre de una empresa que en los orígenes de la comunicación por modem definió una serie de comando u órdenes para que el software de comunicaciones pudiera comunicarse con el modem, poniendo control este último.

Estos comandos tuvieron tanto éxito que se convirtieron en el virtual estándar de comunicaciones, y los módems que los comprenden se denominan compatibles.

Todos los comandos del protocolo comienzan por AT (de ahí el nombre de comandos AT), luego viene el tipo de comando a utilizar y finalmente un retorno de carry <CR>. Una vez que el equipo recibe el comando lo procesa y retorna las siguientes respuestas:

- Cuando la sintaxis del comando es incorrecta retorna la palabra ERROR
- Si la sintaxis del comando es correcta pero con algún parámetro incorrecto retorna la palabra +CME ERROR: <Err>o +CMS ERROR.
- Cuando la línea de comando ha sido desarrollada exitosamente retorna la palabra OK

Existen diferentes tipos de comandos entre los que se encuentran: comunicación por voz, fax, enviar y recibir mensajes de texto, etc.

3.7 Selección e identificación de comando tipo AT

Comandos para mensajes de texto.

Para enviar un mensaje de texto por el dispositivo es necesario seguir varios pasos que se detallan a continuación.

Para el inicio de protocolo de comunicación con el equipo celular se muestra el comando en la Tabla 3.1.

COMANDO	RESPUESTA DEL EQUIPO
ATE1	OK

Tabla 3.1 Protocolo de comunicación con el Modem GSM.

Para iniciar el enlace de comunicación se debe transmitir el comando ATE1, si la sintaxis es correcta el dispositivo responde OK.

La configuración de funcionamiento en modo de mensajes de texto se muestra en la Tabla 3.2.

COMANDO	RESPUESTA DEL EQUIPO
AT+CMGF=1	OK

Tabla 3.2 Protocolo de comunicación vía SMS.

El comando AT+CMGF permite configurar el funcionamiento en modo de texto para mensajes SMS, si la sintaxis es correcta el dispositivo responde OK.

El comando para la identificación del número del centro de mensajes se muestra en la tabla 3.3.

COMANDO	RESPUESTA DEL EQUIPO
AT+CSCA="+1234567890"	OK

Tabla 3.3 Protocolo de identificación de Modulo GSM

Con el comando AT+CSCA se ingresa el número del centro de mensajes en este caso es el "+1234567890", si la sintaxis es correcta el dispositivo responde OK.

El comando para la identificación del número del terminal de destino se muestra en la tabla 3.4.

COMANDO	RESPUESTA DEL EQUIPO
AT+CMGS=414079712	OK

Tabla 3.4 Protocolo de identificación de receptor

Con el comando AT+CMGS identifica el número al que se va enviar el mensaje de texto, si la sintaxis es correcta el dispositivo responde OK.

El comando para leer un mensaje de una localidad de memoria se muestra en la tabla 3.4.

COMANDO	RESPUESTA DEL EQUIPO
AT+CMGR	OK

Tabla 3.5 Protocolo de recepción y lectura de SMS.

Con el comando AT+CMGR lee el mensaje de texto en la memoria del SIM card, si la sintaxis es correcta el dispositivo responde OK.

El tiempo que le toma al equipo celular en responder un comando es de aproximadamente de 500ms. En nuestra escritura de programa no dependemos de ese valor ya que validamos cada vez que el celular confirma el comando enviado con el OK.

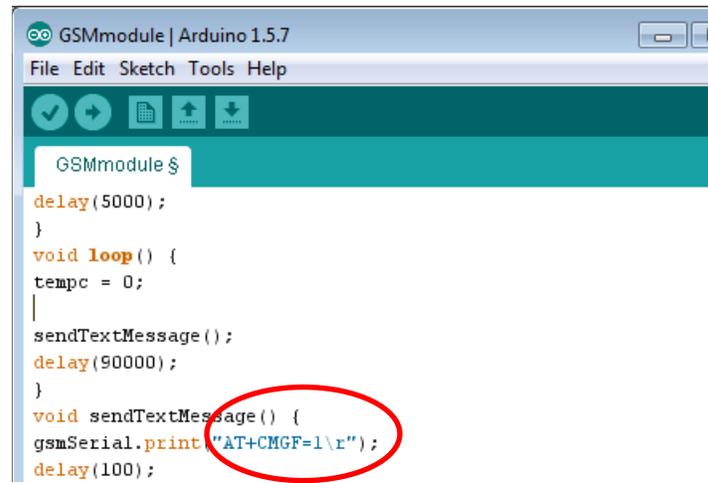
Existe un gran número de comandos AT de manera que los principales a utilizar han sido descritos en las tablas anteriores, está de más mencionar pero en la Tabla 3.6 se muestra algunos de los comandos no mencionados y su descripción para el módulo GSM.

Command	Description
AT+CACM	ACCUMULATED CALL METER(ACM) RESET OR QUERY
AT+CAMM	ACCUMULATED CALL METER MAXIMUM(ACM MAX) SET OR QUERY
AT+CAOC	ADVICE OF CHARGE
AT+CBST	SELECT BEARER SERVICE TYPE
AT+CCFC	CALL FORWARDING NUMBER AND CONDITIONS CONTROL
AT+CCWA	CALL WAITING CONTROL
AT+CEER	EXTENDED ERROR REPORT
AT+CGMI	REQUEST MANUFACTURER IDENTIFICATION
AT+CGMM	REQUEST MODEL IDENTIFICATION
AT+CGMR	REQUEST TA REVISION IDENTIFICATION OF SOFTWARE RELEASE
AT+CGSN	REQUEST PRODUCT SERIAL NUMBER IDENTIFICATION (IDENTICAL WITH +GSN)
AT+CSCS	SELECT TE CHARACTER SET
AT+CSTA	SELECT TYPE OF ADDRESS
AT+CHLD	CALL HOLD AND MULTIPARTY
AT+CIMI	REQUEST INTERNATIONAL MOBILE SUBSCRIBER IDENTITY
AT+CLCC	LIST CURRENT CALLS OF ME
AT+CLCK	FACILITY LOCK
AT+CLIP	CALLING LINE IDENTIFICATION PRESENTATION
AT+CLIR	CALLING LINE IDENTIFICATION RESTRICTION
AT+CMEE	REPORT MOBILE EQUIPMENT ERROR
AT+COLP	CONNECTED LINE IDENTIFICATION PRESENTATION
AT+COPS	OPERATOR SELECTION
AT+CPAS	PHONE ACTIVITY STATUS
AT+CPBF	FIND PHONEBOOK ENTRIES
AT+CPBR	READ CURRENT PHONEBOOK ENTRIES
AT+CPBS	SELECT PHONEBOOK MEMORY STORAGE
AT+CPBW	WRITE PHONEBOOK ENTRY
AT+CPIN	ENTER PIN
AT+CPWD	CHANGE PASSWORD
AT+CR	SERVICE REPORTING CONTROL

Tabla 3.6 Serie de comandos para comunicación con el módulo GSM.

3.8 Programación para módulo GSM

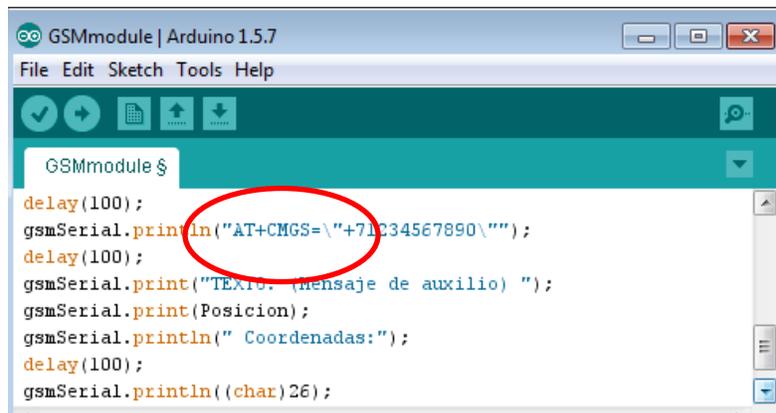
Una vez comprendida la manera de comunicación de la red GSM y conocer qué tipo de comando es requerido para el modulo en desarrollo, se establece que dentro del código de programación se identifiquen estos comando cumpliendo con los requerimientos del sistema. Tal como se muestra en la Tabla 3.2 aplicamos el código para identificar la utilización de mensajería de texto. Este código de programación se aprecia en la Figura 3.14.



```
GSMmodule | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
GSMmodule $
delay(5000);
}
void loop() {
  tempc = 0;
  |
  sendTextMessage();
  delay(90000);
}
void sendTextMessage() {
  gsmSerial.println("AT+CMGF=1\r");
  delay(100);
```

Figura 3.14 Código con identificación de comando AT+CMGF para mensajes de texto.

El siguiente paso para el desarrollo es establecer el comando para identificar el número del terminal de destino, este dentro de la programación se puede modificar estableciendo el número de la central de centro o de pronta respuesta ante una situación adversa tal como se tiene el objetivo del presente proyecto.



```
GSMmodule | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
GSMmodule $
delay(100);
gsmSerial.println("AT+CMGS="+71234567890);
delay(100);
gsmSerial.println("TEXTO: (mensaje de auxilio) ");
gsmSerial.println(Posicion);
gsmSerial.println(" Coordinadas:");
delay(100);
gsmSerial.println((char)26);
```

Figura 3.15 Código con identificación de comando AT+CMGS con número de destino y espacio para mensaje corto.

3.9 Interconexión

Al transcurso del desarrollo del sistema se ha comprendido la manera en que cada módulo es operado y sus diferentes maneras de programación, de esta manera a continuación se muestra la interconexión de estos modulos si como su código de activación para cada parte del sistema, comenzando con la conexión de cada uno de sus componentes del sistema de GPS y sus pruebas de funcionalidad.

El GPS VENUS cuenta con un conector SMA por lo cual se eligió una antena activa-555 GPS 3.3V Magnética con conector SMA para evitar errores de inicialización del sistema para la adquisición de datos, esta antena se muestra en la Figura 3.16.



Figura 3.16 Antena activa-555 Magnética.

Las antenas pasivas recibe señales de radio o de cualquier tipo de señal y las envía al receptor, caso contrario con la antena activa-555 tiene la misma funcionalidad en cuanto a operaciones pero esta contiene dentro un amplificador que la vuelve ideal para lugares con poca recepción o señales muy débiles, de manera que al amplificarla se vuelve suficiente para que los receptores la detecten y de esta manera envíen información real.

El receptor Venus GPS tiene periodos de muestreo estables y con lecturas más exactas inclusive en climas con condiciones extremas, debido a lo mencionado anteriormente relacionado con la antena activa, el dispositivo deberá funcionar correctamente bajo cualquier tipo de clima al que este expuesto, además de mostrar constancia en cierta resistencia ante su localización entre los satélites puesto cuando el vehículo se encuentre por debajo de puentes o incluso de túneles este no deberá perder la señal tan fácil.

Al obtener una antena activa se comprende que sin importar las condiciones de clima las lecturas se obtendrán de manera correcta. Así de esta manera se procede al ensamble de los diferentes módulos del GPS para posibles pruebas de funcionalidad. Figura 3.17

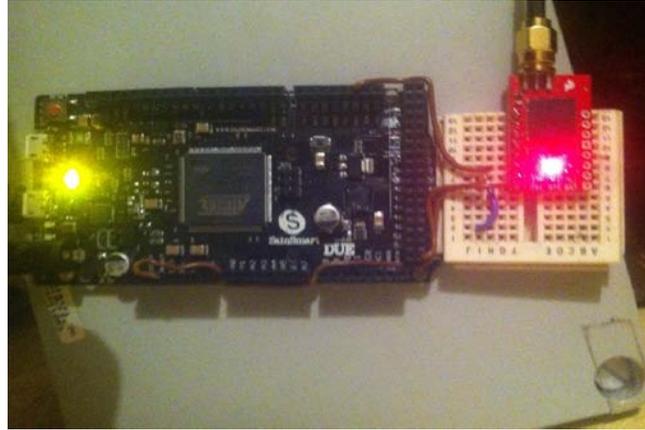


Figura 3.17 Diagrama de conexiones Física entre GPS y Tarjeta

3.10 Identificación de pines y conexión de módulos a tarjeta

La conexión desarrollada anteriormente para establecer comunicación entre el modulo GPS y la tarjeta de programación se muestra en el diagrama de la Figura 3.18. Este diagrama tiene la funcionalidad además de poder observar los datos obtenidos por medio del puerto serial.

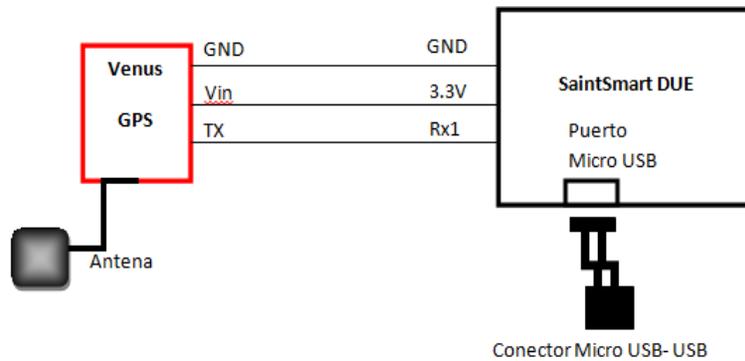


Figura 3.18 Diagrama de conexiones entre GPS y Tarjeta

El pin de Recepción del módulo GPS se conecta en el Rx1 puerto serial de la tarjeta para que, de esta manera se establezca un pin de recepción y uno de transmisión, si utilizar la función

contraria por parte de la tarjeta hacia el GPS ya que el GPS no recibirá ningún dato por parte de la SaintSmart DUE.

Para establecer comunicación entre el dispositivo celular y la Tarjeta principal de programación principalmente se procede a insertar la tarjeta SIM dentro de la ranura del módulo GSM, de manera que si no se inserta antes el modulo no reconocerá este SIM y la comunicación esperada no será posible y en consecuencia la comunicación se perderá y no se obtendrá ningún dato por ambas partes.

Una vez realizado este paso se procede a seguir las instrucciones del diagrama de la Figura 3.19 para establecer comunicación entre ambos módulos.

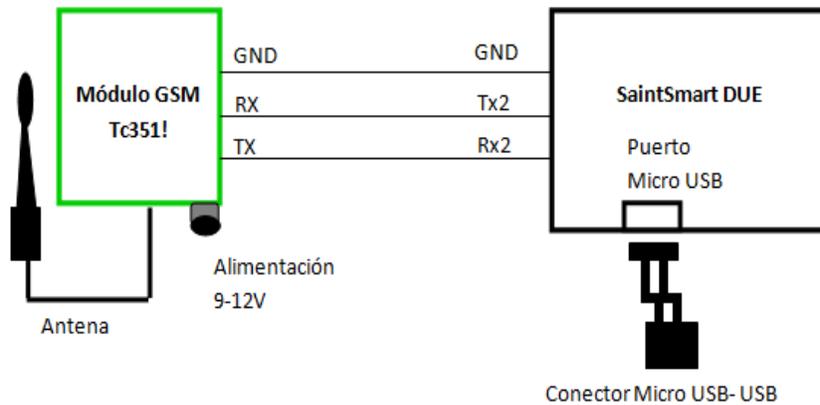


Figura 3.19 Diagrama de conexiones entre GSM y Tarjeta

Las instrucciones de comunicación están establecidas para transmitirse a una velocidad de 9600bps. Así los pines denominados quedan establecidos de la forma siguiente:

EL pin de transmisión del módulo GSM celular se conecta al pin de recepción de la tarjeta programable.

TX-----Rx2

EL pin de recepción del módulo GSM celular se conecta al pin de transición de la tarjeta programable.

RX-----Tx2

Obteniendo la conexión física como se muestra en la Figura 3.20, la cual se conecta en el midibús de transporte público o cualquier otro vehículo.

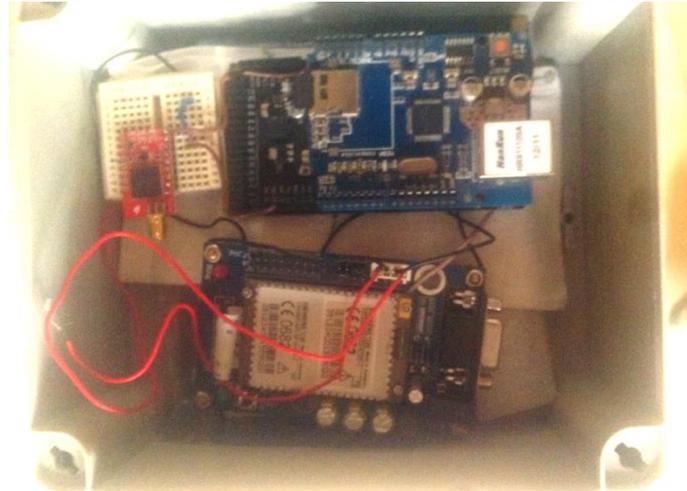


Figura 3.20 Diagrama de conexiones Física entre GSM y Tarjeta

Para la identificación de pinera entre el módulo de Ethernet no es ningún detalle especial, debido a el desarrollo de tarjetas compatibles por parte de Arduino, de manera que el módulo solo debe montarse sobre la tarjeta programable de tal forma que los pines de comunicación se encuentren bien posicionados para evitar movimiento entre ambas tarjetas, o en caso contrario que la mala conexión no logre identificar los pines para la identificación de ranura para inserción de micro memoria u otra función ejercida para el modulo Ethernet.

Debido a la exacta compatibilidad entre ambas tarjetas se evita conectar a través de cableado, lo cual, en la mayoría de los casos siempre presenta problemas al momento de manejo del sistema y contemplando que este se encontrará en movimiento dentro del midibús, no presentaremos este problema.

3.11 Programación y Diseño de Pruebas

De manera que se comprende la funcionalidad de cada módulo, es predominante aplicar diferentes tipos de pruebas de forma que se apruebe su funcionalidad, así como la operación correcta del mismo.

3.12 Programación de operación.

En el presente capítulo se desarrollará la programación requerida y funcional para la operación de cada parte que complementa al sistema, de manera que se ha detallado cada obtención de datos en capítulos anteriores ahora dentro de este proceso se podrá apreciar la manera en que funciona la programación desarrollada para obtener los datos correctos y necesario para el proyecto.

El software de programa es utilizado bajo la licencia de Arduino, Figura 3.21 de manera que se ha explicado la programación es similar al ya conocido lenguaje de programación de C.



Figura 3.21 Software de programación

El principal código desarrollado es para la funcionalidad del GPS es cual consta de dos funciones principales:

Dentro de la función principal se establece la velocidad de transmisión de datos así como la inicialización del puerto de lectura de los datos según el código siguiente.

```
int sentenceSize = 80;

char sentence[80];

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); // Start serial to host computer
  Serial1.begin(9600); // Start serial to GPS
}
```

En la función loop del código se han definido dos variables de tipo char y otro como sentencia de esta manera los datos del GPS llegaran cuando la sentencia lo indique, por otra parte el serial ya estará listo para la lectura de los datos. Así de esta forma la sentencia indicará el inicio para obtener los datos recibidos por el GPS y dará acceso a la función principal del mismo, Figura 3.22

```

Venus_READY | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
Venus_READY
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  static int i=0;
  {
    if(Serial1.available())
    {
      char CharIn = Serial1.read();
      if(CharIn!= '\n' && i < sentenceSize)
      {
        sentence[i]=CharIn;
        i++;
      }
      else
      {
        sentence[i] = '\0';
        i = 0;
        displayGPS();
      }
    }
  }
}

```

Figura 3.22 Inicio de la función del código para tener acceso a la función del GPS.

La siguiente parte del código es denominada la función principal ya que esta es la que rige la información de llegada del GPS, dentro de esta se define el tipo de dato recibido de acuerdo al código NMEA, como se mencionó en el capítulos anteriores los diferentes datos de llegada del GPS dentro de este código es definida la variable de identificación.

```

void displayGPS()
{
  char field[20];
  getField(field,0);
  //Serial.print(field);
  if (strcmp(field, "$GPVTG") == 0)
  {
    Serial.print(" Deg:");
    getField(field, 1); // number
    Serial.print(field);
    getField(field, 2); // N/S
    Serial.print(field);

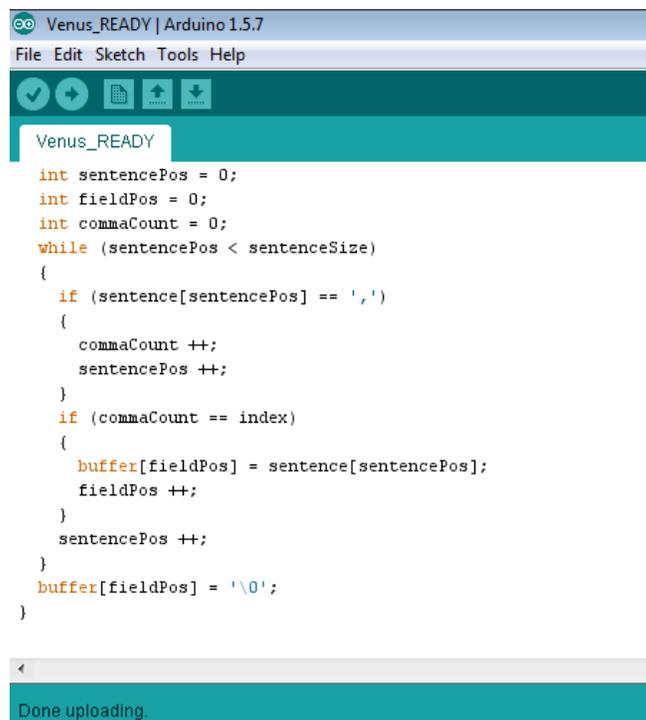
    Serial.print(" V2:");
    getField(field, 6); // number
    Serial.print(field);
    getField(field, 7); // E/W
    Serial.print(field);
  }
}

```

Figura 3.23 Función principal de obtención de datos

En la Figura 3.23 solo se muestra una parte del código simulando la manera en que se desarrolló el código de manera que en el apartado de anexos se encuentra el código completo de los datos de la función principal del GPS.

Se estudió que la manera en que el protocolo NMEA separa cada dato es a base de comas “,” pero todos los datos sobre una misma línea sin separaciones, se propone un mejor arreglo para poder interpretar estos datos así que definimos una función para contar el número de comas y la ubicación de las mismas para que de esta manera las lecturas de los datos se obtengan de manera ordenada. Esta función se muestra en la Figura 3.24



```
Venus_READY | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
Venus_READY
int sentencePos = 0;
int fieldPos = 0;
int commaCount = 0;
while (sentencePos < sentenceSize)
{
  if (sentence[sentencePos] == ',')
  {
    commaCount ++;
    sentencePos ++;
  }
  if (commaCount == index)
  {
    buffer[fieldPos] = sentence[sentencePos];
    fieldPos ++;
  }
  sentencePos ++;
}
buffer[fieldPos] = '\0';
}

Done uploading.
```

Figura 3.24 Código para contar comas y ordenar datos de GPS

Una vez configurada la manera en que se desea la llegada de los datos por medio del receptor GPS no existirá inconveniente para poder apreciar y comprender a lectura mostrada a través del puerto serial.

La Figura 3.25 muestra la manera en que se ordena los datos y como se pueden comprender que nos indica cada dato mostrado. La imagen es de los datos que arroja el puerto serial pero guardados dentro de un archivo de texto.

```

prueb3.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Deg:154.2T V2:025.9K Altura:1896.0M Lat:2029.5968N Long:09956.1421W
Deg:154.8T V2:026.5K Altura:1895.9M Lat:2029.5931N Long:09956.1403W
Deg:153.9T V2:026.6K Altura:1895.9M Lat:2029.5895N Long:09956.1384W
Deg:153.8T V2:026.4K Altura:1895.8M Lat:2029.5859N Long:09956.1367W
Deg:155.0T V2:026.1K Altura:1895.8M Lat:2029.5823N Long:09956.1350W
Deg:153.7T V2:026.0K Altura:1895.7M Lat:2029.5789N Long:09956.1331W
Deg:154.1T V2:025.3K Altura:1895.8M Lat:2029.5757N Long:09956.1314W
Deg:155.6T V2:023.9K Altura:1895.8M Lat:2029.5730N Long:09956.1301W
Deg:154.7T V2:020.7K Altura:1895.9M Lat:2029.5710N Long:09956.1291W
Deg:154.4T V2:016.9K Altura:1895.9M Lat:2029.5697N Long:09956.1285W
Deg:154.7T V2:008.0K Altura:1895.9M Lat:2029.5691N Long:09956.1283W
Deg:155.2T V2:003.2K Altura:1895.9M Lat:2029.5688N Long:09956.1280W
Deg:154.0T V2:003.6K Altura:1895.9M Lat:2029.5682N Long:09956.1278W
Deg:153.6T V2:006.0K Altura:1896.0M Lat:2029.5672N Long:09956.1272W
Deg:153.7T V2:008.6K Altura:1896.1M Lat:2029.5657N Long:09956.1263W
Deg:153.2T V2:012.5K Altura:1896.1M Lat:2029.5639N Long:09956.1252W
Deg:152.1T V2:015.7K Altura:1896.1M Lat:2029.5617N Long:09956.1239W
Deg:151.7T V2:015.9K Altura:1896.1M Lat:2029.5594N Long:09956.1226W
Deg:151.2T V2:018.8K Altura:1896.1M Lat:2029.5565N Long:09956.1209W
Deg:151.5T V2:023.4K Altura:1896.1M Lat:2029.5531N Long:09956.1189W
Deg:152.0T V2:026.1K Altura:1896.1M Lat:2029.5495N Long:09956.1169W
Deg:152.4T V2:027.1K Altura:1896.1M Lat:2029.5436N Long:09956.1147W
Deg:153.3T V2:029.8K Altura:1896.1M Lat:2029.5413N Long:09956.1124W
Deg:153.7T V2:032.6K Altura:1896.1M Lat:2029.5366N Long:09956.1099W
Deg:154.2T V2:035.0K Altura:1896.0M Lat:2029.5316N Long:09956.1074W
Deg:154.6T V2:033.3K Altura:1896.2M Lat:2029.5080N Long:09956.0954W
Deg:154.7T V2:036.6K Altura:1896.0M Lat:2029.5265N Long:09956.1048W
Deg:154.3T V2:037.2K Altura:1896.0M Lat:2029.5214N Long:09956.1022W
Deg:154.5T V2:036.9K Altura:1896.0M Lat:2029.5165N Long:09956.0998W
Deg:154.4T V2:036.0K Altura:1896.1M Lat:2029.5120N Long:09956.0974W
Deg:154.6T V2:033.3K Altura:1896.2M Lat:2029.5080N Long:09956.0954W
Deg:154.0T V2:030.3K Altura:1896.3M Lat:2029.5045N Long:09956.0937W
Deg:155.7T V2:027.1K Altura:1896.4M Lat:2029.5017N Long:09956.0924W
Deg:157.4T V2:022.3K Altura:1896.3M Lat:2029.4998N Long:09956.0915W
Deg:155.5T V2:017.4K Altura:1896.4M Lat:2029.4984N Long:09956.0908W
Deg:152.3T V2:010.1K Altura:1896.4M Lat:2029.4974N Long:09956.0902W

```

Figura 3.25 Datos obtenidos por el GPS de manera ordenada.

Por otro lado existe el módulo GSM que de la misma manera su programación se ha llevado a cabo dentro del mismo software para obtener compatibilidad de datos una vez unidos los diferentes módulos para completar el sistema completo.

Al igual que el código del receptor GPS este cuenta con sus dos funciones principales solo que a diferencia del GPS este cuenta con cierto protocolo el cual tienen que responder el modulo para comprender que se está operando o ejecutando de manera correcta(Figura 3.26).

```

GSMmodule | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
GSMmodule $
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial gsmSerial(2,3);
int pin = 0;
int tempc = 0;
void setup()
{
gsmSerial.begin(9600);
delay(5000);
}
void loop() {
Serial.print(" V2:");
getField(field, 6); // number
Serial.print(field);
}

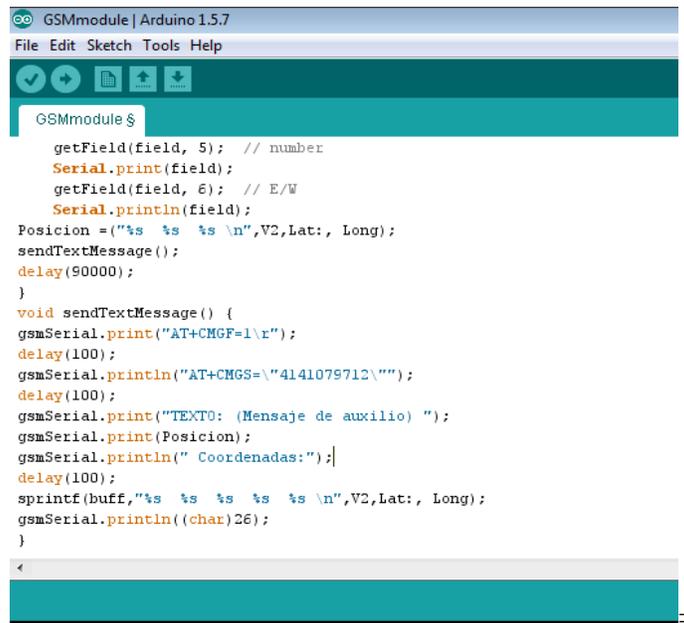
```

Figura 3.26 Función de inicio y librerías específicas

La segunda parte del código del módulo GSM es la más importante ya que dentro de esta se ejecuta los comando AT que son los que indicaran el modo de operación del módulo así como

la respuesta del mismo para comprender que se ejecutan de manera correcta respondiendo este con la palabra OK.

Los comandos AT como se estudió y comprendió en capítulos anteriores son el protocolo principal para la operación de esta red GSM, de tal manera que comprender que operan de manera correcta dependerá de si el envío del SMS es de manera correcta y además si el modulo se encuentra listo para el envío del mismo. Este desarrollo se puede apreciar en la Figura 3.27



```
GSMmodule | Arduino 1.5.7
File Edit Sketch Tools Help
GSMmodule §
    getField(field, 5); // number
    Serial.print(field);
    getField(field, 6); // E/W
    Serial.println(field);
    Posicion = ("%s %s %s \n", V2, Lat:, Long);
    sendTextMessage();
    delay(90000);
}
void sendTextMessage() {
    gsmSerial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    gsmSerial.println("AT+CMGS=\"4141079712\");
    delay(100);
    gsmSerial.print("TEXT0: (Mensaje de auxilio) ");
    gsmSerial.print(Posicion);
    gsmSerial.println(" Coordinadas:");
    delay(100);
    sprintf(buff, "%s %s %s %s %s \n", V2, Lat:, Long);
    gsmSerial.println((char)26);
}
```

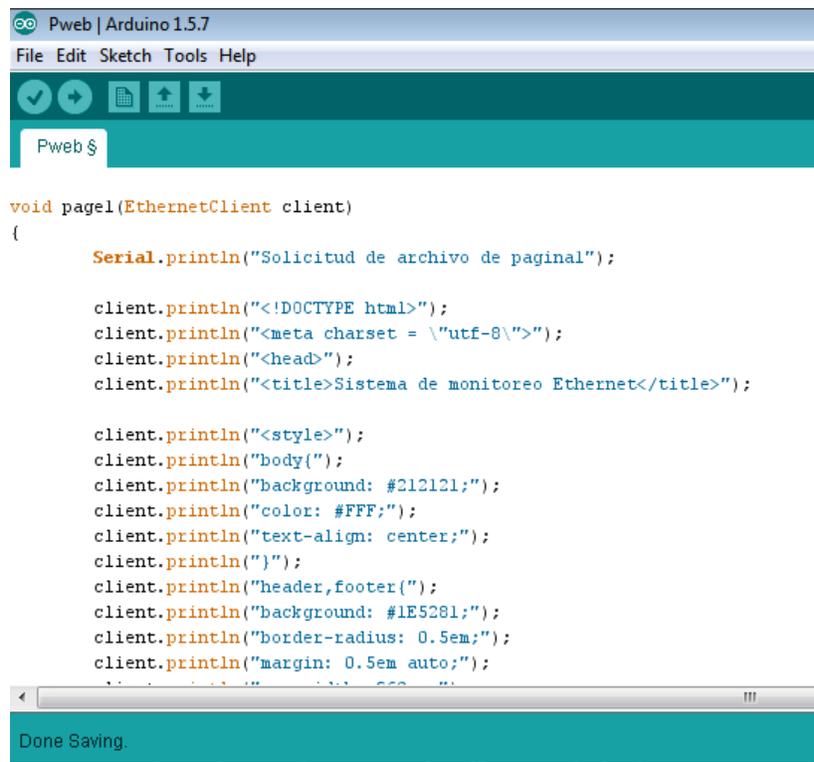
Figura 3.27 Reconocimiento de comandos AT y envío de SMS

3.13 Programación de web embebida

El medio que servirá para la comunicación a través de una red LAN o a través de Internet del sistema GPS será por medio de una página web embebida en la tarjeta Arduino, la cual será una página web estática encargada de enviar a la interfaz gráfica del usuario. Esta página se integrará al sistema por medio de las librerías con las que cuenta Arduino para comunicación Ethernet.

La codificación es en lenguaje de programación HTML5, una de las últimas versiones de programación HTML para páginas web, y CSS3 lenguaje que se usa para estilizar las páginas web. mostrada en la figura 3.28 muestra el inicio de la página web embebida indicando el color

de la misma en un lenguaje hexadecimal indicado dentro de los estandares de programacion de arduino, ademas, se indica el tipo y tamaño de margen.



```
void page1(EthernetClient client)
{
    Serial.println("Solicitud de archivo de paginal");

    client.println("<!DOCTYPE html>");
    client.println("<meta charset = \"utf-8\">");
    client.println("<head>");
    client.println("<title>Sistema de monitoreo Ethernet</title>");

    client.println("<style>");
    client.println("body{");
    client.println("background: #212121;");
    client.println("color: #FFF;");
    client.println("text-align: center;");
    client.println("}");
    client.println("header,footer{");
    client.println("background: #1E5281;");
    client.println("border-radius: 0.5em;");
    client.println("margin: 0.5em auto;");
    client.println("}");
}
```

Figura 3.28 Código para color de página web

La siguiente parte del código (Figura 3.29) describe de igual manera parte de las ventanillas que conformaran la página web ademas de indicar la alineacion del texto y de mas estilos de formato para la misma.

Así mismo, en la Figura 3.29 se describe el código donde se enuncia la principal función de la página de modo que el usuario se entere de la función principal en el desarrollo de la página.

```

client.println("</style>");

client.println("</head>");
client.println("<body>");

client.println("<header>");
client.println("<h1>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO<h1>");
client.println("</header>");

client.println("<section id='\"contenedor\"'>");
client.println("<section id='\"principal\"'>");
client.println("<h2>Sistema de monitoreo GPS</h2>");
client.println("<br />");
client.println("El sistema monitoreo GPS adquiere las lecturas dentro de un receptor VenusGPS, y ademas al sistema se le adhiere ");
client.println("un modulo GSM que envia un SMS de pronta respuesta a unidad de control.Esta adquisicion es guardada en un");
//client.println("<a href='\"http://gsiot-0e8p-vr8n.try.yaler.net/archivo.txt\"'> archivo</a> que debe ser descargado con cada adquisicion");
client.println("</section>");
client.println("<aside>");
client.println("<p>Activacion de sistema</p>");
if (digitalRead(2)) {

```

Figura 3.29 Código enunciado principal de la web

En la figura 3.30 se indica la activación y desactivación de la página para proceder a las lecturas obtenidas por el módulo GPS para el monitoreo del dispositivo de tal manera que se tendrá acceso en el momento en que se desee la activación del sistema.

```

client.println("<p>Activacion de sistema</p>");
if (digitalRead(2)) {
client.print(" El sistema esta ACTIVADO");
} else {
client.print("El sistema esta DESACTIVADO");
}
client.println("<br />");
client.print("<FORM action='\"http://gsiot-0e8p-vr8n.try.yaler.net\"'>");
client.print("<P> <INPUT type='\"radio\"' name='\"status\"' value='\"1\"'>ON");
client.print("<P> <INPUT type='\"radio\"' name='\"status\"' value='\"0\"'>OFF");
client.print("<P> <INPUT type='\"submit\"' value='\"Submit\"'> </FORM>");
client.println("</aside>");
client.println("</FORM>");
client.println("</section>");

client.println("<footer>");
client.println("Pagina web desarrollada para el sistema de monitoreo GPS");
client.println("</footer>");
client.println("</body>");
client.println("</html>");

```

Figura 3.30 Código de activación de página web

3.14 Interfaz gráfica del usuario

La interfaz gráfica de usuario será la encargada de acceder a la página web embebida mediante una conexión Ethernet local o a través de Internet por medio de la dirección de localizador de recurso uniforme (URL por sus siglas en inglés, *Uniform Resource Locator*) con la que cuente el dispositivo, la interfaz gráfica de usuario será desarrollada en Mat-lab y deberá contar con las siguientes características:

1. **Activación remota del sistema:** Capacidad para enviar activación de inicio de monitoreo al sistema de manera remota (a través de una red LAN o Internet).
2. **Graficar:** Realizar la gráfica de velocidad en tiempo real,.
3. **Generar historial:** Deberá generar un archivo de texto el cual almacenará los parámetros calculados cada intervalo de muestreo, este intervalo de muestreo se establece en la interfaz gráfica y puede ser de 10s, 5min, 10min, y 1 hora. Por otro lado la duración de monitoreo también se establece en la interfaz gráfica donde pide un número y la selección de las unidades de tiempo para la duración ya sea minutos, horas, días etc. Estos datos se almacenan en archivos los cuales una vez que termina la adquisición los datos anteriores se conservan y solo adjunta los datos en caso de que otra medición se lleve a cabo. En otro caso se puede mover los archivos a otra carpeta para su posterior análisis y automáticamente se crea un nuevo archivo.
4. **Ubicación en mapa:** las coordenadas de los datos obtenidos se deberá mostrar en un mapa de igual manera embebido dentro de la interfaz de manera que se conozca su ubicación exacta en tiempo real.

3.15 Diseño de Pruebas

Para determinar la plena funcionalidad del sistema y tener confianza en los datos arrojados es necesario desarrollar diferentes pruebas y comprobar en cierta manera si son correctas, como se estableció el presente proyecto es en diseño para un midibús de transporte público lo cual tiene una ruta establecida, dentro de esta ruta se deben conocer los límites de velocidad permitidos, para comprender las diferentes pruebas se ha elegido la siguiente ruta.

El recorrido elegido fue del centro de La Trinidad Tequisquiapan Qro. A el entronque de la carretera San Juan del Río – Tequisquiapan KM 15.

Cabe aclarar que el recorrido tenía como punto de partida La Trinidad Tequisquiapan Qro de y como lugar de llegada el entronque de la carretera San Juan del Río – Tequisquiapan KM 15.

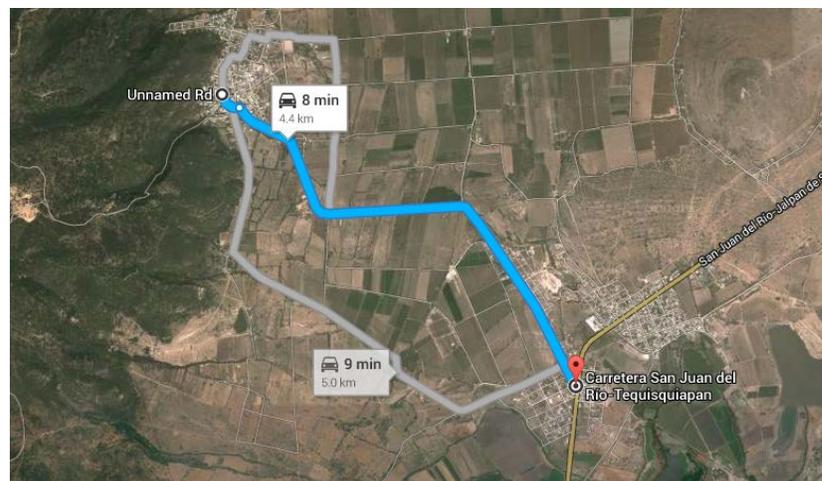


Figura 3.31 Ruta establecida para pruebas de GPS

En esta carretera cabe recalcar algunos puntos importantes que nos servirán de referencia a la hora de realizar el estudio como se muestra en las siguientes figuras en las cuales se muestran tramos de la carretera que serán puntos de interés puesto tendrán un gran impacto con respecto a las Velocidades del vehículo, puesto en estos puntos será necesario frenar casi en la totalidad el vehículo, como en el caso de topes o impedimento de paso de ganado, reductores de velocidad, que se encuentren a lo largo del recorrido.

Se conoce que dentro de la ruta establecida se encuentran diferentes límites de velocidad debido a que una parte del recorrido es de zona rural el límite de velocidad es de 20Km/h y en la mayoría el límite es de 40Km/h.

Las pruebas de funcionamiento se divide en dos de manera que se trata de un Midibús de transporte publico este se debe conducir bajo los límites de velocidad permitidos, así, cabe mencionar que por el momento nuestro principal dato a verificar es la velocidad. La primer parte de la prueba se basa en los límites de velocidad permitidos dentro de la ruta de tal manera que la prueba está creada dentro de estos límites arrojándonos el GPS de esta manera los siguientes datos. Figura 3.32.

Deg	Altura	Lat	Long
Deg:169.3T	Altura:1987.2M	Lat:2030.8072N	Long:09957.8014W
Deg:169.9T	Altura:1987.2M	Lat:2030.8059N	Long:09957.8011W
Deg:169.0T	Altura:1987.1M	Lat:2030.8046N	Long:09957.8008W
Deg:166.9T	Altura:1987.1M	Lat:2030.8033N	Long:09957.8004W
Deg:166.4T	Altura:1987.1M	Lat:2030.8021N	Long:09957.7999W
Deg:161.4T	Altura:1987.2M	Lat:2030.8009N	Long:09957.7995W
Deg:164.0T	Altura:1987.2M	Lat:2030.7997N	Long:09957.7991W
Deg:162.7T	Altura:1987.2M	Lat:2030.7985N	Long:09957.7987W
Deg:162.6T	Altura:1987.1M	Lat:2030.7974N	Long:09957.7983W
Deg:162.5T	Altura:1987.1M	Lat:2030.7961N	Long:09957.7979W
Deg:161.3T	Altura:1987.1M	Lat:2030.7949N	Long:09957.7975W
Deg:160.3T	Altura:1987.2M	Lat:2030.7937N	Long:09957.7970W
Deg:158.9T	Altura:1987.3M	Lat:2030.7925N	Long:09957.7966W
Deg:159.4T	Altura:1987.4M	Lat:2030.7911N	Long:09957.7961W
Deg:158.6T	Altura:1987.6M	Lat:2030.7898N	Long:09957.7954W
Deg:155.3T	Altura:1987.6M	Lat:2030.7885N	Long:09957.7948W
Deg:153.5T	Altura:1987.4M	Lat:2030.7871N	Long:09957.7941W
Deg:150.7T	Altura:1987.2M	Lat:2030.7858N	Long:09957.7933W
Deg:148.4T	Altura:1987.0M	Lat:2030.7846N	Long:09957.7924W
Deg:146.2T	Altura:1986.6M	Lat:2030.7836N	Long:09957.7916W
Deg:144.2T	Altura:1986.3M	Lat:2030.7828N	Long:09957.7908W
Deg:141.4T	Altura:1985.9M	Lat:2030.7820N	Long:09957.7899W
Deg:139.3T	Altura:1985.5M	Lat:2030.7813N	Long:09957.7892W
Deg:137.5T	Altura:1985.2M	Lat:2030.7805N	Long:09957.7884W
Deg:138.9T	Altura:1984.9M	Lat:2030.7798N	Long:09957.7876W
Deg:134.5T	Altura:1984.5M	Lat:2030.7791N	Long:09957.7867W
Deg:132.8T	Altura:1984.2M	Lat:2030.7784N	Long:09957.7859W
Deg:130.9T	Altura:1983.8M	Lat:2030.7777N	Long:09957.7851W
Deg:131.6T	Altura:1983.5M	Lat:2030.7772N	Long:09957.7843W
Deg:126.7T	Altura:1983.3M	Lat:2030.7767N	Long:09957.7834W
Deg:126.5T	Altura:1983.2M	Lat:2030.7761N	Long:09957.7826W
Deg:129.9T	Altura:1982.9M	Lat:2030.7756N	Long:09957.7819W
Deg:133.1T	Altura:1982.7M	Lat:2030.7750N	Long:09957.7810W
Deg:131.3T	Altura:1982.5M	Lat:2030.7743N	Long:09957.7800W
Deg:126.4T	Altura:1982.3M	Lat:2030.7736N	Long:09957.7791W
Deg:126.8T	Altura:1982.0M	Lat:2030.7730N	Long:09957.7783W
Deg:129.5T	Altura:1981.4M	Lat:2030.7724N	Long:09957.7773W
Deg:126.9T	Altura:1981.1M	Lat:2030.7717N	Long:09957.7761W
Deg:123.3T	Altura:1980.9M	Lat:2030.7709N	Long:09957.7748W
Deg:123.8T	Altura:1980.9M	Lat:2030.7701N	Long:09957.7733W
Deg:123.9T	Altura:1980.8M	Lat:2030.7692N	Long:09957.7718W
Deg:124.6T	Altura:1980.9M	Lat:2030.7682N	Long:09957.7704W

Figura 3.32 Datos obtenidos del GPS durante prueba 1

Durante la realización de la primera prueba los datos obtenidos nos arrojan la cantidad de 559 lecturas, de los cuales con la ayuda de Matlab seleccionamos solo los datos necesarios para la velocidad omitiendo así las lecturas de Altura, Latitud y longitud.

Una vez dentro del software de Matlab se creó un pequeño código para graficar los datos de velocidad obtenidos. El resultado de esos datos el gráfica mostrada en la figura 3.33.

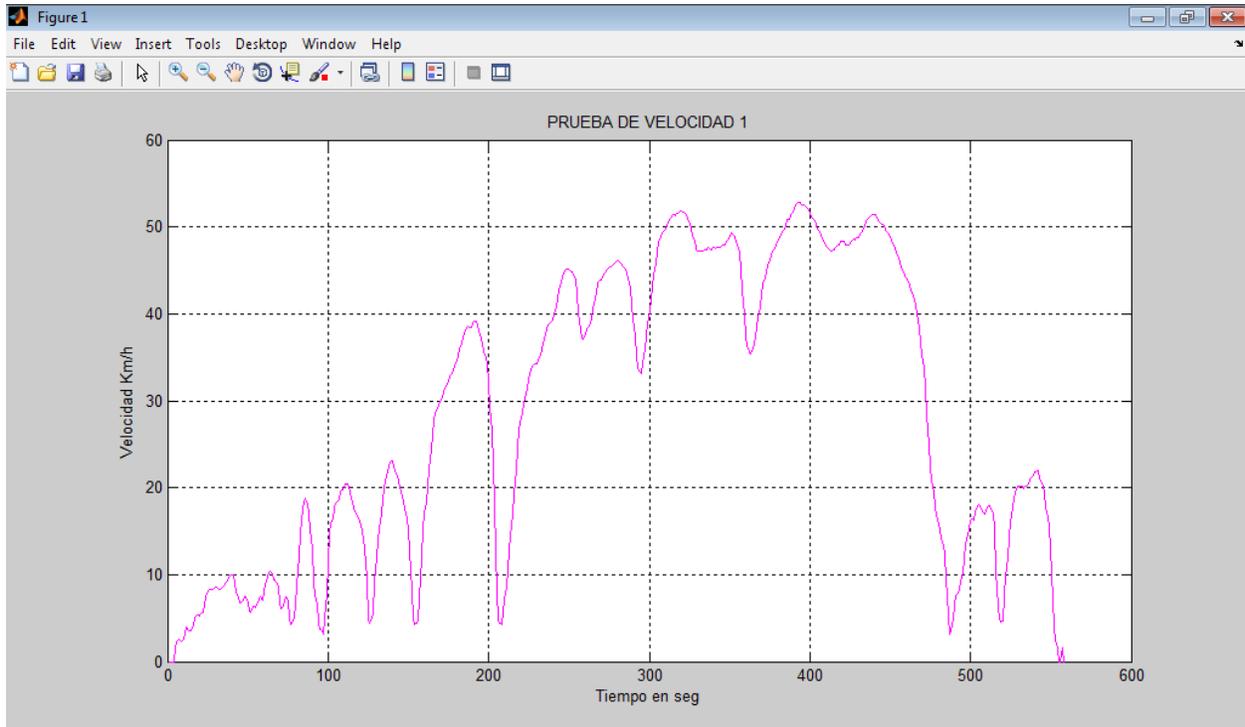


Figura 3.33 Gráfica Datos obtenidos del GPS durante prueba 1

Se aprecia que la velocidad máxima de estos datos se encuentra un poco alejado de los permitidos en la ruta y aunque se detecte un serio rebaso sobre el límite de velocidad se observa que la mayoría de las lecturas de la velocidad se encuentran por debajo de los 40Km/h

La segunda parte de la prueba se basa en los límites de velocidad permitidos dentro de la ruta de tal manera que la prueba está creada fuera de estos límites, simulado un mal manejo por parte del operario del midibús arrojándonos el GPS de esta manera los siguientes datos. Figura 3.34.

Se comprende que la mayoría de los accidentes suceden por exceso de velocidad así esta prueba tiene como fin comprender la forma en que estos excesos de velocidad se pueden graficar y verlos reflejados desde otro punto de vista.

```

prueb3.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Deg:174.3T V2:000.0K Altura:1976.8M Lat:2030.8268N Long:09957.8052W
Deg:174.3T V2:000.0K Altura:1976.8M Lat:2030.8268N Long:09957.8052W
Deg:174.3T V2:000.0K Altura:1976.6M Lat:2030.8263N Long:09957.8052W
Deg:173.9T V2:002.4K Altura:1976.6M Lat:2030.8258N Long:09957.8050W
Deg:168.8T V2:003.1K Altura:1976.7M Lat:2030.8251N Long:09957.8049W
Deg:175.4T V2:003.6K Altura:1976.7M Lat:2030.8243N Long:09957.8047W
Deg:168.7T V2:005.2K Altura:1976.6M Lat:2030.8232N Long:09957.8045W
Deg:170.5T V2:006.7K Altura:1976.4M Lat:2030.8219N Long:09957.8043W
Deg:170.1T V2:007.0K Altura:1976.2M Lat:2030.8207N Long:09957.8041W
Deg:170.5T V2:007.1K Altura:1976.0M Lat:2030.8195N Long:09957.8039W
Deg:171.7T V2:007.4K Altura:1975.7M Lat:2030.8180N Long:09957.8036W
Deg:172.0T V2:008.4K Altura:1975.3M Lat:2030.8165N Long:09957.8034W
Deg:172.1T V2:009.3K Altura:1974.9M Lat:2030.8149N Long:09957.8031W
Deg:170.8T V2:010.2K Altura:1974.5M Lat:2030.8132N Long:09957.8028W
Deg:170.0T V2:010.3K Altura:1974.1M Lat:2030.8116N Long:09957.8025W
Deg:171.7T V2:010.2K Altura:1973.7M Lat:2030.8100N Long:09957.8023W
Deg:173.6T V2:010.3K Altura:1973.3M Lat:2030.8083N Long:09957.8021W
Deg:169.6T V2:011.3K Altura:1973.0M Lat:2030.8064N Long:09957.8016W
Deg:167.2T V2:011.6K Altura:1972.7M Lat:2030.8046N Long:09957.8011W
Deg:165.2T V2:011.3K Altura:1972.5M Lat:2030.8029N Long:09957.8005W
Deg:166.4T V2:011.0K Altura:1972.4M Lat:2030.8013N Long:09957.8000W
Deg:165.8T V2:010.4K Altura:1972.4M Lat:2030.7998N Long:09957.7995W
Deg:163.6T V2:009.8K Altura:1972.4M Lat:2030.7983N Long:09957.7991W
Deg:160.8T V2:009.3K Altura:1972.4M Lat:2030.7968N Long:09957.7988W
Deg:165.3T V2:009.4K Altura:1972.6M Lat:2030.7954N Long:09957.7985W
Deg:163.6T V2:009.7K Altura:1972.7M Lat:2030.7940N Long:09957.7979W
Deg:160.8T V2:009.9K Altura:1972.7M Lat:2030.7927N Long:09957.7973W
Deg:158.0T V2:009.9K Altura:1972.6M Lat:2030.7913N Long:09957.7967W
Deg:155.3T V2:009.5K Altura:1972.4M Lat:2030.7900N Long:09957.7960W
Deg:153.8T V2:009.7K Altura:1972.4M Lat:2030.7887N Long:09957.7952W
Deg:151.0T V2:009.1K Altura:1972.3M Lat:2030.7875N Long:09957.7945W
Deg:148.5T V2:008.9K Altura:1972.2M Lat:2030.7863N Long:09957.7937W
Deg:146.1T V2:009.1K Altura:1972.2M Lat:2030.7851N Long:09957.7928W
Deg:144.0T V2:009.2K Altura:1972.1M Lat:2030.7839N Long:09957.7920W
Deg:142.3T V2:009.3K Altura:1972.1M Lat:2030.7828N Long:09957.7911W
Deg:140.5T V2:008.3K Altura:1972.1M Lat:2030.7821N Long:09957.7904W
Deg:137.5T V2:005.8K Altura:1972.2M Lat:2030.7816N Long:09957.7898W
Deg:135.3T V2:004.8K Altura:1972.2M Lat:2030.7810N Long:09957.7892W
Deg:136.3T V2:005.0K Altura:1972.3M Lat:2030.7805N Long:09957.7887W
Deg:135.3T V2:005.6K Altura:1972.3M Lat:2030.7798N Long:09957.7880W
Deg:134.3T V2:006.6K Altura:1972.4M Lat:2030.7791N Long:09957.7872W
Deg:131.9T V2:007.3K Altura:1972.4M Lat:2030.7783N Long:09957.7862W

```

Figura 3.34 Datos obtenidos del GPS durante prueba 2

Durante la realización de la segunda prueba los datos obtenidos nos arrojan la cantidad de 408 lecturas, de los cuales con la ayuda de Matlab seleccionamos solo los datos necesarios para la velocidad omitiendo así las lecturas de Altura, Latitud y longitud.

Una vez dentro del software de Matlab se creó un pequeño código para graficar los datos de velocidad obtenidos. El resultado de esos datos el gráfica mostrada en la figura 3.35.

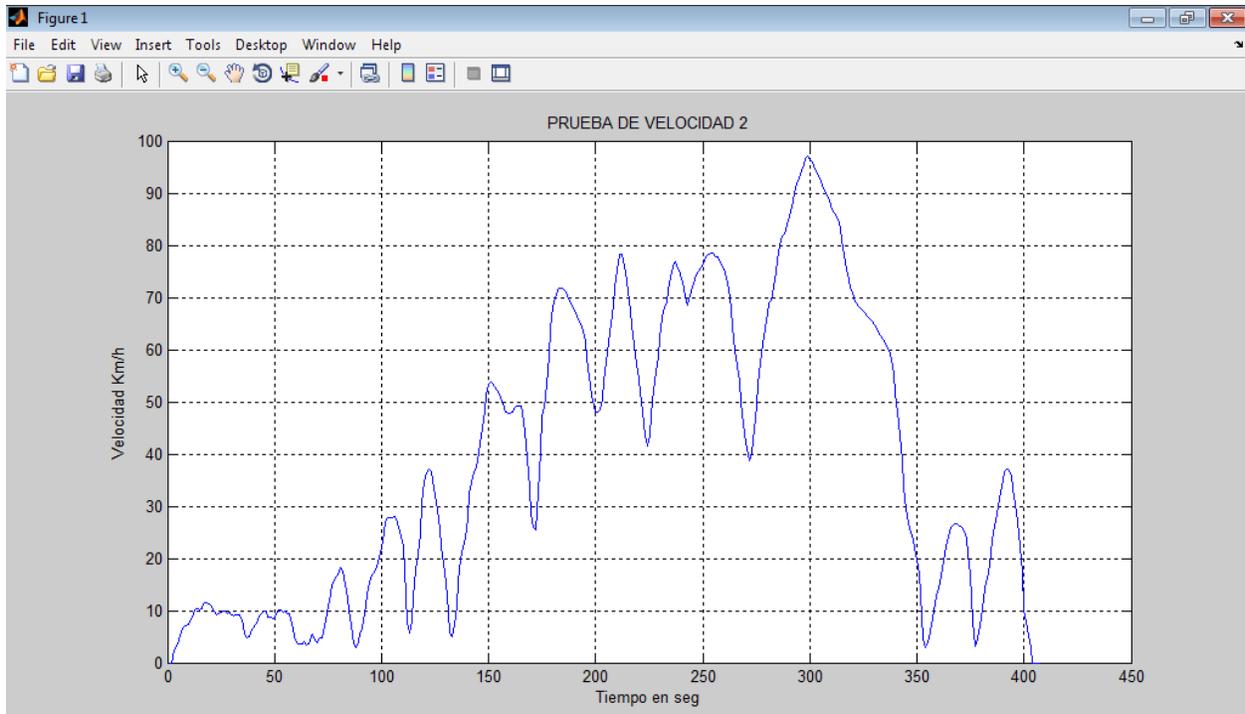


Figura 3.35 Datos obtenidos del GPS durante prueba 2

En la gráfica de la Figura 3.35 se observa que la velocidad está muy elevada lo cual nos indica que el límite de velocidad fue ignorado observando que los 40Km/h se encuentran muy por debajo de las lecturas de velocidad de esta prueba, se aprecia que en cierto punto el automóvil alcanza casi los 100Km/h lo cual para un midibús de Transporte público a esta velocidad es muy peligroso además de recordar que en ciertas partes del recorrido hay zona rural.

Esto se puede traducir a un mal uso de la unidad y tomando en cuenta que la responsabilidad del operario no es de buena fidelidad, ya que, a esta velocidad se estaría expuesto a un accidente o demás situaciones adversas para este tipo de transporte.

Otro dato importante que se arroja son los puntos de baja e incremento de velocidad que indica que aceleró de manera muy abrupta y en consecuencia aumentar la velocidad en un periodo de tiempo muy corto.

Para definir otra perspectiva de las pruebas realizadas a continuación en la figura 3.36 se realiza una comparación de graficas con lo mismos datos anteriormente graficados.

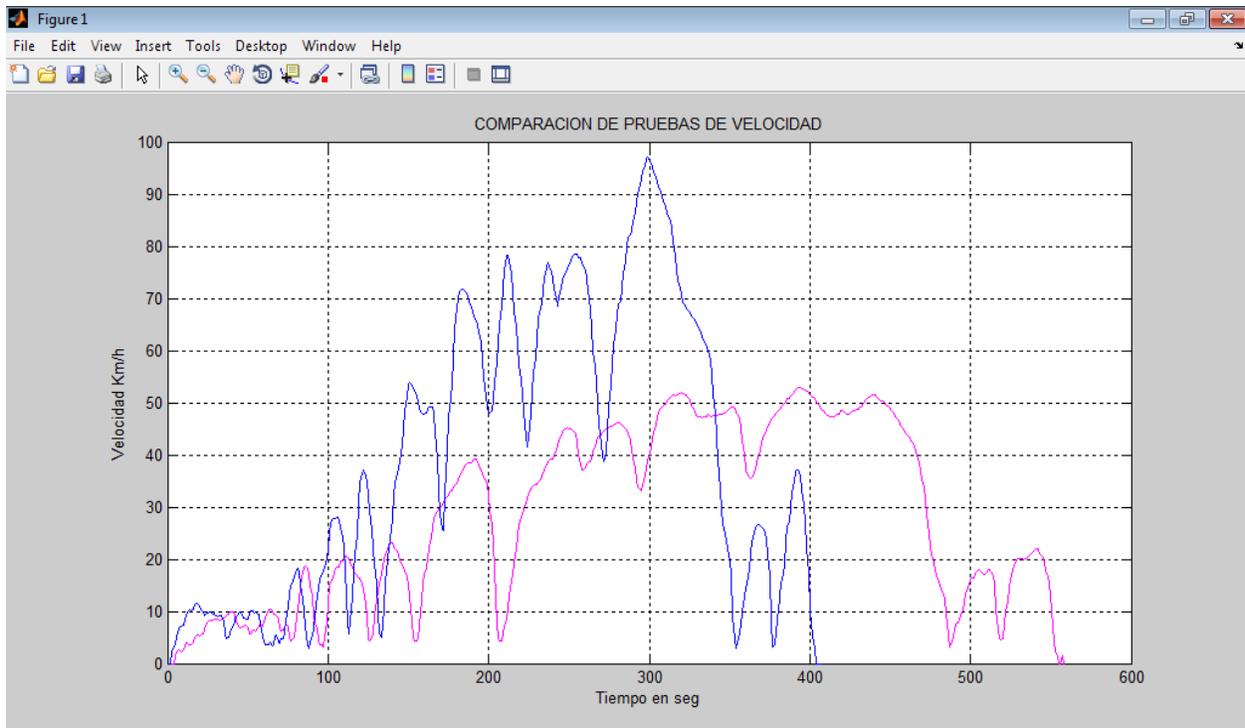


Figura 3.36 Comparación de gráficas

Con ayuda de Matlab se creó una gráfica que compara los datos obtenidos en las diferentes pruebas. La grafica en color violeta se refiere a la prueba 1 que indica prueba a velocidad con límites permitidos en la ruta. La grafica en color azul se refiere a la prueba 2 que indica prueba a velocidad con límites rebasados o superiores a los permitidos en la ruta.

Para comprender de manera correcta estos datos de la presente prueba se recurre a la tecnología de google maps para determinar si los datos son correctos o en caso contrario erróneos para el envío de unidad de ayuda ante tal evento sucedido.

La latitud y longitud se separa en grados, minutos y segundos o de otra manera en grados y minutos fraccionales de esta manera podemos comprobar si la lectura enviada es correcta o no, la comprobación de la lectura se muestra en la Figura 3.39

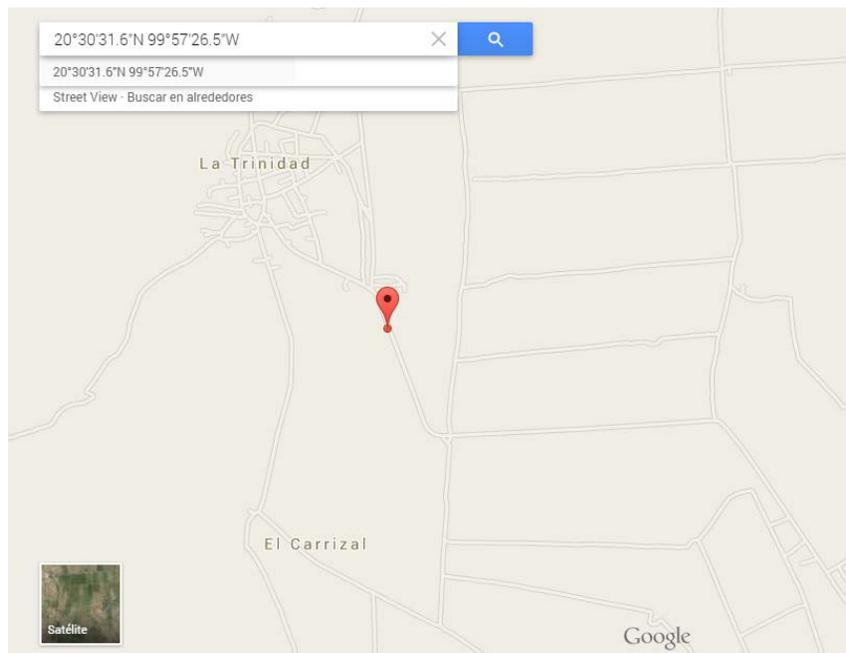


Figura 3.39 Comprobación de coordenadas

Queda comprobado que el envío de msj se realiza de manera exitosa de modo que se puede adelantar de manera rápida y precisa el correcto funcionamiento del sistema.

De esta manera se puede concluir el Proceso con la petición HTTP para el monitoreo de esta unidad en la cual sin utilizar google maps se realiza la ubicación de la coordenadas de dicha eventualidad. Así a través de una página Web embebida dentro de la tarjeta de Arduino con puerto Ethernet y de igual manera al activar la interfaz gráfica de usuario se ubicaran las coordenadas obtenidas por el receptor Venus GPS.

3.16 Acceso a página por internet

Además de permitir el acceso a través de cualquier red local, es posible tener acceso a través de cualquier computadora con acceso a Internet. Actualmente existe una librería proporcionada por Yaler, un servidor que permite acceso fácil y seguro a través de Internet, solo es necesario agregar la librería proporcionada, y crear una cuenta gratuita en la página de Yaler, en donde genera un nombre de dominio al que se accederá a través de Internet, esto representa una modificación mínima al programa para conexión a través de una red local.

3.17 Acceso a interfaz gráfica

Para la adquisición de los datos vía Ethernet se desarrolló una interfaz en Matlab consiste en una ventana principal que se muestra en Figura 3.41, en la cual se selecciona el inicio del sistema a monitorear.



Figura 3.41 Captura de pantalla principal de interfaz

Al seleccionar el botón de iniciar se abre la ventana de la figura, como se muestra la ventana contiene un área donde se gráfica el consumo la velocidad, además cuenta con un área

para establecer la ubicación de las coordenadas obtenidas para mostrar los datos arrojados, además de establecer las direcciones URL de manera indirecta para el acceso a la página web.



Figura 3.42 Acceso a monitoreo de internet a interfaz

El monitoreo se realiza punto a punto indicando con una marca el estado de las coordenadas del receptor y en consecuencia ahí se encuentra el midibús que se está monitoreando.

Este sistema se encuentra de tipo caja negra de manera que no se puede acceder sus componentes para modificar datos de monitoreo o reprogramación para violar principios de funcionamiento.

4. Capítulo 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dentro de este capítulo se comprenderá de manera específica los resultados de las diferentes pruebas establecidas al presente sistema desarrollado, se analizaran los pros y contras que de manera directa e indirecta afecten a los datos y en consecuencia los resultados obtenidos.

4.1 Análisis de resultados

Las dos principales pruebas realizadas se inclinan a la lectura de velocidades dentro de un recorrido establecido, se conoce el fin del desarrollo del proyecto estableciendo este último para un midibús de transporte público se pretende como principal necesidad brindar un servicio de excelente calidad así como la seguridad de los pasajeros, debido a estas necesidades es de vital importancia y de manera obligatoria conducir el medio de transporte dentro de los límites de velocidad permitidos en la ruta seleccionada.

Si se pretende tener el control monitoreado de la unidad principalmente se requiere de ciertas pruebas como las realizadas anteriormente es por este motivo que la comparación de graficas de velocidad nos arrojan más datos de los que a simple vista podemos observar, de tal manera que se necesita realizar un análisis a detalle de la comparación a continuación mostrada.

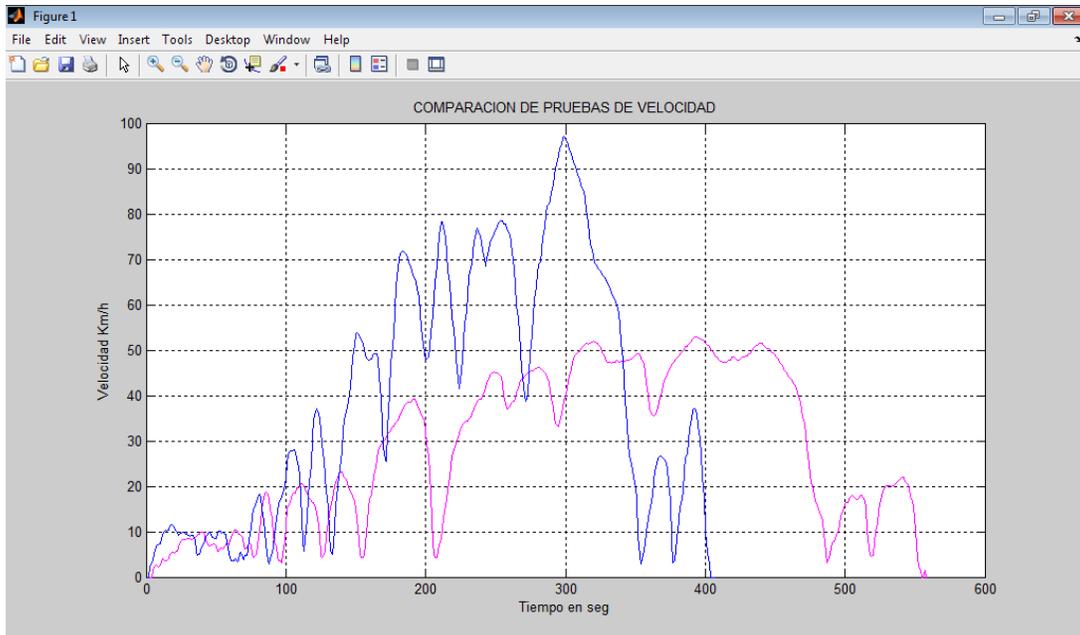


Figura 3.36 Comparación de gráficas

A simple vista se observa la comparación de 2 gráficas de velocidad pero un punto a detalle es que nos muestra la manera en que la gráfica con exceso de velocidad se alija de la velocidad permitida en esta ruta, otro punto es la manera de las caídas e incrementos de velocidad, de la gráfica en color violeta se aprecia incremento de velocidad con periodos de tiempo largos y no abruptos con pocos y pendientes prolongados como los muestra la gráfica en color azul. Esto de manera indirecta indica que las maneras de aceleración por parte del conductor se realizan de manera agresiva y dando como resultado esos picos mostrados en la gráfica azul.

Otra diferencia notoria es el tiempo las pruebas se realizaron en la misma ruta establecida pero en comparación la gráfica violeta se realizó bajo límites de velocidad lo cual incremente un poco el periodo de tiempo de la prueba, por otro lado la gráfica en color azul indica un menor tiempo de la prueba debido a los cambios bruscos de velocidad lo cual no es favorable para el midibús, o en otras palabras para usuarios, copropietario, seguridad en ambos.

El conducir en exceso de velocidad es de las principales causas de accidentes y tomando conciencia que se trata de un midibús de Transporte público es poner en riesgo de accidente y e

el peor de los casos de uno o más usuarios de la unidad, si se contempla que dentro de esta unidad viajan entre 15 o 20 usuarios, es gran cantidad de personas expuestas a sufrir un daño por irregularidades de anejo por parte del chofer.

Por otro lado, la contraparte del sistema nos ayuda a tener en cierta forma tranquilidad ya que el monitoreo de la unidad arroja los niveles de velocidad a los cuales se encuentra la unidad además de contar con el envío de SMS ante sufrir una eventualidad inesperada para tener una pronta respuesta de parte del propietario o en cas especial de unidad ambulancia en caso de ser necesaria.

Además de ser monitoreada en tiempo real a través de la página web esto hace más práctica y creativa la manera de monitorear esta unidad.

El sistema empleado por Arduino en el desarrollo de este tipo de web embebida es la seguridad de no modificar parámetros de monitoreo debido a que se necesita estrictamente el usuario para ingresar a esta y comenzar el monitoreo a través de internet, el utilizar una interfaz alterna nos beneficia en el manejo de los datos para realizar un pos proceso debido al almacenamiento de datos dentro de una micro memoria.

4.2 Conclusiones

Existen operarios de unidades de transporte público que exceden los límites de velocidad permitidos dentro de su ruta establecida, sin generalizar es una necesidad el crear un ambiente seguro al utilizar cierta unidad, tal es la necesidad de crear el presente proyecto para brindar un mejor servicio por parte del operario al usuario, y por otro lado el operario realizar un mejor uso de la unidad y de esta forma el copropietario sienta más confianza en sus trabajadores.

El objetivo en el desarrollo del proyecto es mejorar el servicio en cierta forma bajo la presión de que la unidad es monitoreada y el operario se sienta bajo esa presión y utilice de manera adecuada la unidad así como disminuir los excesos de velocidad generados.

En consecuencia con la formas de manejo adecuadas y de manera correcta se pretende disminuir a medio o largo plazo el número de accidentes donde se involucre una unidad de transporte público, esto de manera indirecta es un ahorro a copropietario de la unidad debido a que eso generaría menor gasto en las unidades generando a largo plazo una gran cantidad de dinero ahorrada ante esas eventualidades.

El desarrollo e implementación de nuevas tecnologías favorece a gran número de personas generando un ahorro monetario significativo, dentro de la implementación de este sistema se desglosan diferentes situaciones favorables debido al monitoreo se crea un círculo de seguridad y ahorro de dinero que se desvía por pérdidas asociadas a accidentes, ya que el evitar este tipo de situaciones la unidad de control o de asistencia inmediata estará disponible para una situación en grado de necesidad máxima esto se refiere a estar disponible para una persona que en realidad requiera de los servicios y no para una situación evitable, ahorrando considerablemente combustible y tiempo.

El sistema se puede emplear de manera pos proceso debido a la manera en que almacena los datos arrojados y obtenidos por el receptor de tal manera que existen aplicaciones donde se requiere conocer los valores de velocidad y posición de cierto vehículo para otros fines de estudio.

5. Referencias

A., M. (1992). "Historia de la Ciencia y de la Técnica, Astronomía y Navegación en el siglo XVIII". Akal, Madrid: SELLES.

Akos, D. A. (1997). Software Radio Approach to Global Navigation Satellite System Receiver Design. Athens, OH: Ohio University .

Aldo Mangiaterra, E. H. (2005). GPS Posicionamiento Satelital. Secretaria de Extencion Universitaria: UNR Editora.

Arellano Pacheco, D. L., (2014). "Adopción de aplicaciones móviles para el sistema de transporte público en Querétaro", Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Bornschlegel, T. (2009). "The history of the global positioning System GPS".

Borre K, A. D. (2000). A Software-Defined GPS and Galileo Receiver. New York, NY.

Campbell, W. (1940). "GEE y LORAN Radar Navigation System". EE.UU.

Constantine, B. (1996). Antenna Theory: Analysis and Design. New York : Mc Graw Hill.

Corporation, A. R. (1991). ICD-GPS Interface control document. Fountain Valley, CA.

Dieggelen, V. (2009). "A-GPS: Assisted GPS, GNSS, and SBAS". Boston/London: Frank.

Gold, R. (1967). Optimal binary sequences for spread spectrum multilexing. IEEE: Transactions on informaion.

GPS, URL http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/sat_gps.htm (Fecha de consulta: Septiembre 2014)

Hegarty, E. D. (2006). Understanding GPS, Principles and Aplications. Boston, MA: Artech House, Segunda Edicion .

IS-GPS-200D Navstar GPS Space Segment/Navigation user interfaces. (2004). Arnic Engineering.

Lifrig, J. (1985). "To Europe and far east". United States Coast Guard .

Montoya Zamora, R., (2011). "Desarrollo de herramientas SIG para la evaluación de redes", Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

NASA, seguimiento de satélites en tiempo real URL: <http://science.nasa.gov/realtime/> (Fecha de consulta: Septiembre 2014)

Needham, J. (1962). "Sciense and Civilation in China". Cambridge,Ennglan: Cambridge Univ. Press.

Piña Barcenás, F. E., (2013). "Sistema de monitoreo móvil de la calidad del aire utilizando redes vehiculares de transporte", Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Proakis, J. (2000). Digital Communication. New York: Mc Graw Hill Cuarta Edicion.

Scott Pace, G. F. (1995). "The GLobal Positioning System ". Critical Technologies Institute: RAND,s.

SPS Global Positioning System standard Positioning Service Signal Specification. (1995). U.S. Department of Defense.

Suarez, S. (2007). "Tecnica e ingenieria en Tecnologia". El Renacimiento, 489 y sig.

Torres Ortega, C. A., (2011). "Plataforma de comunicación basada en GPRS para administración de datos en sistemas de automatización para invernaderos", Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Tsui, J. (2000). Fundamentals of Global Positioning System Receivers. New York, NY: A Software Approach Jhon Wiley.

Vázquez Guerrero, M., (2010). "Diseño de paraderos en transporte público", Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Vega Escobedo, E. P., (2012). "Modelado y simulación de sistemas de transporte público: un caso de estudio aplicado a la ciudad de Querétaro", Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

W.Bradford, P. &. (1996). "Global Positioning System: Theory and Aplications Volumen I de Progress in Astronautics and Aeronautics". Washington, DC: Instituto americano de Aeronáuticos y Astronautas, Inc.

Anexo. Principales Abreviaturas utilizadas en la presente tesis

Listado de Abreviaturas y Siglas en Ingles			
GPS	Global Positioning System	AC	Corriente Alterna
SMA	System Mobile Asociation	UC00A	Puerto de salida de GSM module
NMEA	National Marine Electronics Asociation	UC00B	Puerto de salida de GSM module
Mbs	Mega bites por segundo	LORAN	Long Rage Radio Aids Navigation
GPRS	General Packet Radio Service	OMEGA	
GSM	Global Standard for Mobil communication	MIT	Masachussets Institute of Technology
HTTP	Petición para acceso a internet	DoD	Departamento de Defensa
dBm	Decibeles por minuto	NAVSTAR-GPS	Navigation System Timing and Ranging-Global Positioning System
AGPS	Asociation - Global Positioning System		
UART	Puerto serial para comunicación de datos seriales		
COMANDOS AT	Tipo de lenguaje universal para identificar señales móviles		
DC	Corriente Directa		
NAVSEG	Navigation Satellite Executive Commite		