



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN
PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Cristian Abinadí Mena Ramírez

Asesorado por el Ing. Romeo Neftalí López Orozco

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN
PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CRISTIAN ABINADÍ MENA RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. ROMEO NEFTALÍ LÓPEZ OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

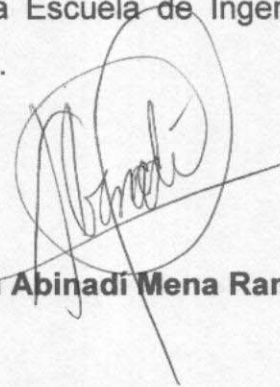
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León Escobar
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de Los Ángeles
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 9 de septiembre de 2013.



Cristian Abinadi Mena Ramirez

Guatemala, 8 de septiembre de 2014.

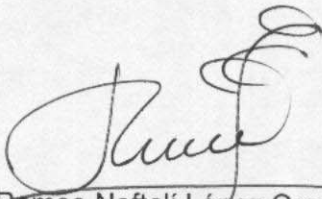
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Guzmán:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: "DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA", desarrollado por el estudiante Cristian Abinadí Mena Ramírez con carné No. 2007-14836, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,


Ing. Romeo Neftalí López Orozco
ASESOR
Colegiado 3364

ROMEO NEFTALÍ LÓPEZ OROZCO
INGENIERO ELECTRICISTA
Colegiado No. 3364



Ref. EIME 46.2014
Guatemala, 19 de SEPTIEMBRE 2014.

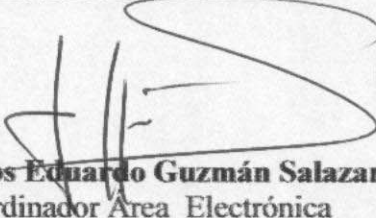
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA, del estudiante Cristian Abinadí Mena Ramírez, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



STO



REF. EIME 46. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **CRISTIAN ABINADÍ MENA RAMÍREZ** titulado: **DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 25 DE SEPTIEMBRE 2,014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

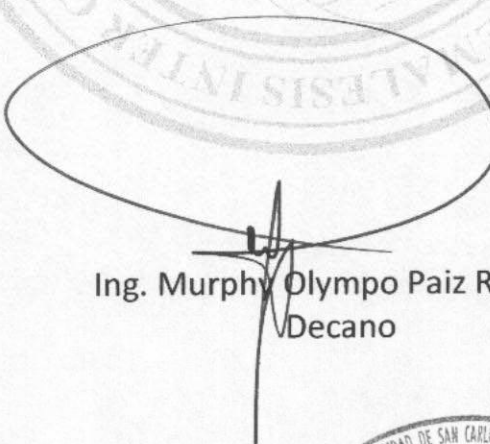


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 575.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA ELECTRÓNICO DE INMOVILIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**, presentado por el estudiante universitario **Cristian Abinadí Mena Ramírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 21 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mi Padre Celestial	Por crear el plan de felicidad que me permite vivir eternamente con mi familia.
Jesucristo	Por su sacrificio expiatorio y los milagros que ha hecho en mi vida.
El Espíritu Santo	Por guiarme, inspirarme y fortalecerme durante estos años de estudio.
Mi papá	Mauricio Mena, por darme su amor y la herencia de ser un profesional.
Mi mamá	Irma de Mena, por darme su amor y el excelente cuidado que me ha dado.
Mi esposa	Gabriela de Mena, por ser mi compañera, mi amor eterno y mi fuente de inspiración.
Mi hijo	Emilio Mena, por darme fuerza e inspiración al ver su hermosa sonrisa y disfrutar su desarrollo.
Mis hermanos	Luis, Kevin y Julia Mena, para que sigan mi buen ejemplo y sean personas de éxito material y espiritualmente.

**Todos los jóvenes de
Guatemala**

Para que sepan que la clave del éxito es confiar
en Dios y estudiar lo más que se pueda.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi segunda casa durante mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento que permitirá desarrollarme como profesional.
Mis suegros	Fausto Orozco y Dora de Orozco, por confiar en mí; por permitirme ser parte de su familia y ser de gran ayuda.
Fausto Orozco	Por apoyarme y ser una fuente de múltiples ayudas para mi familia.
Daniel y Claudia de Matheu	Por apoyar incondicionalmente como familia y brindarnos múltiples bendiciones.
Jorge Flores	Por ser más que mi jefe un muy buen amigo y por brindarme su apoyo siempre.
Renaldo y Lilian de Acevedo	Por apoyarnos como familia, darnos consejo y ser una fuente de ayuda.
Jorge y Doris de Carías	Por prestarnos servicio incondicional y desinteresado cuando lo hemos necesitado.

Luis Guillermo Ramírez

Por facilitarme transporte durante la noche, en el momento que lo necesité.

Juan Luis Saraccini

Por prestarme los materiales y herramientas para realizar los proyectos de laboratorio.

Javier Mendoza

Por ser mi compañero de estudio; por su apoyo y ayuda.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. SISTEMA DE POCISIONAMIENTO GLOBAL.....	1
1.1. Los satélites.....	3
1.2. Las órbitas	5
1.3. Estaciones de monitoreo o segmentos de control	5
1.4. Características de la señal	6
1.5. Componentes de la información transmitida.....	8
1.6. Cálculo de distancias.....	11
1.6.1. Código pseudoaleatorio	12
1.7. Triangulación de los satélites	13
1.7.1. Latitud.....	16
1.7.2. Longitud.....	18
1.8. Sincronización de tiempos.....	19
1.9. Posición de los satélites	21
1.10. Corrección de errores.....	22
1.10.1. Errores causados por la atmósfera.....	22
1.10.2. Errores causados por la geografía.....	23
1.10.3. Errores causados por los satélites.....	23

1.10.4.	Errores por la geometría de la posición de los satélites	24
1.11.	GPS diferencial	25
1.12.	Google Maps.....	25
1.13.	GPS asistido	29
2.	RED DE TELEFONÍA CELULAR	31
2.1.	Área de cobertura de la red celular	31
2.2.	Componentes básicos de una red celular	35
2.2.1.	Centro electrónico de conmutación	35
2.2.2.	Controlador de sitio	36
2.2.3.	Radiotransceptores	37
2.2.4.	Interconexión del sistema.....	37
2.2.5.	Unidades telefónicas móviles	37
2.2.6.	Protocolo de comunicación	38
2.3.	Procesamiento de una llamada	38
2.3.1.	Llamada de celular a celular.....	39
2.3.2.	Llamada de celular a teléfono convencional.....	40
2.3.3.	Llamada de teléfono convencional a celular.....	41
2.4.	Tecnología GSM	41
2.4.1.	Arquitectura de la red GSM.....	42
2.4.2.	Señalización	47
3.	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	51
3.1.	Sistema eléctrico de un vehículo motorizado	53
3.1.1.	Sistema de generación y almacenamiento de electricidad	56
3.1.2.	Sistema de encendido del motor de combustión interna.	58

3.1.3.	Sistema de arranque del motor.....	65
3.1.4.	Otros sistemas eléctricos.....	65
4.	DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	67
4.1.	Bloque del módulo GPS	67
4.2.	Bloque del módulo GSM.....	72
4.3.	Bloque de control electrónico	78
4.4.	Bloque central de procesamiento de datos.....	84
4.4.1.	Diseño del hardware.....	84
4.4.2.	Diseño del software	88
4.4.4.2.1	Proceso de localización.....	88
4.4.4.2.2	Proceso de bloqueo.....	90
4.4.4.2.3	Proceso de desbloqueo.....	92
4.5.	Otras condiciones a considerar en el diseño del sistema	95
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Dispositivo GPS para la navegación	2
2.	Módulo GPS	2
3.	Primer punto de referencia	14
4.	Segundo punto de referencia	15
5.	Tercer punto de referencia	16
6.	Meridianos de la Tierra	17
7.	Paralelos de la Tierra	18
8.	Sincronización por medio del cálculo de diferencia	20
9.	Vista de Google Maps	28
10.	Grupo de células	32
11.	Tres grupos de células	33
12.	División de una célula en un nuevo grupo	34
13.	Componentes básicos de una red de telefonía celular	36
14.	Arquitectura de red GSM	45
15.	Partes principales del motor a combustión interna.	52
16.	Sistema eléctrico básico de un vehículo	55
17.	Sistema de generación y almacenamiento de electricidad	57
18.	Sistema de encendido de motor a combustión interna	61
19.	Bobina de encendido y conexión con la bujía	63
20.	Sistema de encendido con distribuidor	64
21.	Módulo GPS 1080B de LIBELIUM	68
22.	Módulo GPS 1080B de LIBELIUM con antena	69
23.	Módulo GSM SIM900	73

24.	Bloques utilizados en el diseño	76
25.	Interruptor estático de corriente continua	80
26.	Acople entre microcontrolador y compuerta del TRIAC	83
27.	Diagrama en bloques del microcontrolador.....	86
28.	Caja protectora de los componentes electrónicos	87

TABLAS

I.	Componentes básicos del sistema eléctrico vehicular	53
II.	Trama de datos brindados por el módulo GPS	70
III.	Detalle de trama RMC.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
bps	Bits por segundo
DC	Corriente directa
4G	Cuarta generación en telefonía móvil
Ghz	Gigahercios
°	Grado
Hz	Hercio
Km	Kilometro
MHz	Megahercios
mA	Miliamperio
'	Minuto
Ω	Ohm
"	Segundo
s	Segundo
3G	Tercera generación en telefonía móvil
Gnd	Tierra
V	Voltios

GLOSARIO

AuC	<i>Authentication center.</i> Centro de autenticación.
Baudio	Unidad de medida para la velocidad en transmisión de señales digitales; se expresa en símbolos por segundo.
Clave de cifrado	Algoritmo utilizado para cifrar y descifrar información confidencial.
DGPS	<i>Defferential GPS.</i> GPS diferencial.
EEPROM	<i>Electrically erasable programmable read-only memory.</i> Memoria ROM eléctricamente borrrable-programable.
EIR	<i>Equipment identity register.</i> Registro de identidad de equipo.
GPS	<i>Global position system.</i> Sistema de posicionamiento global.
GSM	<i>Global system for movil communication.</i> Sistema global para las comunicaciones móviles.

HLR	<i>Home location register.</i> Registro de ubicación de base.
IMEI	<i>International mobile equipment identity.</i> Identidad internacional de equipo móvil.
MMC	<i>Master movil control.</i> Central de control maestro.
MTSO	<i>Mobile telephone switching officce.</i> Oficina de conmutación de telefonía móvil.
NGA	<i>National geospatial-intelligence agency.</i> Agencia nacional de inteligencia-geoespacial.
NMEA	<i>National marine electronics association.</i> Asociación nacional de electrónica marina.
PSTN	<i>Public switched telephony network.</i> Red telefónica pública conmutada.
QPSK	<i>Quadrature phase-shift keying.</i> Modulación por pulso en cuadratura.
SIM	<i>Subscriber identity module.</i> Módulo de identificación de abonado.
UHF	<i>Ultra high frequency.</i> Ultra alta frecuencia.

VLR *Visitor location register.* Registro de ubicación de visitas.

UTC *Universal time coordinated.* Tiempo universal coordinado.

RESUMEN

La electrónica ha llegado a ser una herramienta muy útil en todos los aspectos de la vida debido a que sus aplicaciones se pueden extender desde el campo de la medicina hasta la exploración espacial. Una de esas aplicaciones es la seguridad en los vehículos motorizados, siendo estos una fuente principal de transporte para muchas personas.

Una de las vulnerabilidades de los vehículos es que pueden ser robados de diversas formas, algunas relativamente sencillas, y en muy raras ocasiones pueden ser recuperados, a menos que se utilicen métodos sofisticados para su localización.

Muchas alarmas para automóviles pueden evitar el robo, hasta cierto punto, pero lamentablemente se ha llegado a una situación que ya no es suficiente colocar una alarma común como protección. Esto ha dado como resultado el surgimiento de nuevas tecnologías en seguridad para localización e inmovilización de vehículos de una manera remota.

Estas tecnologías de seguridad automotriz están basadas en sistemas electrónicos que permiten controlar remotamente las funciones de los vehículos; en la actualidad, estas aplicaciones son manejadas por personas externas al usuario, es decir, existen empresas que se dedican directamente a monitorear los vehículos de las personas que contratan este servicio de control remoto.

Por lo tanto, en este trabajo se expone el sistema de posicionamiento global como parte fundamental para la localización de un vehículo; como también el funcionamiento, los principios electrónicos y de telecomunicaciones que utiliza y los cálculos que se realizan para obtener la posición del vehículo y ubicarlo en un mapa.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño del sistema electrónico de inmovilización y localización para vehículo con motor de combustión interna.

Específicos

1. Presentar los fundamentos sobre el funcionamiento del sistema de posicionamiento global.
2. Desarrollar los conceptos sobre la red de telefonía celular y la tecnología GSM.
3. Presentar los fundamentos básicos sobre el motor de combustión interna, dando un principal enfoque en el sistema eléctrico que lo compone.
4. Explicar el diseño de los circuitos electrónicos del sistema de localización e inmovilización, para vehículo con motor de combustión interna.

INTRODUCCIÓN

Al combinar los conceptos de diferentes tecnologías electrónicas se puede diseñar un sistema capaz de inmovilizar y localizar un vehículo.

En el primer capítulo se desarrollan los conceptos del sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), se explica cómo puede ser una herramienta que permite la localización de algún objeto que posea los dispositivos necesarios de dicho sistema.

En el segundo capítulo se desarrollan los conceptos utilizados en la comunicación por teléfono celular, los componentes que utiliza, las limitaciones que tiene, los modos de comunicación y los tipos de datos que pueden ser transmitidos entre dos o varios puntos.

En el tercer capítulo se explica el funcionamiento básico de un motor de combustión interna, dando principal enfoque a la parte eléctrica que crea la combustión generadora de fuerza motriz en el vehículo, ya que al tener control sobre dicho sistema, se puede inmovilizar el vehículo.

En el cuarto capítulo se presentan los conceptos de electrónica de potencia que pueden ser utilizados para crear un sistema de control electrónico, con el cual se brinda la opción de programar el apagado de un motor de combustión, según las necesidades.

Por último, se combinan los conceptos anteriores para presentar el diseño del dispositivo encargado de inmovilizar y localizar un vehículo que posee motor de combustión interna.

1. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

El sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés, *Global position system*) es utilizado para obtener la ubicación de un objeto, persona o vehículo, que disponga de dicho sistema, en cualquier parte del mundo. El sistema GPS está constituido por satélites que orbitan la Tierra y utiliza cálculos matemáticos para determinar la posición del objeto con una precisión de pocos metros de error.

Es importante notar que al hablar de GPS se pueden dar dos interpretaciones: la primera, ejemplificada en la figura 1; un dispositivo electrónico capaz de guiar a una persona al momento de transitar por una calle desconocida o por el bosque, algunos poseen pantallas donde se puede ver el recorrido a seguir para llegar al punto deseado; incluso estos son colocados en los vehículos para orientar al conductor, quien sigue las indicaciones del dispositivo.

La segunda, ejemplificada en la figura 2; un componente electrónico encargado de realizar la comunicación entre el satélite y el objeto ubicado en la Tierra, se le conoce comúnmente como módulo GPS.

Este componente electrónico puede ser muy pequeño y utiliza varios circuitos electrónicos auxiliares para poder lograr su objetivo de obtener la ubicación en cualquier parte del mundo, es el componente principal del dispositivo GPS utilizado en los vehículos.

Figura 1. **Dispositivo GPS para la navegación**



Fuente: http://epmghispanic.media.lionheartdms.com/img/photos/2013/01/02/Picture_1_t750x550.jpg?626c74b6d570df44fd02ecca30244159e005ff34. Consulta: 10 de junio de 2014.

Figura 2. **Módulo GPS**



Fuente: <http://www.nishilua.com/alfonso.nishikawa/pfcan/wp-uploads/2011/03/gps-a1037-a.jpg>. Consulta: 10 de junio de 2014.

Los módulos GPS, físicamente, en la actualidad son muy pequeños; lo cual ha ayudado a realizar aplicaciones electrónicas que son más fáciles de ocultar, permitiendo pasar desapercibidos para las personas, lo cual es algo bueno en los sistemas de seguridad para vehículos.

Estos pequeños módulos GPS necesitan de otros componentes tales como batería, antena, módulo de comunicación serial, etc., para poder funcionar correctamente.

Existen algunos módulos GPS que incorporan todo lo necesario para realizar su trabajo de localización y aun así continúan siendo muy pequeños.

1.1. Los satélites

Desde 1978 se han colocado satélites en órbita alrededor de la Tierra y según los avances tecnológicos han ido evolucionando; los satélites se han vuelto cada vez más sofisticados, por eso existe una división entre los tipos de satélites, las cuales son: Block I, Block II, Block IIA, Block IIR y Block IIF.

Como característica general de cada generación de satélites se encuentra que su fuente de energía ha sido proporcionada por paneles solares y utilizan baterías para su funcionamiento al momento de estar en la sombra terrestre.

Los satélites Block I fueron los primeros en estar en órbita; se lanzaron 11, con los cuales se ganó la experiencia en este tipo de transmisiones debido a que no se habían trabajado anteriormente con este tipo de tecnología. La información manejada por estos satélites era accesible para los civiles; el último de estos satélites dejó de funcionar en 1995.

Los satélites Block II fueron los primeros en ser utilizados para el sistema GPS; se diseñaron para funcionar 14 días sin segmentos de control. Se incorporaron estabilizadores de tres dimensiones respecto de un punto sobre la Tierra y lo lograron por medio de ruedas de reacción.

Utilizaron señales de UHF (*Ultra high frequency*) para la comunicación entre satélites; el último de estos satélites salió de funcionamiento en el 2007.

Los satélites Block IIA fueron colocados en seis diferentes órbitas colocadas estratégicamente con el mismo ángulo respecto del ecuador; fueron diseñados para operar por 180 días sin segmentos de control.

De los 19 satélites lanzados solo se han retirado seis. Dos de los satélites de esta serie poseen *laser* que permiten tener una sincronización independiente de las señales de radio, lo cual ayuda a evitar errores de sincronización de reloj y de efemérides.

Las series Block IIR y Block IIF son satélites modernos que han sido lanzados a partir de 1997 y el último de estos fue lanzado en el 2011; la información que manejan estos satélites está limitada al acceso de civiles, ya que se emplean como satélites militares.

Estos son satélites más robustos y proveen señales más potentes. Poseen relojes atómicos de MASER (*Microwave amplification by stimulated emission of radiation*) de Hidrógeno, lo cual hace que aumente significativamente la precisión de dichos relojes.

1.2. Las órbitas

Actualmente se utilizan entre 24 y 30 satélites para el sistema GPS; dichos satélites se encuentran orbitando sobre el planeta Tierra, a 20 200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del planeta; viajan a una velocidad de 3,9 km/s.

Los satélites están ubicados en seis planos y cada uno posee cuatro franjas horarias donde los satélites pueden ser colocados equidistantemente. El ángulo de inclinación de los planos respecto del ecuador es de 55°.

Este tipo de arreglo de planos evita que muchos satélites se encuentren sobre el polo norte o sur, simultáneamente; pero aún así están dispuestas lo suficientemente para ser utilizables en los polos.

También se crea una constelación bastante estable ante fuerzas externas a las cuales están expuestos los satélites; algunas de estas son: los vientos solares, campos gravitatorios y campos magnéticos. Este arreglo también permite que al menos cuatro satélites estén disponibles para cualquier parte del mundo en cualquier momento.

1.3. Estaciones de monitoreo o segmentos de control

El sistema GPS es monitoreado por la fuerza aérea de los Estados Unidos de Norte América. Se establecieron cinco bases para lograr controlar los satélites y están ubicadas en el mando espacial de la fuerza aérea de Schriever de Colorado, en Estados Unidos de Norte América, Hawai, Isla Ascensión, Isla Diego García y Kawajalein, que son parte de las Islas Marshall; el mando de la fuerza aérea es la estación de control maestra.

Durante el 2005 se añadieron seis estaciones de monitoreo proporcionadas por la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA, *National Geospatial-Intelligence Agency*) con lo cual se ha logrado que cada satélite sea monitoreado por dos estaciones de control; esto ha ayudado a que la precisión del sistema aumente, reduciendo los errores de efemérides y mejorando la posición de las orbitas de cada satélite.

Todas las estaciones de control envían los datos recopilados de los satélites a la base de control maestra, en Colorado, Estados Unidos de Norte América, donde se procesa la información las 24 horas del día en tiempo real.

La información que se maneja es: la hora de los relojes de cada satélite y la órbita que posee. Al hacer esto se puede detectar rápidamente algún problema de funcionamiento que puede ser corregido al calcular nuevamente las efemérides.

Luego de hacer el análisis anterior se envía una o dos veces al día la información a los satélites; la información y los comandos son enviados por medio de las bases ubicadas alrededor del mundo.

1.4. Características de la señal

Las características de las señales transmitidas por el sistema de GPS son muy importantes para que este pueda determinar con precisión y exactitud la posición de un objeto.

Lo anterior tiene como resultado que las señales transmitidas sean complejas, es decir, la estructura de la señal es complicada de analizar.

Para la transmisión de datos se requiere de una señal portadora que debe cumplir con las siguientes características:

- Debe de ser menor a 2 GHz, debido a que las señales con frecuencias mayores a 2 GHz requieren de antenas especiales para la recepción.
- Utilizar un código pseudoaleatorio requiere de un alto valor de ancho de banda para la modulación en la señal portadora; por lo tanto debe ser elegido un valor de frecuencia alto para tener mayor ancho de banda.
- La frecuencia elegida debe estar en un rango donde la propagación de la señal no sea afectada por los fenómenos meteorológicos como: lluvia, nieve o nubes.

Con base en las características anteriores, se ha determinado que las señales utilizadas para el sistema GPS son denominadas L1 y L2. Se encuentran en el rango de microondas y están ubicadas en el rango de 1 a 2 GHz.

Los receptores civiles de GPS utilizan la señal L1 que es de una frecuencia de 1,57542 GHz; esta señal lleva la información sobre la navegación y un código de posicionamiento estándar.

La frecuencia L2 es de 1,22760 GHz y la información que posee es únicamente el código pseudoaleatorio; esta señal es utilizada únicamente por los receptores diseñados con el sistema de código de posicionamiento de precisión que se encuentra principalmente en los receptores militares.

La señal portadora es modulada utilizando la técnica de modulación por fase; esta técnica es ideal para la transmisión de señales digitales debido a que puede ser muy eficiente al calcular los errores producidos por ruido y utilizando técnicas matemáticas se pueden corregir algunos errores adicionales que suelen presentarse.

1.5. Componentes de la información transmitida

La señal que contiene la información sobre la navegación se modula en la señal portadora L1; la información transmitida consiste en una señal de 50 Hz y contiene la información sobre la órbita satelital, corrección de reloj y otros parámetros del sistema que tiene la información de los satélites.

Estos datos se transmiten constantemente por cada satélite y a partir de ellos los receptores reciben la fecha, hora y posición de los satélites.

La señal de datos completa está constituida por 37 500 bits y con una velocidad de transmisión de 50 bits por segundo; se necesita un total de 12,5 minutos para recibir la señal completa. La señal de datos se divide en 25 tramas, con una longitud de 1500 bits, es decir, un intervalo de 30 segundos para la transmisión.

Las 25 tramas se dividen en subtramas de 300 bits; su tiempo de transmisión es de 6 segundos. Estas se dividen de nuevo en 10 palabras, cada una de 30 bits y su tiempo de transmisión es de 0,6 segundos; a la primera palabra de cada subtrama se le conoce como palabra telemetría; contiene información sobre la antigüedad de los datos de efemérides; la siguiente palabra es el cómo, que contiene el número total de épocas contadas.

Estos datos incluyen la hora desde el último reinicio de hora del GPS en el domingo 0:00 de la tarde anterior. El código pseudoaleatorio es de 7 días de duración, el cómo es utilizado por los receptores militares para localizar su acceso al código pseudoaleatorio. El resto de la primera subtrama contiene datos sobre el estado y la exactitud de la transmisión vía satélite, así como los datos de corrección de reloj.

Las segunda y tercera subtramas contienen parámetros de efemérides. Las subtramas cuarta y quinta contienen los denominados datos de almanaque, que incluyen información sobre los parámetros de la órbita de todos los satélites, su estado técnico, la configuración real y número de identificación.

La cuarta subtrama contiene los datos para el número de satélites, los datos de corrección de la ionósfera, información especial y la información de la hora UTC; la quinta subtrama contiene datos de almanaque de los satélites, así como el tiempo y número de la semana del GPS.

Las tres primeras subtramas son idénticas para los primeros 25 segmentos; cada 30 segundos los datos más importantes para la determinación de la posición se transmiten con estas tres subtramas; a partir de los datos de almanaque el receptor GPS identifica los satélites que son útiles para obtener la posición real. El receptor limita su búsqueda a estos satélites previamente definidos y por lo tanto esto acelera la determinación de la posición.

Cuando un módulo GPS posee almacenados los valores de efemérides y de almanaque de los satélites, es más rápido determinar la posición del objeto, pero cuando no se ha tenido contacto con los satélites por un periodo prolongado de tiempo se tardará más en hacerlo.

El proceso de recibir nuevamente todos los datos se considera únicamente cuando el módulo ha pasado mucho tiempo sin contacto con los satélites, de no ser así, si pierde el contacto con los satélites por un periodo corto de tiempo; no se considera necesario hacer dicho proceso; un caso en el que se pierde el contacto con los satélites por un corto tiempo es cuando un carro pasa por un túnel.

Si la posición y el tiempo son conocidos y los datos de almanaque y las efemérides están actualizados, se habla de un arranque en caliente. Este es el caso cuando el receptor está encendido aproximadamente en la misma posición entre 2 a 6 horas después de la última determinación de la posición; en este caso, la determinación de la posición se puede obtener en aproximadamente 15 segundos.

Si se dispone de los datos de almanaque y el tiempo del receptor es correcto, pero los datos de efemérides no están actualizados, se le llama un arranque tibio; en este caso, se tarda unos 45 segundos para actualizar los datos de efemérides y obtener una posición fija. Los datos de efemérides son obsoletos cuando han pasado de 2 a 6 horas desde la última recepción de datos desde los satélites.

Si ningún dato de efemérides, ni datos de almanaque y ni la última posición se conocen, se habla de un arranque en frío. Se empieza con el proceso de recepción de la totalidad de datos de almanaque de todos los satélites; este procedimiento toma hasta 12,5 minutos en concluir. Esto ocurre cuando el receptor se ha desconectado durante varias semanas, se almacena sin pilas o ha viajado a unos 300 kilómetros o más desde la última posición fija.

Cuando se desea determinar la posición, el módulo de GPS (ubicado en el objeto sobre la Tierra) localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe señales, indicando la identificación y hora del reloj de cada uno de ellos, entre otra información.

El procedimiento por el cual se puede ubicar un objeto en la Tierra por medio de un módulo GPS, está compuesto por los siguientes procesos: cálculo de distancias, triangulación de los satélites, sincronización de tiempos, posición de los satélites y corrección de errores.

1.6. Cálculo de distancias

Para calcular la distancia entre el objeto y el satélite se utiliza el siguiente concepto: la distancia es igual a la velocidad a la que viaje la partícula, multiplicada por el tiempo que tarda en recorrer la distancia deseada. En este caso la partícula es una señal de radio de alta frecuencia que viaja desde el módulo GPS al satélite, y que está viajando a una velocidad aproximada de 300 000 kilómetros por segundo.

Para obtener el tiempo que tarda una señal de radio de alta frecuencia procedente del satélite al módulo GPS, el satélite genera un código pseudoaleatorio, el cual es transmitido al módulo en la Tierra. El módulo GPS genera también un código pseudoaleatorio que es comparado con el que recibe del espacio hasta encontrar una coincidencia de señales, pero con un pequeño retardo.

Debido a que son dos señales idénticas pero con un retardo entre una y la otra, el módulo GPS se encarga de calcular el valor de dicho retardo; este corresponde al tiempo que la onda de radio tarda en viajar.

Se sabe la velocidad a la cual viaja esta onda de radio, por lo tanto, se puede conocer la distancia entre el satélite y el módulo GPS ubicado en la Tierra.

Es importante resaltar las características de este código pseudoaleatorio, ya que es clave para que el sistema GPS pueda ser económico y efectivo.

1.6.1. Código pseudoaleatorio

Este consiste en una secuencia binaria formado por unos y ceros; es una señal muy complicada y pareciera ruido electrónico generado al azar; es por eso que se le llama aleatorio.

Esta complejidad tiene los siguientes beneficios:

- Ayuda a asegurar que el módulo GPS no se sincronice accidentalmente con otra señal; es muy improbable que una señal cualquiera pueda tener exactamente la misma secuencia binaria, ya que cada satélite posee su propio código pseudoaleatorio; la complejidad evita que se confundan accidentalmente los satélites.
- Todos los satélites pueden transmitir a la misma frecuencia la señal de radio sin interferirse mutuamente.
- Complica a las personas mal intencionadas que quieran interferir en el sistema de una manera ilícita.

- Ayuda a que el sistema sea económico, ya que se utilizan los principios de la teoría de la información para amplificar las señales de radio del sistema que son muy débiles, permitiendo recuperar la información y desechar la interferencia o ruido del ambiente.
- El Código pseudoaleatorio le da la posibilidad al Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América, y controlar el acceso al sistema GPS.

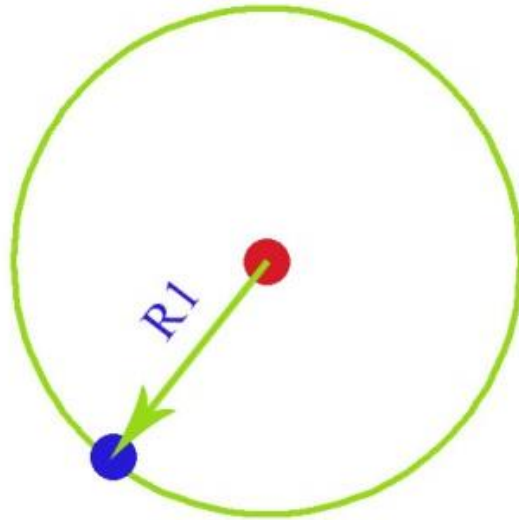
1.7. Triangulación de los satélites

La triangulación del objeto sobre la Tierra tiene su fundamento en la geometría y se utiliza el método matemático de trilateración inversa para determinar dicho objeto.

El módulo GPS localiza el primer satélite y obtiene la distancia que los separa; con esta información se sabe que el objeto se encuentra sobre la superficie de una esfera imaginaria que tiene como radio la distancia obtenida; esto permite fijar el primer punto de referencia.

En la figura 3, el punto interno representa al satélite y el externo al objeto en la Tierra; la primera distancia es representada por $R1$.

Figura 3. **Primer punto de referencia**



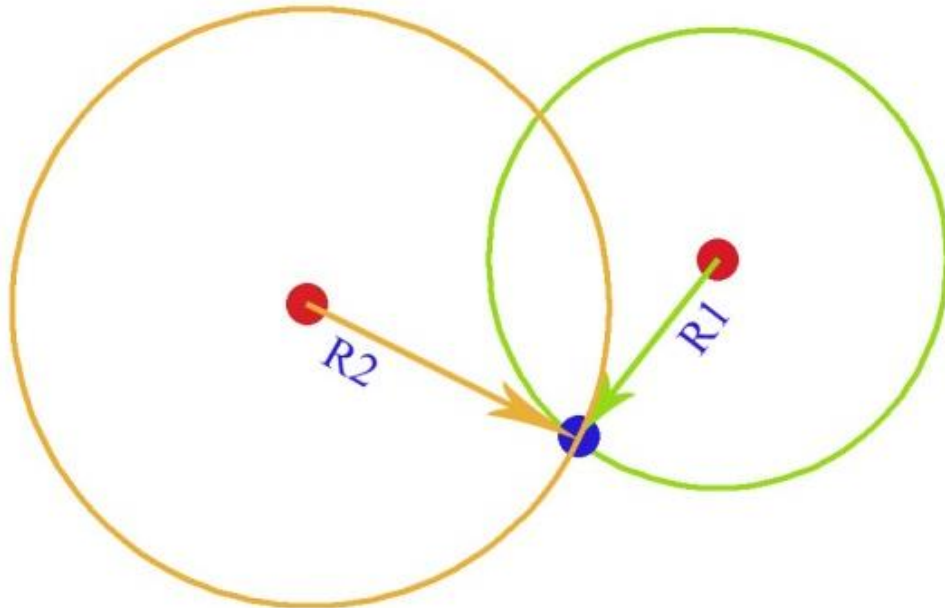
Fuente: elaboración propia.

Ahora el módulo GPS localiza el segundo satélite y repite el proceso anterior, con lo cual obtiene una segunda distancia que da otro punto de referencia.

El objeto en la Tierra se encuentra en la intersección formada por las dos esferas; sin embargo, existen dos puntos donde se interceptan, por lo cual no se puede determinar en cuál de estos puntos está ubicado y es necesaria una tercera distancia.

En la figura 4, los satélites son representados por los puntos al centro de los círculos y el objeto es el punto donde se crea la intersección; cada una de las distancias forma el radio de cada esfera, la segunda distancia es representada por R2.

Figura 4. **Segundo punto de referencia**

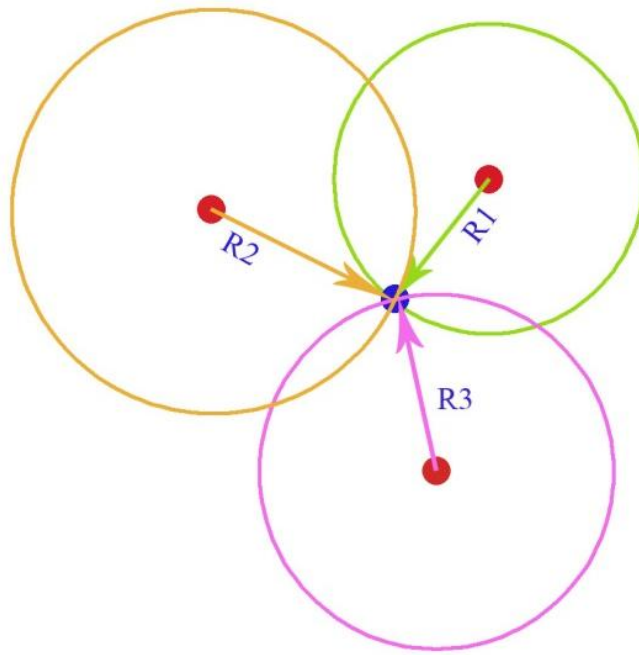


Fuente: elaboración propia.

Para determinar la posición se necesita interceptar una de las dos intercepciones formadas por las dos medidas anteriores, por lo tanto el módulo GPS obtiene una tercera distancia al ubicar a un tercer satélite, lo cual permite interceptar uno de los dos puntos y determinar dónde se encuentra el objeto.

En la figura 5, con la tercera distancia se puede determinar la posición del objeto sobre la Tierra respecto de los tres satélites; la tercera distancia está representada por R3.

Figura 5. **Tercer punto de referencia**



Fuente: elaboración propia.

Con este procedimiento se puede conocer dónde se encuentra el objeto sobre la Tierra en un plano en dos dimensiones; esta es la base para obtener los valores de longitud y latitud. Estos valores son muy importantes porque proveen la suficiente información para localizar el objeto en cualquier parte del mundo.

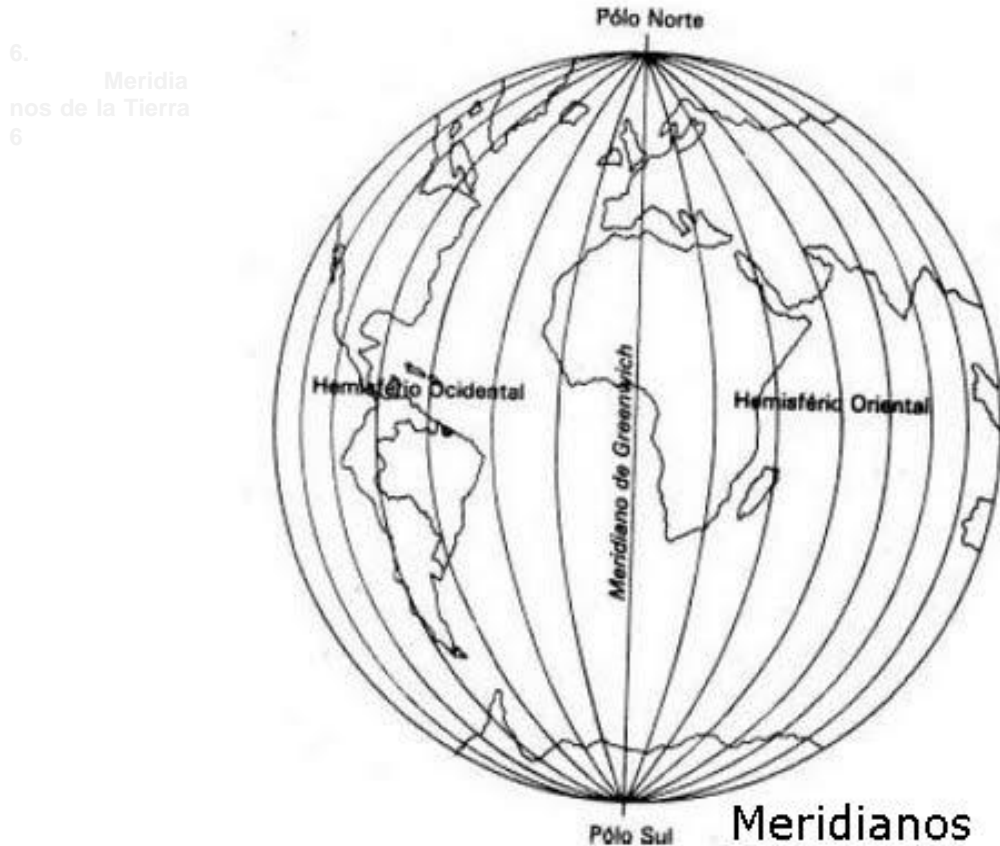
1.7.1. Latitud

Es el valor de la distancia angular entre el ecuador de la Tierra y un objeto determinado sobre la misma, medida a lo largo de la línea imaginaria que se forma por los semicírculos máximos que atraviesan el polo norte y sur de la Tierra; a estas líneas se les conoce como meridianos.

Este valor indica la posición del objeto en una dirección norte o sur desde el Ecuador, proporcionando valores angulares que varían desde 0° hasta los 90° norte y de 0° a 90° sur. Al meridiano base se le conoce como Greenwich, ya que atraviesa la ciudad inglesa con dicho nombre.

En la figura 6 se muestran algunos de los meridianos de la Tierra.

Figura 6. **Meridianos de la Tierra**



Fuente: https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd92al5gpk_rZMHtPxbogwtDf.

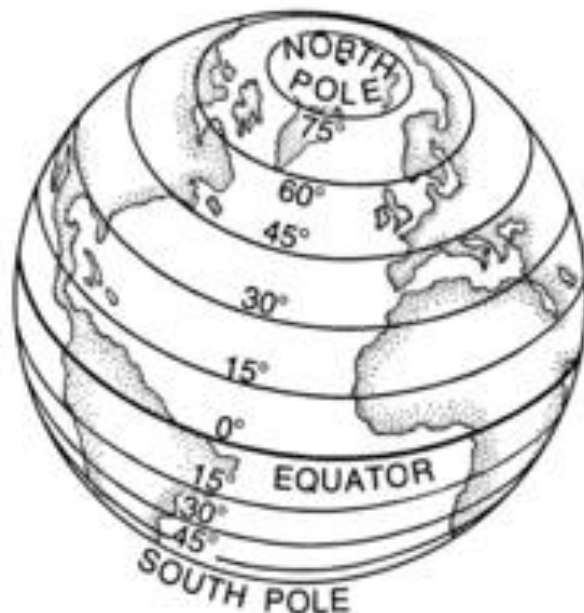
Consulta: 10 de junio de 2014.

1.7.2. Longitud

Es el valor que expresa la distancia angular entre un objeto que se encuentra sobre la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° ; es decir el meridiano base, que generalmente es el meridiano de Greenwich.

Se mide a lo largo del círculo formado por la intersección de la esfera terrestre con un plano imaginario perpendicular al eje de rotación de la Tierra que se le llama paralelo. La longitud proporciona valores angulares que varían desde 0° hasta los 180° en dirección este y de 0° hasta 180° oeste. Proporciona la orientación oeste o este a partir del meridiano base. En la figura 7 se muestran los paralelos de la Tierra.

Figura 7. Paralelos de la Tierra



Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTwwzZ0xyEoRI3SvsTfs9VIP>.

Consulta: 10 de junio de 2014.

Un aspecto que debe tomarse en cuenta es que al momento de calcular los valores de las distancias existen fuentes de errores que causan que estas no sean exactas. Con tres valores teóricamente se puede conocer la posición; sin embargo en la realidad no se puede confiar únicamente en los valores obtenidos de los tres satélites y es necesario realizar la corrección de dichos valores, de tal manera que se obtenga un rango de error considerablemente pequeño. Para lograr este objetivo se utiliza una medición extra, es decir, se localiza un cuarto satélite y se sincronizan los relojes del módulo GPS y de los satélites.

1.8. Sincronización de tiempos

Para el sistema GPS es clave la medición del tiempo debido a que se trabaja con velocidades muy altas, por lo tanto, los relojes utilizados en el proceso deben ser muy exactos, dado que un pequeño desvío de unas cuantas décimas de segundo, al ser multiplicadas por la velocidad de la luz, pueden representar una distancia considerablemente grande.

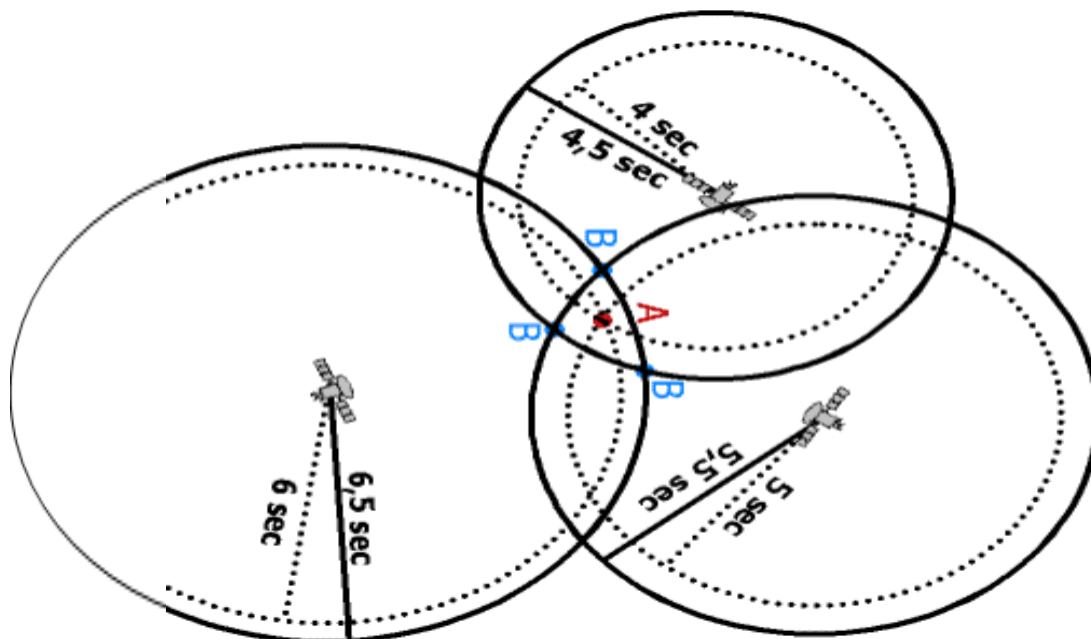
Los satélites están equipados con relojes atómicos que poseen una precisión muy grande; cabe resaltar que dichos relojes son muy costosos debido a sus altas prestaciones, por lo tanto, no es factible que cada módulo GPS posea uno de estos, lo cual ocasionaría que la tecnología del GPS no fuera accesible para todas las personas.

También hay que recordar que al momento de calcular las distancias es necesario sincronizar las señales del módulo GPS y del satélite; para solucionar este inconveniente es necesaria la medición de la distancia con un cuarto satélite.

Para comprender cómo se pueden sincronizar los relojes de los módulos GPS es necesario entender que cada medición realizada posee un rango de incerteza y como consecuencia se forma un círculo con un radio diferente; si cada uno de los satélites realizan esas mediciones con dicho rango se formarán, en lugar de un punto en común de intersección, tres puntos como se muestra en la figura 8; dichos puntos marcados con la letra B se dan a conocer en la figura, en este caso el rango de error es de 0,5 segundos.

El punto esperado se marca con la letra A. El módulo GPS calcula por cada intersección B la diferencia de tiempo entre el reloj que posee y el punto de intersección; con esto se obtiene un factor único de corrección que hará que los radios coincidan en un solo punto (marcado con la letra A), con lo cual se obtiene la sincronización necesaria para que sus cálculos sean precisos.

Figura 8. Sincronización por medio del cálculo de diferencia



Fuente: http://blog.bayatree.com/wp-content/uplogps_posb_3.gif. Consulta: 10 de junio de 2014.

1.9. Posición de los satélites

Cada uno de los satélites se encuentra orbitando la Tierra a una altura aproximada de 20 000 kilómetros; esto es una ventaja debido a que se encuentran fuera de la atmósfera que podría causar inestabilidad en los satélites. Otra ventaja de encontrarse orbitando fuera de la atmósfera es que sus órbitas son regulares y predecibles por medio de ecuaciones matemáticas, relativamente sencillas.

La fuerza aérea de los Estados Unidos de América colocó cada uno de los satélites en órbitas muy precisas de acuerdo con el plan maestro del sistema GPS; con esta información cada uno de los módulos GPS en la Tierra poseen un almanaque programado que les permite procesar la ubicación de cada satélite en el espacio.

Las órbitas básicas son muy exactas pero con el fin de mantenerlas así, los satélites del sistema GPS son monitoreados de manera constante por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norte América. Ellos utilizan radares muy precisos para controlar constantemente la altura exacta, posición y velocidad de cada satélite.

Los errores que ellos controlan son los llamados de efemérides, es decir, la evolución orbital de los satélites; estos errores se generan por influencias gravitacionales del sol y de la luna y por la presión de la radiación solar, una vez que el departamento de defensa ha medido la posición exacta, vuelven a enviar dicha información al propio satélite; de esa manera se incluye la nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los módulos GPS.

Esto significa que la señal que recibe un módulo GPS no es solamente un código pseudoaleatorio con fines de sincronización. También contiene un mensaje de navegación con información sobre la órbita exacta del satélite.

1.10. Corrección de errores

Los cálculos realizados se han hecho asumiendo que las señales de satélite viajan en el espacio vacío, pero en realidad las señales son afectadas por la atmósfera terrestre que hace que los cálculos varíen creando errores.

Existen varias fuentes de errores que deben corregirse para que el sistema sea útil y existen diferentes formas de cómo corregir cada una de las fuentes de error.

Algunas posibles fuentes de error son: la atmósfera, la geografía, los satélites y la geometría de la posición de los satélites.

1.10.1. Errores causados por la atmósfera

Las señales satelitales viajan a través de la ionósfera donde hay partículas cargadas; luego atraviesa la tropósfera que contiene vapor de agua; esto tiene como resultado que la señal pierda algo de velocidad, creando un retraso que origina un desfase y por lo tanto un error de sincronización.

Para poder corregir este tipo de error se crean modelos matemáticos que representan las condiciones atmosféricas según el clima del día, pero es difícil que se ajuste perfectamente.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes; esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en módulos GPS muy avanzados, pero que en la actualidad son cada vez más comunes.

1.10.2. Errores causados por la geografía

En la superficie terrestre existen muchas cosas que causan que las señales satelitales reboten, entre algunas de ellas están los edificios, las montañas, los autos, etc.

Cada una de estas obstrucciones puede crear señales de interferencia, por lo que el módulo GPS debe ser capaz de distinguir este tipo de señales y rechazarlas, para lo cual utiliza algoritmos que permiten minimizar este efecto.

El recibir una señal reflejada también implica que el módulo GPS tarde un poco más en recibir la señal causando un error en el tiempo, este problema se da con más frecuencia en ciudades con grandes edificios.

1.10.3. Errores causados por los satélites

Aunque los sistemas que utilizan los satélites, como los relojes atómicos, son muy precisos, no han llegado a ser perfectos; por lo tanto en algunas ocasiones pueden crearse pequeñas discrepancias en la medición del tiempo de viaje de las señales.

La posición de los satélites es controlada constantemente, pero no puede suceder esto segundo a segundo; como consecuencia hay pequeñas variaciones en las posiciones de los satélites que afectan las efemérides.

1.10.4. Errores por la geometría de la posición de los satélites

Los satélites están orbitando la Tierra y todos se mueven independientes en sus respectivas órbitas; al momento de conectarse con un módulo GPS en la Tierra, puede ser que dos o más satélites se encuentren relativamente cerca uno del otro; esto causa que al obtener los cálculos de posición se obtengan errores considerables.

Para que exista una buena posición geométrica los satélites deben estar en posiciones relativamente opuestas, de tal manera que si un satélite se encuentra en el hemisferio norte, el otro idealmente debería de estar en el sur y el tercero a 90° de ambos satélites, en cualquier dirección.

Una mala posición geométrica sería que dos o más satélites se conecten al mismo módulo GPS en la Tierra y que se encuentren en el mismo hemisferio.

Para la corrección los errores mencionados anteriormente se cuenta con tablas con rangos de corrección que pueden ser tomados en cuenta y que ayudan a que la posición obtenida sea más exacta, los módulos GPS poseen dichos valores y como parte del proceso de determinación de la posición se toman en cuenta.

Existe un tipo de GPS que ayuda reducir aún más los errores y que permite calcular con mayor rapidez la posición del objeto, a este tipo de GPS se le conoce como GPS diferencial o DGPS.

1.11. GPS diferencial

El GPS diferencial es un sistema auxiliar utilizado por el sistema GPS, ayuda a aumentar significativamente la precisión de los datos al momento de obtener una posición y reduce el tiempo de adquisición de dicha información.

Para obtener los datos rápidamente se vale de una red de estaciones de referencias que están colocada en la Tierra y que se encargan de comparar los valores obtenidos por los satélites con los valores fijos que el sistema auxiliar posee en una base de datos. Luego calcula los valores medios entre los obtenidos por el satélite y los que se tienen en la base de datos; al finalizar el proceso anterior se transmiten los datos calculados a los módulos GPS.

Aunque este tipo de sistema de GPS ayuda que los cálculos de posiciones sean más eficientes y eficaces, se requiere de la infraestructura auxiliar dentro del perímetro en donde se desean obtener las posiciones deseadas; esto quiere decir que si en una ciudad se deseara utilizar el sistema GPS asistido, se debe de contar con las estaciones de referencia utilizadas por el sistema.

Ahora se explica cómo por medio de la información obtenida se puede ubicar un objeto sobre un mapa; para ello se utiliza una herramienta gratuita proporcionada por Google llamada Google Maps.

1.12. Google Maps

Es un servicio gratuito proporcionado por Google; consiste en un servidor de mapas del mundo que se encuentran en internet, donde se puede acceder; y posee la capacidad de poder desplazarse sobre los mapas.

Todos los mapas del mundo están almacenados en los servidores de Google donde pueden ser descargados al momento de ingresar a la página www.maps.google.com.

Las descargas van a depender de la ubicación que se desee y estos permanecen temporalmente en la memoria de la computadora hasta que se cierra la página.

Para desplazarse por los mapas se puede utilizar el ratón de la computadora o las teclas de dirección; se puede acercar o retirar utilizando la función de zoom.

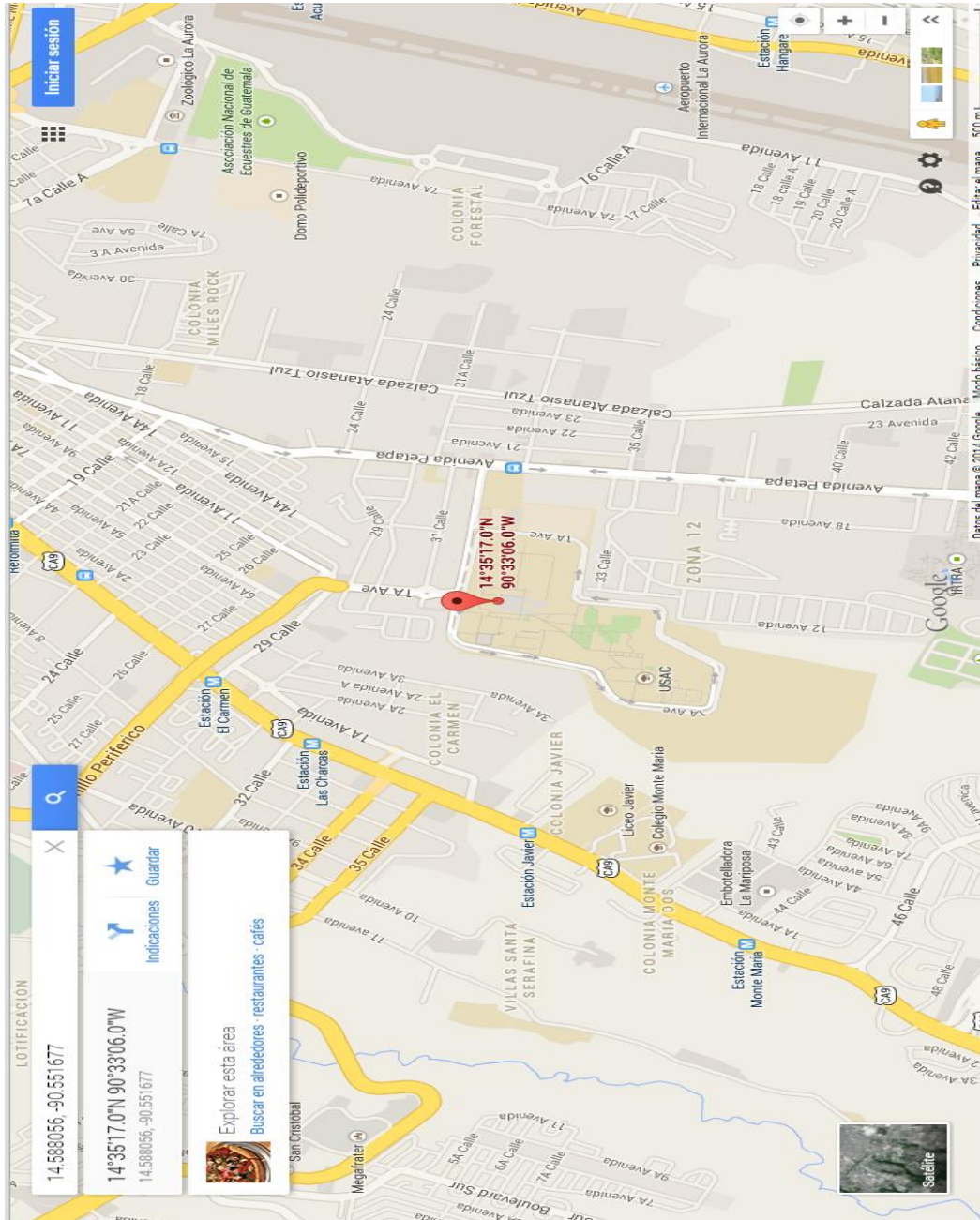
Existen diferentes formas de visualización de los mapas:

- La vista de mapa: que es la visión típica donde se puede identificar las carreteras, los nombres de ciudades, puentes, puntos importantes, etc.
- La vista de satélite: que permite visualizar los mapas con imágenes que han sido captadas por el satélite. Permite ver detalles como casas, edificios, lagos, montañas, bosques, etc.
- Visión de mapa en tres dimensiones: la aplicación se llama Google Tierra (Google *Earth*), permite visualizar las profundidades y alturas de la topografía de un mapa; también permite visualizar las alturas y características principales de edificaciones importantes de algunas ciudades.

Para obtener las coordenadas, es decir, la longitud y latitud de un lugar deseado, se debe hacer clic derecho sobre dicho lugar y aparecerá un menú con varias opciones entre las cuales se encuentra: ¿Qué hay aquí?; al seleccionar esta opción aparecerá un pequeño punto que indica el lugar donde se dio clic y abajo de la barra de búsqueda aparece un pequeño menú donde se encuentran dos números separados por comas, que representan la longitud y la latitud, respectivamente.

Al momento de colocar el cursor sobre las coordenadas, el punto empieza a sobresaltar, si se da clic sobre estas; en el mapa aparece un señalador rojo y letras que indican los valores de latitud y longitud. En la figura 9 se muestra un ejemplo del resultado obtenido al realizar proceso anterior.

Figura 9. Vista de Google Maps



9. Vista de Google Maps 9

Fuente: Google Maps. Consulta: junio de 2014.

Para ubicar un lugar del cual se conocen sus coordenadas, en el mapa se debe de colocar primero el valor de la longitud y luego el de la latitud en la barra de búsqueda; se separan ambos números por una coma; después se da clic en el botón de buscar y aparece el señalador rojo con las coordenadas que se ingresaron, indicando dónde se localiza en el mapa el lugar.

Existe un formato válido para ingresar las coordenadas que deben ser utilizadas al momento de buscar un lugar en Google Maps y es el siguiente:

- Grados, minutos y segundos : 41° 24' 12.1674", 2° 10' 26.508"
- Grados y minutos decimales: 41 24.2028, 2 10.4418
- Grados decimales: 41.40338, 2.17403

Si se tiene un formato de longitud y latitud diferente a los anteriores, es necesaria realizar una conversión. Existen aplicaciones en internet donde se pueden realizar directamente las conversiones de las coordenadas a los formatos deseados, ya que hay varias formas de expresar dichas cantidades.

1.13. GPS asistido

El GPS asistido es una variación más del sistema GPS convencional; es utilizado principalmente por dispositivos móviles como los teléfonos celulares y las tabletas; aunque en la actualidad los módulos GPS están incorporando la tecnología necesaria para que puedan funcionar con este sistema.

Se le denomina asistido porque los datos necesarios para la localización de un objeto no provienen exclusivamente de las señales emitidas por los satélites; para lograr obtener los datos de posicionamiento acceden a información almacenada en la red proveedora de telefonía celular.

Cada celda posee la información de donde está ubicada según los datos que la red de telefonía celular adquiere de los satélites en órbita; esto se hace para cada celda en la red de distribución, por lo tanto cuando un celular se conecta a una celda, este puede saber su ubicación aproximada al acceder a la información sobre la ubicación de la celda a la cual se conecta, y dicha información ya ha sido descargada previamente, con lo cual el celular no debe realizar todo el proceso de ubicación que un GPS convencional debería de hacer.

Al no tener que realizar todo el proceso de adquisición de datos, el GPS asistido es más rápido al momento de obtener una ubicación; pero posee las limitantes que dependen de una conexión de datos para acceder a la internet, donde descarga los datos de ubicación de celda que la red de celular posee. Esto implica un costo adicional por el derecho de acceder a internet; otra limitante es que depende de la cobertura de la red celular.

El GPS asistido es muy eficiente principalmente en las ciudades debido a que el sistema GPS convencional posee dificultades en la adquisición de datos por las diferentes edificaciones que puede poseer una ciudad; por otro lado, en las ciudades es muy difícil que no exista cobertura por la red celular.

2. RED DE TELEFONÍA CELULAR

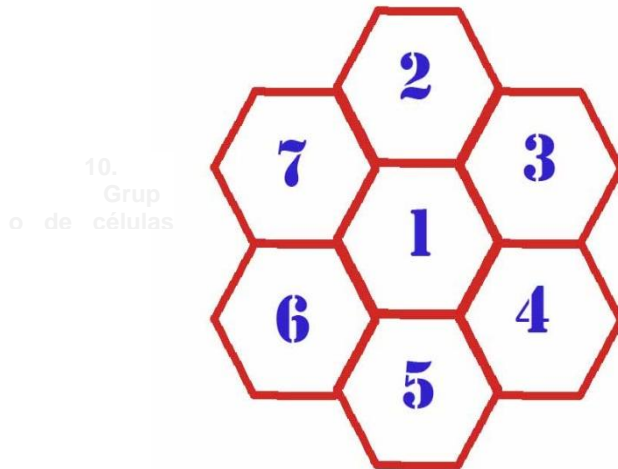
La red de telefonía celular es un sistema de comunicación inalámbrica que se sirve de una red de antenas que utilizan radiofrecuencia y crea celdas donde existe señal de cobertura que permite el acceso a dicha red a los teléfonos móviles, conocidos comúnmente como teléfonos celulares.

La red de telefonía celular es básicamente una red de radios móviles en la cual se reemplaza una estación base de transmisión fija, de alta potencia ubicada en algún punto alto de la ciudad, por muchas estaciones de transmisión fija de menor potencia, distribuidas sobre el área de cobertura, es decir, sobre la ciudad.

2.1. Área de cobertura de la red celular

Para definir el área de cobertura se utilizan células que poseen antenas de radio encargadas de emitir las ondas electromagnéticas necesarias para la comunicación entre los elementos que componen la red; cada célula tiene una forma hexagonal y se distribuyen para que exista una célula central rodeada por seis células, donde cada lado de la central esté limitado por uno de los lados de una célula adyacente. Al conjunto conformado por la célula central y las seis células que le rodean se le denomina grupo. En la figura 10 se representa un grupo conformado por siete células; la central es la número uno y las seis restantes la rodean en cada uno de los lados del hexágono, conformando un grupo de células.

Figura 10. **Grupo de células**



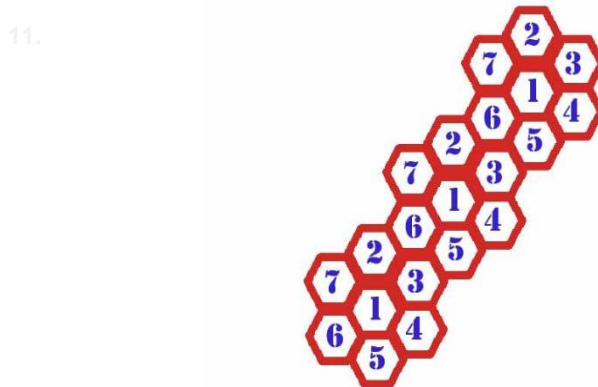
Fuente: elaboración propia.

Cada célula del grupo posee un conjunto de frecuencias por medio de las cuales se transmitirá la información necesaria para lograr la comunicación; a estas frecuencias se les llama canales; el conjunto de canales asignados a cada célula es diferente dentro de un grupo de células. El área con cobertura está determinada por los grupos de células que se encuentran sobre un área específica, por lo tanto, entre mayor sea el número de grupos de células disponibles por una compañía de telefonía celular mayor será su cobertura.

Existe en la actualidad un gran rango de frecuencias utilizadas para la transmisión de diferentes tipos de datos; esto ha conllevado a un congestionamiento en el espectro de frecuencias; como se ha definido que cada célula de grupo utiliza diferente conjunto de frecuencias o canales para la comunicación, existen muchos grupos de células para disminuir el congestionamiento y se utiliza una técnica de reutilización de frecuencias o de canales.

La reutilización de canales consiste en asignar el mismo conjunto de canales a células de diferentes grupos que se encuentran lo suficientemente separadas geográficamente para que no se interrumpen entre ellas. En la figura 11 se muestran tres grupos de células donde cada número representa el conjunto de canales asignados a la célula; se puede observar cómo se reutilizan las frecuencias entre los diferentes grupos y la separación que existe entre las células con el mismo conjunto de canales.

Figura 11. **Tres grupos de células**

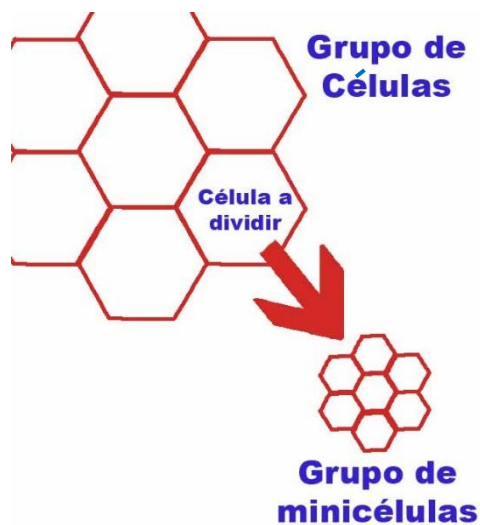


Fuente: elaboración propia.

A pesar de aplicar la técnica de reutilización de frecuencias, en una célula puede necesitarse un mayor número de canales que en el resto que conformar el grupo; esto se debe a que pueden pertenecer a un lugar donde existe mayor demanda de comunicación; en caso se podría comparar un grupo de células con un centro comercial y un espacio libre, como un estadio, fábricas con bodegas o lugares abiertos donde no existe gran densidad poblacional, al mismo tiempo; se requerirá mayor demanda de canales en la célula que cubre el centro comercial que en la célula que cubre el espacio con menor densidad poblacional. Cuando en una célula no existen los suficientes canales para la comunicación se produce un bloqueo al momento de realizar una llamada.

En la figura 12 se muestra cómo una célula del grupo se divide en un grupo de minicélulas sobre el área donde existe mayor congestiónamiento y con la finalidad de eliminar el bloqueo de llamadas y aumentar el número de canales disponibles para esa área; se utiliza la técnica de reutilización de frecuencias sobre el nuevo grupo de minicélulas, tomando en cuenta que los canales asignados al nuevo grupo no serán afectados por las células del grupo principal que lo rodean.

Figura 12. **División de una célula en un nuevo grupo**



12. División de una célula en un

Fuente: elaboración propia.

Si fuera necesario, de una minicélula se podría crear un nuevo grupo de microcélulas con la finalidad de aumentar la capacidad de canales en un área que así lo requiera, esto tiene como resultado aumentar el número de canales disponibles por unidad de área; algo que se toma en cuenta al momento de utilizar este tipo de diseños es que la potencia de las antenas disminuye para evitar que interfieran con otras células; conforme va disminuyendo el tamaño de la célula también disminuye la potencia de radiación de las antenas del grupo.

2.2. Componentes básicos de una red celular

Para poder realizar una comunicación por medio de la red de telefonía móvil es necesaria la interacción de los siguientes elementos: centro electrónico de conmutación, controlador de sitio, transceptores de radio, interconexiones del sistema, unidades telefónicas móviles y protocolo de comunicación en común. A continuación se presenta una breve explicación de cada elemento.

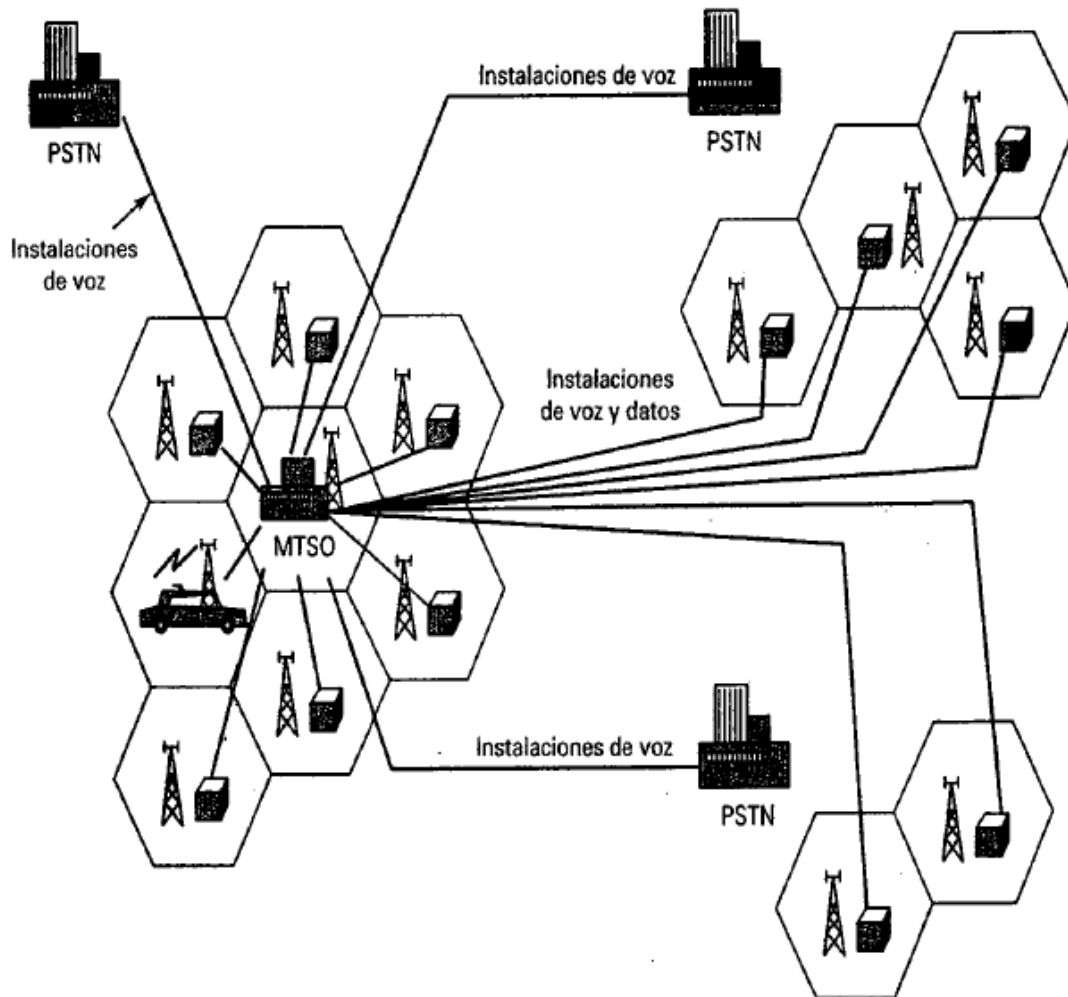
2.2.1. Centro electrónico de conmutación

Este centro es la parte principal de la red de telefonía celular; es el cerebro encargado de realizar las conmutaciones entre la red de telefonía fija y las células de la red; entre las cuales podría existir una comunicación de móvil a móvil, móvil a fijo o fijo a móvil. Se comunica con los controladores de sitio y se encarga de procesar la información recibida; entre dicha información se encuentra el estado de la unidad móvil, datos de diagnósticos y la información necesaria para el cobro del servicio de la red.

Para lograr la comunicación entre el centro electrónico de conmutación y los controladores de sitio se utiliza el protocolo de comunicación X.25 y con una transmisión dúplex a una velocidad de 9,6 kbps.

Se le conoce con varios nombres, uno de ellos es MTSO por sus siglas en inglés (*Mobile telephone switching office*) y que en español equivaldría a oficina de conmutación de telefonía móvil; otro nombre por el cual se le conoce MMC por sus siglas en inglés (*Master mobile control*) y que en español equivale a centro de control maestro. En la figura 13 se muestran los componentes básicos descritos.

Figura 13. Componentes básicos de una red de telefonía celular



13. Componentes básicos de una red de telefonía celular

Fuente: TOMASI, Wayne. *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. p. 867.

2.2.2. Controlador de sitio

Es el encargado de la administración de los canales dentro de la célula, supervisa las llamadas, enciende y apaga los radiotransmisores y receptores, proporciona los datos para el canal de control y para el de usuario, y se encarga de ejecutar pruebas para verificar el estado del equipo.

Cada célula posee un controlador de sitio y este a su vez está conectado con el centro electrónico de conmutación.

2.2.3. Radiotransceptores

Se encuentran en las estaciones base de cada célula y están conformados por un radiotransmisor y por dos radiorreceptores que se encuentran sintonizados a la misma frecuencia; su función es determinar cuál radioreceptor detecta la señal de teléfono celular con mayor intensidad. Transmiten en modulación QPSK (modulación por pulso en cuadratura) utilizando un ancho de banda de los 300 Hz a los 3 KHz, necesarios para abarcar el espectro de la voz humana.

2.2.4. Interconexión del sistema

Este elemento está conformado por hilos de alambres que se encargan de conectar la central electrónica de conmutación con las estaciones base de sitio de cada célula.

Dentro de la interconexión del sistema celular se agregan líneas de cableado para los canales de control y los de usuario, los cuales son necesarios para el control.

2.2.5. Unidades telefónicas móviles

Las unidades telefónicas móviles son los millones de teléfonos celulares que se utilizan cada día. Básicamente están compuestos por una unidad de control, un radiotransceptor, la unidad lógica de procesamiento de datos y una antena móvil.

Trabaja con baja potencia de transmisión y su fuente de energía generalmente es una batería. Una característica muy importante es la habilidad que tiene el radiotransceptor de sintonizarse a cualquier canal, de la red celular; esto va a depender de qué canal le asigne el controlador de sitio de la célula a la cual se conecte; para lograr este objetivo se utiliza un sintetizador de frecuencias.

La unidad lógica de procesamiento de datos se encarga de controlar la interface entre el usuario y la red celular, manejando las funciones del teclado ubicado en el teléfono celular, interpreta las instrucciones que el usuario da y que permiten controlar los circuitos electrónicos del teléfono celular.

2.2.6. Protocolo de comunicación

Esta es la parte de software que determina la manera como se va a realizar una llamada; siguiendo una serie de pasos desde el momento en marcar un número telefónico hasta que el usuario recibe una llamada, es el proceso necesario para lograr la comunicación.

Existen diferentes protocolos de comunicación y dependen del país la determinación del protocolo a utilizar.

2.3. Procesamiento de una llamada

Para la realización de una llamada se necesita seguir una serie de pasos básicos en los cuales interactúan los componentes descritos anteriormente; para lograr la comunicación se utilizan dos canales dúplex de la red: uno llamado canal de usuario y el otro de control.

El primer paso es cuando el teléfono celular indica que desea realizar una llamada, internamente se empieza un proceso encargado de muestrear las intensidades de los diferentes canales en la célula donde se encuentra el teléfono celular.

Luego se sintoniza el canal que posea la mayor intensidad; al lograr la sintonía con dicho canal, se inicia una sincronía de datos de control que proceden del controlador de sitio.

El teléfono celular se encarga de estar monitoreando la intensidad de la señal de los canales en la célula, para asegurarse que se utilice el de mayor intensidad.

Los pasos descritos anteriormente son básicamente los utilizados para la comunicación, pero pueden existir tres casos diferentes al llamar; estas pueden ser: de celular a celular, de teléfono convencional a celular y de teléfono celular convencional.

2.3.1. Llamada de celular a celular

Como primer paso, el teléfono celular que iniciará la llamada marca el número por medio del teclado y luego da la instrucción de llamar; la central recibe la información del número que está llamando y hacia qué número se desea comunicar; la central manda una instrucción para localizar el número que se ha marcado; a este proceso se le llama orden de voceo, el cual consiste en enviar la información del número a todos los controladores de sitio localizados en todas la células de la red, con la finalidad de identificar en qué célula se encuentra el número.

Luego de ser identificada la célula deseada, la central asigna un canal de usuario que se encuentre desocupado y da las instrucciones necesarias para que ambos celulares, tanto el que llama como el llamado, se sincronicen a sus respectivos canales; luego de esto el teléfono llamado recibe la notificación que tiene una llamada entrante.

Cuando la central recibe la indicación que el teléfono llamado ha aceptado la llamada, la central interrumpe el tono de llamada en progreso y se inicia la conversación.

2.3.2. Llamada de celular a teléfono convencional

Como primer paso, el teléfono celular que iniciará la llamada marca el número por medio del teclado y luego da la instrucción de llamar; la central recibe la información del número que está llamando y hacia qué número se desea comunicar; la central identifica el número como un número telefónico convencional, entonces la central conduce la llamada por una interconexión de línea por cable que se conecta a la red telefónica convencional, la cual se encarga de contactar al teléfono llamado.

Por otro lado, la central asigna un canal desocupado al teléfono celular por medio del controlador de sitio; en donde se encuentre y da las instrucciones necesarias para sincronizarse al canal asignado; después que la central recibe la notificación de que se ha sincronizado el teléfono celular al canal asignado, se envía un todo audible de llamada en progreso; cuando la central recibe la notificación de que el teléfono convencional ha descolgado, termina el tono de llamada y se empieza la conversación.

2.3.3. Llamada de teléfono convencional a celular

En este caso la central recibe por medio de la interconexión por cable a la red de telefonía convencional una llamada, identifica el número que se desea contactar y se encarga de identificar si está disponible. Si está disponible, la central localiza la célula donde se ubica el teléfono celular, asigna un canal desocupado por medio del controlador de sitio en donde se encuentre y da las instrucciones necesarias para sincronizarse al canal asignado, después que la central recibe la notificación de que se ha sincronizado, se envía un tono audible de llamada en progreso, la cual recibe el teléfono convencional.

Cuando el teléfono celular contesta la llamada, la central termina el tono de llama y empieza la conversación.

2.4. Tecnología GSM

La tecnología GSM utilizada en la red de telefonía celular de Guatemala surgió en Europa, por la necesidad de estandarizar las diferentes tecnologías utilizadas por los diversos países para la comunicación por telefonía celular, ya que no eran compatibles entre sí, debido a que utilizaban diferentes frecuencias en la comunicación.

La tecnología GSM consiste en un sistema estándar utilizado en la telefonía celular digital, sus siglas significan Sistema global para las comunicaciones móviles (*Global system for movil comunicacion*) permite tener acceso a la red telefónica y otros tipos de comunicación como: los mensajes de texto, correo electrónico, navegación por internet, mensajes de voz, mensajes de vídeo y acceso a red privada como la intranet de una empresa.

Su principal característica es la integración de una tarjeta inteligente desmontable en los teléfonos celulares, la cual se llama tarjeta SIM, por sus siglas en inglés (*Subscriber identity module*) que significa módulo de identificación de abonado. Esta tarjeta posee la información necesaria para que el teléfono celular pueda acceder a la red, entre otras cosas, al ser desmontable el usuario puede cambiar de teléfono sin necesidad de cambiar el número asignado, cosa que con las tecnologías anteriores no se podía hacer o era algo difícil de realizar.

Otra de las grandes ventajas que posee esta tecnología es su versatilidad para acceder a la internet, lo cual trae múltiples opciones de comunicación y a la vez muchas posibilidades para el acceso de información que el usuario desee. Con el auge de los teléfonos inteligentes el acceso a la internet es de suma importancia por las múltiples aplicaciones que requieren de dicho servicio.

2.4.1. Arquitectura de la red GSM

La estructura de la red GSM es básicamente la misma que se utilizó en la primera generación de red celular; sin embargo, existe ciertos componentes que se incorporan en GSM que ayudan al manejo de otros tipos de comunicación, tales como correo electrónico y mensajes de texto.

La tecnología GSM es la segunda generación y actualmente la tecnología 3G y 4G son las que están desplazando a la GSM; cada una de estas tecnologías mejora el ancho de banda para acceder a internet. En la arquitectura de red celular de la primera generación las estaciones de sitio se conectaban directamente con la central electrónica de conmutación, en la tecnología GSM se incorpora un sistema entre las estaciones de sitio y la central, la cual se le llama controlador de estaciones base.

El controlador de estaciones base tiene como principales funciones la asignación de los canales a utilizar en cada estación de sitio de su respectiva célula, controlar la potencia de transmisión de las antenas, encargarse de toda la electrónica, y relacionar la comunicación en teléfono celular y las antenas en las estaciones de sitio; por lo tanto se encarga principalmente de guiar, proporcionar y garantizar que el usuario pueda acceder a la red celular GSM.

El controlador de estaciones base está conectado con la central de conmutación móvil; recibe la información sobre la intensidad de la señal que el teléfono celular tiene al momento de estar conectado a la red y está monitoreando si la intensidad de la señal disminuye, lo cual puede indicar que el usuario se está moviendo fuera del alcance de la antena de la célula donde está conectado; por lo tanto, verifica en las células vecinas la intensidad de la señal del usuario conforme va aumentando para hacer un cambio de celda; de esta manera, aunque cambie de célula no pierde la llamada.

A este conjunto conformado por los controladores de sitio y el controlador de estaciones base se le denomina subsistema de estación base; también se le llama la capa física de la red GSM.

La otra parte nueva de la estructura de red GSM es la conformada por los componentes que ven el enrutamiento de llamadas y almacenamiento de datos, al conjunto de estos componentes se les denomina subsistema de red y conmutación o capa lógica de la red GSM. Entre sus funciones principales está la de dar interconexión entre otros operadores, proporcionar la conexión con el sistema identificador de abonado y la base de datos del operador; dichos sistemas proporcionan la información necesaria para que el usuario pueda utilizar la red, si la compañía contratada por el usuario pertenece a la red, y la forma de pago por el servicio.

La central de conmutación móvil dirige la información de la llamada por el controlador de bases y el controlador de sitio del usuario al cual se está llamando. Cada central de conmutación está conectada al controlador de bases cercanas; también posee una conexión que le permite tener acceso al registro de ubicación de visitantes VLR y al de base HLR de las distintas compañías de telefonía celular.

El registro de ubicación de base HLR (*Home location register*) es una base de datos que posee la información de la ubicación de los usuarios dentro de la red de células de la compañía; indica si un usuario está conectado o no y las características del abonado, tales como, los tipos de servicios que puede utilizar. La información de cada número de teléfono celular está almacenada en un HLR fijo y pertenece a la compañía donde se contrata el servicio.

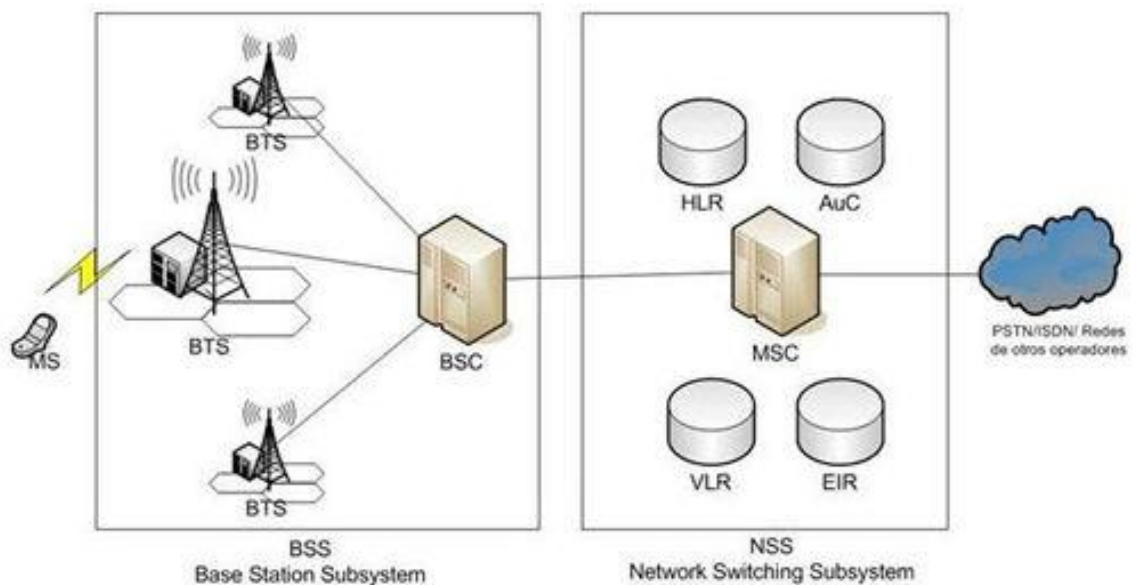
El registro de ubicación de visitante VLR (*Visitor location register*) es una base de datos que posee la información de los usuarios que se encuentran en el área abarcada por una central de conmutación móvil; la información que almacena se refiere a los identificadores, permisos, tipos de abono y localización en la red de todos los usuarios activos en ese momento y en ese tramo de la red.

Cuando un usuario se registra en la red, el VLR del tramo al que está conectado se pone en contacto con el HLR de origen y verifica si puede o no hacer llamadas según su tipo de abono. Esta información permanece almacenada en el VLR mientras el usuario está encendido y se refresca periódicamente para tener información sobre el saldo disponible.

La información que almacena el VLR cambia constantemente debido a que los usuarios pueden moverse; por esta razón, cada cierto tiempo se modifica la información almacenada.

Debido a que en GSM las compañías que brindan el servicio utilizan los mismos protocolos para la comunicación, si un usuario saliera fuera del área de cobertura tiene la opción de conectarse a otra red GSM que no sea de la compañía que le brinda el servicio de acceso a la red; para utilizar otra red GSM el usuario es registrado en la VLR de la otra compañía; luego la VLR se pone en contacto con la HLR del usuario y pide las características del abonado para saber si se ha pagado el servicio para realizar llamadas desde otra red; a este servicio se le conoce como *roaming*. Por esta razón los VLR y HLR de las diferentes compañías se encuentran interconectados. En la figura 14 se muestran los componentes de la arquitectura de la red GSM.

Figura 14. **Arquitectura de red GSM**



Fuente: <http://www.magrama.gob.es/en/ministerio/servicios/1.jpg>. Consulta: 10 de julio de 2014.

Dentro de la arquitectura GSM existe una central donde se van a autenticar todas las tarjetas de SIM; es utilizada por la compañía con la finalidad de conectar a los usuarios a los servicios proporcionados por la red GSM, a este centro se le conoce como centro de autenticación (*authentication center*, AuC). Al autenticar la tarjeta SIM del usuario que va acceder a la red, la HLR está autorizada para gestionar los servicios que se soliciten, se genera también una clave de cifrado con la finalidad de proteger los datos que son transmitidos. Esta central debe de ser protegida de ataques cibernéticos, ya que se podría dar la clonación de tarjetas SIM si los registros de esta central son modificados.

La AuC no se involucra directamente en el proceso de autenticación, sino que genera datos para el MSC que se usan durante el procedimiento de llamada. La seguridad del proceso depende de un secreto compartido entre las AuC y la tarjeta SIM llamada Ki. La Ki se graba de forma segura en la tarjeta SIM durante la fabricación y también se replica de forma segura en las AuC.

Otro elemento de la red GSM es el registro de identidad de equipo (*equipment identity register*, EIR) es a menudo parte de la HLR. El EIR mantiene una lista de los teléfonos móviles (identificados por su IMEI) que han de ser expulsados de la red o monitoreados. Está diseñado para permitir el seguimiento de los teléfonos móviles robados. En teoría, los datos acerca de los teléfonos móviles robados deben ser distribuidos a todos los EIR del mundo a través de una EIR central. Es claro, sin embargo, que hay algunos países en donde no está en funcionamiento.

Los datos EIR no tienen que cambiar en tiempo real; lo que significa que esta función puede ser transmitida una menor cantidad de veces.

El EIR es una base de datos que contiene información sobre la identidad del equipo móvil que evita las llamadas de teléfonos que han sido reportados robados, las estaciones móviles no autorizadas o defectuosas.

2.4.2. Señalización

En los sistema GSM se utilizan canales para proporcionar datos del usuario a la red; entre los datos que son utilizados se encuentran: registro de inicio al acceder a la red cuando se enciende el teléfono, registro de la salida de la red al momento de apagar el teléfono, el canal por el que entraría o saldría una llamada, la información del número que está llamando y cada cierto tiempo el teléfono celular informa que se encuentra encendido para optimizar el uso de los canales, de tal manera que descarta los canales para aquellos celulares que se encuentran apagados o fuera del área de cobertura. A este conjunto de intercambio de datos es lo que se denomina señalización.

Entre los canales utilizados para la señalización se encuentran los siguientes:

- Canales de tráfico (*traffic channels*, TCH): albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.
- Canales de control o señalización:
 - Canales de difusión (*broadcast channels*, BCH).
 - Canal de control *broadcast* (*broadcast control channel*, BCCH): comunica desde la estación base al teléfono la información básica y los parámetros del sistema.

- Canal de control de frecuencia (*frequency control channel, FCCH*): comunica al teléfono desde la estación de sitio a la frecuencia portadora.
- Canal de control de sincronismo (*synchronization control channel, SCCH*): informa al teléfono sobre la secuencia de entrenamiento vigente en la estación de sitio, para que el teléfono la incorpore a sus ráfagas.
- Canales de control dedicado (*dedicated control channels, DCCH*).
 - Canal de control asociado lento (*slow associated control channel, SACCH*).
 - Canal de control asociado rápido (*fast associated control channel, FACCH*).
 - Canal de control dedicado entre estación de sitio y teléfono (*stand-alone dedicated control channel, SDCCH*).
- Canales de control común (*Common Control Channels, CCCH*).
 - Canal de aviso de llamadas (*paging channel, PCH*): permite a la estación de sitio avisar al teléfono que hay una llamada entrante.
 - Canal de acceso aleatorio (*random access channel, RACH*): alberga las peticiones de acceso a la red celular.

- Canal de reconocimiento de acceso (*access-grant channel*, AGCH): procesa la aceptación, de la BS.
- Canales de difusión celular (*cell broadcast channels*, CBC).

El uso periódico de la señalización no ocupa muchos recursos de la red celular y es muy importante, ya que por este medio es que se transmiten los mensajes de texto, los cuales son una de las maneras más relevantes e importantes de GSM, permite enviar mensajes cortos cuando no se desea realizar una llamada. Al utilizar los canales de señalización para la transmisión de los mensajes de texto se optimiza el uso de los canales de radio utilizados en la red.

3. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los vehículos motorizados son el medio de transporte de mayor utilidad nivel nacional; se estima que solo en la ciudad de Guatemala circula aproximadamente un millón de vehículos diariamente.

Debido a la dependencia de los combustibles fósiles, la mayoría de vehículos utiliza motores de combustión interna que son alimentados por gasolina o diésel.

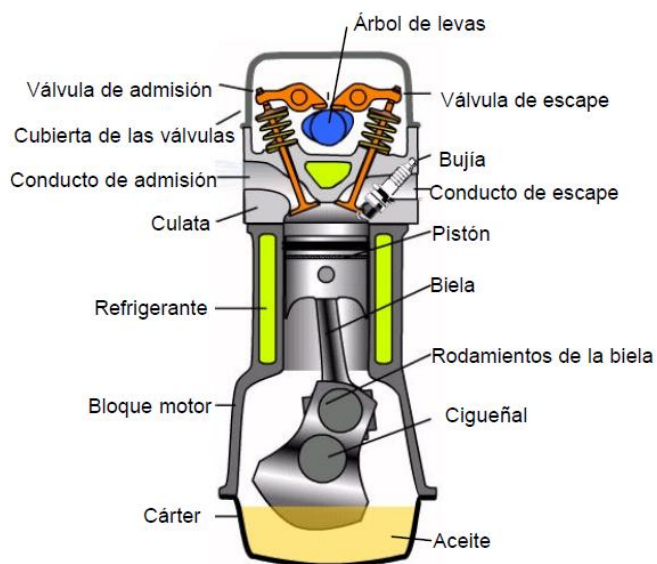
Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, como su nombre lo indica, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible, el cual puede ser gasolina o diésel, dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón.

Este movimiento es transmitido por medio de la biela al eje principal del motor o cigüeñal, donde se convierte en movimiento rotativo; este se transmite a los mecanismos de transmisión de potencia como la caja de velocidades, ejes, diferencial, entre otros; finalmente a las ruedas, con la potencia necesaria para desplazar el vehículo a la velocidad deseada y con la carga que se necesite transportar.

Mediante el proceso de combustión desarrollado en el cilindro, la energía química contenida en el combustible es transformada primero en energía calorífica, parte de la cual se transforma en energía cinética (movimiento), la que a su vez se convierte en trabajo útil aplicable a las ruedas propulsoras; la otra parte se disipa en el sistema de refrigeración y el de escape, en el accionamiento de accesorios y en pérdidas por fricción.

En este tipo de motor es preciso preparar la mezcla de aire y combustible convenientemente dosificada, lo cual se realizaba antes en el carburador y en la actualidad con los inyectores en los sistemas con control electrónico. Después de introducir la mezcla en el cilindro es necesario provocar la combustión en la cámara del cilindro por medio de una chispa de alta tensión que la proporciona el sistema de encendido. En la figura 15 se muestran las principales partes de un motor de combustión interna de cuatro tiempos.

Figura 15. **Partes principales del motor a combustión interna**



Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/CILINDRO+MOTOR.png>. Consulta: 16 de julio de 2014.

3.1. Sistema eléctrico de un vehículo motorizado

Una de los sistemas importantes en los vehículos motorizados es el eléctrico, ya que este se encarga de proporcionar la energía que hace que otros sistemas puedan funcionar de una manera correcta. En la actualidad existen vehículos que poseen sistemas eléctricos muy sofisticados y con el avance en las aplicaciones electrónicas han llegado a incorporar procesadores para regular y controlar procesos del vehículo. Debido a los diferentes modelos y marcas de vehículos, es difícil poder determinar un sistema eléctrico estándar, por lo cual se presenta de una manera muy general algunos de los subsistemas eléctricos básicos que poseen los vehículos motorizados en la actualidad.

En la figura 16 se muestran los componentes básicos del sistema eléctrico de un vehículo motorizado y en la tabla I el nombre de cada componente.

Tabla I. **Componentes básicos del sistema eléctrico vehicular**

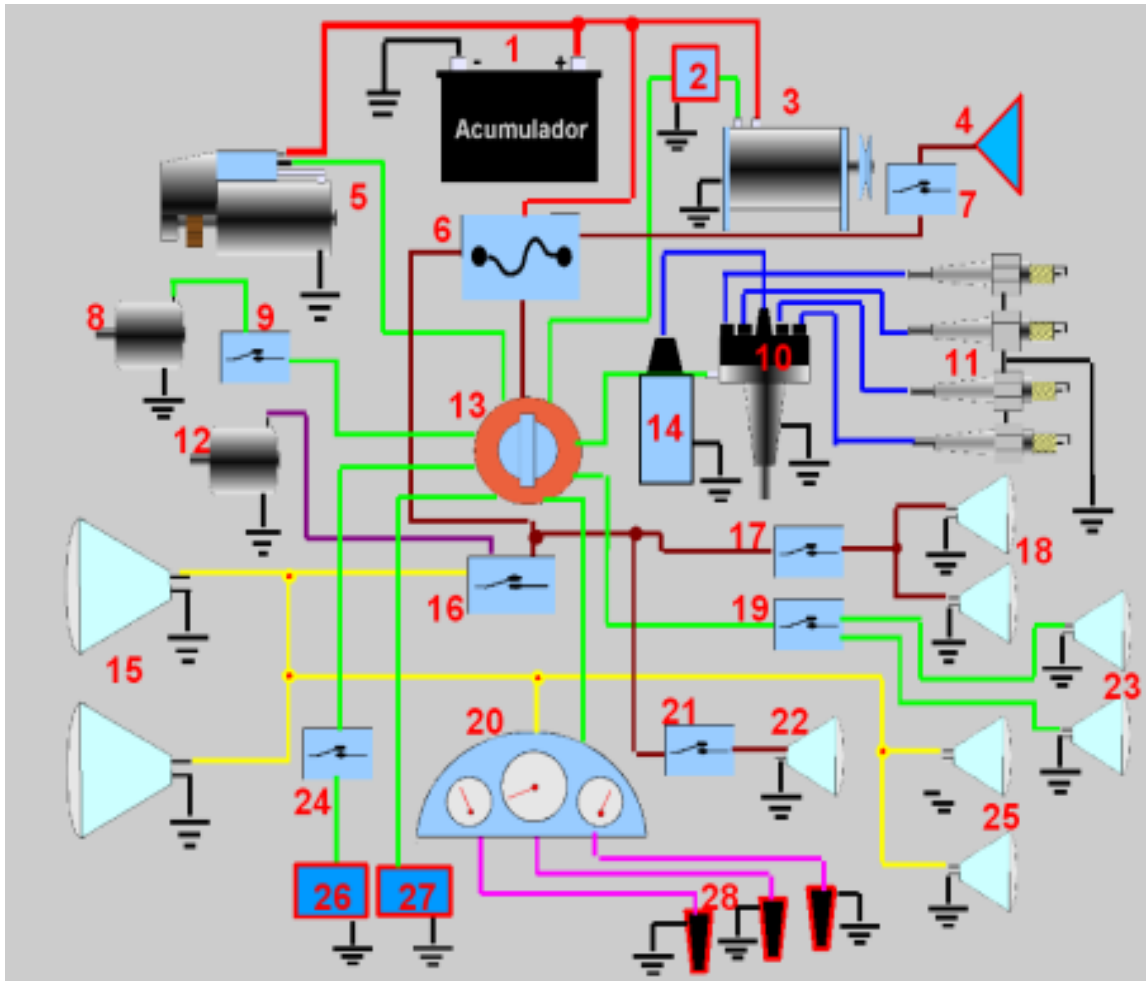
Número en el esquema	Nombre del componente
1	Acumulador o batería
2	Regulador de voltaje
3	Generador
4	Bocina
5	Motor de arranque
6	Caja de fusibles
7	Interruptor de la bocina
8	Sistema de potencia que funcionan con el interruptor de encendido conectado y con interruptor propio; tales como: vidrios de ventanas y parabrisas
9	Representa los interruptores del sistema de potencia

Continuación de la tabla I.

10	Distribuidor
11	Bujías
12	Sistema de potencia que funciona sin el interruptor de encendido, tales como: seguros de las puertas y cierre del baúl de equipaje
13	Interruptor de encendido
14	Bobina de encendido
15	Faros de luz de carretera delanteros
16	Interruptor de faros de luz de carretera
17	Interruptor de faros de luz de frenos
18	Luces indicadoras de frenado
19	Interruptor de luces intermitentes
20	Tablero de instrumentos
21	Interruptor de lámpara de cabina
22	Lámpara de cabina
23	Luces intermitentes
24	Interruptor de sistemas especiales
25	Luces de carretera traseras
26	Sistemas especiales que solo funcionan con el interruptor de encendido conectado, tales como: radio y antenas eléctricas
27	Sistema de inyección de gasolina
28	Sensores de instrumentos del tablero

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Sistema eléctrico básico de un vehículo



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/sistelectrico/general.png>.

Consulta: 21 julio de 2014.

Para tener una mejor comprensión del funcionamiento del sistema eléctrico se explicará cada uno de los subsistemas que lo conforman, ya que cada uno de estos puede afectar con mayor o menor proporción el funcionamiento del vehículo.

3.1.1. Sistema de generación y almacenamiento de electricidad

Este subsistema del sistema eléctrico está constituido comúnmente por cuatro componentes: el generador, el regulador de voltaje (que puede estar como elemento independiente o incluido en el generador), la batería o acumulador y el interruptor de encendido principal que se activa por medio de la llave del vehículo y que se encarga de la excitación del generador.

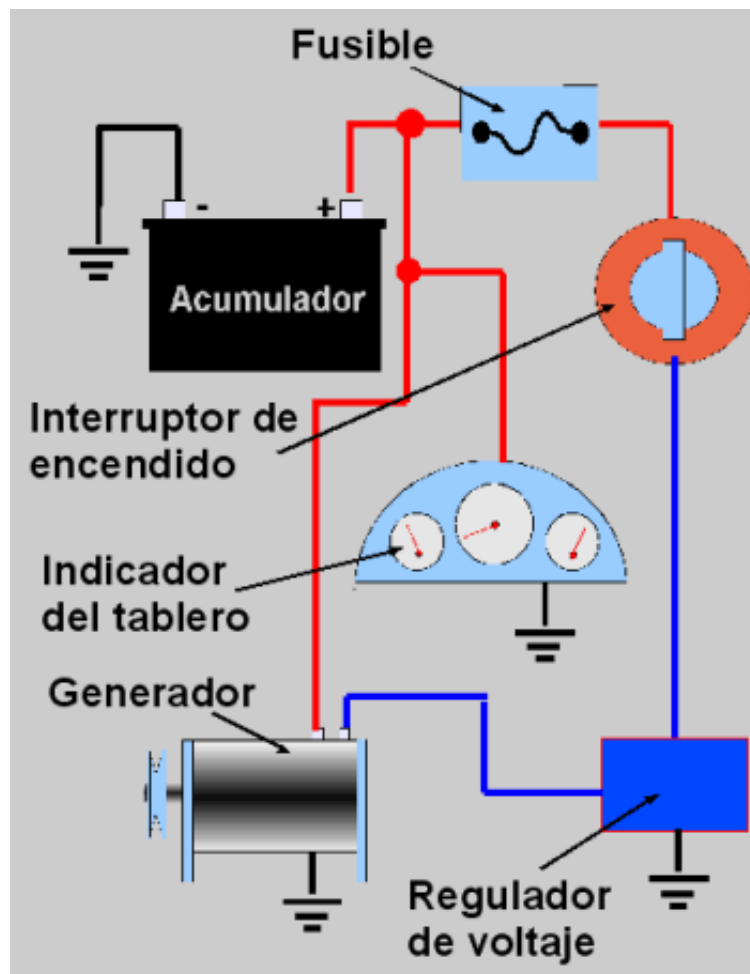
El borne negativo de la batería está conectado a tierra para que todos los circuitos del sistema se cierren por esa vía. Del borne positivo sale un conductor grueso que se conecta a la salida del generador; por este conductor circulará la corriente de carga de la batería producida por el generador. Esta corriente en los generadores modernos puede estar en el orden de 100 amperios.

De este cable parte uno para el indicador de la carga de la batería en el tablero de instrumentos, generalmente un voltímetro en los vehículos actuales. Desde el borne positivo de la batería también se alimenta, a través de un fusible, el interruptor de encendido principal, el cual se activa por medio de la llave del vehículo.

Cuando se conecta este interruptor se establece la corriente de excitación del generador y se pone en marcha el motor, la corriente de excitación será regulada para garantizar un valor preestablecido y estable en el voltaje de salida del generador. Este valor preestablecido corresponde al máximo valor del voltaje nominal de la batería durante la carga, de modo que cuando esta, esté completamente cargada, no circule alta corriente por ella y así protegerla de sobrecarga para aumentar su vida útil.

Con la configuración de este subsistema se garantiza que una vez puesto en marcha el motor, el generador tendrá la corriente necesaria para funcionar y de esta manera comenzará rápidamente a generar electricidad para restituir el estado de carga completa de la batería y alimentar a los otros subsistemas eléctricos. En la figura 17 se presenta un esquema básico de este subsistema eléctrico.

Figura 17. **Sistema de generación y almacenamiento de electricidad**



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/sistelectrico/generacion.png>.

Consulta: 21 de julio de 2014.

3.1.2. Sistema de encendido del motor de combustión interna

Es el sistema capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de combustión interna, conocidos también como motores de encendido por chispa, ya que en el motor diésel la propia naturaleza de la formación de la mezcla produce su autoencendido.

En los motores de gasolina resulta necesario producir una chispa entre dos electrodos separados en el interior del cilindro, en el momento justo y con la potencia necesaria para iniciar la combustión.

Para comprender la manera de generación de la chispa necesaria se debe conocer la naturaleza de la electricidad; la electricidad puede saltar el espacio entre dos electrodos aislados, si se cumple la condición que el voltaje suba lo suficiente, se produce lo que se conoce como arco eléctrico. Este fenómeno del salto de la electricidad entre dos electrodos depende de la naturaleza y temperatura de los electrodos y de la presión reinante en la zona del arco. Así se tiene que una chispa puede saltar con mucho menos voltaje en el vacío que cuando hay presión y que a su vez, el voltaje requerido será mayor a medida que aumente la presión reinante.

De esto surge la primera condición que debe cumplir el sistema de encendido: debe elevar el voltaje del sistema eléctrico del vehículo hasta valores capaces de crear un arco eléctrico entre los electrodos separados colocados dentro del cilindro, a la presión alta de la compresión. Durante el momento de la admisión del motor la mezcla que ha entrado al cilindro, ya sea desde el carburador, o mediante la inyección de gasolina en el conducto de admisión se calienta, el combustible se evapora y se mezcla íntimamente con el aire.

Esta mezcla está preparada para el encendido, en ese momento una chispa producida dentro de la masa de la mezcla inicia la combustión. Esta combustión produce un notable incremento de la presión dentro del cilindro que empuja el pistón con fuerza, para producir el movimiento de otros componentes del motor que generará el movimiento del vehículo.

Para que el rendimiento del motor sea bueno, este incremento de presión debe comenzar a producirse en un punto muy próximo después del punto muerto superior del pistón y continuar durante una parte del movimiento del pistón.

Cuando se produce la chispa se inicia el encendido primero alrededor de la zona de la chispa; esta luego avanza hacia el resto de la cámara como un frente de llama, hasta alcanzar todo el volumen de combustible mezclado. Este proceso aunque rápido no es instantáneo, demora cierto tiempo, por lo que el sistema debe producir la chispa un tiempo antes de que sea necesario el incremento brusco de la presión, es decir antes del punto muerto superior, a fin de dar tiempo a que la llama avance lo suficiente en la cámara de combustión, y lograr las presiones en el momento adecuado, ya que el pistón está en constante movimiento. A este tiempo de adelanto de la chispa respecto del punto muerto superior se le llama avance al encendido.

Si se considera ahora la velocidad de avance de la llama como constante, resulta evidente que con el aumento de la velocidad de rotación del motor, el pistón se moverá más rápido, por lo que si se quiere que el incremento de presión se haga siempre en la posición adecuada del pistón cuando se genera la fuerza para el movimiento, se necesita adelantar el inicio del salto de la chispa a medida que aumenta la velocidad de rotación del motor.

De este asunto surge la segunda condición que debe cumplir el sistema de encendido: debe ir adelantado al momento del salto de la chispa respecto de la posición del pistón gradualmente, a medida que aumenta la velocidad de rotación del motor.

La consideración hecha de que la velocidad de avance de la llama es constante no es estrictamente cierta, además en dependencia del nivel de llenado del cilindro con mezcla durante el proceso de admisión y de la riqueza de esta, la presión dentro del cilindro se incrementará a mayor o menor velocidad a medida que se quema, por lo que durante el avance de la llama en un cilindro lleno, la presión crecerá rápidamente y puede que la mezcla de las partes más lejanas a la bujía no resistan el crecimiento de la presión y detonen antes de que llegue a ellas el frente de llama, con la consecuente pérdida de rendimiento y perjuicio al motor.

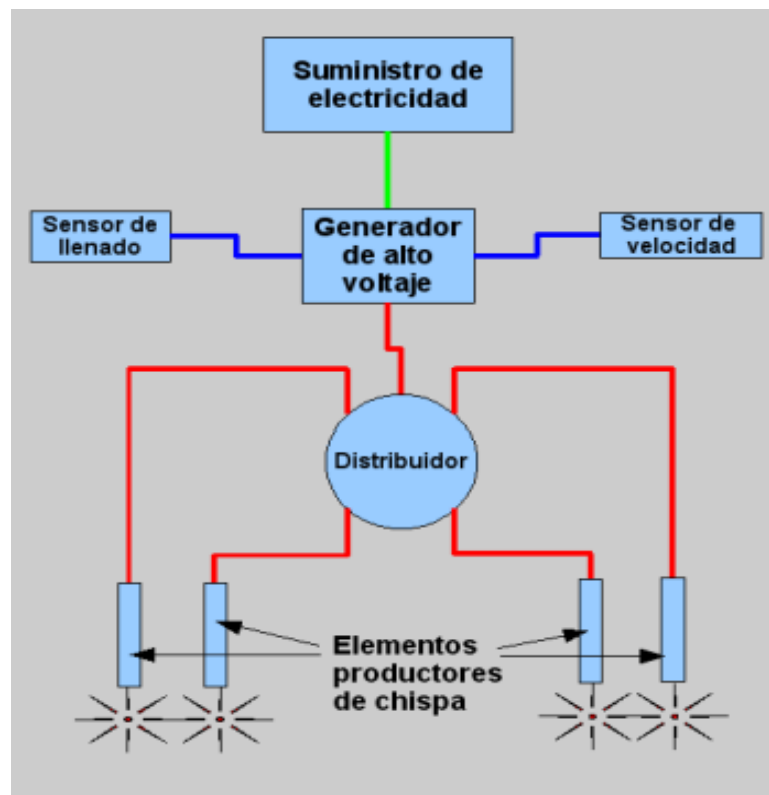
De aquí surge la tercera condición que debe cumplir el sistema de encendido: el sistema de encendido debe ir atrasando el momento del salto de la chispa a medida que el cilindro se llena mejor en el proceso admisión.

Los vehículos con mayor potencia poseen más de un cilindro para poder generar la potencia motriz requerida, por lo tanto el sistema de encendido eléctrico debe ser capaz de sincronizar las chispas correspondientes en el debido momento.

Por lo tanto surge la cuarta condición que debe de cumplir el sistema de encendido: producir en el momento exacto una chispa en cada uno de los cilindros del motor.

Los componentes básicos que conforman este subsistema son muy variados, ya que debido a la evolución de los sistemas eléctricos y electrónicos se han creado sistemas más compactos que eliminan componentes mecánicos; en este caso se describirán los sistemas convencionales que utilizan componentes mecánicos. Los componentes son: fuente de energía eléctrica, generador de alto voltaje, sensores de llenado de cilindro, sensores de velocidad de revolución de motor, distribuidor de alto voltaje y bujías generadores de chispas. En la figura 18 se muestra el esquema en bloques de este subsistema eléctrico.

Figura 18. **Sistema de encendido de motor a combustión interna**



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/enendido/diagramabloques.png>.

Consulta: 21 de julio de 2014.

La fuente de energía eléctrica o suministro eléctrico está conformada por la batería o el conjunto de baterías; estas producen un valor constante de voltaje eléctrico que está en el orden de los 6 a los 24 voltios en corriente directa y se complementa con el generador eléctrico o alternador, el cual produce el mismo valor de voltaje en el momento en que el motor está girando.

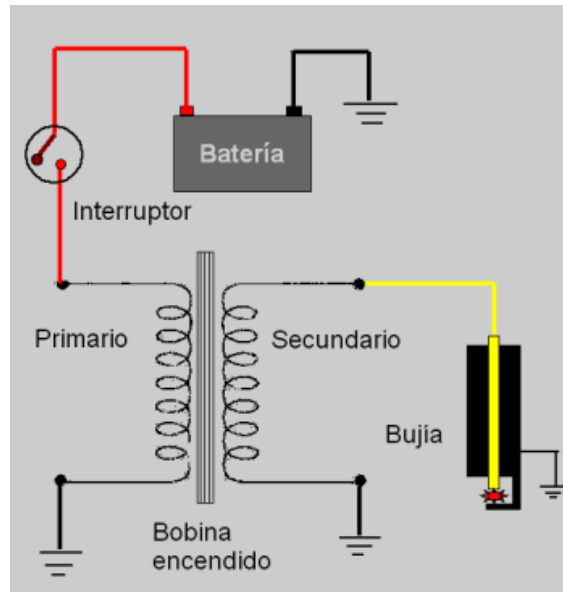
El generador de alto voltaje está constituido principalmente por un transformador eléctrico; este se configura de tal manera que se eleve considerablemente el voltaje del primario respecto del secundario; para lograr esto se utiliza el principio de la relación entre el número de vueltas de la bobina primaria respecto de la bobina secundaria; a este transformador también se le conoce como bobina de encendido.

Es capaz de aumentar niveles de voltaje de entre los 6 a 24 voltios a niveles de entre los 18 000 y 24 000 voltios. Debido a que esta bobina está alimentada por una fuente de corriente eléctrica directa se utiliza un interruptor para hacer variar bruscamente el voltaje del primario al momento de cerrar y abrir el circuito, ya que esto producirá el campo magnético que inducirá un voltaje muy alto en el secundario.

El voltaje inducido es de un valor alto y se conecta directamente a la bujía; en el caso de un motor que solo tiene un cilindro, este alto voltaje producirá el arco necesario para producir la chispa de la combustión.

En la figura 19 se muestra el diagrama de la conexión de la bobina de encendido y la bujía.

Figura 19. **Bobina de encendido y conexión con la bujía**



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/enendido/altovoltaje.png>.

Consulta: 21 de julio de 2014.

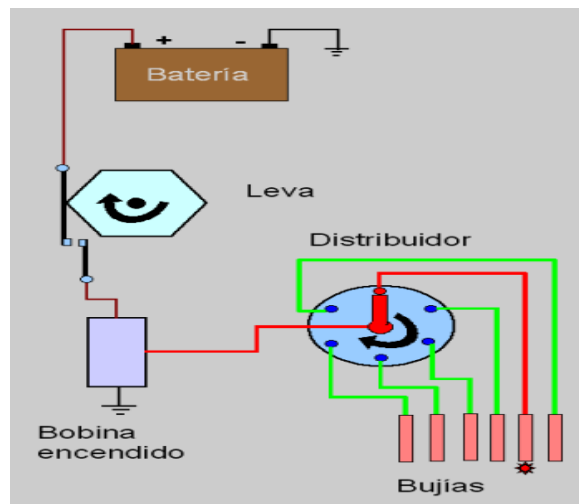
Los sensores de velocidad tienen como función determinar el adelanto en la alimentación de voltaje de la bobina de encendido en relación con la velocidad de revolución del motor. Al graduar la velocidad de revolución de la leva se puede variar el tiempo de encendido y apagado de la bobina; esto permite que un motor que tengas más de un cilindro se pueda sincronizar correctamente para aumentar la velocidad de revolución del motor.

Los sensores de llenado se encargan de determinar el momento del atraso en la alimentación de la bobina de encendido, dependiendo de la presión que se ejerza sobre el acelerador, ya que en el momento de presionar el acelerador, la mariposa del carburador se abre, por lo que existe una apertura que hace que el cilindro se llene con el aire de la atmósfera, lo cual reduce el vacío que existía en el cilindro.

El valor de presión absoluta que se crea en el cilindro es el que el sensor de llenado determina, con el cual controla el atraso o adelanto de la alimentación de la bobina de encendido.

El distribuidor de alto voltaje es necesario cuando en un motor existe más de un cilindro y por lo tanto se requiere más de una bujía para crear la combustión de los diferentes cilindros. El distribuidor está sincronizado con la leva de tal manera que esta accione el interruptor que hace que circule corriente eléctrica en la bobina de encendido y dependiendo de esto el distribuidor hace que circule corriente por una de las bujías a la vez; siempre que recibe un pulso de acción de la leva el distribuidor cambia de bujía, con lo cual se busca accionar todas las bujías del motor una a la vez. En la figura 20 se muestra el sistema de encendido, incluyendo el esquema de conexión del distribuidor.

Figura 20. **Sistema de encendido con distribuidor**



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/enendido/distribucion.png>.

Consulta: 21 de julio de 2014.

La bujía es el componente final del sistema de encendido; esta se encarga de generar la chispa que hace que el combustible explote haciendo que el cilindro se mueva de una manera lineal; también se encarga de disipar el calor producido por la explosión en el cilindro. En el extremo de la bujía se produce un arco eléctrico debido al alto voltaje con el cual es alimentada. Si no funciona correctamente este componente, el motor no funcionará.

3.1.3. Sistema de arranque del motor

Los motores de combustión interna no tienen un sistema de arranque propio; es necesario hacerlos girar con una fuente externa al inicio para que se pueda completar el proceso necesario para el encendido. Aunque existen varias maneras de realizar el giro inicial del motor, para los automóviles el arranque se realiza con motores eléctricos; muchas motocicletas también utilizan este tipo de arranque. Al momento de accionar la llave del automóvil se cierra un circuito entre la batería y el motor eléctrico, que hace que este gire, con lo cual se inicia el ciclo de funcionamiento del motor a combustión. Este sistema de arranque solo se utiliza cuando el motor está apagado y se desea encender.

3.1.4. Otros sistemas eléctricos

Existen más subsistemas eléctricos que posee un vehículo, los cuales realizan funciones muy importantes y complementarias para el control del vehículo, entre estas se encuentran el sistema de inyección de gasolina, de iluminación y de panel de control; todos estos sistemas dependen de la alimentación eléctrica y de diversos tipos de sensores para su funcionamiento. Con la introducción de la electrónica en los vehículos modernos, se incorporan computadoras dedicadas con funciones desde multimedia hasta el control de seguridad al manejar.

4. DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Para realizar el diseño del sistema electrónico de inmovilización y localización para vehículo con motor de combustión interna se han presentado los conceptos básicos que permiten tener una comprensión general del funcionamiento de dicho sistema y a su vez comprender cómo los diferentes componentes electrónicos se pueden configurar para lograr el objetivo deseado.

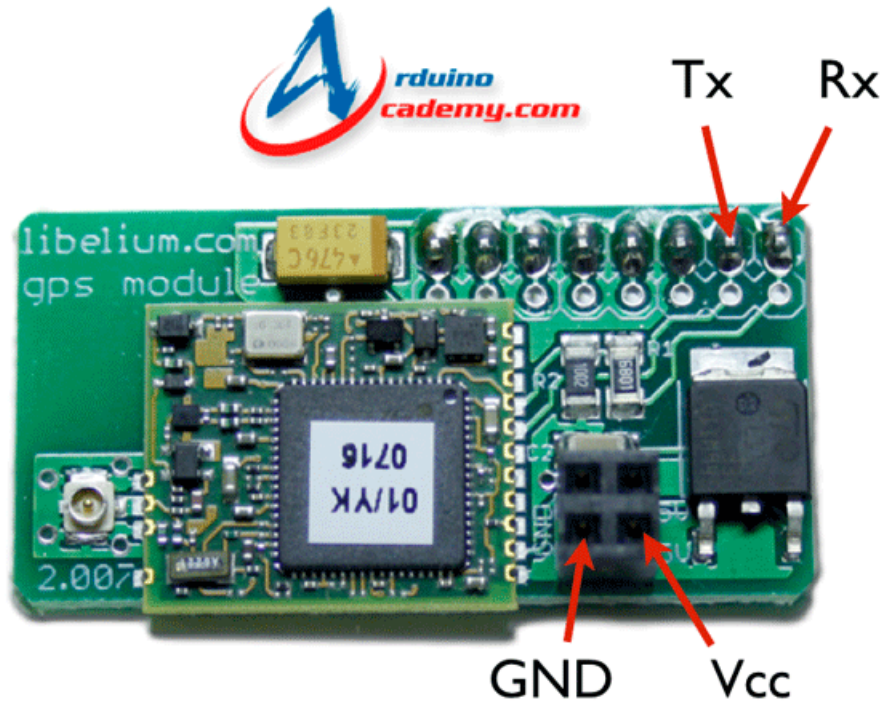
El diseño del sistema se desglosa en bloques de circuitos electrónicos que poseen características específicas y que realizan funciones independientes que en conjunto logran con el objetivo del sistema, recuperar y localizar un vehículo; los bloques del sistema son: del módulo GPS, del módulo GSM, de control electrónico y el central de procesamiento de datos.

4.1. Bloque del módulo GPS

Para el diseño de este bloque se utilizará un módulo GPS 1080B, el cual está diseñado para la compañía LIBELIUM; este módulo utiliza el protocolo NMEA (*national marine electronics association*) para la transmisión de los datos de posición procedentes de los satélites.

En la figura 21 se puede ver una imagen del módulo GPS 1080B y la señalización de los pines más importantes a utilizar. Es un módulo muy sencillo de conectar, ya que solo se les debe alimentar con corriente eléctrica en los pines de Vcc y Gnd, con un voltaje entre los 3 y 5 voltios DC. Los pines de TX y RX son utilizados para la transferencia de datos.

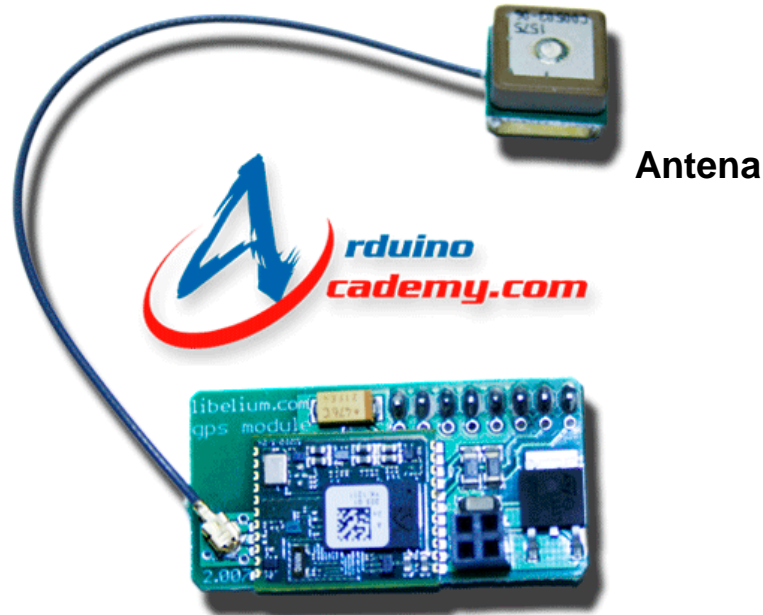
Figura 21. **Módulo GPS 1080B de LIBELIUM**



Fuente: http://www.arduteka.com/wp-content/uploads/2012/03/Libelium_GPS_1037_Arduino.png. Consulta: 1 de agosto de 2014.

El módulo se va a encargar de dar los datos de posicionamiento mediante la comunicación con la red de satélites que se encuentran en órbita; la información será transmitida por el pin de TX mediante una transmisión serial al bloque de procesamiento de datos del sistema. Se debe aislar la parte inferior del módulo para evitar el contacto con piezas metálicas que puedan crear cortocircuitos en el módulo y utilizar una caja plástica protectora para ser fijado; también se deben incorporar los cables adecuados para conectar el módulo con los otros bloques del sistema. Debe agregársele a este módulo la conexión de la antena que permita captar la señal de los satélites. En la figura 22 se muestra en dónde se conecta y el resultado de hacerlo.

Figura 22. **Módulo GPS 1080B de LIBELIUM con antena**



Fuente: http://www.arduteka.com/wp-content/uploads/2012/03/GPS_1080_Antena_Arduino.png.
Consulta: 1 de agosto de 2014.

Este módulo es estable y rápido con el proceso de adquisición de datos procedentes de los satélites; brinda seis tramas de datos con diferente información referente a posicionamiento geográfico, relación señal-ruido, velocidad del objeto que posee el módulo, estado de los satélites, cantidad de satélites activos, hora, entre otras.

Cuando el módulo esté activo siempre estará transmitiendo por medio del pin TX todas las tramas de datos adquiridos mediante una comunicación serial con la siguiente configuración: una velocidad de 4800 baudios, tamaño de palabra de 8 bits, sin bit de paridad, un bit fin de trama y sin control de flujo; esta es la configuración por defecto que posee el módulo GPS pero puede ser modificada; para este sistema se utilizará la configuración por defecto.

Por lo tanto el bloque central de procesamiento de datos del sistema debe de ser capaz de comprender las diferentes tramas para extraer la información de longitud y latitud; debido a que esta es la principal información que se utilizará para la localización del vehículo. Las tramas de datos que brinda el módulo GPS se describen en la tabla II.

Tabla II. **Trama de datos brindados por el módulo GPS**

Nombre de la trama	Datos proporcionados
GGA	Hora, posición, datos del sistema
VTG	Velocidad respecto del suelo
RMC	Hora, fecha, posición, dirección y velocidad
GSA	Calidad de la señal y satélites activos
GSV	Información de cada satélite
GLL	Posición geográfica (latitud/longitud)

Fuente: elaboración propia.

Para este sistema de localización se necesita extraer los datos de tiempo y posición, es decir, la latitud y la longitud. Para extraer esa información se utiliza la trama RMC; como parámetro de información adicional se agregará la hora y fecha a los datos de posición con la finalidad de proporcionar el tiempo en el cual se han solicitado los datos de posición; esto debido a que pueden variar si el vehículo se encuentra en movimiento o si la red de telefonía celular está fuera de servicio.

El módulo GPS transmite la trama RMC con el nombre \$GPRMC y está compuesta por doce elementos, los cuales se encuentran separados por una coma; el nombre original de esta trama es *recommended minimum specific GPS data* (datos específicos mínimos recomendados del GPS).

Se explicará a detalle esta trama para comprender cómo el bloque central de procesamiento de datos, luego de identificar esta trama, extrae los datos requeridos por el sistema de localización.

En la tabla III se explica detalladamente cada una de los componentes de la trama RMC que el módulo transmite por su puerto serial.

Tabla III. **Detalle de trama RMC**

Número de elemento	Formato	Descripción
1	\$GPRMC	Identificador de trama
2	hhmmss.ssss	Hora UTC (<i>universal time coordinated</i>). Hora, minutos y segundos
3	A o V	Estado de los datos: A= activo; V= nulo
4	ggmm.ss	Latitud. Grados, minutos y segundos
5	n o s	Dirección: n= norte, s= sur
6	ggmm.ss	Longitud. Grados, minutos y segundos
7	e o w	Dirección: e= este, w= oeste
8	xxx.x	Velocidad sobre la tierra en nudos
9	xxx.x	Calidad de seguimiento en grados
10	ddmmaa	Fecha UTC. Día, mes y año
11	xxx.x	Variación magnética en grados
12	*xx	<i>Checksum</i> . Hexadecimal

Fuente: elaboración propia.

En la columna de formato, para el elemento dos, se tiene que la cadena de caracteres interpretan de la siguiente manera: dos dígitos para la hora, dos para los minutos y cinco para los segundos. Para los elementos cuatro y seis, los caracteres se interpretan de la siguiente manera: dos para los grados, dos para los minutos y dos dígitos para los segundos. Para los elementos ocho, nueve, once y doce los caracteres se interpretan de la siguiente manera: cada x representa un dígito.

Para el elemento diez, los caracteres se interpretan de la siguiente manera: dos dígitos para el día, dos para el mes y dos para el año. El *Checksum* del elemento doce, es un método de verificación de error para una trama de datos.

4.2. Bloque del módulo GSM

Este bloque tiene como principales funciones para este sistema de localización: recibir la solicitud de parte del usuario, indicar la posición del vehículo y enviar dicha información a través de un mensaje corto de texto; también se encargará de recibir las instrucciones de bloquear y desbloquear los sistemas encargados de la movilidad del vehículo.

Para el diseño de este bloque se utilizará el módulo GSM SIM900, el cual tiene la capacidad de trabajar en las bandas 850/900/1800/1900 MHz de una red GSM, con capacidad para tener acceso a la información de la tarjeta SIM, posee puertos seriales para la comunicación de datos y otras funciones que para el sistema de localización no es necesario configurar.

Se alimenta con un rango de voltaje de entre 3.2 V y 4.8 V en corriente directa. Se controla por medio de los comandos AT; estos comandos son un estándar de código abierto para la configuración de *modem* y se utilizan mediante una comunicación serial.

La velocidad utilizada en la comunicación serial está configurada de tal manera que se ajusten a la velocidad del dispositivo que se comunique con el módulo GSM y soporta velocidades de 1200, 2400, 4800, 9600, 38 400, 57 600, 115 200 bps.

El módulo GSM no posee una memoria interna para el almacenamiento de mensajes de texto, por lo tanto los mensajes se almacenan en la tarjeta SIM y para poder tener acceso a ellos incorpora una interface para conectarse con la tarjeta SIM externa, la cual maneja voltajes de 1,8 V a 3 V en corriente directa y utiliza los siguientes pines para dicha función: reloj, transmisión y lectura de datos, tierra, detección de presencia de SIM, alimentación de voltaje de SIM y reinicio de SIM. En la figura 23 se muestra el módulo GSM SIM900.

Figura 23. **Módulo GSM SIM900**



Fuente: <http://wm.sim.com/productpic/110506034807404758.JPG>.

Consulta: 1 de agosto de 2014.

Este módulo tiene la capacidad de realizar varias de las funciones de un teléfono celular, ya que incorpora entrada para el teclado y micrófono, salida para una bocina, entre otros; es un pequeño celular sin sus periféricos. Para el presente diseño se utilizarán únicamente las funciones referentes al envío y recepción de mensajes de texto.

Lo primero para este diseño será definir una fuente de alimentación de 3,7 voltios de corriente continua para la alimentación del módulo; este está diseñado para que su principal fuente de alimentación sea una batería de ion-litio; estas baterías en la actualidad son fáciles de conseguir, ya que la mayoría de teléfonos celulares las utilizan; además, poseen la capacidad de alimentación que requiere el módulo.

Se deben de conectar en el polo positivo de la batería los pines 55,56 y 57; y conectar a tierra o al polo negativo los pines 17, 18, 29, 39, 45, 53, 54, 58, 59,61 al 65; la batería debe de ser capaz de brindar 2 amperios de corriente eléctrica.

Luego de la alimentación del módulo se debe de crear la conexión con la tarjeta SIM, la cual utiliza voltajes en el rango de 1,8 V y 3 V en corriente directa, el módulo incorpora un regulador de voltaje en los pines de la interface SIM, sin embargo se debe colocar un diodo Zenner como regulador paralelo a los pines de conexión con el módulo; esto debido a que la tarjeta SIM está alimentada por el voltaje utilizado en el módulo, el cual es de 3.7 V.

Los pines de la tarjeta SIM que se utilizarán son: VCC, RST, CLK, GND y I/O. Estos pines se conectan de la siguiente manera: VCC con el polo positivo de la batería; GND con el polo negativo, RST con el pin RST_SIM del módulo, el cual es el pin número 33; el pin CLK con el pin CLK_SIM del módulo, el cual es el pin número 32 y por último el pin I/O con el pin DATA_SIM del módulo, que corresponde al pin número 31. Esta conexión permitirá que el módulo acceda a la información necesaria para acceder a la red de telefonía celular, ya que la tarjeta SIM posee los datos del número de abonado.

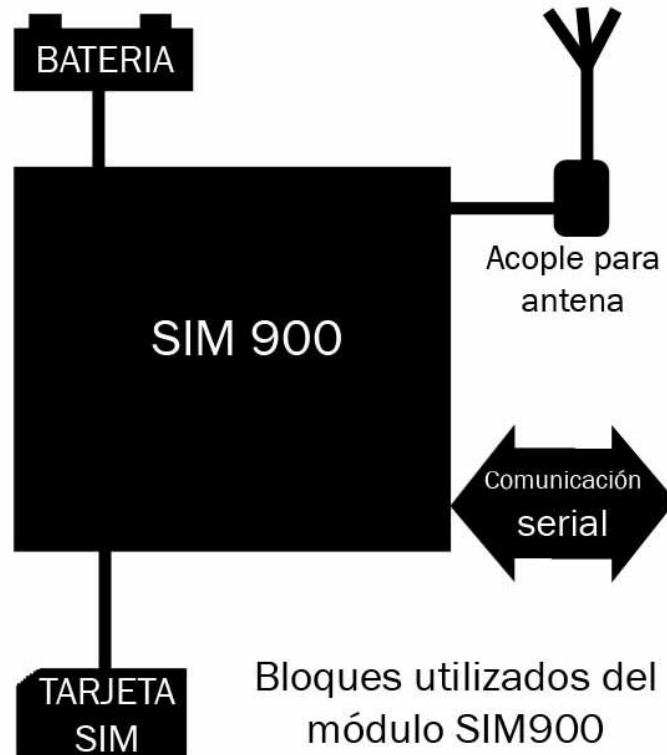
Dentro de la tarjeta SIM se podrá acceder al espacio de memoria necesario para el almacenamiento de los mensajes de texto que se requieren para el sistema; estos mensajes contendrán las instrucciones enviadas por el usuario que desee localizar o inmovilizar el vehículo; por lo tanto, serán leídos por el módulo GSM para que luego esta información sea enviada a el bloque central de procesamiento de datos que se encargará de procesar e indicar las acciones a tomar según las instrucciones recibidas; una tarjeta SIM normalmente posee un espacio de memoria de 128 Kbytes, lo cual es suficiente para los requerimientos del sistema.

El módulo requiere de una antena externa que proporcione la capacidad de recibir y transmitir la señal de radio, según se requiera; para ello internamente incorpora un sistema de radio frecuencia, el cual se encarga de realizar dichos requerimientos y es en este sistema donde se requerirá de mayor consumo de corriente, al momento de transmitir la señal de radio cuando se establezca la comunicación con la radio base de la red celular.

La impedancia de la antena debe de ser de 50 Ω ; y debe de ser conectada al pin RF_ANT del módulo, el cual es el pin número 60. Se debe acoplar a la tarjeta la antena por medio de los conectores adecuados y según un pequeño circuito de acople conformado por dos resistencias y dos capacitores.

En la figura 24 se muestra un diagrama con los bloques utilizados del módulo SIM900 para el diseño del sistema de localización e inmovilización de vehículos.

Figura 24. **Bloques utilizados en el diseño**



Fuente: elaboración propia, con programa de photoshop.

El último de los bloques a utilizar del módulo SIM900 es el de la comunicación serial; este bloque será el encargado de recibir las instrucciones por parte del bloque central de procesamiento de datos mediante una velocidad de 9600 bps.

Esta será una comunicación de dos vías, ya que tanto el bloque central de procesamiento de datos como el módulo podrán enviar y recibir instrucciones de control e información, en este caso la información será el contenido de los mensajes de texto recibidos y de los mensajes que se enviarán con la información de la longitud y latitud.

Para crear la comunicación serial se utilizarán: puerto de transmisión serial TX del módulo pin número 10, puerto de recepción serial RX del módulo pin número 9, bit de control RTS pin número 8 y el bit de control CTS pin número 7; estos serán utilizados para la comunicación serial con el bloque central de procesamiento de datos el cual posee los mismos pines.

Al realizar la conexión debe realizarse un cruce de pines entre TX del módulo con RX del bloque central de procesamiento de datos y RX del módulo con el TX del bloque central de procesamiento de datos. Aunque los pines de control RTS y CTS se menciona que se utilizarán, existe también la opción de no ser utilizados, ya que esto depende del tipo de microcontrolador utilizado en el diseño, el cual se detallará en el bloque central de procesamiento de datos.

Un aspecto importante en el diseño de la comunicación serial son los niveles lógicos de voltaje que se utilizan para la comunicación; el módulo SIM900 tiene para el uno lógico un nivel de voltaje mínimo de 2,4 V para la entrada y 2,7 V para la salida; y para el cero lógico un nivel de voltaje máximo de 0,4 V para la salida y 0,1 V para la entrada.

Para poder interconectar el bloque central de procesamiento de datos se debe realizar un acople que permita controlar los niveles de voltaje, de tal manera que no se dañen los puertos seriales utilizados y que los niveles lógicos sean los adecuados para que la comunicación se pueda realizar.

Las instrucciones de configuración y control que se transmiten entre el módulo SIM900 y el bloque central de procesamiento de datos son los comandos AT, los cuales dan una gran cantidad de posibilidades para la configuración del módulo SIM900.

Para el diseño del sistema de localización e inmovilización se utilizarán solo los comandos para la lectura de mensajes de texto, notificación de nuevo mensaje de texto recibido y enviar nuevo mensaje.

Una consideración importante es que también se deben de utilizar comandos AT para la configuración inicial del módulo SIM900; esto quiere decir que solo se utilizarán la primera vez que se encienda, luego no será necesario volver a utilizarlos; entre algunas de las funciones que pueden ser configuradas inicialmente están: velocidad de transmisión serial (aunque esta configuración no es indispensable realizar, ya que el módulo está configurado de fábrica para reconocer automáticamente la velocidad de comunicación serial utilizada), almacenar la configuración establecida en la memoria EEPROM del módulo, configurar la manera de encender y apagar el módulo, entre otras opciones que para el presente diseño no serán utilizadas.

Este módulo puede ser configurado para que su consumo de energía sea reducido para aumentar la vida útil de la batería; para ello se requiere la configuración de dicha opción por medio de los respectivos comandos AT; el consumo en modo *Sleep* es de unos 1,5 mA mientras que el consumo de corriente en el modo de transmisión de datos puede estar en el rango de 80 mA a 270 mA pero con picos en transmisión de hasta 2 A.

4.3. Bloque de control electrónico

Este bloque tiene como objetivo el controlar la corriente eléctrica de los circuitos encargados de realizar funciones vitales para el funcionamiento del vehículo como el sistema de encendido, el de alimentación de combustible, el de arranque, entre otros.

Existe una gran variedad de sistemas que se alimentan con corriente eléctrica dentro de un vehículo y sería muy extenso describir cómo se debe controlar cada uno de estos, sin embargo, todos los vehículos de combustión interna poseen un sistema de encendido que se encarga de generar la chispa requerida para la combustión; por esta razón se diseña la manera de controlar este sistema.

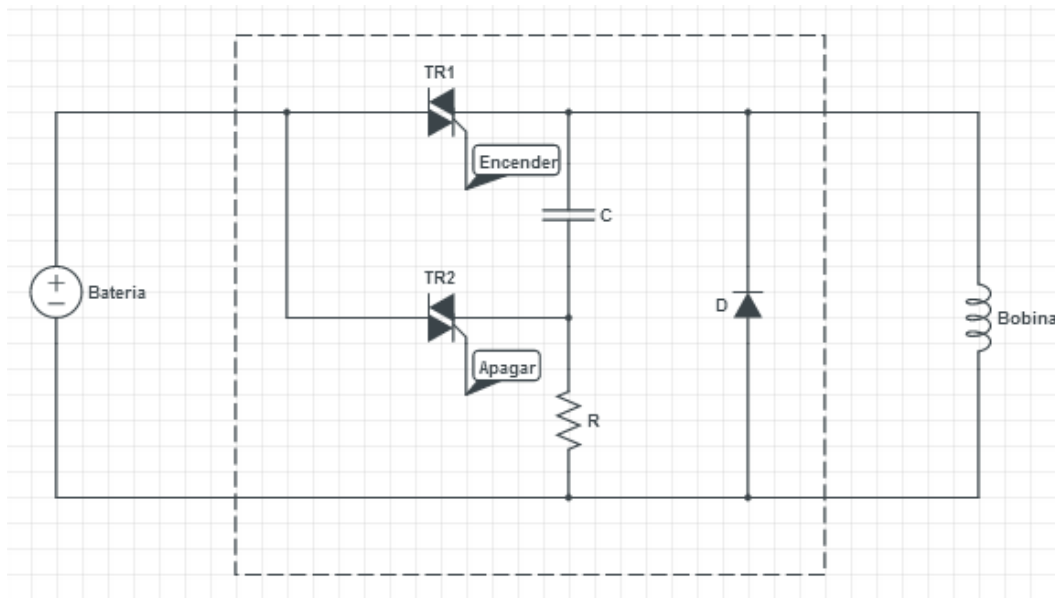
Para el control electrónico se utilizará un interruptor estático de corriente continua, el cual está formado por tiristores, transistores, un capacitor sin polaridad, un diodo y una resistencia.

Se utiliza este tipo de interruptor debido a que no produce un arco al momento de realizar el encendido y apagado, tiene una velocidad de respuesta muy grande, no necesita de mantenimiento de piezas mecánicas, y puede ser controlado por otro dispositivo electrónico como un microcontrolador.

La manera de conectar este interruptor es de forma paralela al circuito que se desea controlar, por lo tanto este interruptor debe tener dos líneas de entrada y dos de salida; una para la línea viva y la otra para la línea de retorno de la corriente (tierra); adicionalmente se deben de tener dos líneas que serán las de control; una para dejar circular la corriente y la otra para interrumpirla, estas dos entradas se conectarán con el bloque central de procesamiento de datos mediante un circuito de acople, ya que los niveles de corriente utilizados por el interruptor son mayores a los que maneja el microcontrolador que es la parte central del bloque que procesa los datos del sistema.

La figura 25 muestra el diagrama del interruptor estático de corriente continua, el cual se encuentra encerrado por la línea punteada; en la parte izquierda se observan las terminales de entrada conectadas con la batería y en la parte derecha la bobina primaria de la de encendido, conectada a las terminales de salida del interruptor.

Figura 25. **Interruptor estático de corriente continua**



Fuente: elaboración propia, con programa de circuitlab en línea.

Los tiristores TR1 y TR2 son TRIACS, los cuales son semiconductores con la capacidad de permitir la conducción de la corriente en ambos sentidos de sus dos terminales y son controlados por una compuerta; estos tiristores presentan una alta impedancia inicial, lo cual impide la circulación de la corriente por el circuito y necesitan un impulso en la compuerta para disminuir su impedancia casi a cero; esto permite la circulación de la corriente.

El TRIAC TR1 es el encargado de encender la circulación de la corriente y el TRIAC TR2, la resistencia R, el capacitor C y el diodo D son los encargados de apagarla; a este segundo conjunto de componentes se les denomina circuito auxiliar de bloqueo y es necesario únicamente cuando se utiliza corriente continua.

La manera de funcionar del interruptor es la siguiente: se envía una corriente de activación a la compuerta del TR1, lo cual hace que la corriente empiece a circular de la batería, a través del TR1, hacia la bobina primaria de la bobina de encendido; aquí se establece una corriente sobre la malla conformada por la batería, TR1 y la bobina. Al mismo tiempo, el capacitor C se empieza a cargar por medio de la resistencia R hasta alcanzar un voltaje igual al voltaje de la batería.

Para apagar la circulación de la corriente por la bobina, se necesita mandar una corriente de activación a la compuerta del TR2; esto hace que la corriente empiece a circular a través del mismo; al hacer esto se desactiva la circulación de la corriente por el TR1, debido al nodo donde se une el capacitor, la resistencia y uno de los electrodos de TR2 (nodo A).

Antes de ser activado TR2 se encuentra a cero voltios pero al entrar en conducción TR2, su nivel de voltaje cambia al nivel de voltaje de la batería, al mismo tiempo la terminal de TR1, conectada con el capacitor (nodo B), ahora tiene la suma del voltaje al cual estaba cargado el capacitor (voltaje de la batería) más el voltaje que tiene el nodo A, lo cual da como resultado un valor de dos veces el voltaje de la batería en el nodo B.

Como el valor de voltaje del nodo B es mayor que el voltaje en la terminal de TR1 conectado a la batería, esto hace que la polaridad se invierta; el TR1 deja de conducir debido a que la corriente deja de circular en la dirección a la cual se encontraba (de batería a bobina), lo cual obliga a TR1 a desactivarse. El capacitor queda en serie con TR2 y esto hace que el capacitor quede cargado y que el TR2 esté conduciendo; hay que tomar en cuenta que debido a estas condiciones, cuando se necesite encender el interruptor nuevamente, las condiciones iniciales no serán las mismas.

Con estas nuevas condiciones, el proceso de encendido debe seguir los mismos pasos, es decir, mandar la corriente de activación a la compuerta de TR1 y siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente, TR2 se desactiva y TR1 empieza a conducir la corriente nuevamente. Cuando se manda a activar una compuerta de uno de los TRIAC, se debe dejar de alimentar la compuerta del otro. El diodo D tiene la función de descargar la energía magnética almacenada en la bobina al momento de ser apagado el interruptor.

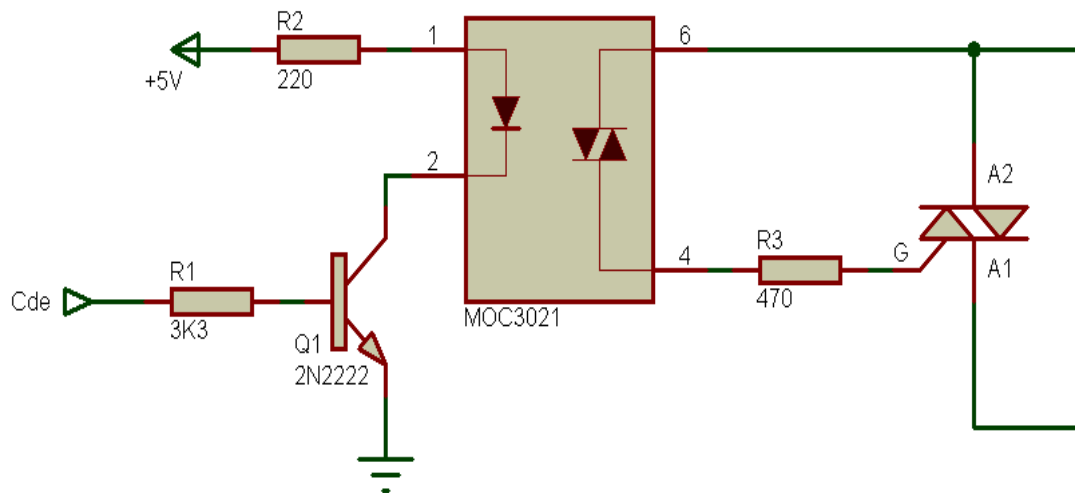
Para acoplar la señal digital proveniente del bloque central de procesamiento de datos con la compuerta del TRIAC se utiliza un optoacople; esto permite proteger de las altas tensiones a componentes sensibles como un microcontrolador.

La manera como se conecta es la siguiente: de la salida del microcontrolador se coloca un transistor BJT del tipo NPN que sirve como interruptor electrónico de baja potencia y envía una corriente de activación a la entrada del opto-TRIAC, lo cual permite que internamente se active el LED que hace que el opto-TRIAC permita la circulación de la corriente entre sus terminales.

Para el presente diseño permite tener una corriente de activación para TR1 o para TR2 en sus respectivas compuertas. En el momento en que el microcontrolador deje de enviar la corriente a través del transistor el opto-TRIAC deja de permitir la circulación de la corriente entre sus terminales, es decir, que la compuerta ya sea de TR1 o TR2 dejen de estar alimentadas con corriente.

En la figura 26 se muestra el esquema de conexión entre la salida del microcontrolador, el acople del transistor con la entrada del opto-TRIAC donde se utilizan también resistencias para la polarización del LED interno, el esquema interno del opto-TRIAC y la conexión que se tiene con la compuerta del TRIAC a través de una resistencia. Se debe utilizar un acople como estos por cada TRIAC del interruptor estático.

Figura 26. **Acople entre microcontrolador y compuerta del TRIAC**



Fuente: http://www.sonelec-musique.com/images/electronique_triacle.gif.

Consulta: 15 de agosto de 2014.

Algunas de las consideraciones para el diseño de este interruptor es la capacidad del TRIAC para conducir una gran cantidad de corriente eléctrica, ya que debe de ser capaz de conducir la corriente requerida por la carga, que para el presente diseño es la bobina primaria de la de encendido. El diodo D y el capacitor C deben ser capaces de soportar un voltaje de dos veces el valor de voltaje de la batería. El capacitor no debe de tener polaridad.

4.4. Bloque central de procesamiento de datos

Este es el bloque central, ya que los otros bloques se comunican o dependen de las instrucciones que reciben de este, es el cerebro del sistema de localización e inmovilización, ya que procesa e interpreta los datos que recibe, de tal manera que se puedan tener los resultados esperados.

Este bloque está diseñado por dos partes: la de los componentes electrónicos (hardware) y la parte de la estructura lógica del programa (software) que se encarga de la lógica de funcionamiento que une todos los datos de los otros bloques, para que funcionen como un solo conjunto.

4.4.1. Diseño del hardware

El principal dispositivo electrónico que compone este bloque es un microcontrolador; esto debido a que dicho dispositivo posee la capacidad de tener periféricos de comunicación, como puertos seriales, memoria para el programa o software, memoria para almacenar los datos que se tienen que procesar, puertos de uso general, entre otros.

Existe una gran variedad de microcontroladores en el mercado actual, que pueden ser utilizados para el diseño de este bloque; cada uno de los diferentes microcontroladores incluye características que los hace ser especiales; también hay de diferentes tamaños, capacidades de memoria, velocidad de procesamiento de datos y muchas otras características que pueden hacer que el tomar una decisión sobre cuál es el mejor sea difícil.

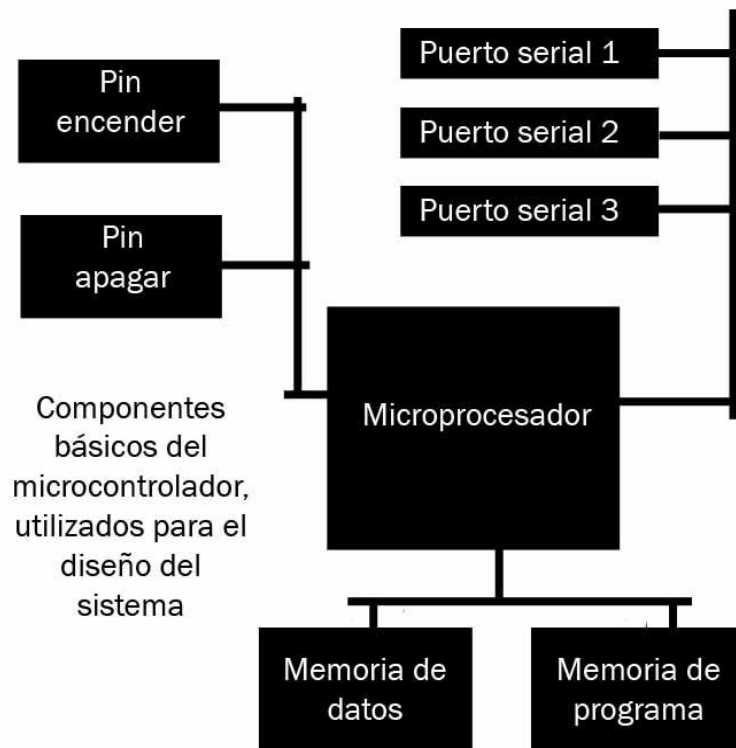
Por existir una gran variedad de microcontroladores, el sistema se diseña no con un microcontrolador específico sino que se indican las características que debe tener dicho componente para el diseño de este bloque; las características técnicas que deben tener son las siguientes:

- Capacidad de comunicarse por medio de comunicación serial a una velocidad de 9600 bps. Esta es la velocidad que utiliza el sistema para comunicarse con los otros bloques.
- Puertos seriales independientes disponibles para la comunicación: uno para recibir los datos del bloque del módulo GPS, otro para enviar datos al bloque del módulo GSM y otro para recibir datos del mismo bloque.
- Espacio de memoria para almacenar datos de hasta 128 Kbytes. Este espacio será utilizado para almacenar los mensajes de texto, tanto los enviados como los recibidos.
- Dos pines para enviar un impulso electrónico: estos son los impulsos utilizados para encender y apagar el interruptor estático de corriente continua. Si al sistema se le agregan más interruptores, se debe considerar que el microcontrolador debe tener dos pines adicionales para cada interruptor.

- Tener suficiente memoria para el almacenamiento del software, que dependiendo del programa donde se desarrolle, puede ser más o menos la necesidad de almacenamiento.
- Funcionar con una fuente de alimentación de corriente continua de un rango de 3,7 V a 5 V.

En la figura 27 se muestra un diagrama de bloques del microcontrolador y las características que debe de tener para el diseño del sistema de localización e inmovilización.

Figura 27. **Diagrama en bloques del microcontrolador**



Fuente: elaboración propia, con programa de photoshop.

Adicionalmente a las características descritas se debe tomar en cuenta la manera de proteger el microcontrolador y los otros componentes electrónicos que se utilizan en el sistema, ya que deben ser colocados en la carrocería del vehículo.

Para ser aislados de la superficie metálica del vehículo se utiliza una caja de material como el plástico. En la figura 28 se muestra una caja de plástico donde se puede colocar el microcontrolador con los componentes de los otros bloques del sistema.

Figura 28. **Caja protectora de los componentes electrónicos**



Fuente: <http://www.abcelectronica.net/productos/cajas-para-proyectos/>.

Consulta: 15 de agosto de 2014.

Se deben utilizar conectores y cables apropiados para conectar los diferentes bloques; estos cables deben tener un recubrimiento de plástico fuerte para soportar las condiciones a la cuales un vehículo se somete como calor y agua.

Especialmente los cables utilizados para mandar la señal de encender y apagar el interruptor electrónico utilizado en el sistema de encendido del vehículo, ya que estos se comunican con componentes que utilizan una gran cantidad de corriente que puede ser muy dañina para los componentes sensibles como los módulos y el microcontrolador.

Los niveles de alimentación de voltaje para este bloque son restringidos por un regulador de voltaje, debido a que el microcontrolador trabaja con un voltaje en el rango de los 3,7 V a 5 V y las baterías de los vehículos tienen un rango de voltaje de los 6 V a los 24 V.

4.4.2. Diseño del software

Para desarrollar aplicaciones con microcontroladores existe una gran variedad de programas, pero todos utilizan una misma lógica de programación, aunque la sintaxis varíe. Para desarrollar la aplicación se utiliza una serie de pasos lógicos que secuencialmente permiten la resolución de una solicitud o la ejecución de una acción a los cuales se les llama procesos. Para el sistema de localización e inmovilización se presentan tres procesos: localización, bloqueo y desbloqueo del vehículo.

4.4.2.1. Proceso de localización

La secuencia lógica utilizada por el programa para la localización del vehículo sigue los siguientes pasos secuenciales, en los cuales se involucran diferentes bloques del sistema y se genera por una persona que solicita los datos de localización por medio de un mensaje de texto que contiene la palabra: ubicar.

- El módulo GPS recibe un mensaje nuevo e indica al microcontrolador sobre este suceso.
- El microcontrolador envía una solicitud de lectura del nuevo mensaje de texto.
- El módulo GSM envía por medio de la comunicación serial el mensaje de texto nuevo que se ha recibido.
- El microcontrolador almacena el mensaje recibido en la memoria de datos y le asigna un identificador al mensaje.
- El microcontrolador procesa los datos que contiene el mensaje nuevo y busca la instrucción que indica la acción a realizar. Para este proceso la instrucción clave es: ubicar.
- Al identificar la instrucción, el microcontrolador envía una solicitud de lectura de datos al módulo GPS.
- El módulo GPS envía los datos por medio del puerto serial al microcontrolador.
- El microcontrolador procesa los datos recibidos por el módulo GPS y busca la línea que posee los siguientes datos: hora, fecha, latitud y longitud.
- Cuando el microcontrolador identifica los datos los une en un solo mensaje nuevo, los ordena y genera una solicitud de envío de mensaje de texto por medio del módulo GSM.

- El módulo GSM recibe por medio del puerto serial el contenido del mensaje y el dato del número de celular al cual se enviarán los datos solicitados.

Como resultado de los pasos anteriores la persona que mandó el mensaje de texto con la palabra ubicar; recibe los datos de la ubicación del vehículo de la siguiente manera: hora, fecha, latitud y longitud. Ahora la persona ingresa los datos recibidos en la aplicación web de Google Maps, donde se indica sobre un mapa la ubicación aproximada del vehículo; esto lo puede hacer en una computadora, teléfono inteligente, tableta o laptop con acceso a internet.

4.4.2.2. Proceso de bloqueo

La secuencia lógica utilizada por el programa para el bloqueo del vehículo sigue los pasos secuenciales en los cuales se involucran diferentes bloques del sistema y se genera por una persona que solicita que se bloquee el vehículo por medio de un mensaje de texto que contiene la palabra: bloquear.

- El módulo GPS recibe un mensaje nuevo e indica al microcontrolador sobre este suceso.
- El microcontrolador envía una solicitud de lectura del nuevo mensaje de texto.
- El módulo GSM envía por medio de la comunicación serial el mensaje de texto nuevo que se ha recibido.
- El microcontrolador almacena el mensaje recibido en la memoria de datos y le asigna un identificador al mensaje.

- El microcontrolador procesa los datos que contiene el mensaje nuevo y busca la instrucción que indica la acción a realizar. Para este proceso la instrucción clave es: bloquear.
- Al identificar la instrucción el microcontrolador envía una solicitud de mandar a activar el pin encargado de apagar el interruptor electrónico conectado a la bobina de encendido del vehículo.
- El microcontrolador envía una solicitud de mandar a desactivar el pin encargado de encender el interruptor electrónico conectado a la bobina de encendido del vehículo.
- Al apagar el interruptor, el microcontrolador envía una solicitud de lectura de datos al módulo GPS, para saber la ubicación cuando el vehículo se detuvo.
- El módulo GPS envía los datos por medio del puerto serial al microcontrolador.
- El microcontrolador procesa los datos recibidos por el módulo GPS y busca la línea que posee los siguientes datos: hora, fecha, latitud y longitud y agrega el comentario: al momento de bloquear el vehículo.
- Cuando el microcontrolador identifica los datos los une en un solo mensaje nuevo, los ordena y genera una solicitud de envío de mensaje de texto por medio del módulo GSM.

- El módulo GSM recibe por medio del puerto serial el contenido del mensaje y el dato del número de celular al cual se enviarán los datos solicitados.

Con los pasos anteriores se logra bloquear el proceso de combustión del motor del vehículo, con lo cual se bloquea la movilidad, aunque los otros sistemas eléctricos del vehículo continúan funcionando. La finalidad de este bloqueo es que la persona pueda ir al lugar donde se encuentra el vehículo; por esta razón se envían nuevamente los datos de posición porque si el vehículo estaba en movimiento al momento de enviar la solicitud de ubicar, cuando se bloquee, los datos de ubicación han cambiado.

4.4.2.3. Proceso de desbloqueo

La secuencia lógica a utilizada por el programa para el desbloqueo del vehículo sigue los pasos secuenciales en los cuales se involucran diferentes bloques del sistema y se genera por una persona que solicita que se desbloquee el vehículo por medio de un mensaje de texto que contiene la palabra: desbloquear.

- El módulo GPS recibe un mensaje nuevo e indica al microcontrolador sobre este suceso.
- El microcontrolador envía una solicitud de lectura del nuevo mensaje de texto.
- El módulo GSM envía por medio de la comunicación serial el mensaje de texto nuevo que se ha recibido.

- El microcontrolador almacena el mensaje recibido en la memoria de datos y le asigna un identificador al mensaje.
- El microcontrolador procesa los datos que contiene el mensaje nuevo y busca la instrucción que indica la acción a realizar. Para este proceso la instrucción clave es: desbloquear.
- Al identificar la instrucción, el microcontrolador envía una solicitud de mandar a desactivar el pin encargado de apagar el interruptor electrónico conectado a la bobina de encendido del vehículo.
- El microcontrolador envía una solicitud de mandar a activar el pin encargado de encender el interruptor electrónico conectado a la bobina de encendido del vehículo.
- Al encender el interruptor, el microcontrolador envía una solicitud de lectura de datos al módulo GPS, para saber la ubicación cuando el vehículo se desbloqueó.
- El módulo GPS envía los datos por medio del puerto serial al microcontrolador.
- El microcontrolador procesa los datos recibidos por el módulo GPS y busca la línea que posee los siguientes datos: hora, fecha, latitud y longitud y agrega el comentario: al momento de desbloquear el vehículo.
- Cuando el microcontrolador identifica los datos, los une en un solo mensaje nuevo, los ordena y genera una solicitud de envío de mensaje de texto por medio del módulo GSM.

- El módulo GSM recibe por medio del puerto serial el contenido del mensaje y el dato del número de celular al cual se enviarán los datos solicitados.

Con los pasos anteriores se logra desbloquear el proceso de combustión del motor del vehículo, con lo cual se puede utilizar nuevamente el vehículo con toda normalidad. Para este punto la persona que solicitó la ubicación ya debe de haber localizado el vehículo.

El programa está siendo ejecutado por el microcontrolador dentro de un ciclo que permite estar atento a las instrucciones recibidas por el módulo GSM, para que en cualquier momento que se solicite realizar uno de los tres procesos anteriores se obtengan los datos lo más rápido posible.

El programa también agrega procesos auxiliares o secundarios que pueden brindar información adicional como el estado del vehículo (bloqueado o desbloqueado), un historial de solicitudes e indicador de memoria llena de mensajes texto.

Para acceder a los procesos auxiliares la persona envía un mensaje de texto con la instrucción correspondiente; para ello se utilizan las siguientes palabras clave: estado, historial y memoria.

Estos procesos auxiliares permiten tener un control adicional del sistema para cuidar que el funcionamiento sea el correcto, ya que si el espacio de memoria es insuficiente, los mensajes nuevos no podrán ser procesados, o si se desea saber si el vehículo aún continúa bloqueado o desbloqueado.

El programa reconoce los mensajes de texto que no son deseados y procede a eliminarlos para evitar ocupar un espacio de memoria de manera innecesaria; esto debido a que las compañías que brindan el servicio de telefonía, constantemente están enviando información sobre promociones por medio de mensajes de texto.

Para poder eliminarlos, el microprocesador identifica los datos que tiene el mensaje de texto y si no concuerda con ninguna de las palabras claves ya definidas procede a eliminarlo. También puede darse el caso que se envíe una instrucción errónea o que no se escriba de manera correcta la palabra clave; por lo tanto se procede a descartar y eliminar el mensaje recibido.

4.5. Otras condiciones a considerar en el diseño del sistema

Existen variables que se consideran para el funcionamiento correcto del sistema; esto debido a que para dicho funcionamiento depende de factores externos que la persona debe tomar en cuenta y algunos se encuentran fuera de control por el sistema y el usuario. Estos factores son: cobertura de la compañía de telefonía celular, disponibilidad de saldo para enviar mensajes, ubicación del vehículo y saturación de la red.

Cuando se dispone a utilizar el módulo GSM se debe colocar una tarjeta SIM que pueda sea utilizable en la red de telefonía celular local; para Guatemala se tiene la opción de las siguientes empresas: Telefónica, Claro o TIGO. Cada una de las empresas tiene su respectiva cobertura y depende del usuario determinar la empresa dónde comprar la tarjeta SIM para el módulo GSM; sin embargo debe tomar en cuenta que en cuanto mayor sea la cobertura de la empresa contratada, mayor será el rango donde podrá recibir el sistema las instrucciones que el usuario requiera.

Existen dos maneras de obtener saldo para una tarjeta SIM, de manera prepago y pospago. La primera es la más popular y consiste en comprar saldo por una cantidad determinada de dinero, la cual, dependiendo de la compañía, tiene cierto tiempo de validez, es decir, que se debe utilizar el saldo comprado antes de determinada fecha, de lo contrario se perderá el saldo comprado.

La manera pospago consiste en contratar el servicio por un determinado tiempo y se paga cada determinado tiempo una cantidad fija de dinero, por la cual uno recibe, dependiendo del plan contratado, una determinada cantidad de saldo.

Aunque en ambas maneras se puede utilizar el sistema, lo recomendable es utilizar la manera prepago, ya que uno de los objetivos del sistema es que no se pague una renta mensual por el servicio sino que únicamente cuando se necesite.

Esto lo determina el usuario ya que cuando quiera ubicar o controlar las funciones del vehículo compra el saldo necesario y envía una recarga electrónica el número de teléfono asignado a la SIM que posee el módulo GSM; ya que no se espera estar utilizando con mucha frecuencia el sistema, se ahorra mucho dinero al no pagar una renta mensual por el servicio de localización e inmovilización.

La ubicación del vehículo puede restringir el funcionamiento del sistema, ya que si se encuentra en un lugar donde exista cobertura pero la señal es débil, como en los sótanos, túneles, parqueos subterráneos y otros lugares que debiliten la señal celular, las instrucciones no llegarán al módulo GSM; por lo tanto no serán procesados los datos y no se podrá ubicar ni controlar el vehículo.

Aunque no es muy común que la red de telefonía celular se sature, puede que se dé el caso; esto tiene como resultado que los mensajes de texto no lleguen instantáneamente a su destino lo cual genera un atraso que debe ser considerado al momento de determinar la ubicación del vehículo, especialmente si se encuentra en movimiento.

CONCLUSIONES

1. Al presentar los conceptos del funcionamiento del sistema de posicionamiento global y explicar el diseño que permite utilizar el módulo GPS SIM900, se puede comprender cómo localizar, de una manera técnica, un objeto que posee dicho sistema.
2. Se describió el funcionamiento de la red de telefonía móvil y cómo esta permite la comunicación por medio de mensajes de texto; el diseño del módulo GSM permite realizar funciones de control remoto al combinarlo con componentes electrónicos de control.
3. La herramienta de Google Maps permite localizar un punto en un mapa al tener dos datos: la longitud y la latitud. Esta herramienta es gratuita y al alcance de cualquier usuario que disponga de acceso a internet en cualquier dispositivo de comunicación electrónico como computadora, laptop, tableta o teléfono inteligente.
4. La combinación de varios componentes electrónicos permite el control sobre un motor de combustión interna, incluso de manera remota.
5. Al explicar el funcionamiento de los circuitos electrónicos que conforman el sistema de localización e inmovilización, se tiene el concepto de cómo dicho sistema puede ser utilizado de manera tal que permita asegurar vehículos con motor de combustión interna.

RECOMENDACIONES

1. Cotizar precios de los módulos GSM y GPS en el mercado guatemalteco y tomar en cuenta la opción de importar dichos componentes al momento de implementar el sistema.
2. Es importante realizar las pruebas correspondientes para el tiempo de obtención de datos del GPS cuando se implemente el sistema; esto debido a que el proceso de inicialización del módulo varía según la posición geográfica.
3. Es importante realizar un estudio sobre el consumo energético total de todo el sistema al estar funcionando, ya que esto determina la cantidad de baterías a utilizar; también se debe tomar en cuenta la forma como se suministraría la energía eléctrica cuando el vehículo está en movimiento o si está en reposo.
4. Considerar el modelo del motor de combustión interna a utilizar y el lugar donde se colocan los circuitos electrónicos, ya que el calor puede afectar considerablemente el funcionamiento de los circuitos mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Microchip. *PIC16F882/883/884/886/887 Data Sheet*. [en línea]. <<http://ww1.microchip.com/download/en/DeviceDoc/41291G.pdf>>. [Consulta: junio de 2014].
2. SIMCom. *SIM900 hardware design*. [en línea]. <http://itead-europe.com/pm/platform/shield/icomsat/DOC_SIM900_Hardware%20Design_V2.00.pdf>. [Consulta: junio de 2014].
3. SIMCom. *SIM900 The GSM/GPRS module for M2M application*. [en línea]. <<http://www.soselectronic.cz/ainfo/resource/c/sim900.pdf>>. [Consulta: junio de 2014].
4. SiRF Technology, Inc. *NMEA reference manual*. [en línea]. <<https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual-Rev2.1-Dec07.pdf>>. [Consulta: junio de 2014].
5. TOMASI, Wayne. *Sistemas de comunicación electrónicas*. 4a. ed. México: Pearson Educación, 2003. 976 p. ISBN: 970-26-0316-1.
6. Vincotech. *GPS Firmware GSC3-based products user's manual*. [en línea]. <<http://osfcproject.googlecode.com/svn/trunk/OSFC%20GPS/Hardware/Datasheets/GPS%20AppNote%20Firmware%20GSC3%20V1.3.pdf>>. [Consulta: junio de 2014].

