

**DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS  
COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD  
VEHICULAR**

**JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ  
CLAUDIO MARCOS RIVAS REMOLINA**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y ELECTRICA  
MINOR DE TELECOMUNICACIONES  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

**2006**

**DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS  
COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD  
VEHICULAR**

**JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ  
CLAUDIO MARCOS RIVAS REMOLINA**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de  
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR  
JORGE ELIECER DUQUE PARDO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y ELECTRICA  
MINOR EN TELECOMUNICACIONES  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

**2006**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Firma jurado

---

Firma jurado

Cartagena de Indias, D. T. y C., Noviembre 30 de 2006

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTO**

Programa de Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Cordial saludo,

A través de la presente nos permitimos hacer entrega a ustedes para su estudio y evaluación la monografía titulada **DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD VEHICULAR.**

Atentamente,

---

**JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ**

C.C. 8.870.932 de Cartagena

---

**CLAUDIO M. RIVAS REMOLINA**

C.C. 73.195.930 de Cartagena

Cartagena de Indias, D. T. y C., Noviembre 30 de 2006

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTO**

Programa de Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Cordial saludo,

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada **DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD VEHICULAR** para su estudio y evaluación, la cual fue desarrollada por los estudiantes **JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ** y **CLAUDIO MARCOS RIVAS REMOLINA**, del cual acepto ser su director.

Atentamente,

---

**JORGE ELIÉCER DUQUE PARDO**

Ingeniero Electrónico

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ**, identificado con C.C. 8.870.392 de Cartagena autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para uso de mi monografía titulada **DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD VEHICULAR** y publicarla en el catalogo online de la biblioteca.

Atentamente,

---

**JUAN CARLOS JIMENEZ SUAREZ**

C.C. 8.870.392 DE CARTAGENA

## AUTORIZACIÓN

Yo, **CLAUDIO MARCOS RIVAS REMOLINA**, identificado con C.C. 73.195.930 de Cartagena autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para uso de mi monografía titulada **DESCRIPCION DE LA INTEGRACION DEL SISTEMA SATELITAL Y LAS COMUNICACIONES MOVILES PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD VEHICULAR** y publicarla en el catalogo online de la biblioteca.

Atentamente,

---

**CLAUDIO MARCOS RIVAS REMOLINA**

C.C. 73.195.930 DE CARTAGENA

## **CONTENIDO**

**LISTA DE FIGURAS**

**INTRODUCCION**

**OBJETIVOS**

**RESUMEN**

**1. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE LOCALIZACION  
AUTOMATICA DE VEHICULOS**

**2. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS**

**2.1. Procesamiento de la Señal Satelital**

**2.2. Sectores Y Componentes del Sistema GPS**

**2.2.1. Sector Espacial**

2.2.1.1. Triangulación

2.2.1.2. Códigos de Comunicación del Sistema GPS

2.2.1.3. Trama de Comunicación del Sistema GPS

**2.2.2. Sector de Control**

**2.2.3. Sector de Usuario**

2.2.3.1. Antena del Receptor GPS

2.2.3.2. Receptor GPS

2.2.3.2.1. Etapa Receptora

2.2.3.2.2. Reloj U Oscilador

## **2.3. Precisión del Sistema GPS**

## **2.4. Tipos Principales de Equipos GPS**

2.4.1. Navegadores Convencionales

2.4.2. Receptores de C/A Avanzados

2.4.3. Receptores Geodésicos con Medición de Fase sobre L1

2.4.4. Receptores Geodésicos de Doble Frecuencia

## **2.5. Principales Tipos de Métodos GPS**

### **2.5.1. Métodos Basados en Lecturas de Código**

2.5.1.1. Método Absoluto

2.5.1.2. Método Diferencial DGPS

### **2.5.2. Métodos Relativos Basados en Medida de Fase de Portadoras**

2.5.2.1. Método Relativo Estático

2.5.2.2. Método Relativo Cinemático

## **3. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN GPS**

3.1. Estándar de Comunicación NMEA 0183

3.2. Interfaz Eléctrica

3.3. Formato General de las Sentencias

3.3.1. Formato de las Sentencias de Emisor

3.3.2. Indicadores de Emisor

3.4. El Estándar NMEA 0183 y El Modelo de Referencia OSI

## **4. SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

**4.1. Generalidades sobre GSM y GPRS**

**4.2. GSM: Base para GPRS**

#### **4.2.1. Arquitectura de una Red GSM**

- 4.2.1.1. Estación Móvil (Mobile Station, MS)
- 4.2.1.2. Estación Base (Base Station Subsystem, BSS)
  - 4.2.1.2.1. Estación de Transmisión (Base Transceiver Station, BTS)
  - 4.2.1.2.2. Controlador de la Estación (Base Station Controller, BSC)
- 4.2.1.3. Sistema de Red (Network Subsystem, NSS)
- 4.2.1.4. Visitor Location System (VLR)
- 4.2.1.5. Home Location Register (HLR)
- 4.2.1.6. Short Message System Center (SMSC)
- 4.2.1.7. Authentication Center (AUC)

#### **4.3. Limitaciones de GSM para la Transmisión de Datos**

#### **4.4. GPRS: General Packet Radio Service**

- 4.4.1. Características de la Tecnología GPRS
- 4.4.2. Arquitectura del Sistema GPRS

#### **4.5. SMS (Short Messages System)**

### **5. SISTEMA DE ADMINISTRACION VEHICULAR**

#### **5.1. Generalidades sobre los Sistemas de Información Geográfica**

##### **SIG**

#### **5.1.1. Componentes de un sistema SIG**

- 5.1.1.1. Equipos (Hardware)
- 5.1.1.2. Programas (Software)
- 5.1.1.3. Datos
- 5.1.1.4. Recursos Humanos

5.1.1.5. Procedimientos

**5.1.2. Software de Posicionamiento AVL**

**5.2. Servicios WEB para usuarios AVL**

**6. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA AVL**

**6.1. Conexiones de un Sistema AVL**

**7. CONCLUSIONES**

**8. BIBLIOGRAFIA**

**GLOSARIO**

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1.** Arquitectura Básica de un Sistema AVL.

**FIGURA 2.** Mapas Georeferenciados: Estos mapas son la ayuda visual del Sistema AVL.

**FIGURA 3.** Servicios de Mensajes Cortos: Este servicio informa al usuario AVL sobre el estado y ubicación de su vehículo.

**FIGURA 4.** Constelación de Satélites GPS.

**FIGURA 5.** Proceso de Triangulación, principio por el cual se roge el funcionamiento del sistema satelital GPS.

**FIGURA 6.** Portadora y códigos del mensaje del satélite.

**FIGURA 7.** Estructura y contenido del mensaje.

**FIGURA 8.** Sector de Control

**FIGURA 9.** Ejemplo de Antenas Receptoras.

**FIGURA 10.** Diagrama del receptor GPS.

**FIGURA 11.** Formato de las Sentencias de Emisor.

**FIGURA 12.** Comunicación entre Aplicaciones

**FIGURA 13.** Modelo de Referencia OSI

**FIGURA 14.** Modelo OSI y Modelo OSI Simplificado

**FIGURA 15.** La arquitectura de la red GSM se divide en tres niveles: Estación Móvil, Estación Base y Sistema de Red.

**FIGURA 16.** Características de Sistema GPRS: las características del Sistema GPRS posibilitan una creación de aplicaciones más robustas.

**FIGURA 17.** Funciones del GGNS: el GGSN actúa como pasarela entre la red troncal GPRS y las redes externas como IP.

**FIGURA 18.** El SGSN se encarga de la entrega de paquetes entre los móviles.

**FIGURA 19.** Componentes de un SIG.

**FIGURA 20.** Aplicación Visual del Software de Posicionamiento AVL Diseñado por Trinity Software.

**FIGURA 21.** Aplicación Visual del Software diseñado por Degetis.

**FIGURA 22.** Registro histórico de datos tomados por el receptor GPS los cuales guarda el software Degetis.

**FIGURA 23.** Mapas Georeferenciados: Aplicación Visual del Software diseñado por RM Security Products.

**FIGURA 24.** Diagrama de Bloques de un sistema AVL.

**FIGURA 25.** Ejemplo de Conectores para Antenas GPS.

**FIGURA 26.** Ejemplo de Conector para Antenas GSM/GPRS.

## INTRODUCCIÓN

La inseguridad es un problema que actualmente está afectando a la población colombiana y uno de los sectores más golpeados por esta situación es el sector automovilístico, pues los automóviles son el blanco perfecto para los desvalijadores de carros. Algunas estadísticas muestran que en los últimos años el robo de automóviles ha ido incrementando, según cifras dadas por la Policía Nacional en el año 2.005 el robo de automóviles aumento en un 39% comparado con años anteriores y en lo que va corrido del año 2.006 ha disminuido en 10% con respecto al año anterior, pero aun así las cifras no dejan de ser alarmantes, se calcula que un poco mas de 33.000 vehículos fueron robados afectando ciudades como Bogota, Ibagué y Villavicencio, donde el total de cifras representa el 50% de los autos robados reportados. Las marcas mas afectadas son Toyota, Mazda, Chevrolet y Nissan. <sup>1</sup>

Con el uso del sofisticado Sistema de Posicionamiento Global por satélite mas conocido como GPS, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, se puede establecer la posición de un vehiculo en cualquier

---

<sup>1</sup> Articulo sobre Estadísticas de Seguridad Vehicular en Colombia. Información Sistema de seguridad Lo Jack. Marzo de 2006.

parte del mundo con margen de error muy mínimo. La unidad colocada en el vehiculo recibe las señales del satélite, dichas señales son procesadas por un modem de comunicación móvil (GSM/GPRS) para ser enviadas a la Estación de Administración Vehicular. Después de terminado este proceso, por el envío y recepción de mensajes SMS, montados en la plataforma de la arquitectura de la comunicación inalámbrica, se mantiene al usuario informado sobre el estado de su vehiculo.

En el desarrollo de esta investigación se tratara sobre todas las tecnologías que influyen en la buena prestación de este servicio, desde como es el procesamiento de la señal en los satélites, como se transmiten a los datos obtenidos por la red de comunicaciones inalámbricas hasta llegar a la parte final donde el usuario recibe toda la información necesaria para conocer el estado actual de su móvil.

Se comenzara tratando sobre las **Generalidades de los Sistemas de Localización Vehicular Automática**, capitulo que describe la arquitectura básica de un Sistema AVL y como cada uno de sus componentes se integran para brindar un buen servicio de seguridad al usuario.

Luego se describe el **Sistema Satelital GPS**, considerado como el corazón del sistema AVL debido a que es el encargado de la ubicación del móvil en cualquier punto del planeta. Este sistema esta compuesto por tres sectores

básicos: Sector Satelital, Sector de Control y Sector de Usuario cuyo funcionamiento muestra como se transfieren los datos obtenidos por la constelación de satélites NAVSTAR.

Uno de los capítulos mas interesantes de esta monografía es el del **Protocolo de Comunicaciones** utilizado para llevar los datos obtenidos en la red Satelital hacia otros sistemas, en este caso las Redes de Comunicaciones Móviles. Este protocolo se conoce como NMEA, protocolo utilizado en las comunicaciones satelitales para obtención de datos.

Para complementar el servicio se recurre al uso de los **Sistemas de Comunicaciones Móviles**, para que el usuario este informado constantemente sobre la ubicación y estado de su móvil, logrando así un sistema más óptimo y eficiente.

Los **Sistemas de Información Geográfica** ayudan a visualizar por mapas georeferenciados la ubicación exacta del móvil en un momento dado. Estos mapas se implementan a través de softwares montados por empresas especializadas en este tipo de servicios. Por ultimo, se realiza un **Diagrama de Bloques** donde se muestra como se integran los diferentes tipos de tecnologías para formar el Sistema AVL.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Describir la integración del Sistema Satelitales y las Comunicaciones Móviles para aplicaciones de Seguridad Vehicular.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Describir el funcionamiento general de un Sistema de Localización Vehicular AVL.
- Conocer los componentes que influyen en la adquisición de datos en un Sistema Satelital GPS.
- Explicar como los Sistemas de Comunicaciones Móviles como GSM y GPRS utilizan su arquitectura de funcionamiento para poder transferir los datos adquiridos al Sistema de Administración Vehicular.
- Explicar el funcionamiento básico del Servicio de Mensajes Cortos SMS, aprovechando que es una herramienta que esta montada en los Sistemas de Comunicaciones Móviles, con el fin de mantener informado al usuario sobre el estado de su vehiculo.
- Describir las operaciones básicas del Sistema de Administración Vehicular con el fin de que el servicio sea el mas optimo posible.

## RESUMEN

La integración de tecnologías de punta como el sistema Satelital GPS y las Comunicaciones Móviles (GSM/GPRS), ha dado como resultado un excelente Sistema de Localización Automática (LAV o AVL) que permite al usuario ubicar su vehículo sobre un mapa cartográfico.

La Terminal GPS ubicada en el vehículo realiza cálculos de triangulación utilizando la constelación de satélites GPS. Como sistema de comunicaciones entre el sistema GPS y el Centro de Control se utilizan mensajes cortos sobre GSM, estando disponibles otros sistemas como GPRS. Se transmite información sobre el estado del vehículo.

Este servicio pone a disposición del usuario del vehículo toda la información de su móvil en la pantalla de su computador o en su celular. Además, el sistema permite la publicación de mapas en Internet. De este modo, el usuario puede acceder a la información, en todo momento y desde cualquier computador con conexión a Internet o móvil SMS.

Dentro de las funciones básicas del sistema se destacan:

- Gestión de seguimiento de múltiples vehículos.

- Seguimiento de vehículos o GPS desde Internet o desde un móvil vía SMS.
- Diferentes niveles de acceso del usuario final en función de su permiso y contraseña.
- Localización del vehículo sobre el mapa en tiempo real.
- Consulta de históricos de posiciones e información asociada.
- Alarma de sensores (recibidos en pantalla o enviados a otro móvil por SMS)
- Envío de posiciones y alarmas a móviles vía SMS periódicamente.

## **1. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS**

La globalización de los mercados y la conectividad global que aporta Internet, no solamente ha aumentado la competencia entre las empresas productoras de bienes, sino también a las proveedoras de servicios, como es el caso del transporte. Las alternativas tecnológicas para el seguimiento y control de flotas, son variadas y dependen de la naturaleza del negocio en el que se participa, del tamaño de la empresa y de cuan necesario sea hacer gestión en tiempo real del móvil.

En estos días de tantos cambios tecnológicos y del auge de la tecnología de la información, se puede notar que tecnologías de punta como el sistema Satelital GPS y las Comunicaciones Móviles (GSM/GPRS) se unen para formar un Sistema de Seguridad Vehicular Automático que brinda monitoreo, seguridad y capacidad de seguimiento a cualquier activo portable como vehículos, camiones, contenedores y buses. En este caso, el objetivo de las comunicaciones móviles de datos, es monitorear la ruta que esta siguiendo cada móvil, de modo de ejercer un mayor control y gestión sobre el, individualizando y analizando el desplazamiento de cada automóvil, la hora, ubicación y duración de algún evento programado previamente, los que van

desde la velocidad y ruta seguida, la apertura del compartimiento de carga hasta chequear el estado mecánico del vehículo o las condiciones de temperatura y humedad de la carga.

El fruto práctico de tal integración tecnológica, que consiste en un sistema de localización que permite tener conocimiento de la ubicación de cualquier tipo de vehículo móvil, en cualquier momento y en cualquier lugar del globo terrestre, se conocen como **Sistemas de Localización Automática (L.A.V o A.V.L: Automatic Vehicular Location, en su acrónimo inglés)**. Los AVL poseen como componentes básicos:

- Sistemas de posicionamiento GPS.
- Un mecanismo de comunicación móvil de datos.
- Estación de Monitoreo o Administración.

La figura 1 describe cada uno de los componentes básicos de un sistema AVL: se muestra la red satelital NAVSTAR que se encarga de ubicar el vehículo; el dispositivo AVL que se ubica en la unidad móvil que esta compuesto por el receptor GPS, el microcontrolador y el modem GSM/GPRS; la red de comunicación GSM/GPRS por la cual se transmiten todos los datos obtenidos en el GPS hacia un servidor con el fin de que el usuario del servicio pueda consultar en línea la ubicación y estado de su móvil.

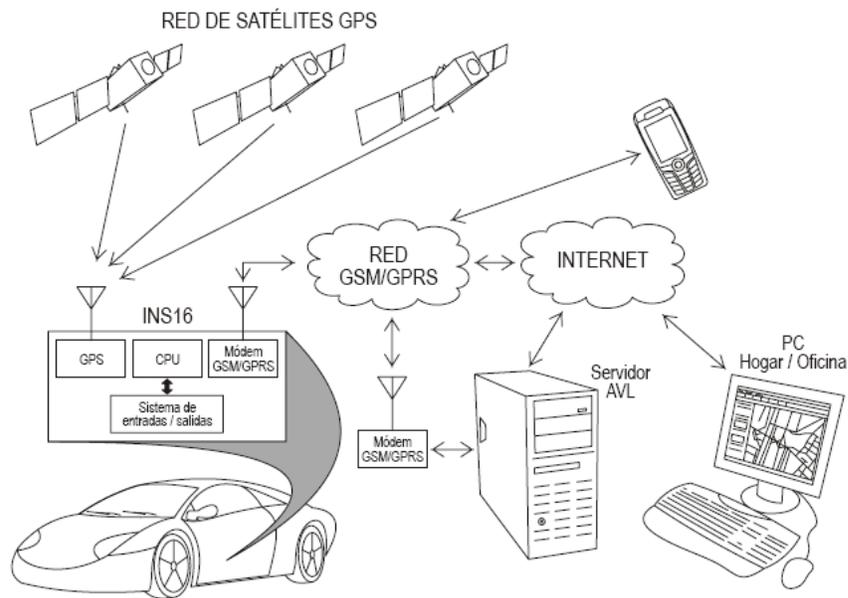


Figura 1. Arquitectura Básica de un sistema AVL<sup>2</sup>

La tecnología GPS fue desarrollada por el Gobierno Estadounidense, para monitorear las maniobras de vehículos militares con una extrema precisión. El uso del GPS fue un éxito rotundo para las operaciones militares, y actualmente revoluciona los usos civiles y comerciales de la tecnología. El simple hecho de mantener un conocimiento de donde se mantienen los activos de alguna persona o empresa en todo momento, ha penetrado diferentes industrias. Como por ejemplo, la Policía, Servicios de Emergencias o Bomberos. Así como el sector privado, compañías de distribución mercantil, logística, taxistas entre otros servicios, han descubierto los beneficios de utilizar GPS, obteniendo resultados ventajosos y muy rentables.

<sup>2</sup> Sistema de Localización Satelital de Vehículos. Manual Técnico. INSOLEC LTDA.

Los receptores GPS transmiten la información del recorrido a una estación base o centro de monitoreo utilizando diversas tecnologías las cuales son:

- **Pasivas:**
  - Descarga de datos del Receptor con cable.
  - Descarga inalámbrica de datos del receptor GPS
  
- **Activas:**
  - Trunking
  - Paging
  - Celular
  - Transceptor vía satélite

Las **Tecnologías Pasivas** consisten en almacenar el recorrido del vehículo en memoria no volátil, para cuando regrese el vehículo extraer la información recopilada durante el día en una computadora central mediante un cable o un enlace radio.

Las **Tecnologías Activas** son aquellas que en tiempo real, con un retraso de unos cuantos segundos, transmiten la posición del vehículo a una estación base y, además cuentan con la capacidad de recibir comandos para ejecutar acciones sobre los vehículos, como botón de pánico, inmovilización del vehículo entre otras.

El **Sistema de Administración o Monitoreo Vehicular** consiste en una serie de capas de mapas georeferenciados que permiten saber la posición del vehículo además de alguna información extra que se desee conocer del vehículo y la herramienta que se utiliza para enviar acciones de control a cada uno de ellos. La figura 2 ilustra la visualización de mapas georeferenciados a través de un software de monitoreo AVL.

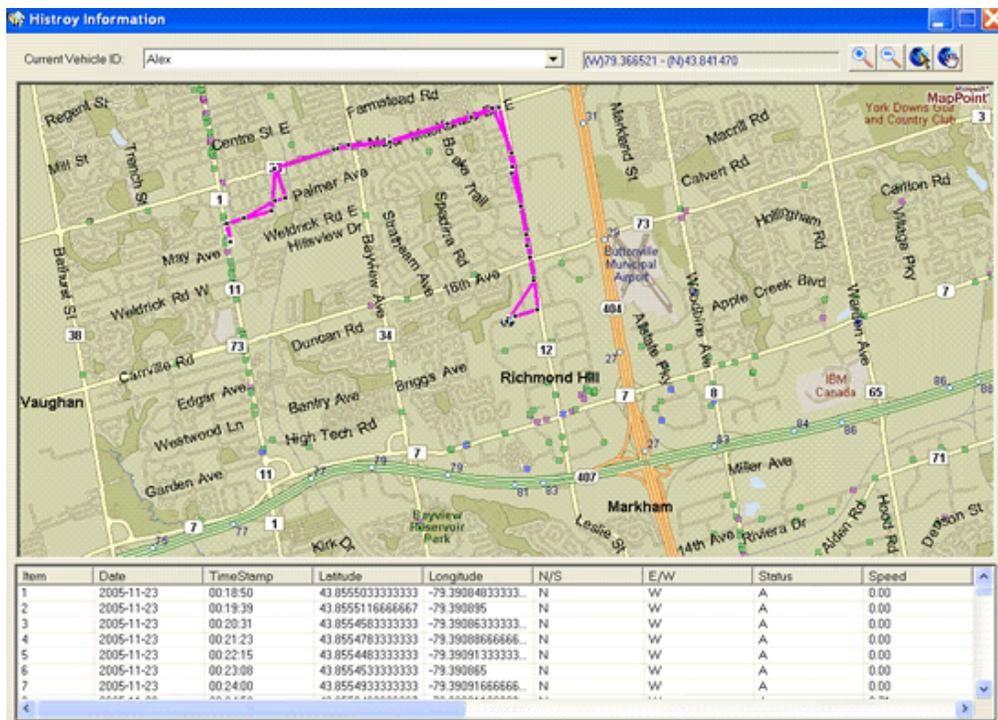


Figura 2. Mapas Georeferenciados: estos mapas son la ayuda visual del Sistema AVL<sup>3</sup>

<sup>3</sup> LAIPACTECH. Starfinder AVL Software. Software de Control y Manejo de Software. 2006. [www.laipac.com](http://www.laipac.com).

Además cuenta con una lógica para decodificar los mensajes de voz y datos en el caso de radio o celular (**SMS: Short Message Service o Servicio de Mensajes Cortos, en español**) para mostrar en pantalla la información correcta que se esta generando. Existen sistemas de administración de rutas donde se señalan los puntos de interés, los tiempos de recorrido y las desviaciones y retrasos en puntos fuera de rutas predeterminadas para los vehículos. La figura 3 muestra un ejemplo de como es el formato de los mensajes que ese reciben en el celular del usuario.



Figura 3. Servicio de Mensajes Cortos: Este servicio informa al usuario AVL Sobre le estado y ubicación de su vehiculo<sup>4</sup>

Ya descritos todos los conceptos generales que se manejan en un sistema AVL, se procede a explicar de manera muy especifica todas las tecnologías que influyen en el funcionamiento de un sistema como este. A continuación se explica como recibe y se procesa la señal satelital en un sistema GPS,

---

<sup>4</sup> Desarrollos Tecnológicos en Geoinformática Satelital. DETEGIS LTDA. Febrero 2006.

como se transmite la información obtenida en el GPS a través de la red GSM/GPRS y como el usuario puede llegar a consultar el estado de su móvil en Internet.

## **2. SISTEMA SATELITAL GPS**

### **2.1. PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL SATELITAL**

El fundamento del sistema GPS consiste en la recepción de entre cuatro y ocho señales de radio de otros tantos satélites de los cuales se conoce de manera muy exacta su posición orbital con respecto a la tierra; a la vez se conoce el tiempo en que han tardado las señales en recorrer el camino entre el satélite y el receptor. Conociendo la posición de los satélites, la velocidad de propagación de sus señales y el tiempo empleado en recorrer el camino hasta el usuario, por triangulación, principio por el cual se rige el funcionamiento del sistema GPS, se puede conocer la posición en términos absolutos del receptor.

### **2.2. SECTORES Y COMPONENTES DEL SISTEMA GPS**

Para poder explicar el funcionamiento del sistema de seguridad vehicular que se quiere describir en esta monografía se hace necesario conocer los elementos que lo forman. Dentro del sistema GPS existen tres conjuntos de componentes denominados sectores:

- Sector Espacial
- Sector de Control

- Sector de Usuario

A continuación se explican cada una de las características de los sectores.

### **2.2.1. SECTOR ESPACIAL**

El Segmento Espacial está constituido por los satélites que soportan el sistema y las señales de radio que emiten. Estos satélites conforman la llamada constelación NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), constituida por 24 satélites operativos más cuatro de reserva, mantenidos por la fuerza aérea estadounidense. No hay que olvidar, que el origen de este sistema es militar y su financiación corre íntegramente a cargo del gobierno de los Estados Unidos.

Existe también una versión rusa del sistema de posicionamiento global. Se trata de un intento incompleto que inició el gobierno ruso (Constelación Glonass), pero que acabó abandonando por falta de financiación. Esta constelación incompleta de satélites Glonass sólo se usa ocasionalmente como complemento al sistema GPS norteamericano en algunas aplicaciones de precisión. Por otro lado, también existe en proyecto una versión europea modernizada del GPS que actualmente se encuentra en fase de elaboración. Liderado por la Agencia Espacial Europea, el Proyecto Galileo espera tener operativo todo su sistema a partir del 2008, si no hay problemas políticos o de financiación.

Los 24 satélites y sus 4 de reserva de la constelación NAVSTAR, circundan la tierra en órbitas a una altura alrededor de los 20.200 km de la superficie (puede ser algo más o algo menos, dependiendo del satélite) y distribuidos de tal manera que en cada punto de la superficie terrestre se tiene posibilidad de leer la señal de al menos cuatro satélites. Esto es muy importante, porque se necesitan al menos cuatro satélites para conocer la posición del observador, y que estos se dispongan con un ángulo de elevación sobre el horizonte superior a 15°; no obstante, casi siempre son más de cuatro los satélites visibles. La figura 4 ilustra las órbitas satelitales y el número de satélites por órbita, se puede notar que dichos satélites están distribuidos de tal forma que cubren casi todo el planeta tierra.

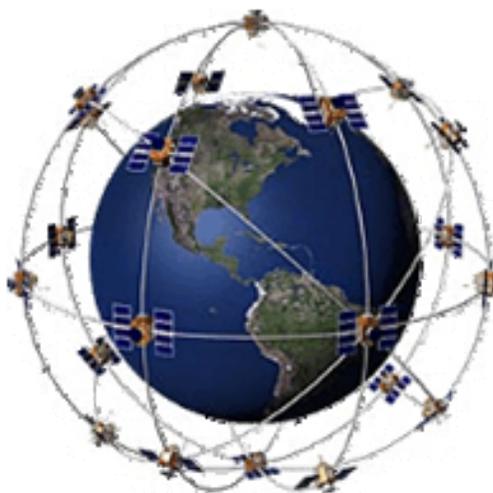


Figura 4. constelación de satélites. <sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> VILLEGAS Juan. El funcionamiento del GPS: Un repaso a los principales componentes, tipos de receptores y métodos. Enero 2006.

Con la constelación definitiva actualmente (o probablemente aún más nutrida), habrán en cualquier punto y momento entre 6 y 11 satélites observables, con geometría favorable. El tiempo máximo de observación de un satélite es de hasta 4 horas y 15 minutos.

#### **2.2.1.1. TRIANGULACIÓN**

La figura 5 describe el principio básico de funcionamiento del GPS conocido como Triangulación. La triangulación geométrica permite determinar la posición exacta de un cuerpo si se tiene un sistema de coordenadas adecuado y con distancias conocidas. Con el fin de utilizar el método de triangulación, es necesario utilizar como mínimo 3 señales para ser interpretada por el receptor GPS. Los GPS se basan en este principio, utilizan satélites perfectamente ubicados y su posición es dada en cada instante, lo que estructura el sistema de coordenadas. Para medir las distancias desde los ejes al móvil, los GPS utilizan ondas de radio, las cuales según la demora que tengan en alcanzar el receptor GPS, que se encuentran en el móvil, determina la distancia a la que se encuentra. Con toda esta información se posee un sistema de ecuaciones matemáticas, en cuyo punto de solución factible se encuentra el móvil. El cuarto satélite otorga información redundante que permite corregir pequeñas desviaciones producidas en el tiempo de viaje de la señal cuando esta atraviesa la atmósfera. Finalmente la posición de los satélites se verifica constantemente

y se corrige cuando hay variaciones en sus órbitas, de modo de saber exactamente donde se encuentran en cada momento.

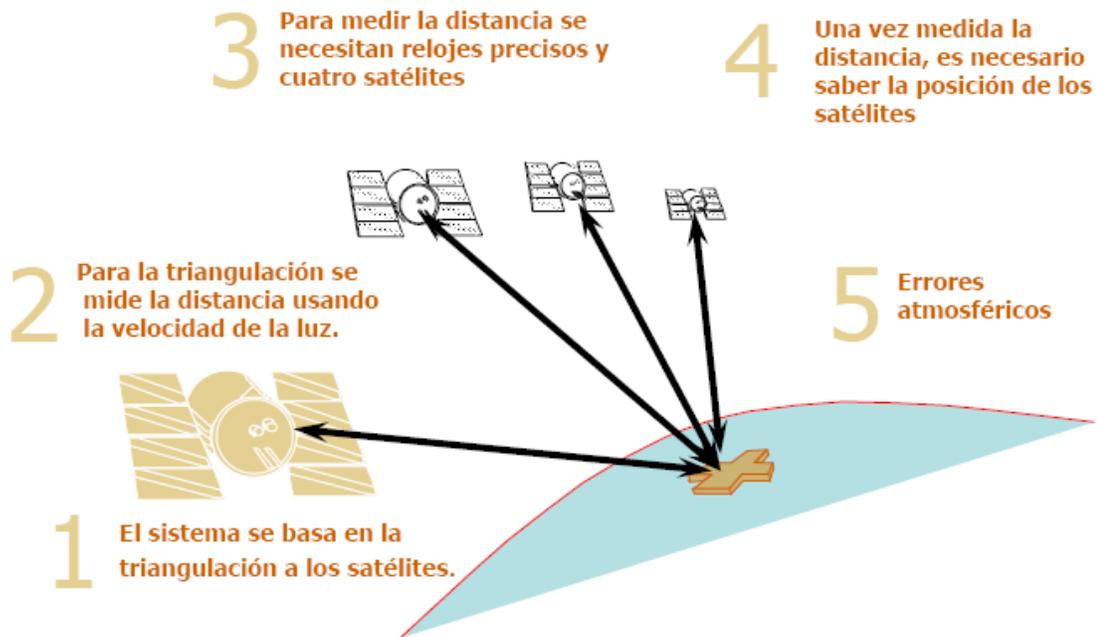


Figura 5. Proceso de Triangulación principio por el cual se rige el funcionamiento del Sistema Satelital GPS<sup>6</sup>

### 2.2.1.2. CÓDIGOS DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA GPS

Los satélites envían señales en la región de radio del espectro electromagnético. La señal en sí es muy compleja. Está formada por varios componentes que se estructuran sobre una señal principal con frecuencia de 10.23 MHz. A partir de esta señal principal y derivada de ella, se producen

<sup>6</sup> MARQUEZ Bertha. Sistema Modelador Tridimensional del Desplazamiento Tectónico en México. Documento Publicado en [www.cudi.edu.mx/primavera\\_2006/bertha\\_marquez.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera_2006/bertha_marquez.pdf).

los dos componentes principales de la señal: las portadoras (carriers). Estas portadoras se emiten en la banda L del espectro (definida por el rango que va de los 390 MHz a los 1.550 MHz). La banda L del espectro es la que presenta mejor transparencia atmosférica, lo cual es muy importante para la precisión del sistema.

Como se mencionó anteriormente, el satélite emite sobre dos portadoras. Una es el resultado de multiplicar la frecuencia fundamental (10,23 MHz.) por 154: 1575,42 MHz. que es llamada L1 (longitud de onda de 19,05 cm.). La otra usa un factor 120: 1227,60 MHz. y se llama L2 (longitud de onda de 24,45 cm.). El hecho de usar dos frecuencias permite determinar, en caso necesario y por comparación de sus retardos diferentes, el retardo ionosférico. El empleo de dos frecuencias distintas se debe a que la atmósfera proporciona un cierto retardo en la propagación de las ondas, siendo este retardo función de la frecuencia. Al utilizar dos frecuencias distintas se puede conocer este retardo y compensarlo en consecuencia.

La figura 6 describe el proceso de modulación de las señales del sistema GPS. Sobre las portadoras L1 y L2, antes descritas, se envían por modulación dos códigos y un mensaje, cuya base también es la frecuencia fundamental 10,23 MHz, estos códigos transportan en código binario la información necesaria para el cálculo de las posiciones de los móviles. El primer código llamado **C/A (Course/Adquisition) o S (Standard)** es una

moduladora usando la frecuencia fundamental dividida por 10, o sea 1,023 MHz, este código va dentro de la señal portadora L1 mediante modulación, el cual es leído por todos los receptores incluido los navegadores mas sencillos. El segundo código, llamado **P (Precise)**, modula directamente con la fundamental de 10,23 MHz. Este código es modulado sobre el conjunto de las señales portadoras L1 y L2, que permite un incremento muy notable en la precisión del sistema y en la velocidad de medición. Existe un tercer código denominado **Código Y** el cual se envía encriptado en lugar del código P cuando esta activo el modo de operación antiengaños.<sup>7</sup>

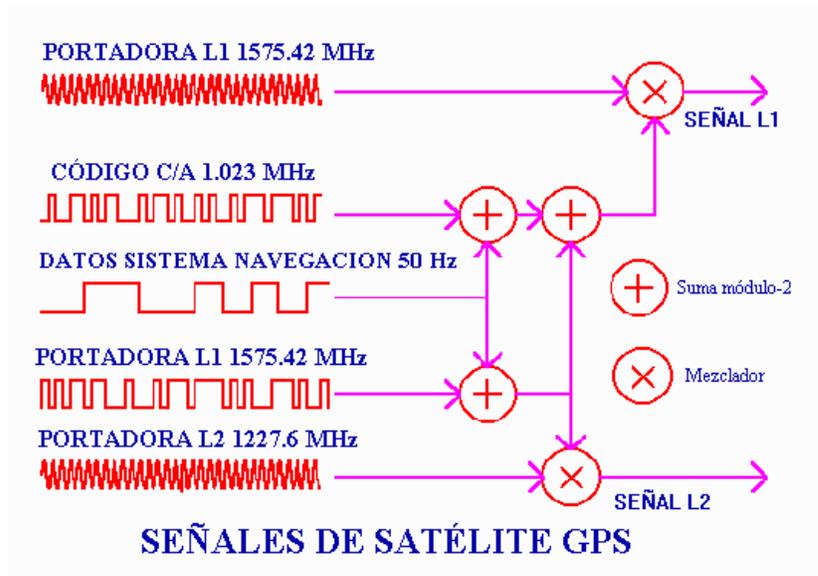


Figura 6. Portadora y códigos del mensaje del satélite<sup>8</sup>

<sup>7</sup> El modo antiengaños impide que fuerzas hostiles generen y transmitan señales iguales o parecidas a la de los satélites GPS.

<sup>8</sup> MORELO Andrés. Sistema de Posicionamiento Global. 2005

La gran diferencia entre el código C/A y el P es su longitud: el C/A es corto, sólo 1023 bits, lo que representa que con una frecuencia de transmisión de 1,023 MHz. se repite mil veces cada segundo; el P en cambio tiene una longitud de unos  $2,35 \cdot 10^{14}$  bits, lo que representa que, con una frecuencia de transmisión de 10,23 MHz. (diez veces superior a la anterior) tardaría en ser emitido nada menos que 266 días, 9 horas, 45 minutos y 55,5 segundos, o sea, unas 38 semanas si se emitiera completo. En el mensaje hay un dato, la palabra HOW (Hand Over Word) que permite acceder a él para determinar en que parte se está emitiendo.

### **2.2.1.3. TRAMAS DE COMUNICACION**

El mensaje, modulado sobre ambas portadoras, tiene una duración de 12 minutos 30 segundos. Consta de 25 grupos (*frames*) de 1500 bits cada uno. A una velocidad de transmisión de 50 baudios cada grupo es transmitido en 30 segundos. Cada grupo de 1500 bits se subdivide en 5 celdas (*subframes*) de 300 bits cada una, que nuevamente se subdividen en palabras (*words*), de 30 bits de longitud. Dentro de cada grupo las celdas 1, 2 y 3 son invariantes; las 4 y 5 no. Como hay 25 grupos, se obtendrán 25 celdas número 4 y 25 celdas número 5, llamadas páginas (*pages*) y todas ellas diferentes. Cada bit del mensaje se transmite durante 20 milisegundos; en este tiempo el código C/A se ha repetido 20 veces. El contenido del mensaje es el siguiente:

- **Celda 1:** Contiene información sobre estado del reloj en GPS Time (los coeficientes polinómicos para convertir el tiempo de a bordo en tiempo GPS), condición del satélite (llamado salud, Health en términos GPS: puede estar sano o enfermo (OK o Unhealthy), antigüedad de la información y otras indicaciones.
- **Celdas 2 y 3:** Contienen las efemérides radiodifundidas que se usan para la obtención de resultados.
- **Celda 4:** Sólo se usa en 10 de sus 25 páginas o repeticiones (una por grupo). De las 15 páginas restantes, 11 están reservadas, 3 son para repuestos y una para mensajes especiales. También contendrían el almanaque y estado de relojes de los satélites que superaran el número 24, de haberlos podrían ser satélites de otra constelación que difundieran también señales GPS.
- **Celda 5:** Contiene el almanaque, que es una información expedida de las órbitas de todos los satélites (y que se usa para planificar observaciones) y estados de los primeros 25 satélites. En el comienzo de cada celda 5 hay 2 palabras especiales de las 20 que componen la celda: la TLM y la HOW. La TLM (*TeLeMetry*), avisa cuando se está insertando en el satélite información o si sufre alguna manipulación. La HOW (*Hand Over Word*) da acceso al código P.

A continuación se muestra la grafica 7, que ilustra la trama que es enviada desde los satélites con la información de la ubicación del usuario AVL:

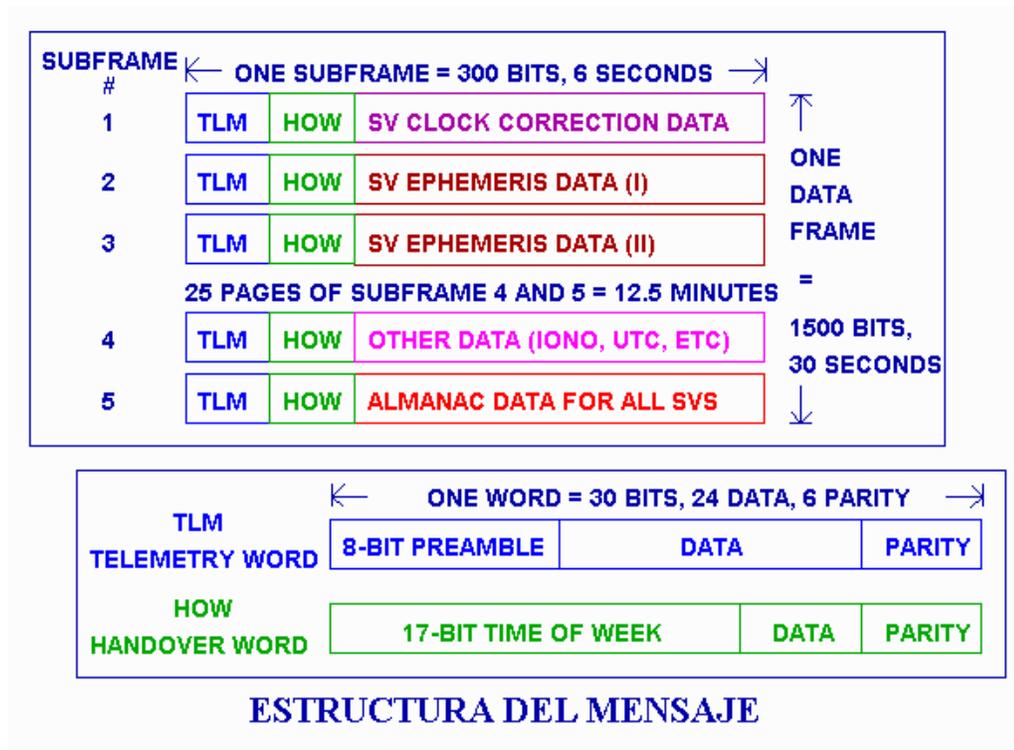


Figura 7. Estructura y contenido del mensaje<sup>9</sup>

### 2.2.2. SECTOR DE CONTROL

El segmento de control son todas las infraestructuras en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites, mantenidas por la fuerza estadounidense. Dichas infraestructuras tienen coordenadas terrestres de

<sup>9</sup> MORELO Andrés. Sistema de Posicionamiento Global. 2005

muy alta precisión y consisten en cinco grupos de instalaciones repartidas por todo el planeta, para tener un control homogéneo de toda la constelación de satélites. La figura 8 muestra la ubicación de cada una de las estaciones satelitales ubicadas en el planeta tierra.

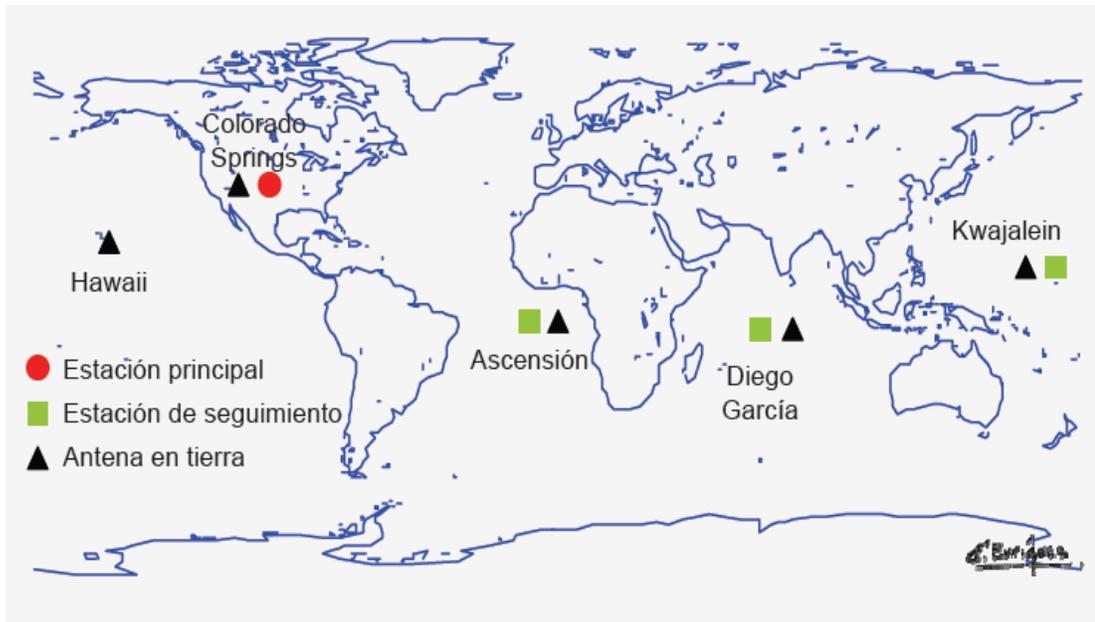


Figura 8. Sector de Control<sup>10</sup>

Este sector de control esta distribuido de la siguiente manera:

- **Estación de Control Maestra**

La Estación de Control Maestra esta localizada en el Consolidated Space Operation Center (CSOC) en Colorado Springs, Colorado, USA. CSOC guarda los datos de las estaciones monitoras que se encuentran en el

---

<sup>10</sup> TURIÑO Carlos Enrique. Integración de los Sistemas de Información Geográfica y el sistema de Posicionamiento Global. XII Congreso Nacional de Tecnología de la Información Grafica. Granada - España. 2006.

planeta y calcula los parámetros del reloj y las órbitas de los satélites. Los resultados de estos cálculos son transmitidos a las estaciones de control en tierra para su eventual subida hacia los satélites. Si un satélite deja de trabajar el CSOC tiene la responsabilidad de lo que se debe hacer al respecto.

- **Estaciones Monitoras**

Estas son cinco estaciones monitoras localizadas alrededor de todo el planeta. Estas estaciones están localizadas en Hawai, Colorado Springs, las islas Ascensión en el Atlántico Sur, Diego García en el Océano Indico y Kwajalein en el Océano Pacífico Norte. Estas estaciones son equipadas con un reloj de cesio. Estos son utilizados para medir los rangos a todos los satélites en vista. Los datos son transmitidos a la Estación de Control Maestra.

- **Estaciones de control Terrestre**

Las Estaciones de Control Terrestre están localizadas en las estaciones monitoras de Islas Ascensión, Diego García y Kwajalein, Estos son enlaces de comunicaciones hacia los satélites y tienen antenas terrestres. Ellos suben los datos recibidos desde la Estación de Control Maestra hacia los satélites vía radio.

Estas infraestructuras realizan un seguimiento continuo de los satélites que pasan por su región del cielo, acumulando los datos necesarios para el cálculo preciso de sus órbitas. Dichas órbitas son muy predecibles, dado que no existe fricción atmosférica en el entorno donde se mueven los satélites; a las predicciones de las órbitas de los satélites para el futuro se les conoce como **Almanaques**, cuyo cálculo también depende del segmento de control.

Sin embargo, aunque muy predecibles, las órbitas también tienen una degradación debido a una serie de factores: desigual densidad de la gravedad terrestre, mareas gravitatorias provocadas por el alineamiento de la luna y los planetas, viento solar, entre otros. Todos estos factores conllevan pequeñas degradaciones sobre las orbitas que hay que tener en cuenta para que el sistema GPS sea preciso. Por ello, aquellas estaciones del segmento de control que están dotadas de antenas de referencia tienen también la función de subir a los satélites las correcciones de órbita para sus sistemas de navegación.

Dichas correcciones son transmitidas en la banda S, y una vez recibidas por cada satélite son incorporadas a los satélites de navegación que el satélite emite para ser captados por el receptor del usuario. A estas órbitas recalculadas con los datos de corrección (suministrados por las estaciones

en tierra) y su información de tiempo se les denomina **efemérides**<sup>11</sup>. El usuario no experimentado no ve por ninguna parte rastro de la efemérides, pero hasta el navegador más sencillo las está utilizando en el momento en que se está midiendo.

### **2.2.3. SECTOR DE USUARIO**

El sector de usuario está compuesto por el hardware y software que se utilizan para captar y procesar las señales de los satélites. Este segmento es quizás la parte más importante del sistema GPS por que es la que entra en contacto con el usuario del sistema AVL, además, de los tipos de instrumentos y métodos utilizados depende la precisión alcanzada. El equipo propio del sector de usuario está formado por un receptor y una antena.

#### **2.2.3.1. ANTENA DEL RECEPTOR GPS**

La función de la antena del receptor GPS es la conversión de la señal radioeléctrica que recibe de los satélites de la constelación **NAVSTAR** a señal eléctrica. La corriente eléctrica inducida en la antena por las señales radiadas, recibidas, posee toda la información modulada sobre ellas. El receptor GPS realiza el posicionamiento del centro radioeléctrico de la antena, que no coincide normalmente con el centro físico del receptor, con lo

---

<sup>11</sup> Las efemérides son las predicciones de la posición actual de los satélites que se transmite al usuario en el mensaje de datos.

que se producirá un leve error de posicionamiento. Los fabricantes de receptores especifican una posición adecuada de medición para el aparato, minimizándose el error cometido (*Antenna phase center ambiguity*).

Todas las antenas de los receptores evitan el efecto multipath de la reflexión en el suelo mediante la adición de un plano de tierra. Cuanto mayor sea el plano de tierra mayor será la protección de la antena ante reflexiones indeseadas, consiguiéndose así unas medidas con mejor precisión. La figura 9 ilustra como es una antena receptora. La antena es de cobertura hemiesférica omnidireccional, para poder captar con la misma sensibilidad las señales que provengan desde el cenit hasta el horizonte. Puede ser de muchas formas y materiales, dependiendo de las aplicaciones y del coste del receptor: monopolo, dipolo, dipolo curvado, cónico-espiral, helicoidal o microstrip.



Figura 9. Ejemplo de Antenas Receptoras<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> MORELO Andrés. Sistema de Posicionamiento Global. 2005

En la parte inferior de la antena se conecta el cable a la salida de un preamplificador. Este es necesario para evitar que la señal recibida se atenúe antes de llegar al receptor y no pueda ser leída. El preamplificador debe amplificar sólo las frecuencias que se desean recibir, mientras que el resto sufren la atenuación del cable sin haber sido amplificadas. El preamplificador se alimenta habitualmente con corriente procedente del receptor por el cable de la antena. Las especificaciones de potencia del preamplificador van a depender de la ubicación del receptor y de la antena. El cable y los circuitos del receptor introducen un retardo en la medición del tiempo. Este retardo se engloba dentro del estado del reloj.

### 2.2.3.2. RECEPTOR GPS

A continuación, en la figura 10, se muestra un diagrama de bloques sobre la composición del receptor GPS.

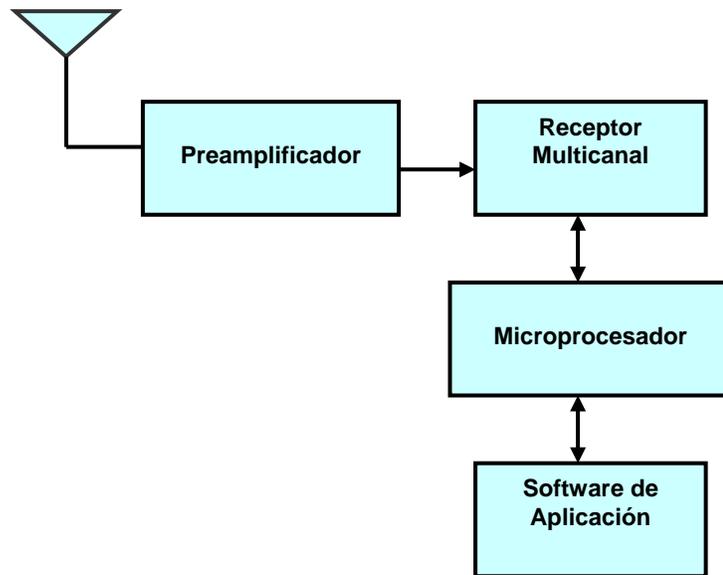


Figura 10. Diagrama del receptor GPS<sup>13</sup>

En la figura 10 se muestra el diagrama de bloques de un receptor GPS, el cual recibe las señales de los satélites NAVSTAR visibles desde determinada ubicación.

#### 2.2.3.2.1. ETAPA RECEPTORA

En la antena se han de generar tantas señales como satélites por canal se estén recibiendo. Por ejemplo: un receptor de 12 canales bifrecuencia recibe

<sup>13</sup> PORRAS María. NUÑEZ Omar. DUQUE Jorge. Implementación del Protocolo NMEA 0183. Seminario de Redes Industriales. 2004.

16 señales si sigue a 8 satélites, y podría admitir 24 señales si hubieran 12 satélites en seguimiento. Cada señal necesita un canal o dispositivo electrónico que la procese con independencia del resto, tras ser separada y aislada por el receptor.

Las señales GPS se transmiten empleando la técnica del espectro ensanchado<sup>14</sup> que protege contra interferencias y es favorable a la transmisión. Así pues la amplitud de la señal que llega a la antena es estable lo que ahorra la existencia de una etapa de Control Automático de Ganancia (CAG).

El receptor GPS es del tipo heterodino, basado en la mezcla de frecuencias que permite pasar de la frecuencia recibida en la antena a una baja frecuencia que podrá ser manejada por la electrónica del receptor. La mezcla de frecuencias se realiza con la ayuda de un oscilador local que genera una señal senoidal pura.

### **2.2.3.3. RELOJ U OSCILADOR**

Se encarga de generar las frecuencias de referencia empleadas en el batido de la señal de radiofrecuencia. Habitualmente está formado por osciladores de cuarzo de muy alta calidad y estabilidad que, en los receptores más

---

<sup>14</sup> Técnica del espectro ensanchado, el fundamento de esta técnica consiste en que la señal transmitida se expande sobre un ancho de banda mayor mediante una modulación extra.

evolucionados, permiten la conexión a una fuente de frecuencia exterior de mayor rango, como un reloj atómico, eliminándose la incógnita del estado del reloj propio y aumentando la redundancia de las observaciones.

### **2.3. PRECISIÓN DEL SISTEMA GPS**

Los GPS pueden dar mediciones entre rangos de 20 metros a milímetros, dependiendo de las necesidades de la aplicación y del hardware utilizado. Los GPS personales, brindan comúnmente una precisión de 10 metros.

Los GPS profesionales de topografía por ejemplo, pueden dar mediciones con un error de posición de milímetros, mediante el uso de DGPS (GPS Diferencial) o un sistema de posicionamiento diferencial, donde los datos de campo son contrastados en la oficina y se les remueve el error de posición en una operación de post-procesamiento. Este tipo de GPS diferenciales o de alta precisión, son utilizados en aplicaciones como el catastro, donde cada centímetro posee un valor específico y tiene fines legales.

Los GPS utilizados en aplicaciones AVL, brindan una precisión de aproximadamente uno 3 a 5 metros, mas que suficiente para este tipo de trabajo, tomando en cuenta el tamaño de un vehículo o camión, que siempre estaría dentro del rango del vehículo, aun teniendo un error de 5 metros.

## **2.4. TIPOS PRINCIPALES DE EQUIPOS GPS**

Caracterizar todos los tipos de equipos GPS que existen en el mercado es casi imposible al día de hoy dado el gran dinamismo del mercado y el amplio abanico de productos. Además, dicha clasificación puede realizarse por múltiples criterios, como por ejemplo en función de la arquitectura (Receptores secuenciales, continuos o múltiplex), en función del método de funcionamiento (Correlación de códigos o análisis de fase de la portadora) o en función de las aplicaciones que se destine, en este caso a los AVL. Dentro de estos tipos de receptores se destacan:

### **2.4.1. Navegadores Convencionales**

Los navegadores convencionales son los tipos de receptores GPS mas extendidos, dado su bajo costo y multiplicidad de aplicaciones. Consisten en receptores capaces de leer códigos C/A, que pueden tener incluso capacidad para leer señales diferenciales vía radio o conexión software y también capacidad para representar cartografía sencilla en una pantalla de cristal líquido.

Permiten conocer las coordenadas en varios formatos y conversión de baja precisión a datum locales desde WGS84 (Sistema geodésico de referencia en GPS). También permite la navegación asistida con indicación de rumbos, direcciones y señales audibles de llegadas en rutas definidas por el usuario a través de puntos de referencia.

#### **2.4.2. Receptores de C/A avanzados**

Son receptores que además de analizar el código C/A disponen de lectura (Con ciertas limitaciones) de la fase portadora L1. En cuanto a la corrección diferencial, es muy frecuente que esta sea proporcionada vía satélite mediante suscripción a un sistema de pago. Este tipo de servicio tiene la enorme ventaja de que se dispone de corrección instantánea sin necesidad de montar alguna estación de referencia y para casi para cualquier parte del globo en tiempo real.

#### **2.4.3. Receptores Geodésicos con medición de fase sobre L1**

Son receptores que trabajan con la onda portadora L1, acumulando información que con post-procesado en gabinete permite obtener precisiones relativas centimétricas en el mejor de los casos para distancias de hasta 25 Km o 30 Km y submétricas para distancias de hasta 50 Km. Permiten el cálculo de vectores con su evaluación estadística y son aptos para el ajuste de redes, aunque se trata de tecnología vieja hoy en día.

Este tipo de receptores suelen ser usados con métodos relativos estáticos, con el uso de estaciones de referencia complementarias. Muchos de ellos son también compatibles con los servicios DGPS vía satélite, trabajando en lectura de código exclusivamente, mediante la incorporación de una tarjeta electrónica de expansión y suscripción al sistema.

#### **2.4.4. Receptores Geodésicos de doble frecuencia**

Trabajan con la portadora L1 y L2, lo cual permite disminuir los errores derivados de la propagación desigual de la señal a través de las distintas capas atmosféricas (sobre todo la ionosfera) y resolver un gran número de ambigüedades. Con este receptor se puede llegar a precisiones por debajo del centímetro con post-procesado para distancia de hasta 10 Km, y por debajo del metro para distancia de hasta 500 Km.

Además de técnicas de procesado en gabinetes, los receptores bifrecuencia también se usan con correcciones en tiempo real. Para este último caso, lo normal es usarlo junto con algoritmos RTK (Real time Kinematic)<sup>15</sup>, que permite precisiones centimétricas en tiempo real en combinación con estaciones de referencia. Algunos de ellos son compatibles con el sistema DGPS vía satélite; los servicios de corrección de última generación vía satélite junto con lectores de doble frecuencia permiten llegar hasta precisiones decimétricas en tiempo real.

Una característica de los equipos GPS que se utilizan en aplicaciones AVL es que estos no poseen pantalla que indique la posición a quien lo lleva consigo, ya que estos equipos están diseñados para interactuar de forma automática y autónoma con el resto del equipamiento, tanto con el sistema

---

<sup>15</sup> Algoritmos RTK: Técnica que proporciona grandes precisiones hasta centimétrica en tiempo real, ofrece mayor velocidad de la transmisión de correcciones y rapidez en la inicialización del sistema.

de comunicación móvil de datos como con el equipamiento y sensores propios del vehículo, de modo de monitorear y registrar la ocurrencia de eventos. Los distintos GPS para AVL se diferencian a su vez, en la cantidad de reportes sobre eventos ocurridos, que pueden manejar y en la eficiencia con que utilizan el ancho de banda del canal asignado.

## **2.5. PRINCIPALES TIPOS DE METODOS GPS**

Como se ha mencionado anteriormente, el instrumental utilizado (tipo receptor), la precisión y el método empleado son elementos que van unidos indisolublemente, de tal manera que ha de ser adecuada la manera en que se elige el receptor para la aplicación que se va a realizar y teniendo en cuenta la metodología

### **2.5.1. METODOS BASADOS EN LA LECTURA DE CODIGO**

#### **2.5.1.1. Método Absoluto**

Es el utilizado por los navegantes más sencillos, en el cual el usuario no tiene que hacer prácticamente nada pues el navegador se encarga de sintonizar la señal de cada satélite, ajusta su reloj, computar las distancias y calcular la posición en consecuencia.

En función del tipo de receptor que se disponga, este método tiene una precisión planimétrica entre 7 m y 25 m, dependiendo de la geometría de la constelación y de la calidad con que llegue la señal.

#### **2.5.1.2. Método Diferencial DGPS**

Consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia sobre coordenadas conocidas. La idea básica para comprender el fundamento del DGPS es la utilización de receptores sobre puntos de coordenadas muy bien conocidas; estos receptores (llamados estaciones de referencia), leen en todo momento las posiciones reportadas por sus observadores GPS y las comparan con las posiciones teóricas de sus coordenadas conocidas. En tiempo real, las estaciones de referencia transmiten las correcciones a realizar a los receptores del usuario, que también está leyendo directamente la señal GPS y que al vuelo coge dichas correcciones y las aplica a sus medidas, con lo cual se mejora notablemente la precisión del sistema.

La manera de obtener las mediciones diferenciales depende del lugar del mundo donde se encuentre el usuario. En USA es fácil adquirir correcciones DGPS vía radio y con bastante calidad de forma gratuita. En algunos países de Europa también es aplicable esta metodología. Otra manera de conseguir correcciones diferenciales es a través de la suscripción a un servicio de pago

vía satélite. En este caso las correcciones vienen proporcionadas por satélites geoestacionarios cuyas señales cubren casi todo el planeta.

## **2.5.2. METODOS RELATIVOS BASADOS EN MEDIDA DE FASE DE PROTADORAS**

Los métodos relativos también utilizan dos o más receptores para el cálculo de las posiciones, pero en vez de solo con lecturas de código también con análisis de fase de portadora. Básicamente, el principio es el mismo que se veía en el caso DGPS con lectura de código: ubicar una estación (llamada estación de referencia) sobre un punto de coordenadas muy bien conocidas y comparar las posiciones que esta calculando con su receptor GPS con la posición real donde esta ubicada. Después, las conclusiones acerca de los errores detectados son aplicadas a las mediciones tomadas por otro receptor que esta ubicado en una posición no conocida, con lo cual se consigue mejorar significativamente la precisión de sus medidas. A su vez existen varios tipos de métodos relativos, los cuales se explicaran a continuación:

### **2.5.2.1. Método Relativo Estático**

Consiste en la utilización de un receptor base sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor sobre el punto a medir. Ninguno de los dos receptores se mueve durante los prolongados tiempos de medición. Es un método utilizado en geodesia para medir a largas distancias y es hoy

por hoy la manera mas precisa de obtener coordenadas por GPS. Su precisión depende de los tiempos de medición y sobre todo el tipo de receptor empleado. Este método se puede aplicar con receptores de fase de portadora L1 o con receptores de fase de portadoras en bifrecuencia (L1+L2).

La idea principal de este método es que las señales que han llegado hasta la estación base han recorrido prácticamente la misma región atmosférica que las señales que han llegado hasta el receptor medidor, con lo cual ambas señales han estado sometidas al mismo tiempo de degradaciones.

#### **2.5.2.2. Método Relativo Cinemático**

El método anterior puede que sea muy preciso, pero tiene un grave inconveniente: no se conoce la coordenadas corregida en el momento en que se encuentra en le campo. Ello implica una serie de limitaciones de las cuales las más importantes son:

- No se puede capturar elementos formados por un número muy elevado de puntos, por ejemplo, el trazado de una pista forestal o de una carretera.
- No se puede replantear: llevar información planteada en el plano al terreno.

- No se puede interactuar en tiempo real con las bases de datos geográficas.

En el caso de aplicaciones AVL en las cuales la precisión no es esencial pero si lo es la captura de información y la interacción en tiempo real con bases de datos geográficas, este tipo de limitaciones son definitivas. Por eso los métodos estáticos son más propios de la geodesia y la topografía que del campo de las aplicaciones AVL.

Básicamente el principio de este método es similar al relativo estático: El uso de una estación de referencia sobre un punto de coordenadas conocidas y otro receptor medidor. La diferencia estriba en que este receptor medidor es ahora móvil, es decir, no permanece estático durante el tiempo de medición sino que cambia su posición.

Con este tipo de método ya se pueden capturar los trazados de elementos geoméricamente irregulares (Carreteras, caminos entre otros), todo ello a cambio de una cierta disminución en la precisión general del sistema. En este caso, con receptores geodésicos de fase de portadora L1 se pueden conseguir precisiones de 10 ppm con medición sobre al menos 5 satélites y para distancias de la estación base inferiores a 3 Km. Para receptores geodésicos de doble frecuencia, se consiguen precisiones de 5 mm + 1ppm.

Sin embargo, en este caso las coordenadas corregidas tampoco se obtienen en el momento de estar midiendo en el campo, sino que son calculadas con post-procesado. Para resolver este inconveniente (de vital importancia en el campo de las aplicaciones AVL), se han desarrollado métodos relativos en tiempo real. Como se mencionó anteriormente, el método diferencial DGPS, que permite operar con datos en tiempo real y se considera muy apropiado para aplicaciones AVL.

En métodos de fase de portadora, también existen métodos de tiempo real y con mayor precisión. Hoy en día se puede llegar a trabajar con posiciones centimétricas en tiempo real, lo que hace este método muy apropiado para tareas de la topografía de obras.

### **3. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN GPS**

Los módulos receptores GPS extraen los datos de posicionamiento, velocidad, tiempo y fecha en mensajes codificados mediante unos estándares. El mas conocido se llama NMEA 0183 lo que permite compatibilizar entre otras marcas, pero normalmente puede ser de tipo binario que depende del fabricante del receptor.

#### **3.1. ESTANDAR DE COMUNICACIÓN NMEA 0183**

NMEA (National Marine Electronics Association) es una asociación sin ánimo de lucro en la que participan, fabricantes, distribuidores e instituciones educativas interesados en aplicaciones de equipos periféricos marinos. El Estándar NMEA 0183 define la interface eléctrica y el protocolo de comunicación de datos entre instrumentos marinos. NMEA se estableció como un grupo de trabajo para el desarrollo de nuevos estándares de comunicación de datos para dispositivos marinos a bordo de las embarcaciones. Este protocolo se lanzo por primera vez en marzo de 1983, y su última versión fue publicada en el año 2001. El nuevo estándar NMEA 2000, define una red serial multimaestra y autoconfigurable con capacidad de transmisión de datos bidireccionales, y de soportar múltiples transmisores y receptores.

El protocolo NMEA usa en sus comunicaciones texto ASCII sobre comunicación serie a 4800 baudios (aunque se puede encapsular el protocolo en otro tipo de comunicaciones).

### **3.2. INTERFAZ ELECTRICA**

Los dispositivos NMEA 0183 están diseñados como “talkers” o “listener” y utilizan una interfaz serial asíncrona con los siguientes parámetros:

- Rata de Baudios: 4800
- Número de Bits: 8
- Paridad: Ninguna
- Handshake: Ninguna

NMEA 0183 permite un solo emisor (Talkers) y varios receptores (Listeners) en el mismo circuito. Se recomienda interconectar los dispositivos con un par trenzado apantallado, aterrizado solo en el emisor.

### **3.3. FORMATO GENERAL DE LAS SENTENCIAS**

Todos los formatos se transmiten en la forma de sentencia. Solo los caracteres ASCII se permiten, al igual que las secuencias de escape CR (Carriage Return) y LF (Line Feed). Cada sentencia comienza con el carácter “\$” y termina con <CR><LF>. Además existen tres tipos básicos de sentencias:

- Sentencia de emisor (Talker Sentences)
- Sentencias Propietarias (proprietary Sentences)
- Sentencias de Pregunta (Query Sentences)

### 3.3.1. FORMATO DE LAS SENTENCIAS DE EMISOR

La figura 11 describe como es el formato general de la sentencia de emisor:

$S \quad ttsss \quad , \quad d_1 \quad , \quad d_2 \quad , \quad \dots \quad d_n \quad hh \quad \langle CR \rangle \langle LF \rangle$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 11. Formato de las Sentencias de Emisor<sup>16</sup>

Donde:

**\$**: Inicio de sentencia NMEA.

**tt**: Identificador de emisor, en este caso GP.

**sss**: Identificador de Sentencia.

**d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>... d<sub>n</sub>**: Campos de datos, separados por comas.

**hh**: Chequeo de Suma (Checksum) opcional.

**<CR><LF>**: Fin de la sentencia NMEA (Return Carriage/Line Feed)

El campo de datos es único para cada tipo de sentencia. A continuación, se muestra un ejemplo de sentencia de emisor (talker Sentence):

---

<sup>16</sup> Darnell, C. Wilczoch, C. Real Time Positioning: Construction and Implementation of a GPS Communicator. Master`s Thesis in Control and Communication: LINKÖPING Universitet. Consultado en: <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2002/3246>.

**\$GPGLL,0123.32,N,00134.55,E<CR><LF>**

Donde:

**GP:** Especifica que el emisor es un GPS.

**GLL:** Sentencia de Posición Geográfica – latitud/longitud

**0123.32,N:** Indica 123.32° de latitud N

**00134.55,E:** Indica 134.55° de longitud E

Una sentencia puede contener hasta 80 caracteres mas el "\$" y CR/LF. Si el dato para el campo no esta disponible, el campo se omite, pero los delimitadores de coma se mantienen sin espacio entre ellas. El campo de chequeo de suma (Checksum) consiste del carácter "\*" y dos dígitos hexadecimales que representa la operación OR exclusiva de todos los caracteres entre ellos, pero sin incluir el "\$" y el "\*".

### **3.3.2. INDICADORES DE EMISOR**

Estos proporcionan información acerca del tipo de emisor, especificados en los dos primeros caracteres de la sentencia. A continuación se muestran algunos tipos de identificadores:

**AG:** Autopilot - General

**CS:** Communications – Satellite

**CT:** Communications - Radio – Telephone (MH/HF)

**CV:** Communications – Radio Telephone (VHF)

**EC:** Electronic Chart Display & information System (ECDIS)

**EP:** Emergency Position Indicating Beacon (EPIRB)

**ER:** Engine Room Monitoring System

**GP:** Global Position System

**HC:** Heading – Magnetic Compass

**P:** Proprietary Code

**RA:** RADAR and/or ARPA

**SD:** Sounder, Depth

**VD:** Velocity Sensor, Doppler, Other/General

#### **3.4. EL ESTANDAR NMEA 0183 Y EL MODELO DE REFERENCIA OSI**

Cuando se produce un intercambio de datos entre equipos través de un enlace digital de datos es preciso definir el sistema de transmisión y el método de acceso, así como informaciones relativas al establecimiento de los enlaces por este motivo, la International Estándar Organization (ISO) especifico el modelo de referencia ISO/OSI. El objetivo de este modelo es permitir la comunicación entre aplicaciones que se ejecutan en diferentes equipos, sin importar las diferencias entre sus componentes físicos.

Si se observa la comunicación desde el punto de vista del usuario, este ve una comunicación entre las aplicaciones que estos usuarios utilizan tal como se muestra en la figura 12 a continuación:

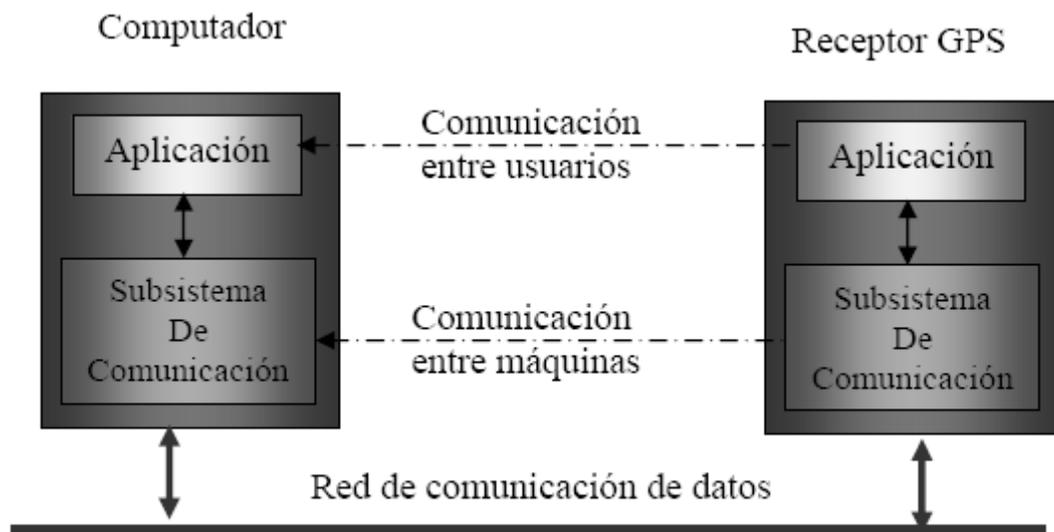


Figura 12. Comunicación entre Aplicaciones<sup>17</sup>

Pero en realidad, la información sufre una serie de transformaciones que permiten su transmisión por el medio físico, que incluyen desde la conversión de las palabras que los procesadores manipulan internamente en paralelo a una cadena de bits serie transmisibles por el medio, a la inclusión de mecanismos necesarios para que los distintos equipos interpreten los datos del mismo modo. Es por ello que este modelo define un sistema de capas, que se muestra en la figura 13 a continuación:

<sup>17</sup> Darnell, C. Wilczoch, C. Real Time Positioning: Construction and Implementation of a GPS Communicator. Master`s Thesis in Control and Communication: LINKÖPING Universitet. Consultado en: <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2002/32>

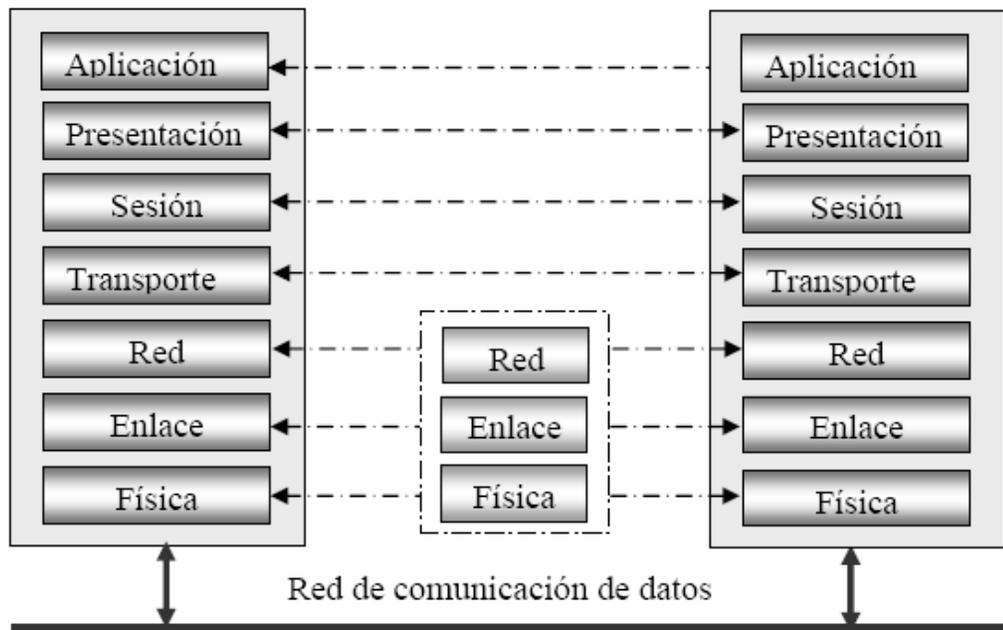


Figura 13. Modelo de Referencia OSI<sup>18</sup>

El estándar está compuesto por siete capas, donde cada una se fundamenta en el funcionamiento de la anterior, aunque no es necesario emplear todas ellas para construir un sistema de comunicación ya que eso depende de su complejidad y aplicación. Esto permite cierta independencia de cada capa, de tal forma que cada una pueda ser modificada sin afectar el resto del modelo. En el campo de la instrumentación, usualmente el modelo OSI se simplifica para utilizar únicamente tres capas:

<sup>18</sup> Darnell, C. Wilczoch, C. Real Time Positioning: Construction and Implementation of a GPS Communicator. Master's Thesis in Control and Communication: LINKÖPING Universitet. Consultado en: <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2002/3246>.

- Capa 1: Capa Física
- Capa 2: Capa de Enlace
- Capa 3: Capa de Aplicación

Para la aplicación del Sistema GPS y el PC se utilizo este modelo OSI simplificado, el cual se muestra en la figura 14 a continuación:

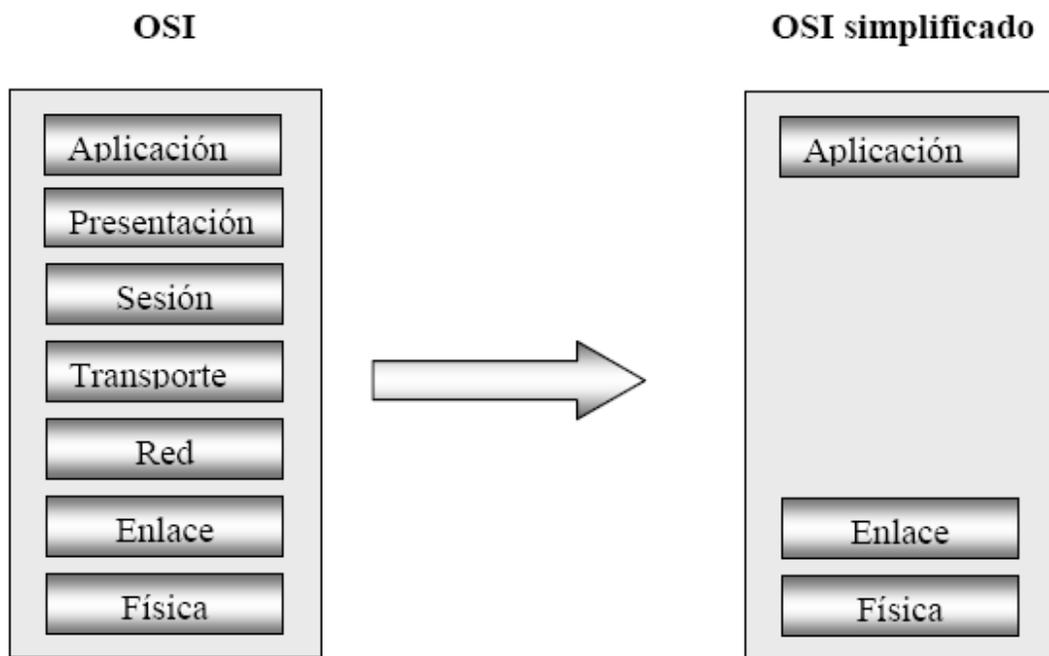


Figura 14. Modelo OSI y Modelo OSI simplificado<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Darnell, C. Wilczoch, C. Real Time Positioning: Construction and Implementation of a GPS Communicator. Master`s Thesis in Control and Communication: LINKÖPING Universitet. Consultado en: <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2002/3246>.

- **Nivel 1: Capa Física:** Este nivel procura la transmisión transparente de bits a través del soporte físico en el orden definido por el nivel de enlace (Capa 2). Se definen características eléctricas y mecánicas de la línea de transmisión, así como conectores o medios de enlace tipo hardware. Entre las normas usadas en este nivel, se encuentran la RS-32 y la RS-485.
  
- **Nivel 2: Capa de Enlace:** Este nivel tiene como función asegurar la transmisión de la cadena de bits entre los dos sistemas, apoyándose para ello en un medio físico de conexión. Este nivel es el encargado de recoger los datos del nivel físico así como de formar las tramas de las sentencias del protocolo. También impone los métodos de detección de errores y regulación de la velocidad de transmisión.
  
- **Nivel 3: Capa de Aplicación:** Este nivel se encarga de proporcionar un entorno que facilite el entendimiento entre usuarios de distinta máquinas digitales a nivel temático, sin importarle medios ni protocolos de comunicación.

#### **4. SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

El Sistema de Localización Automática de Vehículos, permite centralizar el seguimiento automático de la posición de cada uno de los móviles en cada instante. Como se sabe, para este procedimiento se recurre al sistema GPS cuyo receptor está ubicado en el móvil del usuario y que a su vez emplea la señal de acceso de los satélites de navegación GPS para calcular su posición. Es en este punto donde otra tecnología de comunicación se integra para dar mayor garantía a los servicios brindados por los AVL. Los datos así obtenidos se transmiten a la central de administración vehicular utilizando el correspondiente sistema de comunicación. En este caso se ha decidido trabajar con las tecnologías de comunicación celular GSM (Global System Mobile) y GPRS (General Packet Radio Service). Estos tipos de tecnología de comunicación se conocen como activas debido a que transmiten, con cierto retraso, en tiempo real la posición del móvil y además permiten ejecutar ciertos comandos para activar funciones adicionales de los Sistemas LAV como el aseguramiento del vehículo e apagado automático de este valiéndose del Servicio de Mensajes Cortos (SMS), la cual es una tecnología que se puede soportar en estos sistemas de comunicación. En este capítulo se explica el funcionamiento básico de estas tecnologías para la transmisión de datos en sus redes.

#### **4.1. GENERALIDADES SOBRE GSM y GPRS**

GPRS (General Packet Radio Service) es un servicio que permite recibir comunicación de datos enviados sobre un sistema global existente, por la red de comunicaciones móvil (GSM). Esto permite que el usuario de un dispositivo que computa con un Modem GPRS se conecte a Internet e intercambie datos con los servidores y sitios Web para acceder de manera móvil a e-mail, bases de datos corporativas, y navegar en la Web.

El sistema GPRS perceptiblemente es mas rápido que el sistema GSM para la transmisión de datos debido a que el usuario de inicio tiene que esperar tener un índice de datos máximos de 53.6 Kbps para poder descargarlos.

La red GSM, sobre la cual se construye GPRS, tiene más cobertura que cualquier otra tecnología celular. La transmisión de datos de GPRS es de forma análoga. Sobre un dispositivo móvil, los datos de Internet (TCP/IP), se analizan en pedazos pequeños y una vez listos se envían por una red asignada en bloques de tiempo a través de un canal de transmisión hacia un dispositivo móvil, donde entonces los pedazos se envían por aire a una estación base celular, y se vuelven a convertir en datos de TCP/IP, que después pasan a Internet para llegar a su destino. Un canal GSM contiene ocho bloques de tiempo, donde cada uno se dedica normalmente a una llamada por circuito de transmisión, en cambio en GPRS los bloques de tiempo llegan a una base, donde más de un bloque se puede asignar para

una transmisión particular dependiendo de la red y del dispositivo utilizando múltiples ranuras de tiempo. Esto facilita la conexión de datos que no serían posibles con una conexión del GSM. La velocidad depende en el número de ranuras utilizadas y en el tiempo de corrección de errores en las cifras donde el operador de red gana eficacia en los paquetes de datos que en su mayoría de los usos necesitan solamente enviar o recibir datos por periodos de corto tiempo, usando como recurso el aire como base en vez de un circuito dedicado para un usuario a la vez, muchos usuarios pueden compartir un sistema de bloques de tiempo, dando lugar a un uso más eficiente de la radiofrecuencia porque el costo se basa en la cantidad de datos enviados y recibidos, no en la longitud de la sesión del usuario. El usuario, por lo tanto puede estar conectado todo el día a la red sin problemas.

El GPRS apoya una amplia gama de usos posibles que son cruciales en el éxito de un usuario móvil, ya que permite el acceso de radio de dos vías, el e-mail, a las bases de datos corporativas y a todos los servicios de Internet. Además, se puede usar características móviles de la comunicación tales como fax, SMS, datos con conmutador de circuito y voz con un modem GPRS. Los datos GPRS pueden usarse en palms, en posición de terminales, máquinas de venta, en sistemas alejados de la instrumentación y de control, en información y rastreo del vehículo, seguridad y en otras posibilidades limitadas.

## 4.2. GSM: LA BASE PARA GPRS

El sistema GSM es el sistema de comunicación de móviles digital de 2ª generación basado en células de radio. Apareció para dar respuestas a los problemas de los sistemas analógicos. GSM fue diseñado para la transmisión de voz por lo que se basa en la conmutación de circuitos, aspecto del que se diferencia del sistema GPRS. Al realizar la transmisión mediante conmutación de circuitos los recursos quedan ocupados durante toda la comunicación y la tarificación es por tiempo. Más adelante se muestra como estas limitaciones hacen ineficiente la transmisión de datos con GSM y como GPRS lo soluciona.

### 4.2.1. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM

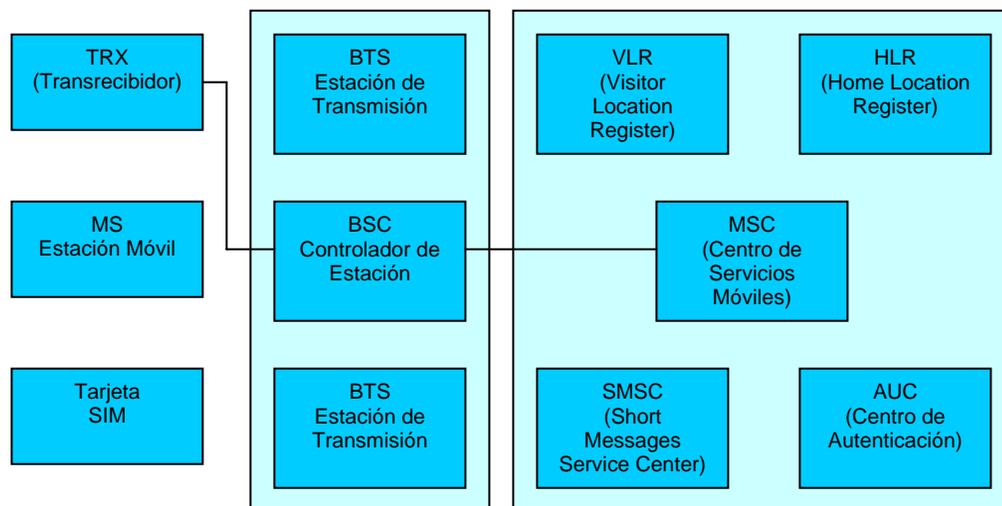


Figura 15. La Arquitectura de la Red GSM se divide en tres niveles: Estación Móvil, Estación Base y Sistema de Red<sup>20</sup>

<sup>20</sup> HAVETRESEARCH. GPRS: La Nueva Generación de la Tecnología Móvil. 2006.

La figura 13, mostrada anteriormente, ilustra cada uno de los elementos que componen una Red GSM, los cuales serán descritos a continuación. Para su análisis la esta red se ha dividido en tres partes:

- Estación Móvil (MS)
- Estación Base (BSS)
- Sistema de Red (NSS)

#### **4.2.1.1. Estación Móvil (Mobile Station, MS)**

Consta a su vez de dos elementos básicos que se deben conocer, por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM o Subscriber Identity Module. El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de la terminal. Esta tarjeta se inserta en el interior del móvil AVL y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por su operador, sin la tarjeta SIM el terminal no sirve de nada por que no se puede hacer uso de la red. El SIM esta protegido por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o Personal Identification Number.

La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de terminal y llevarse consigo el SIM aunque se sabe que esto en la práctica en muchas ocasiones no resulta tan sencillo,

lo que las hace idónea para el servicio de localización vehicular AVL. Una vez que se introduce el PIN en el terminal, el terminal va a ponerse a buscar redes GSM que estén disponibles y va a tratar de validarse en ellas, una vez que la red ha validado la terminal el teléfono queda registrado en la célula que lo ha validado.

#### **4.2.1.2. Estación Base (Base Station Subsystem, BSS)**

Sistema encargado de controlar las comunicaciones de radio del terminal. Esta en contacto con el sistema de la red NSS, a través del cual conecta al usuario del móvil AVL con el Centro de Control Vehicular. Esta compuesto de dos unidades:

##### **4.2.1.2.1. Estación de Transmisión (Base Transceiver Station, BTS)**

Se encarga de gestionar las comunicaciones por radio de las estaciones móviles. Proporciona un número de canales de radio a la zona que da servicio.

##### **4.2.1.2.2. Controlador de la Estación (Base Station Controller, BSC)**

Gestiona los recursos de radio de una o varias estaciones de transmisión, enlazándolas con el centro de conmutación de servicios móviles. La función

primaria es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace de radio al estándar de 64 bps utilizado por la red.

#### **4.2.1.3. Sistema de Red (Network Subsystem, NSS)**

Este sistema se encarga de administrar la comunicación entre el usuario AVL y el Centro de Control Vehicular. Su componente principal es el Centro de Servicios Móviles (Mobile Center Switching Center, MCS). Se encarga de todas las tareas informáticas: registra y verifica las comunicaciones. Actualiza la localización del usuario, gestiona los problemas de saturación, direcciona las llamadas, interconecta a los usuarios entre si y con la red fija. Dentro de la estructura de la NSS hay una serie de subsistemas que se encargan de controlar diversas funciones del móvil:

#### **4.2.1.4. Visitor Location Register (VLR)**

Controla el tipo de conexiones que una terminal puede hacer. Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.

#### **4.2.1.5. Home Location Register (HLR)**

Contiene la información sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Mediante el HLR se verifica si un usuario que se conecta dispone de un contacto de servicio.

#### **4.2.1.6. Short Message System Center (SMSC)**

Gestiona los mensajes de texto SMS.

#### **4.2.1.7. Authentication Center (AUC)**

Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.

### **4.3. LIMITACIONES DE GSM PARA LA TRANSMISION DE DATOS**

Las redes GSM tienen ciertas limitaciones para la transmisión de datos:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos. Además las aplicaciones deben ser reinicializadas en cada sesión.
- Pago por tiempo de conexión.

La baja velocidad de transferencia limita la cantidad de servicios que Internet ofrece. Por ejemplo, a 9,6 Kbps no se puede navegar por Internet de una manera satisfactoria. Si, además, se tiene en cuenta que se está pagando por tiempo de conexión, los costos se disparan. Esta es la eterna lucha, pues no se puede comparar una hora de conversación con una hora de navegar por Internet. La combinación de estos tres factores negativos hace que GSM sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para los datos.

Las tradicionales redes GSM no se adaptan adecuadamente a las necesidades de transmisión de datos con terminales móviles. Por ello surge una nueva tecnología portadora denominada GPRS (General Packet Radio Service) que unifica el mundo IP con el mundo de la telefonía móvil, creándose toda una red paralela a la red GSM y orientada exclusivamente a la transmisión de datos.

Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que usa la tecnología IP (Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de contenidos de Internet.

#### **4.4. GPRS: GENERAL PACKET RADIO SERVICE**

El GPRS, estándar introducido por ETSI, es un sistema que viene a complementar al GSM permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos. El concepto principal que rige GPRS y que lo diferencia de GSM es la orientación a la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos.

GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

##### **4.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGIA GPRS**

Las características listadas a continuación permiten mejorar y facilitar el acceso a servicios de datos desde dispositivos móviles.

- Compatibilidad con el sistema GSM. Las redes GPRS están basadas en GSM, así que los terminales que vayan saliendo al mercado van a tener una capacidad dual GSM/GPRS, situación que sucede con los últimos modelos de AVL que están en le comercio.

- Permite la utilización de voz y datos a través del móvil.
- Mayor velocidad de transferencia de datos: puede alcanzar en un marco ideal de transmisión, velocidades máximas teóricas de 171.2Kbps.
- Permite que el terminal esté siempre conectado "always on". La percepción por parte del usuario será que el servicio GPRS está siempre disponible desde que conecta su terminal, ya que GPRS facilita conexiones instantáneas. Esta característica permite ahorrar tiempo de conexión cada vez que se requiere una información.
- Soporta aplicaciones más robustas. El incremento de la velocidad va directamente unido al tipo de aplicaciones que puede soportar. La baja velocidad de transmisión de datos del sistema de conmutación de circuitos limitado con el tiempo lento de conexión y la limitada longitud de mensajes SMS hacían que las soluciones de aplicaciones móviles resultaran funcionalmente limitadas. El número de servicios de datos accesibles para dispositivos GPRS será mayor que con GSM, y una vez estén consolidadas las redes y aumenten las velocidades de

transmisión, permitirá desarrollar nuevas aplicaciones que antes no eran posibles en servicios GSM.

- Facturación basada en volumen de datos transferidos, en lugar de tarifas basadas en tiempos de conexión.
  
- Soporta el protocolo IP: GPRS define un método de acceso a redes IP. Estas redes utilizan la conmutación de paquetes, lo que optimiza la utilización del espectro de radio disponible al no ser necesario que un canal de radio sea utilizado para la transmisión de un punto a otro. Los datos son divididos por paquetes, que son enviados separadamente. La información viaja a través de la red hasta llegar a su destino, y es reconstruida ahí en su forma original. Todas las partes que componen los datos están relacionadas unas con las otras, pero la forma en como viajan y son reagrupadas varia. Los paquetes viajan por las frecuencias disponibles, lo que permite que un número elevado de usuarios de GPRS pueda compartir el mismo ancho de banda. Esto permite al sistema GSM:
  - Proporcionar velocidades de acceso a Internet e Intranets.
  - Mejora la eficacia de la red.

La figura 16 resume las características del sistema GPRS:

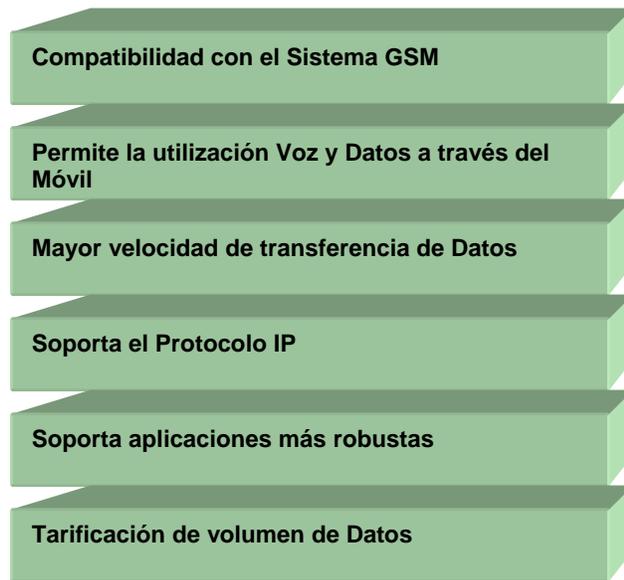


Figura 16. Características del Sistema GPRS: las características del sistema GPRS posibilitan la creación de aplicaciones más robustas.<sup>21</sup>

#### 4.4.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA GPRS

La arquitectura de red de GPRS esta basada fundamentalmente en GSM.

Los principales elementos que se introducen son:

- Dos nodos de soporte GPRS: el nodo de comunicación (SGSN: Serving GPRS Support Node) y el de pasarela (GGSN: Gateway GPRS Support Node) cuyas misiones son complementarias. En líneas generales el SGSN se encargara de la gestión de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre el móvil y la red. El GGSN es el que proporciona el acceso a las redes de datos basadas en IP.

---

<sup>21</sup> HAVETRESEARCH. GPRS: La Nueva Generación de la Tecnología Móvil. 2006.

- Actualización de software a nivel de BTS (Estación de Transmisión).
- Nuevo Hardware en el controlador de Estación (BSC). Este hardware se denomina PCU (Packet Unit Control/Unidad de Control de Paquetes) y es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.
- La red troncal GPRS o backbone basado en IP.

La función principal del Gateway GPRS Support Node (GGSN) es la de actuar como pasarela entre la red troncal GPRS y las redes externas como IP. El GGSN es el elemento principal de la infraestructura GPRS. la figura 17 resume las funciones del GGSN.

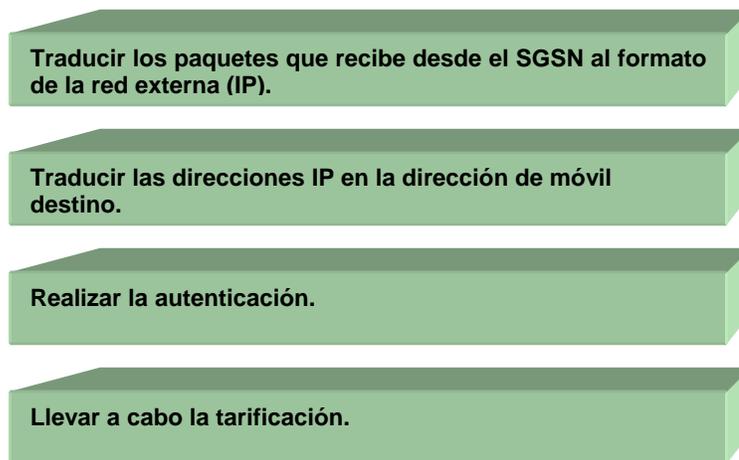


Figura 17. Funciones del GGSN: El GGSN actúa como pasarela entre la red troncal GPRS y las redes externas como IP.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> HAVETRESEARCH. GPRS: La Nueva Generación de la Tecnología Móvil. 2006.

El Serving GPRS Support Node (SGSN) se encarga de la entrega de paquetes desde y hacia los móviles que están dentro de su área de servicio tiene asociado un Location Register similar al VLR. la figura 18 resume las funciones del SGSN:

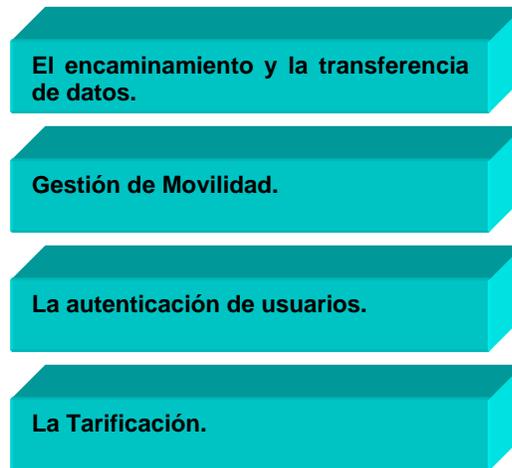


Figura 18. El SGSN se encarga de la entrega de paquetes entre los móviles.<sup>23</sup>

Dentro de la arquitectura GPRS, el tunneling es el concepto clave que rige a la transmisión. Gracias al tunneling lo importante a la hora de transmitir la información es la dirección final de destino independiente del medio o ruta que siga esta información. El tunneling se basa en:

- Encapsulado de los datos con introducción de cabeceras de direcciones de destino y origen.
- Actualización de tablas de enrutamiento existentes (tanto como SGSN y el GGSN)

---

<sup>23</sup> HAVETRESEARCH. GPRS: La Nueva Generación de la Tecnología Móvil. 2006.

- Asignación de una dirección IP al móvil.

Como se puede ver las ventajas de GPRS sobre GSM son más beneficiosas para los usuarios de esta tecnología, permitiendo así el desarrollo de aplicaciones mejores, más robustas y estandarizadas, brindando acceso inmediato y monitorización desde cualquier lugar con una mejora en las velocidades de acceso. Junto con los servicios de mensajería, el desarrollo de los servicios de localización es una de las grandes esperanzas del sector en lo que al desarrollo de servicios móviles de datos se refiere. Proporciona la capacidad de enlazar servicios de información independiente de la localización del usuario. Obtener información útil (localización de calles mediante un mapa). Gracias a GPRS, cualquier persona con una unidad móvil puede recibir su posición vía satélite y de este modo descubrir donde esta. Las aplicaciones de posicionamiento de vehiculo se pueden utilizar para comunicar varios servicios incluyendo diagnostico del estado del vehiculo y ubicación de vehículos robados y complementado con el servicio de mensajería SMS se convierte en la herramienta ideal para brindar seguridad a los móviles de los usuarios.

#### **4.5. SMS (Short Messages Service)**

Uno de los componentes básico del sistema AVL son los mensajes de texto SMS los cuales se encargan de informar al usuario sobre el estado actual de su vehiculo.

Short messages service o servicio de mensajes cortos, es una funcionalidad de los modem de comunicación inalámbrica que hoy en día la gran mayoría de los modelos en existencia soporta. Estos mensajes pueden ser enviados desde un móvil a otro o desde un sitio Web a un móvil en particular, con un costo muy económico. Este sistema básicamente esta compuesto por:

- Equipo Móvil Celular
- Red de Telefonía Móvil Celular

El funcionamiento del sistema SMS es bastante simple, utiliza la misma red y equipamiento de la telefonía celular, por lo que cada mensaje puede transportar una cantidad máxima de datos, 160 caracteres de solo texto. Por este motivo se utiliza en aquellos casos en que se necesita la transmisión de poca información en donde abundan las abreviaciones.

Con el envío y recepción de SMS se mantiene al usuario del Sistema AVL informado sobre el estado de su vehiculo en cualquier momento. A través de estos mensajes se envía información de la ubicación del vehiculo, estados de las alarmas involucradas en el vehiculo entre otros eventos que se puedan presentar.

## **5. SISTEMA DE ADMINISTRACION VEHICULAR**

El Sistema de Administración Vehicular, también conocido como Centro de Control, es donde se unen varios elementos. Un computador de alto desempeño, el software AVL donde se muestran los mapas digitales de la zona donde se encuentra ubicado el móvil, los módems de comunicación y un personal capacitado para monitorear este sistema. El sistema es automatizado al máximo, para que el monitoreo humano sea mínimo. Dentro de las funciones básicas del Sistema de Administración Vehicular se destacan:

- Suministrar funciones de configuración que hacen al sistema flexible para operar, mantener y actualizar el sistema.
- Suministrar funciones de monitorización en tiempo real de los datos de los móviles (posición e indicadores de estado, advertencias y alarmas).
- Suministrar funciones de generación y gestión de bases de datos que permitan almacenar y analizar los datos históricos para realizar seguimiento de cada uno de los móviles.
- Calcular las correcciones diferenciales del GPS utilizando una estación de referencia GPS para este propósito.

- Regalamiento de cada una de las calles que se encuentran en la zona.
- Monitorización grafica de los datos en tiempo real.

## **5.1. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA SIG**

Un Sistema de Información geográfico (SIG) particulariza un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. A parte de la especificación no gráfica el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y de alguna forma ligada a la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si es medurable y tiene localización.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georefenciada. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico esta íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos

específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos o modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes. Básicamente un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es: Un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre.

### **5.1.1. COMPONENTES DE UN SISTEMA SIG**

La figura 19 describe cada uno de los componentes de un SIG o GIS en su acrónimo en inglés. El SIG está compuesto por: Un equipo o Hardware, Programas o Software, Datos, Recursos Humanos y Procedimientos. A continuación se describen cada uno de los componentes mencionado anteriormente.



Figura 19. Componentes de un SIG<sup>24</sup>

#### 5.1.1.1. EQUIPOS (HARDWARE)

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo “desconectado”.

#### 5.1.1.2. PROGRAMAS (SOFTWARE)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.

<sup>24</sup> QUINTANA Carlos. Sistema de Información Geográfica. 2006.

- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interface gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

#### **5.1.1.3. DATOS**

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

#### **5.1.1.4. RECURSOS HUMANOS**

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

#### **5.1.1.5. PROCEDIMIENTOS**

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

### 5.1.2. SOFTWARE DE POSICIONAMIENTO AVL

Uno de los componentes básicos de este Sistema de Administración Vehicular es el **Software de Posicionamiento GPS** que es el encargado de visualizar los mapas y las coordenadas exactas de la ubicación del móvil. Con el uso de la herramienta se Sistemas de Información Geográfica y la Cartografía Digital se genera un mapa en coordinas planas ajustando a la proyección modificada del software que se este utilizando y geodiferenciando al origen de las coordenadas planas de la zona en que se encuentre ubicado el móvil en la central de monitoreo. La interfase de radio recibe ráfagas de datos de cada vehiculo, las interpreta y las entrega por puerto serial al PC de control. El software genera una base de datos que incluye los datos de los vehículos y los reportes de posición con estampilla de tiempo, esto permite que cada móvil sea controlado de manera independiente y su registro histórico de operación pueda ser consultado en cualquier momento por el operador del sistema y el usuario vía Internet. El sistema permite que el móvil se reporte a la central y al usuario en redes compartidas con transmisión de mensajes vía SMS y que cada reporte entregue los datos de posición y velocidad del vehiculo. A continuación, la figuras 20 y 21 ilustran ejemplos de software utilizados para este tipo de aplicación:

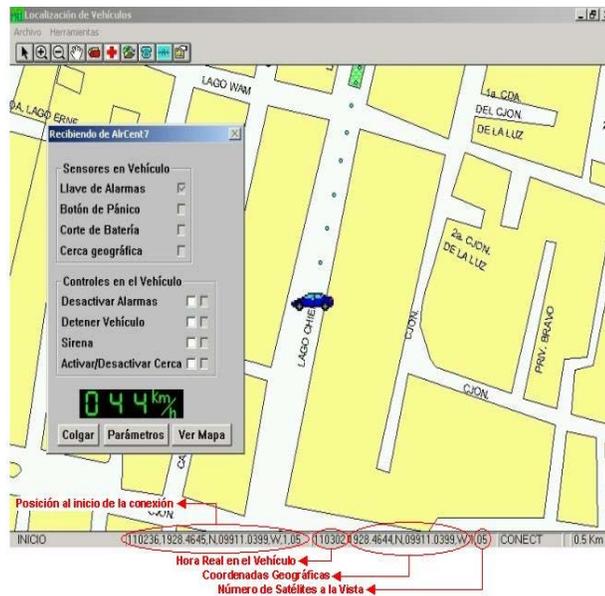


Figura 20. Aplicación visual de un Software de Posicionamiento AVL diseñado por Trinity Software.<sup>25</sup>

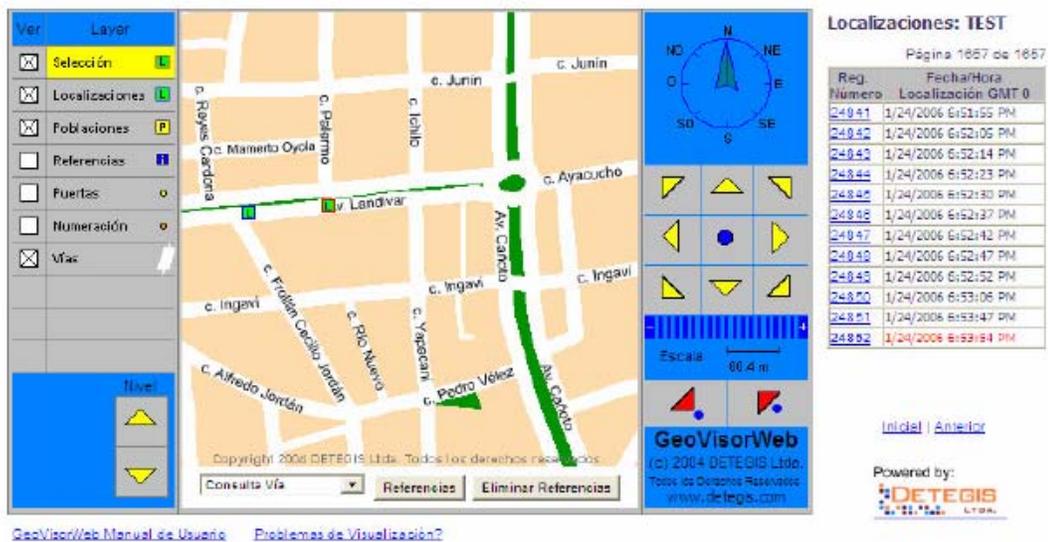


Figura 21. Aplicación Visual Software diseñado por Degetis<sup>26</sup>

<sup>25</sup> TRINITY SOFTWARE. AUTOMATIC VEHICULAR LOCATION AVL. ODISEO. 2006

<sup>26</sup> TRINITY SOFTWARE. AUTOMATIC VEHICULAR LOCATION AVL. ODISEO. 2006

El software **Degetis** permite acceso al sistema Web de consulta geográficas con despliegue de localizaciones en formatos de texto y mapas de desde cualquier computador con conexión a Internet. La figura 22 muestra un reporte de las efemérides del recorrido del vehículo en cierto tiempo determinado.

Usuario:	admin
Vehículo:	TEST
Inicio Periodo Reporte:	1/23/2006 12:00:00 AM
Fin Periodo Reporte:	1/23/2006 11:59:59 PM

Total Registros 494

Item	Fecha/Hora de Registro en el Sistema	Localización y Estado
1	1/23/2006 7:55:20 AM	Avenida Arenales, Barrio Casco Viejo, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia, cerca al #414. Velocidad 13.07Km/h. Estado válido. <003230 GMT+0 210106>
2	1/23/2006 7:55:27 AM	Calle Bellivián esq.Avenida Via, Barrio Casco Viejo, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia, cerca al #795. Velocidad 10.75Km/h. Estado válido. <003513 GMT+0 210106>
3	1/23/2006 7:55:31 AM	Avenida Brasil, Barrio Barrio Lindo, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia. Velocidad 15.92Km/h. Estado válido. <003550 GMT+0 210106>
4	1/23/2006 7:55:38 AM	Calle 10, Barrio Urbanización Cañoto, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia. Estado bajo techo. <101808 GMT+0 210106>
5	1/23/2006 7:55:45 AM	Avenida Inter Radial, Barrio Cotacab, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia. Velocidad 14.81Km/h. Estado válido. <003941 GMT+0 210106>
6	1/23/2006 7:55:49 AM	Avenida Inter Radial, Barrio Cotacab, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia. Velocidad 17.70Km/h. Estado válido. <003929 GMT+0 210106>
7	1/23/2006 7:55:56 AM	Calle Warnes, Barrio Casco Viejo, Ciudad Santa Cruz, Dpto Santa Cruz, País Bolivia, cerca al #424. Velocidad 11.10Km/h. Estado válido.

Figura 22. Registro Histórico de datos tomados por el receptor GPS los cuales guarda el Software Degetis<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Desarrollos Tecnológicos en Geoinformática Satelital. DETEGIS LTDA. Febrero 2006.

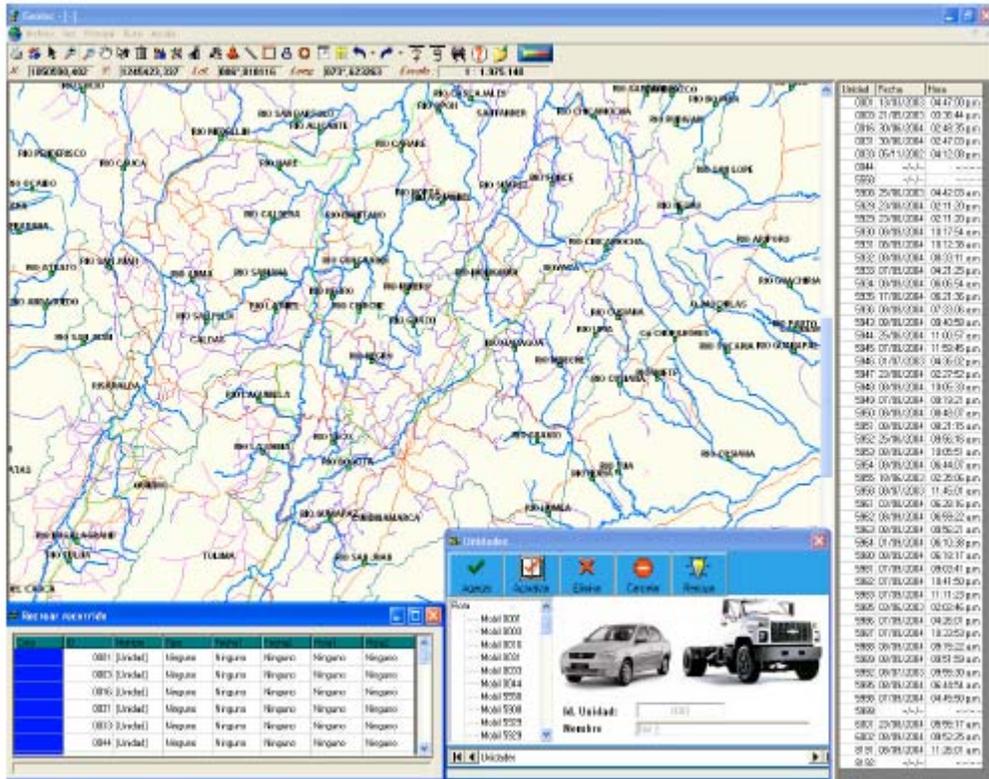


Figura 23. Mapas Georeferenciados: Aplicación Visual del Software diseñado por RM Security Products<sup>28</sup>

El software de administración del sistema mostrado en la figura 23 esta en la capacidad de operar las funciones de llamado automáticas para cada uno de los vehículos especificando tiempos de intervalo lo que constituye las denominada efemérides explicadas anteriormente.

<sup>28</sup> SISTEMA DE CONTROL VEHICULAR. RM SECURITY PRODUCTS LTDA. 2006.

## **5.2. SERVICIOS WEB PARA USUARIOS AVL**

Este servicio permite al usuario consultar en línea la ubicación y estado de vehículo. Esta alternativa permite al usuario monitorear y a la compañía en línea, permanentemente, cualquier número de móviles a través de servidores Web las 24 horas del día, 7 días y todas las semanas del año.

Normalmente las unidades GPS/AVL reciben información de satélites geoestacionarios, esta información es procesada para determinar la ubicación geográfica actual. El resultado del proceso es almacenado en la memoria de la unidad y periódicamente enviado a la oficina del centro de monitoreo. Como se sabe cada unidad vehicular posee un módem celular para enviar la información con la posición de los móviles. Una vez recibida la información, esta puede ser visualizada sobre mapas digitales en la terminal de usuario. Por lo general, estos sistemas ofrecen acceso con clave de seguridad por parte del usuario permitiendo conocer reportes muy seguidos del móvil o de los móviles inscritos al sistema de localización vehicular.

## 6. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA AVL

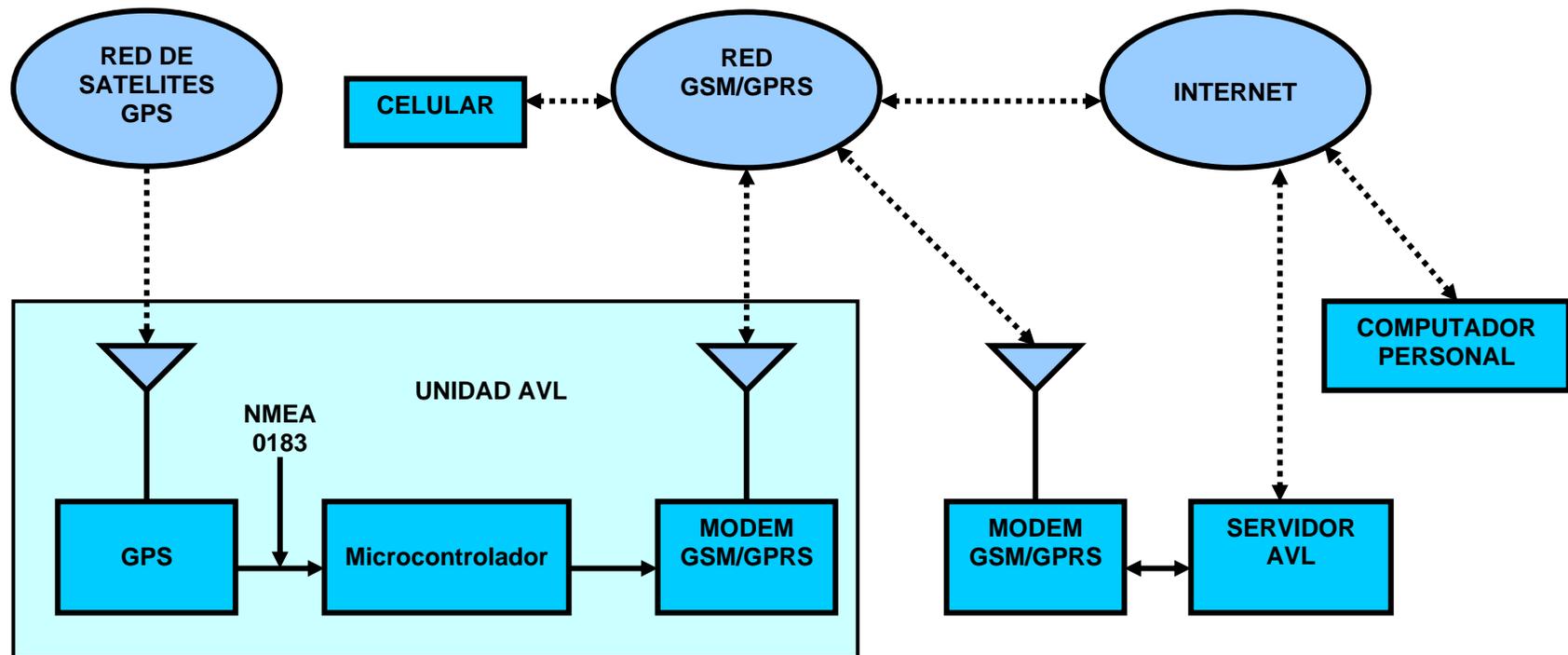


Figura 24. Diagrama de Bloques de un Sistema AVL

La figura 22 ilustra los componentes básicos de un dispositivo AVL. El modulo GPS se encarga de recibir las señales que se envían de la constelación de satélites NAVSTAR. El receptor GPS transmite los datos recibidos a un microcontrolador especializado utilizando el protocolo NMEA 0183, el cual hace compatible la comunicación GPS con otros sistemas de comunicación. Luego de este proceso, los datos son transmitidos al modem GSM/GPRS donde son enviados, vía radio, a las terminales móviles ubicadas en el centro de administración y en los celulares de los usuarios AVL.

## **6.1. CONEXIONES DEL SISTEMA AVL**

Los dispositivos AVL poseen una serie de interfaces para su conexión en el vehiculo.

- **Conexión de Alimentación**

Por lo general estos tipos de dispositivos traen un puerto de alimentación para 12 V DC.

- **Conexión Antena GPS**

Para este tipo de antenas hay disponibilidad de varios conectores, entre los que se figuran: MMCX, SMA, MCX, BNC entre otros. La figura 23 muestra un ejemplo de este tipo de conectores.

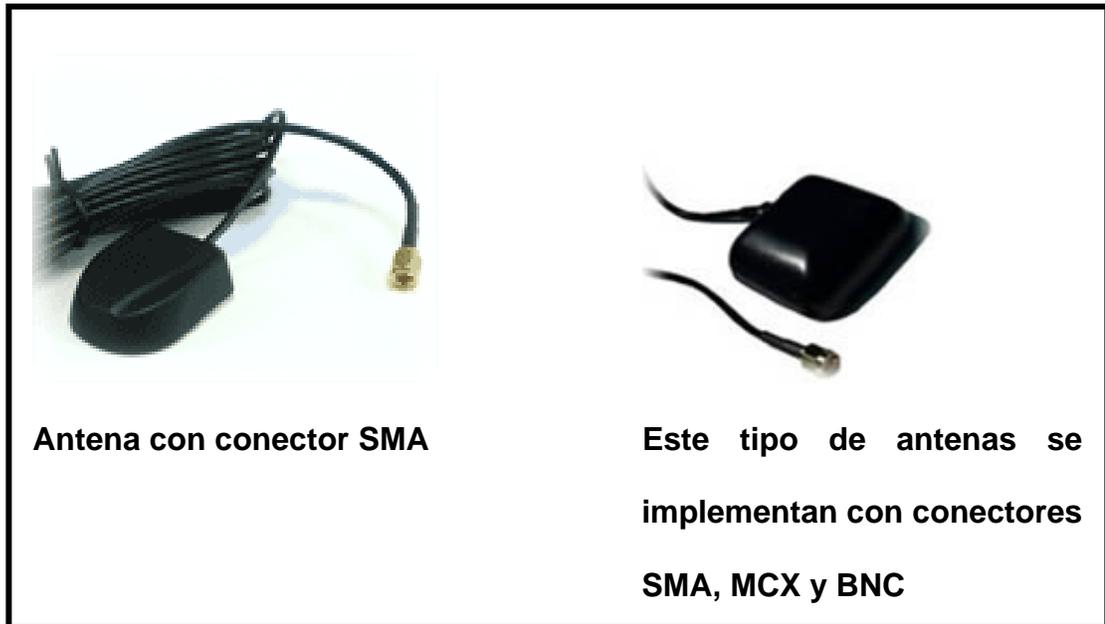


Figura 25. Ejemplo de Conectores para Antenas GPS<sup>29</sup>

- **Conexión Antena GSM/GPRS**

Este tipo de antenas trabaja en la banda 850/900/1800/1900 MHz. Por lo general se implementa con conectores SMA o MMCX. La figura 24 muestra el ejemplo de este tipo de antenas.



Figura 26. Ejemplo de Conector para Antenas GSM/GPRS<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Especificación productos LaipacTech. Consulta: <http://www.laipac.com/antenas-gps.htm>

<sup>30</sup> Especificación productos LaipacTech. Consulta: <http://www.laipac.com/antenas-gps.htm>

- **Conexión Centro de Control Vehicular**

Las conexiones ubicadas en el Centro de Administración Vehicular son análogas a un sistema de recepción celular. Dentro de este Centro de Control Vehicular encuentran los modems de comunicación móvil externos que se conectan a los computadores, estos transmiten los datos que reciben a los ordenadores donde se puede consultar la información sobre el estado del vehículo.

- **Microcontrolador**

Este bloque se considera como el corazón de la unidad AVL, pues es el encargado de controlar las transmisiones y recepciones de comandos del receptor GPS. Este dispositivo contiene un Software que realiza el protocolo necesario para la comunicación entre el receptor GPS y el modem GSM/GPRS. La comunicación se realiza a través de un puerto serial.

## **7. CONCLUSIONES**

Saber que cada día trae su afán, ha generado miles de soluciones para superar los problemas que se presentan en el quehacer diario. Se sabe que todos los avances tecnológicos traen sus ventajas así como desventajas que afectan a la población humana. Uno de los grande problemas que se presentan hoy en día es la inseguridad en el sector automovilístico, donde a diario se roban aproximadamente entre 10 y 15 carros en las ciudades mas importantes del país, generando perdidas económicas, frustración y desconfianza en aquellas personas que poseen automóviles.

Este es uno de los tantos casos donde los avances tecnológicos no han sido ajenos a estos problemas. Con la integración de Tecnologías de punta como el Sistema Satelital GPS, el Sistema de Comunicaciones Móviles (GSM/GPRS) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) nace una herramienta que brinda seguridad, monitoreo las 24 horas y servicios de mensajes SMS para saber sobre el estado del vehiculo del usuario, esta herramienta se conoce como los Sistemas de Localización Automática de Vehículos AVL o LAV, cuya composición fue descrita en el desarrollo de esta monografía.

El Sistema GPS es considerado el alma mater de los AVL, basado en el principio de triangulación, donde por lo menos actúan de tres a cuatro satélites, ubica el lugar del vehículo con una precisión muy alta. Luego los datos obtenidos en los satélites se envían a las estaciones terrestres donde son corregidos para posteriormente ser enviados al receptor GPS, que en este caso se encuentra en la unidad AVL instalada en el vehículo del usuario.

Por lo general, los cambios tecnológicos traen consigo valores agregados que hacen al producto mas llamativo al cliente. En este caso se integra con las tecnologías móviles con la finalidad de tener un contacto mas directo con el usuario. Para que este proceso de integración se pueda llevar a cabo es necesario contar con un protocolo de comunicación que haga compatible la funcionalidad de estas dos tecnologías. Para este estudio se toma como referencia el protocolo de comunicación NMEA 0183, el cual toma como referencia el modelo OSI para su implementación estableciendo la comunicación entre aplicaciones de equipos con diferentes tecnologías. Una vez se puedan comunicar dos tecnologías, se considera que hay una integración, con la finalidad de llevar a cabo los aplicativos que se puedan sacar de cada una de las tecnologías.

En este punto de esta integración es donde entran a funcionar las comunicaciones móviles. Aprovechando el rotundo éxito de la tecnología celular a nivel mundial y los servicios adicionales que esta presta, se integra

esta tecnología al sistema AVL para brindar confianza, seguridad y eficiencia al usuario. Basado en las redes GSM, GPRS es una tecnología que permite el soporte de información de datos a los dispositivos móviles logrando un contacto mas directo con el cliente. Esta tecnología presta el servicio de mensajes SMS que mantiene al usuario informado sobre el estado de su vehículo.

Es importante resaltar que cada una de las tecnologías que llevan a prestar servicios móviles, es decir, servicios inalámbricos, tienen una importante falencia en la cobertura de la entidad prestadora de estos servicios. Es por esto que se puede presentar el caso que en algunos lugares del planeta no exista la comunicación por pérdida de señal.

Esta investigación se realizo con el fin de establecer un estado del arte del sistema AVL, conocer su funcionamiento básico y demostrar, una vez mas, como los avances de la tecnología afecta de manera positiva el diario vivir de las personas. Además, se puede mirar como una oportunidad de mercado aprovechando que el sector es virgen y que aun hay mucho por investigar y desarrollar con respecto a este sector.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Unidad Móvil De Localización GSM/GPRS/GPS. Manual Técnico. Consultado en [www.geobis.com/publicaciones/unit\\_gps\\_avl.pdf](http://www.geobis.com/publicaciones/unit_gps_avl.pdf). 2006
- Trinity Software. Odiseo. Manual Técnico. Consultado en: [www.trinitysoftware.com.mx/content/seguridad.htm](http://www.trinitysoftware.com.mx/content/seguridad.htm). 2006
- Sistema de Control Vehicular Vía radio con GPS. RM Security Products. Manual Técnico. Consultado en: [www.rmasc.com/documentos/GPS%20via%20radio.pdf](http://www.rmasc.com/documentos/GPS%20via%20radio.pdf). 2006
- PEREZ Gabriel. Telemática: Un Nuevo Escenario para el Transporte Urbano. Tesis Investigativa realizada para la División de Recursos Naturales e Infraestructura. 2001.
- FERNANDEZ José Javier. Análisis Comparativo de Modems GSM/GPRS. Investigación realizada por el Departamento de Ciencias de la Computación para la Escuela Técnica Superior de Informática. Universidad de Alcalá. 2005.
- PADILLA Jhon Jairo. Localización Automática de Vehículos con GPS. Seminario de Telecomunicaciones. Universidad Pontificia Bolivariana. 2003.

- HERRERA Andrés. 2005 un año de grandes incrementos en el robo de vehículos. Artículo publicado en: Tracker de Colombia. [www.lojack.com.co/docs/prensatracker010106.pdf](http://www.lojack.com.co/docs/prensatracker010106.pdf) .2006
- DETEGIS. Rastreo Satelital de Vehículos. Desarrollo Tecnológico en Geoinformatica Satelital. Manual Técnico. 2006.
- HAVET. GPRS: La Nueva Generación de Telefonía Móvil. Estudio elaborado por: Havetresearch Trademark de Havet Interacive S.A. 2004.
- QUINTANA Carlos. Sistema de Información Geográfica. Documento Investigativo. Universidad de La Coruña. 2006.
- MORELO Andrés. Sistema de Posicionamiento Global. Documento Investigativo: Universidad de Alcalá. 2006.
- SANTOS Jesús. Integrando Nuevas Tecnologías: GPS, GSM y GPRS. Artículo publicado por: Matrix Electrónica. 2003.
- Darnell, C. Wilczoch, C. Real Time Positioning: Construction and Implementation of a GPS Communicator. Master`s Thesis in Control and Communication: LINKÖPING Universitet. Consultado en: <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2002/3246>.
- MARQUEZ Bertha. Sistema Modelador Tridimensional del Desplazamiento Tectónico en México. Documento Publicado en: [www.cudi.edu.mx/primavera\\_2006/presentaciones/ct\\_bertha\\_marquez](http://www.cudi.edu.mx/primavera_2006/presentaciones/ct_bertha_marquez).

[pdf](#). Ponencia: Congreso Primavera 2006 - Tecnológico de Monterrey.  
2006.

## GLOSARIO

- **Almanaque:** Datos, transmitidos por un satélite GPS, que incluyen información de la órbita de todos los satélites, correcciones horarias, y parámetros de retraso atmosférico. El almanaque facilita la adquisición rápida de SV. La información de órbita es un subconjunto de los datos de efemérides con precisión reducida.
- **AUC:** Authentication Center.
- **AVL:** Automatic Vehicule Location.
- **BSC:** Base Station Controller.
- **BSS:** Base Station Subsystem.
- **BTS:** Base Transciever Station.
- **CAG:** Control de Ganancia Automática.
- **CR:** Carriage Return.
- **Cenit:** Punto del cielo directamente encima del observador.
- **Código C/A:** Código Course/Adquisition.
- **Código P:** Código Precise o Preciso.
- **DGPS:** GPS Diferencial.
- **Efemérides:** Un conjunto de datos que describen la posición de un objeto celestial en función del tiempo. Todos los satélites GPS

transmiten periódicamente unas efemérides de emisión que contiene las posiciones previsibles en el futuro próximo, cargadas por el segmento de control.

- **ETSI:** European Telecommunications Standard Institute.
- **GGSN:** Gateway GPRS Support Node.
- **GPRS:** General Packet Radio Service.
- **GPS:** Global Position System.
- **HLR:** Home Location Register.
- **HOW:** HandOver Word.
- **L1:** La portadora de banda L primaria utilizada por los satélites GPS para transmitir datos de satélite. La frecuencia es 1575,42MHz. Se modula por los códigos C/A, P y un mensaje de navegación de 50 bits/segundo.
- **L2:** La portadora de banda L secundaria utilizada por los satélites GPS para transmitir datos de satélite. La frecuencia es 1227,6MHz. Se modula por el código P y un mensaje de navegación de 50 bits/segundo.
- **LF:** Line Feed.
- **MS:** Mobile Station.
- **NAVSTAR:** Navigation Satellite Timing and Ranging.
- **NMEA:** National Marine Electronics Association (Asociación Nacional para la comunicación con instrumentos electrónicos marinos) La

normativa NMEA 0183 define la interfaz para dispositivos electrónicos de navegación marina. Esta normativa define un número de 'cadenas' que se denominan cadenas NMEA y contienen información de navegación, como por ejemplo posiciones.

- **NSS:** Network Subsystem.
- **PCU:** Packet Control Unit.
- **RTK:** Real-time kinematic (cinemático en tiempo real). Un tipo de levantamiento o medición GPS.
- **SGSN:** Serving GPRS Support Node.
- **SIG:** Sistema de Información Geográfica.
- **SMS:** Short Message Service.
- **SMSC:** Short Message System Center.
- **TCP/IP:** Protocolo de Internet.
- **TLM:** TeLeMetry.
- **VLR:** Visitor Location Register.
- **WG554:** Sistema Geodésico de Referencia en GPS.