

Módulo de Control y Rastreo Remoto Vehicular.

Marcelo Oscar Cejas, Franco Martín Salvático, Javier Nicolás Gonella, Javier
Guillermo Panero, Fabián Marcelo Sensini

Departamento de Ingeniería en Electrónica - UTN Facultad Regional Villa María
Av. Universidad 450 – Villa María – Córdoba – Argentina
mcej@frvm.utn.edu.ar, fabiansensini@frvm.utn.edu.ar

Resumen. Para un mayor control y seguridad de los vehículos pertenecientes a transportes de carga y pasajeros, es necesario conocer en todo momento la localización y el estado de funcionamiento de cada una de las unidades integrantes de la flota. Es por ello que se creó un sistema de rastreo que incorpora tecnología GPS y GPRS, mediante las cuales se obtienen datos asociados a la posición y la velocidad, y la comunicación de estos datos a la central de control. Toda la información es procesada en el vehículo por un microcontrolador que coordina los periféricos presentados más el almacenamiento de datos, la monitorización del estado, la interpretación de la programación del sistema y la generación de alarmas establecidas. Se puede indicar que el módulo cumplió con el objetivo de brindar información del vehículo a intervalos regulares como así en momentos de activarse una alarma.

Palabras Claves: AVL, GPS, GPRS, Microcontrolador, SD.

1 Introducción

Los sistemas de posicionamiento global por medio de satélites [1] [2] (GPS, Global Positioning System) han tomado gran importancia en la localización terrestre, marítima y aérea, la navegación automática de maquinaria, control de logística, rastreo y seguridad de transportes en general. Asociado a que en la actualidad se ha producido un incremento notorio del transporte privado y público tanto urbano como interurbano llevan a enfrentarse a nuevos desafíos y problemas que se deben resolver.

De las soluciones posibles, la más eficiente es el uso de sistemas localización automática de vehículos (AVL, Automatic Vehicle Location) que hace uso de GPS y procesamiento informático. Al combinar estas tecnologías con las comunicaciones móviles, memorias de almacenamiento, microcontroladores e informática, es posible generar un sistema capaz de interactuar permanentemente entre vehículos y centrales remotas de control para el procesamiento de datos y toma de decisiones.

El dispositivo de rastreo se instala en el vehículo y envía información de su ubicación, en tiempo real o no, a un sistema de control y monitoreo. Existen muchas técnicas para determinar la posición y transmitirla, en general el módulo almacena la información de posición entre un periodo de tiempo específico, que puede ir de segundos a minutos y luego esta información se envía directamente, o también puede ser procesada previo al envío. Los sistemas AVL son la combinación de varias tecnologías, como son la unidad GPS del vehículo que recibe las señales del conjunto de satélites y calcula la posición geográfica del móvil, el sistema de comunicaciones que recibe la ubicación desde el receptor GPS y la transmite a un centro de control,

para esta tarea se usa la red celular tipo GSM [3] (Global System for Mobile Communications) ya que las comunicaciones son de baja tasa de transmisión de datos y la cobertura de la red es extendida, un centro de control recibe los datos de cada vehículo y los procesa mediante un software mostrando su ubicación en una pantalla. Cualquier flota de vehículos puede ser administrada de forma eficiente, ya que permite el rastreo de cargas de gran valor aumentado enormemente su seguridad debido a su permanente monitoreo. Por estos motivos las compañías de transporte de pasajeros y cargas usan sistemas AVL para optimizar la flota de vehículos, reducir el consumo de combustible, mano de obra y costos, incrementando la seguridad y protección de conductores y pasajeros.

Los sistemas AVL incrementan la eficiencia operativa y también mejoran el servicio al usuario debido a la capacidad de predecir horarios de partida y llegada del transporte en tiempo real, al contar con estos datos le permite a la empresa analizar la calidad del servicio, planificar horarios y realizar mantenimiento programado. Los costos de un sistema AVL varían de acuerdo al número de componentes, su tamaño y la complejidad del sistema. La tendencia es que los costos disminuyan y la integración aumente. Al momento esta tecnología se usa intensivamente en la mayoría de los países desarrollados para monitorizar la ubicación y velocidad de vehículos. En los países en vías de desarrollo se implementa también pero en general la electrónica y software se importa desde otros países. Es por ello que es muy interesante abordar el problema y desarrollar sistemas de manera local que permitan generar conocimiento sobre las distintas tecnologías que conforman un sistema AVL, posibilitando su aplicación en conjunto o por separado en aplicaciones específicas.

2 Componentes del Sistema AVL

El diseño general de un sistema AVL es mostrado en la Fig. 1, donde se encuentran las distintas partes que lo componen. El módulo creado es el dispositivo que se ubica en los vehículos.

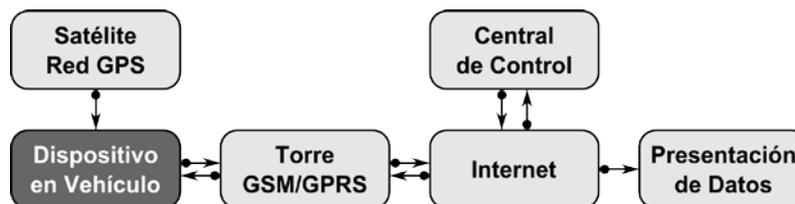


Fig. 1. Diseño en bloques del sistema AVL.

Este dispositivo se puede describir como dos grandes bloques, uno corresponde a lo que es hardware electrónico que lo compone y el otro bloque hace referencia a la programación que aplicada en el microcontrolador, es decir el firmware.

3 Diseño del Módulo de Rastreo

Las funciones que cumple el módulo que se instala en los vehículos son la de transmitir y recibir datos vía GPRS a la central, procesar datos generados por el GPS, obtener información de los sensores y comandar distintas variables del vehículo, administrar recursos de energía y batería. Para llevar a cabo esta tarea se incluye un circuito integrado microcontrolador que generalmente forma parte de los sistemas embebidos [4]. Los microcontroladores incluyen CPU de 8/16/32 bits, RAM, ROM, pines de entrada/salida digital, temporizadores, osciladores a PLL, conversores A/D, puertos de comunicación UART, USB y I2C, y modos de bajo consumo de energía todo integrado en un solo chip lo que disminuye la cantidad de partes y costos.

Los microcontroladores ejecutan programa que se encuentra en la memoria ROM, llamado ejecutable o firmware comúnmente escrito en lenguaje C permitiendo excelente portabilidad de código para poder reutilizar librerías y código generado en distintos microcontroladores como en otros proyectos. Para el almacenamiento masivo de datos se usa una memoria flash tipo SD (Secure Card). Esta dota de máxima autonomía al sistema sobre todo en casos de pérdida de comunicación con la central de control. Mientras no hay cobertura GSM el microcontrolador almacena los datos en la SD y espera a que el módulo ingrese nuevamente a la zona de cobertura GPRS para poder enviarlos. El dispositivo incluye un sistema de energía de reserva para cuando el vehículo no se la provee. Se utiliza una batería externa y con el microcontrolador se diseñó un circuito de administración de energía y carga de batería. Con las entradas digitales del microcontrolador se implementan lecturas del estado del vehículo. Para la comunicación con los distintos módulos AVL sobre los vehículos se usa un sistema de servicio Web que permite que el módulo transfiera sus datos escribiendo a una dirección IP específica. Esta información se usa para mostrar en una interfaz amigable al usuario la posición, velocidad, estado del vehículo. Además para cada vehículo se pueden fijar alarmas de desvío de ruta específica y velocidad máxima.

4 Implementación del Hardware

El prototipo del módulo AVL se implementó sobre una placa de circuito impreso que incluye todos los componentes, conectores y zócalos para conectar el hardware que lo compone. Este dispositivo, consta de una serie de periféricos y módulos para su funcionamiento. Un diagrama en bloques del mismo se presenta en la Fig. 2. Luego de realizar mediciones y pruebas se integrará y disminuirá el tamaño lo máximo posible.

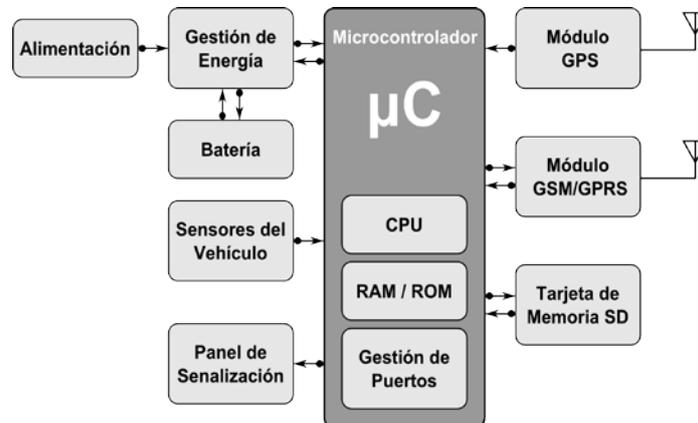


Fig. 2. Diagrama en bloques del dispositivo AVL.

La alimentación del sistema es obtenida de la red eléctrica del vehículo en el cual es instalado, pero es requerido el uso de una batería propia que permite al módulo seguir en funcionamiento aun cuando falle la alimentación principal, por esta razón es que se tiene un gestor de energía encargado de controlar el estado de carga como de falla en alimentación comunicando estos estados al microcontrolador que ejecuta las operaciones de acuerdo se encuentre en modo normal o batería. En caso de llegar al estado de batería baja, se envía la alarma correspondiente y se pasa a modo apagado hasta tanto no se recupere alguna de las fuentes de alimentación. Las entradas analógicas y digitales, permiten ingresar los datos provenientes de los sensores del vehículo que representan distintos estados y alarmas. El panel de señalización da a conocer de manera sencilla en qué modo de trabajo está el sistema, las intensidades de señal de GPS y GSM, si hay proceso de comunicación, entre otros. El módulo GPS como el de GSM se hallan conectados mediante puerto de serie (estándar RS232) y con cambiadores de nivel lógico. El módulo GPS es un GR-22 de la empresa SANAV conectado a la antena activa con LNA SM-76 de San Jose Technology Inc [5]. Para recibir las señales de los satélites. La comunicación GSM/GPRS se realiza con un módulo Motorola G24L [6], al que se le añade el lector de tarjeta SIM y la antena pasiva. Con este módulo se efectúa el envío de las alarmas o el estado general al servidor central, como así recibir comandos de acción. En caso de no existir comunicación, el sistema permite el guardado de todas las alarmas programadas en una tarjeta de memoria del tipo SD, que se halla comunicada con el microcontrolador mediante puerto SPI y utiliza un sistema de archivos FAT. Esta tarjeta también es usada para la programación inicial. El microcontrolador elegido es Microchip® PIC18F45J50, que posee la cantidad de memoria RAM y ROM suficientes para la ejecución del programa, además de los periféricos de comunicación requeridos para conectarse con los módulos de datos utilizados.

Todo el hardware se monta sobre una placa prototipo para la evaluación de los componentes, la misma cuenta con el sistema de alimentación y las conexiones para cada uno de los módulos usados. Una vez evaluado el comportamiento, se realizará una placa de menor tamaño con un nivel de integración mayor que permita ubicar al dispositivo de manera más sencilla en el vehículo a controlar.

4.1 Placa Base

Este módulo es el más importante del sistema, ya que en el mismo se interconectan todos los demás dispositivos.

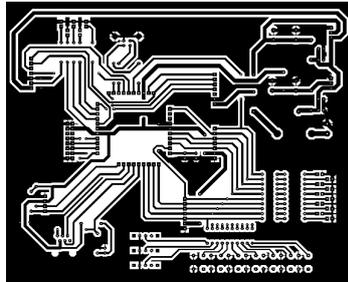
Los circuitos que lo conforman son los siguientes:

Reguladores de tensión: Se cuenta con dos circuitos reguladores de tensión, ambos regulan a 3.3V, uno de ellos es destinado a la alimentación exclusiva del módulo GPS y el otro es destinado al consumo del microcontrolador, la memoria SD y demás componentes excluyendo el módulo GPRS, ya que este último cuenta con regulador de tensión propio en su placa modular.

Llaves y pulsadores de comando e indicadores de estado: Este circuito nos permite interactuar con el microcontrolador para poder gobernarlo y obtener una lectura simple pero eficaz de lo que nosotros hayamos introducido en el firmware del mismo. En total se cuenta con 3 llaves deslizables de 2 puntos, 7 pulsadores y 10 LED que se encuentran directamente conectados a los pines del circuito integrado. Además se cuenta con 5 LED que se encienden ante la presencia de las tensiones correctas y los estados de funcionamiento de los módulos GPS y GPRS.

Comunicaciones externas: La placa cuenta con ciertos conectores y circuitos que nos permite interactuar con el microcontrolador, tanto sea para programar como para obtener una transferencia de datos. Para poder programar el microcontrolador se dotó a la placa de un conector RJ12, mediante el cual se realiza una conexión ICSP (Programación en circuito), de esta manera evitamos tener que retirar el circuito integrado cada vez que deseamos cambiar el firmware del mismo. Para poder realizar una transferencia de datos se colocó un conector estándar USB, de esta manera se puede conectar a una PC u otro dispositivo USB y obtener así una manera eficaz y rápida para la transferencia de datos.

En la Fig. 3 se puede observar el diseño final de la placa base.



a)



b)

Fig. 3. (a) Diseño PCB de la placa base. (b) Diseño final de placa base.

4.1.1 Módulo GPS

La placa GPS está conformada básicamente por el módulo integrado GR-22 de la empresa SANAV. Este módulo integrado cuenta con las siguientes características:

Dimensiones: 17 x 22mm. Permite realizar aplicaciones de tamaños realmente pequeños. Sensibilidad: -160 dBm. Conectividad: USB y UART. En este proyecto se utiliza la conectividad serie (UART). Máxima frecuencia de actualización: 4 Hz. Tipo de antena soportada: Pasiva y activa. Temperatura de operación: -40 a 85°C. Para el funcionamiento del circuito integrado en el módulo GPS se optó por utilizar una antena pasiva que se conecta a través de un módulo SMA. Como se mencionó anteriormente el regulador de tensión del módulo está ubicado en la placa base. En la Fig. 4 se puede observar el diseño final del módulo GPS implementado.

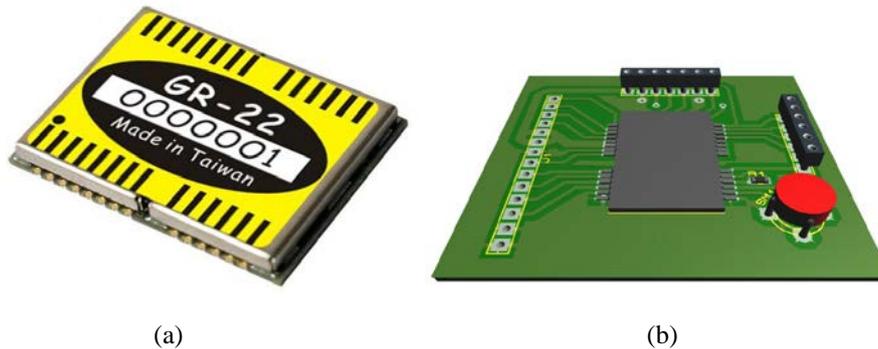


Fig. 4. (a) Módulo GPS utilizado. (b) Diseño final del PCB implementado para el módulo GPS.

4.1.2 Módulo GPRS

La placa GPRS está conformada por el módulo GSM/GPRS integrado G24 de la empresa MOTOROLA. Este módulo integrado cuenta con las siguientes características: Soporta 4 bandas de operación GSM: 850/900/1800/1900 MHz. Puede operar con cualquier red GSM/GPRS/EGPRS para establecer llamadas y comunicaciones de datos. Es controlado fácilmente a través de comandos AT. Posee interface de múltiples propósitos con conversores A/D incluidos. Posee salida de tensión regulada para poder ser utilizado por circuitos externos. Dimensiones: 45.2 x 24.4 mm. Permite realizar dispositivos de pequeño tamaño.

Todos los demás componentes necesarios para el funcionamiento del módulo GSM/GPRS se encuentran en la placa GPRS diseñada, entre los que se destaca el regulador de tensión y el zócalo para la tarjeta SIM.

4.1.3 Módulo SD

La placa en donde se conecta la tarjeta de memoria SD es un modelo estándar de la industria que es fabricado por la empresa LC STUDIO. Este módulo puede ser utilizado tanto a 3.3 o 5 V, ya que posee un regulador de tensión incorporado. En la Fig. 5 se puede observar el módulo utilizado.

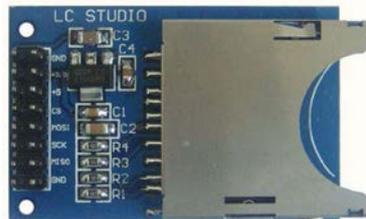


Fig. 5. Módulo para conexión de memoria SD

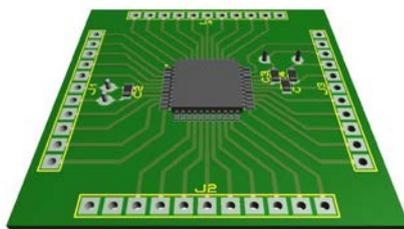
4.1.4 Módulo Microcontrolador

El microcontrolador utilizado para el diseño del sistema es el PIC18F46J50 de la empresa Microchip. El mismo posee las siguientes características que son de nuestro interés para el diseño del sistema:

Rango de tensión de operación: 2 a 3.6V. Programación Serie En Circuito (ICSP). Permite programar en microcontrolador sin desmontarlo de la placa.

Comunicaciones: USB: Permite controlar el dispositivo a través de un puerto USB. 2 puertos serie: A través de los mismos es posible controlar el módulo GPS y el módulo GSM/GPRS simultáneamente. Corriente de consumo en modo sleep: 105nA. Permite reducir el consumo en caso de utilizar una batería. Frecuencia de trabajo: hasta 48MHz. La placa diseñada para montar el microcontrolador a la placa base contiene solo componentes que deben estar soldados en las cercanías de los pines del circuito integrado para que este funcione correctamente. Estos componentes son unos capacitores para estabilizar la tensión y un circuito oscilador (cristal de cuarzo y capacitores cerámicos) para que establezca la frecuencia de trabajo.

En la Fig. 6 se puede observar el diseño final implementado del módulo del microcontrolador.



a)



b)

Fig. 6. (a) Diseño en computadora de placa del microcontrolador. (b) Diseño físico de primer prototipo de placa del microcontrolador

5 Protocolo de Control y Programación

Para establecer la configuración del sistema, es necesario ingresarle la programación específica mediante un archivo de configuración que se ubica en el directorio raíz de la tarjeta de memoria SD. Una vez que se inicia el dispositivo, éste accede al archivo

y ejecuta las acciones que contengan, necesarias para ajustar las configuraciones al microcontrolador. Para que exista un entendimiento es necesario recurrir a un protocolo que permita al usuario crear de manera simple la lista de configuración, este protocolo se forma mediante tres letras seguido de una serie de caracteres que indican parámetros según el parámetro. De las tres letras, la primera indica si es una acción de programación (P), de consulta (C) o de ejecución (E). Las siguientes letras indican a qué función se está haciendo referencia como por ejemplo si se desea consultar el posicionamiento del vehículo (PV), la orden completa sería CPV. Este tipo de órdenes de consulta no se ingresan en el archivo de configuraciones sino se envían durante el funcionamiento.

La programación inicial requerida se carga en un archivo de texto en la tarjeta de memoria, en el que se escribe una orden por línea de manera que sea más sencillo tanto programarlo como luego procesar esta configuración. En este archivo se indica además, los datos para el acceso a las redes móviles de Internet que dependen de la operadora telefónica que utilice quién requiere el dispositivo. El sistema permite, además, cargar diversas alarmas como: posición, velocidad, ángulo de giro, tiempo de detenimiento, fallas en el vehículo, entre otros. Por ejemplo se requiera programar una alarma de velocidad se deberá indicar el siguiente comando: PAV010901000060, que significa Programación de Alarma de Velocidad, utiliza la primera alarma (01), indica que la velocidad es 90 Km/h (090), indica que el sobrepaso debe ser ascendente (1), debe esperar 0 segundos antes de avisar (000) y tiene que esperar 60 segundos para una nuevo aviso (060) en caso que el evento de alarma no cese. El destino de estas alarmas se establece al momento de configurar o luego en tiempo de ejecución.

5.1 Firmware del dispositivo

Al firmware del dispositivo lo podemos dividir en dos etapas, 1) las librerías desarrolladas y utilizadas para el control de los periféricos y 2) el programa principal del microcontrolador, este es el que se encarga de utilizar las distintas librerías para el control total de los periféricos.

5.1.1 Librerías

5.1.1.1 Comunicaciones físicas

Ésta librería principalmente se basa en el protocolo de transmisión EUSART, el cual es una interfaz de comunicación que permite la transmisión de datos bit a bit. En este caso se realizó una comunicación tipo full duplex, en donde ambos extremos del sistema de comunicación cumplen funciones de transmisor y receptor, y los datos se desplazan en ambos sentidos y además de manera simultánea. Dicha comunicación se realiza de manera asíncrona, se configurando el transmisor y el receptor, la cantidad de bits a transmitir requerido (8 bit de datos), el modo de recepción continua y la velocidad de transmisión en 9600 baudios.

La construcción de la librería fue necesaria para recibir las tramas provenientes del GPS al microcontrolador y luego realizar el correspondiente procesamiento de los datos. Además, se utilizó para efectuar la comunicación entre el microcontrolador y el módulo GSM/GPRS/EGPRS enviando los datos ya procesados al servidor central.

5.1.1.2 Decodificación NMEA 0183

Su función principal es la de decodificar las tramas provenientes del módulo GPS [7]. La decodificación la comienza luego de corroborar si la trama que ha llegado es una de las deseadas y posee información válida. Si esto ocurre se obtienen los datos necesarios de la misma y éstos son guardados en registros de memoria del microcontrolador para luego ser procesados. En la Fig 7. se puede apreciar el diagrama de flujo de la operación de decodificación de una trama recibida.

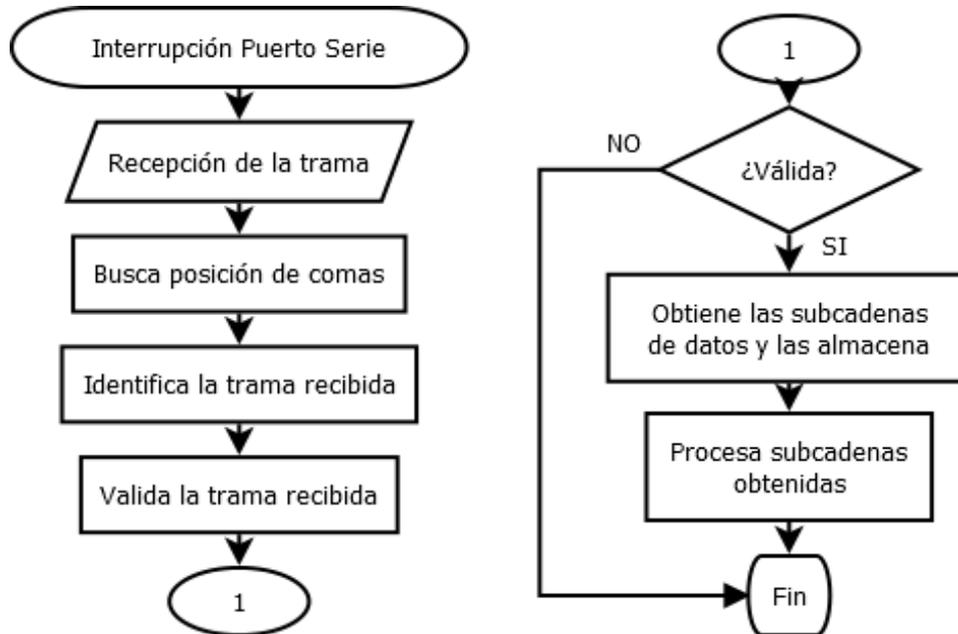


Fig. 7. Diagrama de flujo de la decodificación NMEA 0183.

Las tramas que son de nuestra utilidad son: la trama GGA (Global Positioning System Fix Data), de la cual obtenemos el dato de la altitud. De la VTG (Course Over Ground and Ground Speed) es posible obtener información referida a la velocidad y el curso. Y de la trama RMC (Recommended Minimum Navigation Information), de la que se obtiene la mayor parte de los datos utilizados que son: fecha completa (día, mes, año, hora, minutos y segundos), latitud, longitud, indicador norte o sur, indicador este u oeste.

5.1.1.3 Comunicación por Comandos AT

Los comandos AT utilizados son los mínimos necesarios para la implementación de la comunicación a través de Internet mediante GPRS al servidor central [6]. Para lograrlo, primero se debe verificar que el módulo esté correctamente conectado (AT), si tiene una SIM presente (AT+CPIN) y si se ha registrado en la red celular del operador (AT+CGREG).

Para realizar la comunicación, se deben configurar los parámetros de conexión que dependen del operador con el que se trabaje, por ello se consulta el nombre de la empresa telefónica proveedora del servicio (AT+COPS) y con éste, se buscan los datos del operador y se realiza la consulta de la información de acceso en la memoria para configurar el módulo.

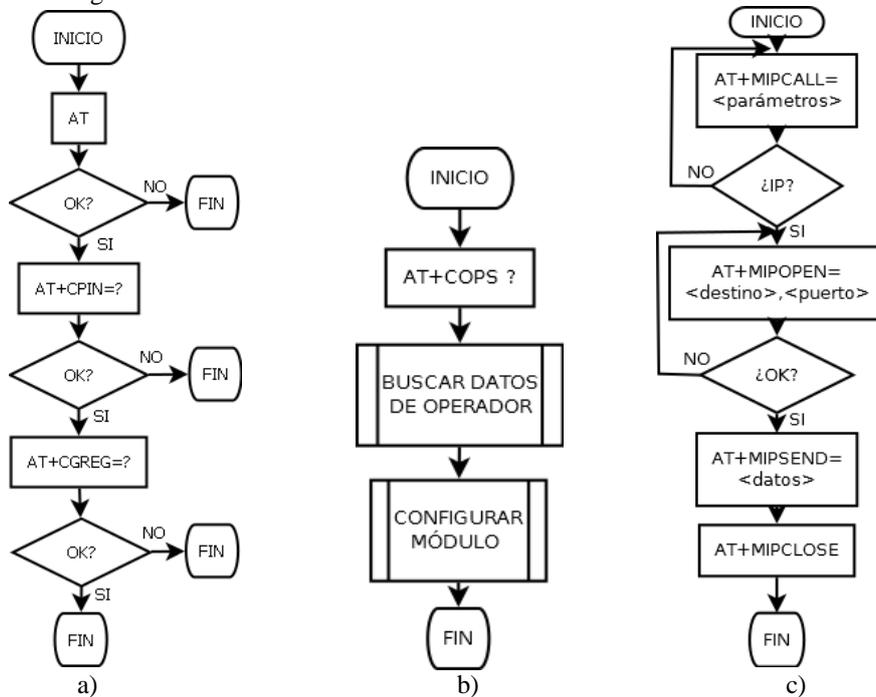


Fig. 8. Diagramas de flujo de la conexión por GPRS.

Para dejar establecido el contexto y la conexión, se debe iniciar la comunicación GPRS indicando el APN, el nombre de usuario y contraseña (AT+MIPCALL), donde el operador asigna una dirección IP y es devuelta al dispositivo para indicarla al servidor central. En este punto es capaz de enviar y recibir datos por este medio. Para enviar la información se debe indicar la dirección IP o el nombre de dominio, y el puerto de destino (AT+MIPOPEN). Luego de contactado el destino, es posible transferir los datos (AT+MIPSEND) que se tengan almacenados. La conexión puede ser mantenida hasta tanto se decida el cierre de la sesión (AT+MIPCLOSE), o

también por inactividad por parte del operador ya sea por exceso de tiempo o por falta de datos transferidos.

En la Fig. 8 se representa el diagrama de flujo de la conexión completa por GPRS. En la Fig. 8a esquematiza la conexión inicial a la red, la Fig. 8b se configuran los parámetros de conexión y en la Fig. 8c se realiza el envío de los datos.

5.1.2 Programa principal

El programa principal en el que son utilizadas las librerías puede ser representado mediante una máquina de estados. La Fig. 9 es una representación de las actividades llevadas a cabo.

Su funcionamiento inicia mediante la configuración general del dispositivo, luego se realiza la consulta de la trama del GPS. En el caso que la trama sea válida, se avanza hacia la etapa del procesamiento de los datos, de no ser así se sigue esperando hasta tanto los datos recibidos sean válidos.

En la etapa de procesamiento de los datos se lleva a cabo el acondicionamiento y evaluación de los mismos. La información obtenida es almacenada en la tarjeta de memoria y queda a la espera de ser transferida. Luego de ello, se trata de efectuar el envío correspondiente, tanto se hayan podido enviar o no los datos se pasa nuevamente a la primera etapa de recepción del GPS. Esto es así, porque la una de las funciones principales del sistema es la de mantener un registro del trayecto y de la velocidad del móvil en todo momento.

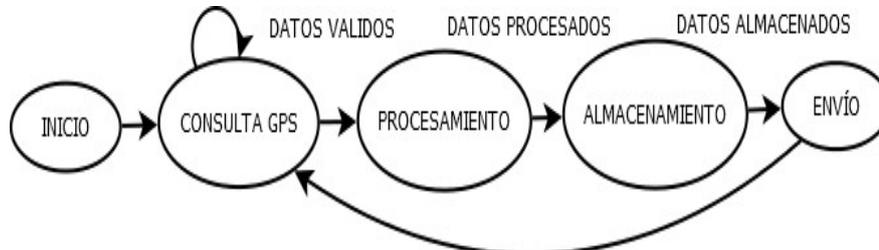


Fig. 9. Diagrama de flujo de la Máquina de Estados.

6 Servidor Central

La central de monitoreo se implementará con un servidor web del tipo Apache en el que correrá el sistema. Éste debe recibir por Internet toda la información de los módulos AVL instalados en los vehículos y guardarla en una base de datos. Con los mismos debe procesar en tiempo real el estado de las rutas planificadas y el tiempo que lleva el recorrido para emitir alarmas de retraso y calcular con precisión la hora de llegada del medio de transporte como así, predecir el estado del tránsito en base a cálculos estadísticos de estos datos. Además, debe procesar la posición tridimensional del vehículo, la aceleración y el tiempo detenido para estimar el consumo de

combustible. En caso de falla de la red de Internet tanto local como en los móviles, se debe recibir la información por SMS o llamada telefónica.

7 Conclusión

Por lo expuesto resulta de sumo interés la implementación de sistemas dedicados AVL. Se ha investigado y desarrollado un sistema genérico capaz de ser instalado en uno o más vehículos que pueda proveer en todo momento la información de posición, velocidad, rumbo y alertas que se necesite de un móvil y de sus sensores asociados que controlen la carga así como el comportamiento de su conductor, que se generaron en las especificaciones del sistema AVL.

Se han implementado placas de circuito impreso prototipo para realizar mediciones y puesta a punto del hardware, lo que nos permitió desarrollar el firmware del microcontrolador y realizar pruebas de funcionamiento del sistema.

El programa que realizó las tareas de evaluación, es una versión reducida que sólo efectúa el control de los periféricos, esto es tomar un bloque de datos de la posición del GPS y transmitirlos mediante GPRS a un servidor de prueba que los almacena y los muestra en pantalla.

Además, se midieron los consumos de energía para cada modo de funcionamiento en especial solo recepción GPS y transmisión/recepción de datos vía GPRS. Están dentro de los valores nominales calculados. Se realizaron evaluaciones frente a cambios en la temperatura y la tensión de alimentación del módulo prototipo en un rango industrial de trabajo comprobando que no se produzca ningún tipo de falla.

Se efectuaron pruebas de recepción de GPS, envío y recepción de datos GPRS en zona urbana. No se detectó ningún problema. Se deben realizar aún mediciones en ruta para evaluar su funcionamiento a baja señal, distintas circunstancias geográficas, de velocidad y climáticas, como si se tratase de una flota de vehículos real.

Al tratarse de un prototipo, no hay aún datos concretos respecto del costo de implementación. Principalmente debido a la posibilidad de reducción de costos por producción en serie y adquisición de materiales a mayoristas.

Referencias

- 1 National Oceanic and Atmospheric Administration, Global Positioning, NOAA, 2011.
- 2 Trimble, GPS Tutorial, Trimble, 2011.
- 3 Tisal, J., La red GSM, Ed. Paraninfo, 2000.
- 4 Microchip Technology Inc., Embedded control handbook, Microchip, 1997
- 5 San Jose Navigation, GR-22 GPS Receiver Module SANAV GPS.GR-22-090511-P1.
- 6 Motorola, Motorola G24 developer's guide, Motorola, 2006.
- 7 National Marine Electronics Association, NMEA 0183 - Standard for interfacing marine electronic devices version 2.30, NMEA, 1998.