

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE LOCALIZACIÓN VEHICULAR EN LA BANDA VHF CON TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL EN TIEMPO REAL UTILIZANDO EL MÓDULO DE DESARROLLO DEL MICROPROCESADOR ADSP – 2181

Christian Patricio Acevedo Páez, Marco Renato Mejía Ruiz, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito – Ecuador

Resumen – En este documento evidencia todas las consideraciones necesarias y suficientes para realizar un sistema básico de localización vehicular en la banda VHF, usando radio bases que únicamente permiten enlaces de voz, para lo cual se ha diseñado e implementado una plataforma digital que permita la transmisión y recepción de información de navegación obtenida de un GPS, los prototipos transmisor y receptor toman en cuenta la necesidad de conservar la funcionalidad de voz. La base para el desarrollo es el procesamiento digital de señal efectuado por medio del Ez kit Lite ADSP 2181, cuyo elemento fundamental es un microprocesador DSP; los resultados se observan en tiempo real en *Google Earth* y el histórico posicional es almacenado en una base de datos en *Microsoft Access*.

Índices – Comunicación digital, electrónica analógica, procesamiento digital de señal, programación.

I. INTRODUCCIÓN

A. Localización automática vehicular (AVL)

Como su nombre lo indica, es aquella que permite conocer la ubicación geográfica exacta de un móvil en un determinado instante de tiempo, pero en el contexto actual es más que un medio de rastreo, es una completa herramienta que permite realizar un adecuado control logístico de los activos móviles que la implementan, dando origen a un sin número de mejoras, así por ejemplo:

- Ahorrar tiempo y dinero en la utilización de rutas eficientes.
- Controlar el cumplimiento de horarios e itinerarios.
- Establecer la idoneidad de algún móvil para cumplir una determinada tarea.
- Garantizar al cliente la prestación de algún servicio de transporte de mercadería.
- Permitir la recuperación o auxilio mecánico inmediato del vehículo en casos de emergencia.

Todo lo nombrado representa sin duda alguna un adelanto que redundará en una ventaja comercial diferenciadora de las empresas que implementan un sistema AVL, permitiéndole ofrecer un plus a su cliente, además de obtener la realimentación necesaria para poder mejorar el servicio prestado.

B. Tendencias tecnológicas y AVL

Existen diferentes tipos de sistemas AVL obedeciendo al hecho de la existencia de diversos recursos para su implementación, de esta manera se da la siguiente clasificación:

- Por el origen de los datos de navegación
- Por la característica de tiempo real
- Por la red que los soporta

La primera de las clasificaciones tiene lugar cuando se utiliza o no un *GPS* para obtener la información de navegación (posición, velocidad, rumbo, etc.), de no hacerlo es posible usar alternativas como *radio navegación* o lo conocido como *Dead Reckoning*. Sin embargo los dispositivos de Posicionamiento Global han demostrado tener supremacía en el campo, y sus desventajas han sido minimizadas dado su servicio gratuito y posicionamiento absoluto.

La segunda clasificación se relaciona con las necesidades de control de cada empresa o persona, así los sistemas en tiempo real transmiten la posición actualizada de los móviles posibilitando la toma de decisiones el instante mismo de la recepción de la información en central, para lo cual necesariamente deben apoyarse en un sistema de transmisión de datos; por otro lado los sistemas fuera de línea simplemente guardan las posiciones ocupadas en una memoria para al final de un período poder analizarlas.

La tercera clasificación es importante ya que determina el alcance en cobertura del sistema AVL, así este es tan amplio como la red que los soporta, se tienen entonces tres tendencias:

- Red de datos celular
- Red Satelital
- Red VHF – UHF

La red celular presenta la ventaja de ofrecer una plataforma adecuada para la transmisión de datos, la cual se conoce como banda ancha móvil (GPRS, EDGE, etc.), además de la extensa área de cobertura. El usuario final puede observar la ubicación de sus móviles típicamente vía internet a través de

una interfaz *cliente – servidor* haciendo uso de un nombre de usuario y una contraseña.

La red satelital se ha empleado en sistemas exigentes en cuanto al área de cobertura necesaria para la operación, en el sentido de observación de la información de navegación actualizada es la misma que para la red celular.

Por otro lado cuando la aplicación que se desea monitorear se lleva a cabo en un entorno urbano, como por ejemplo una cooperativa de taxis, el uso de una red de comunicación VHF – UHF se hace atractiva.

Es en este último campo en que se ha enfocado el proyecto, ya que al tratarse de ser una tecnología probada y de poseer una infraestructura instalada, los sistemas VHF – UHF presentan todas las posibilidades de soportar una plataforma para manejar la transmisión y recepción de información de navegación, con lo cual se da un valor agregado al uso de esta tecnología provocando un ahorro de recursos al no tener que reemplazar el sistema o instalar uno paralelo.

La Localización Automática Vehicular hecha mano de un recurso fundamental, los Sistemas de información Geográfica (SIG), que desde tiempos muy antiguos cumplen un rol importante, relacionar un aspecto de información con una imagen territorial, en este caso dicho aspecto de información constituye la posición del vehículo, con lo cual los datos obtenidos típicamente de un dispositivo GPS no resultan ser tan abstractos ya que se relacionan de manera unívoca con la realidad a través de un mapa digitalizado.

II. RECURSOS UTILIZADOS

Para poder implementar la plataforma para la transmisión y recepción de información de navegación es indispensable usar un Sistema de Procesamiento Digital de Señal (DSP) como el mostrado en la Fig. 1:

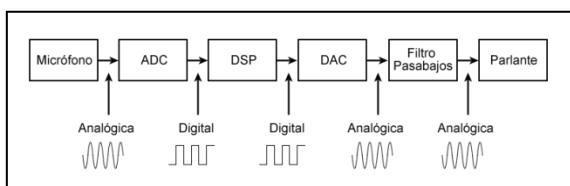


Fig 1. Sistema de Procesamiento Digital de Señal

Dicho sistema DSP es el representado por el Kit de desarrollo del microcontrolador ADSP 2181:

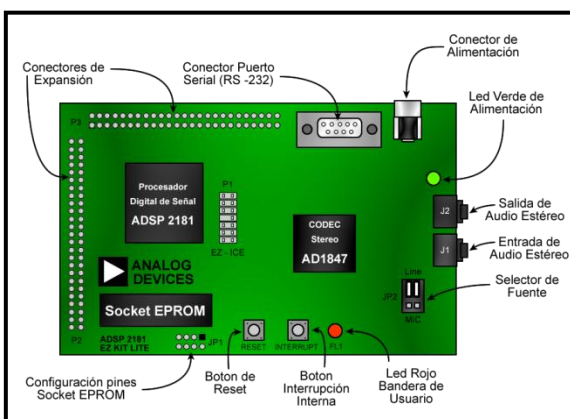


Fig. 2. Ez Kit Lite ADSP 2181

Como puede apreciarse en la Fig. 2 el kit de desarrollo presenta características adicionales a las descritas en la Fig.1, que facilitan el envío y adquisición de datos desde y hacia el exterior respectivamente, como por ejemplo banderas de entrada – salida, puerto serial, entre otras.

El software necesario para poder interactuar con el sistema DSP descrito es el denominado *VisualDSP++ 3.5*, que permite el desarrollo de aplicaciones de procesamiento digital de señal para microcontroladores DSP de *Analog Devices*.

El segundo recurso importante a utilizar son las radio bases transmisora y receptora, *TK7100* y *TK760H* respectivamente, ambas de *kenwood*, éstas permiten el enlace de radiofrecuencia en la banda VHF necesario para la transmisión de información de navegación procesada por el sistema DSP.

El tercer elemento en consideración es un equipo de ampliación de la cobertura constituido por un equipo repetidor *TK750R* de *kenwood*, una antena VHF sintonizada a las frecuencias usadas, las cuales son licenciadas por el respectivo ente regulador:

- 171.125 MHz para transmisión
- 172.3 MHz para recepción

Finalmente dentro de este tercer elemento se encuentra el *duplexor* que permite la operación con dos frecuencias usando una misma antena. Este sistema de ampliación de cobertura fue ubicado en el sector de *Miravalle* en la ciudad de Quito con el fin de realizar pruebas de funcionamiento del sistema prototipo final en condiciones reales.

III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROTOTIPOS

El desarrollo de los prototipos puede dividirse en dos partes, transmisión y recepción.

A. Consideraciones en transmisión

Se toman en cuenta los siguientes aspectos en la sección de transmisión.

1) *Aspectos de recepción GPS*: El estándar *NMEA¹* (*National Marine Electronics Association*) que gobierna el formato de la información entregada establece una interfaz serial asíncrona a 4800 bps con un bit de inicio, uno de parada y sin paridad; el GPS proporciona los datos en forma de tramas que se actualizan cada segundo, diferenciándose una de otras por la información que contiene cada una.

De todas ellas la más trascendente para los propósitos del presente proyecto es la denominada *GPRMC*, que contiene la siguiente información:

- Hora en la que se generó la información.
- Estado entre la red y el receptor GPS (conectado ó desconectado).
- Posición del receptor GPS en latitud y longitud.

¹ www.nmea.org

- Velocidad del móvil.
- Fecha actual.
- Ángulo respecto del norte del móvil.
- Variación magnética (ángulo entre el norte geográfico y el norte magnético).

Toda esta información constituye los campos de la trama *GPRMC*, los cuales se hallan separados mediante comas, así lo muestra la Fig.3:

```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230309,003.1,W*6A
```

Fig. 3. Trama NMEA *GPRMC*

La forma de la trama presentada anteriormente es modificada de manera que presente un formato adecuado para los propósitos de un sistema AVL:

Hora en el meridiano de Greenwich	Latitud	Velocidad	Fecha	Carrier Return y Line feed
>DSP1,173820,A,0012.1225,S,07829.5325,W,000.0,038.3,200509,*<\n\r				
Identificación del Móvil	Estado del GPS	Longitud	Grados respecto al norte	Checksum

Fig. 4. Trama de localización a usar

Como puede verse los cambios fundamentales se encuentran en los extremos, donde se ha reemplazado los *ASCII's GPRMC* por *DSP1* que corresponde a la identificación del móvil, se suprime el campo de variación magnética ya que nunca se proporciona, y finalmente se añaden los caracteres $> <$ que representan el inicio y fin de información válida, 65 caracteres en total.

2) *Aspectos de radio VHF*: Básicamente la plataforma a implementar consiste en un proceso de modulación - demodulación digital cuya información modulante está representada por los datos de navegación obtenidos del dispositivo *GPS*. En este sentido es importante conocer el ancho de banda del cual se dispone para la forma de onda modulada resultante, ya que en la etapa de radio esta constituirá la modulante de la portadora a 171.125 MHz, que a su vez ocupa un ancho de banda limitado por el ente regulador para las transmisiones de voz.

Todas las radio bases, por requerimiento del ente regulador, trabajan con un ancho de banda de 12.5 KHz disponibles para la onda modulada en *FM*, que típicamente lleva información de voz, pero que con la nueva funcionalidad, contendrá una onda modulada digitalmente por los datos de navegación.

Los 12.5 KHz de los que se habla no son aprovechables en su totalidad, ya que la radio base utiliza un esquema de modulación *FM* de banda angosta llamado *11K0F3E* que espectralmente resulta como muestra la Fig. 5:

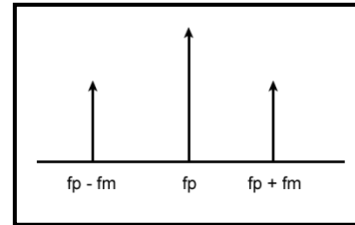


Fig. 5. Modulación *FM* utilizada por las radio bases *11K0F3E*

Es obvio entonces que los 12.5 KHz no son aprovechables en banda base, sino teóricamente solamente 6.25 KHz, de los cuales en la práctica resultan ser únicamente 4 KHz.

Entonces son 4 KHz los disponibles para la onda modulada digitalmente por los datos de navegación, como se sabe de la teoría de comunicaciones, la velocidad de transmisión que se puede alcanzar está íntimamente ligada al ancho de banda disponible [1], así pues, ¿qué tan rápido se necesita enviar la trama de localización? La respuesta viene dada al tomar las siguientes presunciones:

- Base de tiempo de 60 segundos.
- 50 móviles a monitorear.
- 50% de tiempo para uso de voz y 50% para actividad de localización vehicular.

Es decir en máximo 30 segundos se debe conocer la posición de los 50 vehículos, esto da un tiempo por vehículo de 0,6 segundos, o sea el transmisor de cada móvil puede emplear dicho tiempo para enviar a la central una trama de localización.

Como se mencionó en los *Aspectos de recepción GPS*, la trama de localización que se decide transmitir consta de 65 caracteres, realizando el cálculo respectivo resulta un tiempo por carácter de 9,23 ms, se especifica un modo de transmisión asíncrono con 8 bits de datos, 1 bit de inicio y dos de parada, entonces se tiene un tiempo de bit de 839 *us* (*microsegundos*), lo que resulta en una velocidad de transmisión de aproximadamente 1200 *bps*.

En el proyecto de titulación se busca satisfacer esta condición para la velocidad de transmisión, para lo que, entre los esquemas de modulación de radio digital, se busca el más adecuado en términos de eficiencia (lo más rápido en el menor ancho de banda), con la menor susceptibilidad al ruido y una razonable dificultad de implementación en tiempo real a través del sistema *DSP*.

Luego de detenidos análisis tanto teóricos como prácticos, el esquema final adoptado de modulación resultó ser *BPSK* (*Binary Phase Shift Keying*) ya que el ancho de banda necesario es numéricamente igual a la velocidad de transmisión deseada (el menor ocupado)[1], en este caso 1200 *bps*, además de presentar en la práctica una menor susceptibilidad al ruido; en cuanto a la facilidad de implementación, los esquemas *FSK* y *ASK* son más sencillos que *BPSK*, pero las ventajas mencionadas anteriormente determinaron su uso definitivo.

3) *Aspectos de acoplamiento físico*: La tarjeta de desarrollo Ez Kit Lite ADSP 2181 debe ir acoplada a la radio base transmisora para que la portadora modulada digitalmente tenga acceso al canal de comunicaciones, con

lo cual se habrá enviado la trama de localización, para ello se usan los pines 4, 6 y sus respectivas referencias del *jack* RJ45 de la radio base, la funcionalidad de cada pin se explica en la Fig. 6:

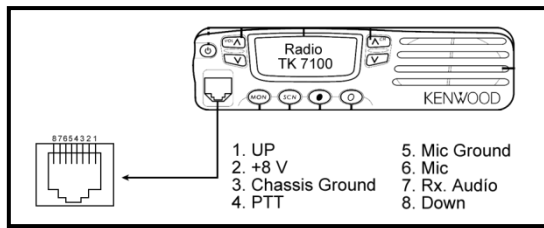


Fig. 6. Distribución de pines del *jack* RJ45 presente en la radio base transmisora

Si se usan directamente estos pines para realizar las transmisiones de información de navegación, la operación de voz no sería posible ya que en el mencionado *jack* RJ45 se conecta el micrófono y *PTT* (*Push To Talk*) que permiten estas comunicaciones, se debe entonces implementar un circuito analógico que tenga las siguientes características:

- Permitir la convivencia entre las transmisiones de voz y datos sin mutua interferencia.
- Permitir el uso independiente de la función *push to talk*.
- Incluir elementos visuales que permitan informar al usuario el estado del sistema.

El primer punto se refiere a que dicho circuito debe tener todos los elementos necesarios para conmutar el origen de la información a transmitir, sea voz (micrófono de uso normal) o datos de navegación (onda modulada digitalmente a la salida del *DAC*).

El usuario cuando desea realizar una comunicación de voz presiona un botón llamado *push to talk*, dicha acción “abre” el canal de comunicaciones para que pueda transmitir su voz, por otro lado la información de navegación es independiente del usuario y se debe enviar a la central sin que el conductor este al tanto de ello, se debe entonces controlar la activación de la señal *push to talk* sin interferir con la que controla el usuario, es precisamente a esto a lo que se refiere el segundo punto.

La versión final del circuito analógico de interfaz entre el Ez Kit Lite ADSP 2181 y la radio base transmisor TK7100 se muestra a continuación:

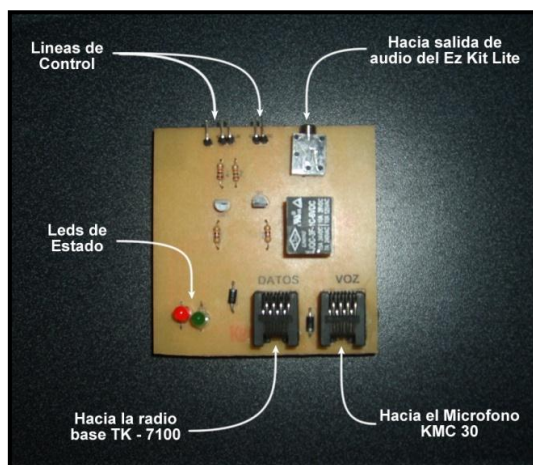


Fig. 7. Circuito Interfaz Ez Kit – Radio base

4) *Aspectos de procesamiento Digital de señal:* Constituyen los procesos efectuados en el sistema DSP, para facilitar su desarrollo y posterior entendimiento se las ha dividido en cinco módulos esenciales:

a) *Software UART (Universal Asynchronous Receiver - Transmitter):* Se relaciona directamente con los datos entregados por el dispositivo *GPS*, se encarga de capturar y ensamblar bit a bit un carácter completo, para lo cual toma en consideración lo establecido en los *aspectos de recepción GPS* (características de transmisión serial asíncrona).

b) *Reconocimiento y Almacenamiento de la trama GPRMC:* Luego de que la etapa anterior entrega el carácter ensamblado se pasa a verificar si se cumple la secuencia *RMC* con lo que se identifica la trama *GPRMC* y la información contenida es almacenada.

c) *Edición de trama:* Se modifica la trama almacenada para tener la correspondiente a la Fig. 4, añadiéndole un campo de *checksum* para el chequeo de errores en recepción.

d) *Manejo de apertura y cierre automático del canal de comunicaciones:* Encargada de proveer de inteligencia al sistema básico *AVL* a implementar, decide la transmisión de información de navegación en base a criterios de estado de movimiento, así entonces si el móvil se encuentra en reposo no habrá necesidad de reportar tan seguido su posición, se escoge arbitrariamente un intervalo de dos minutos para este estado. Si el auto se halla en constante movimiento se hace necesario reportar con mayor continuidad su ubicación, por ello se escoge arbitrariamente un intervalo de un minuto.

Se considera también un estado de emergencia denominado pánico, el cual es activado por el conductor en casos extremos, en esta situación la información de navegación se transmite cada veinte segundos. Este estado es identificado con una mayor frecuencia de parpadeo del *led* verde en el circuito interfaz.

Todos los estados mencionados dan prioridad a la transmisión de voz, es decir, si el usuario se halla comunicándose con la central y coincidentalmente llega el momento de transmitir posición, el sistema no interrumpe el enlace de voz, espera por su finalización para de manera inmediata transmitir la ubicación geográfica actual.

Una vez determinado el instante adecuado para transmitir información de navegación se abre el canal de comunicaciones, se conmuta el origen de datos a la salida del *DAC* y se sede el control al siguiente módulo.

e) *Modulación y transmisión de la información almacenada:* Se procede a modular la información de navegación, a enviar en un proceso bit a bit hasta culminar con los 65 caracteres que constituyen la trama, este es el proceso más importante desde el punto de vista de plataforma de comunicación de datos digitales y será explicado a continuación ubicando al lector en el contexto de un sistema *DSP*.

Como se ha mencionado se utiliza un esquema de modulación digital *BPSK*:

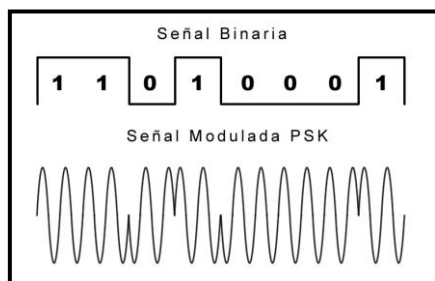


Fig. 8. Modulación BPSK

Como puede apreciarse en la Fig. 8 se tienen que generar dos formas de onda senoidales, la primera con fase 0° para representar un uno lógico y otra con fase 180° para representar un cero lógico.

Se utiliza entonces los conocimientos relativos a generación de formas de onda con un sistema *DSP* utilizando muestras de dicha forma almacenadas en una tabla.

Se obtienen N muestras de la señal a generar y se las almacena en un *buffer*, para poder obtener la misma se debe “leer”² la totalidad de las muestras en un tiempo igual al período de la onda a generar (T_d).

Para obtener las N muestras se usa la siguiente expresión:

$$N = F_s/F_d \quad (1)$$

Dónde F_s es la frecuencia de muestreo del sistema *DSP* y F_d la frecuencia de la onda que se desea generar. En este caso se generará una portadora de 2400 Hz usando una frecuencia de muestreo de 48000 Hz, con lo cual se ubicará la portadora por debajo del límite de 4 KHz del cual se había discutido y (1) resultará entero, esto último naturalmente indispensable, entonces:

$$N = F_s/F_d = 48000 \text{ Hz}/2400\text{Hz} = 20 \quad (2)$$

Estas veinte muestras pueden ser obtenidas de *MatLab*, se las almacena después en un *buffer circular*³.

² Por “leer” se entiende llevar la muestra al DAC, al haber “leído” todas las muestras en el tiempo mencionado se habrá conseguido generar la onda deseada.

³ se entiende por *buffer circular* como un conjunto de localidades de memoria reservadas por el programador, que luego de haber sido leída la última localidad se pasa a leer la primera y así sucesivamente.

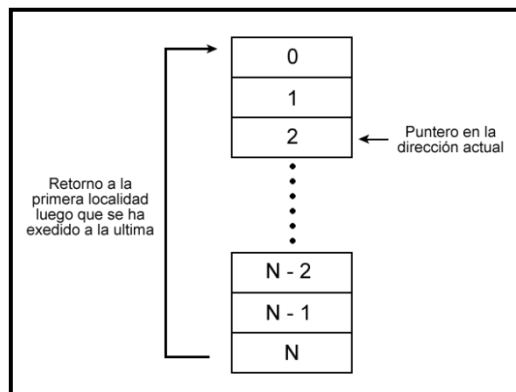


Fig. 9. Buffer Circular

Finalmente habrá que decir que para leer las muestras se necesita de una base de tiempo, la cual es el período de muestreo (T_s), como se mencionó en el presente trabajo se usó una frecuencia de muestreo de 48000 Hz, con lo cual T_s resulta ser de 20,83 μs . Entonces cada T_s se debe leer una muestra del buffer circular correspondiente a la forma de onda que se desea generar.

El tiempo que se demora en leer las 20 muestras correspondientes a la onda senoidal de 2400 Hz es entonces:

$$20 * 20,83 \mu s = 416,67 \mu s \quad (3)$$

Tiempo que corresponde al período de la forma de onda que se desea generar.

Ahora bien, ¿Cómo generar los cambios de fase? Todo radica en una correcta lectura del *buffer circular*, así si se desea modular un uno lógico se comienza a leer el comienzo de la tabla, si se trata de un cero lógico se comienza a leer la tabla desde la mitad, cuya muestra corresponde en la onda senoidal a 180° .

B. Consideraciones en recepción

Se toman en cuenta los siguientes aspectos en la sección de recepción:

1) *Aspectos de acoplamiento Físico*: De idéntica manera que en el transmisor, la tarjeta Ez Kit Lite debe acoplarse a la radio receptora TK760H ya que de esta se obtiene la información a demodular, para posteriormente llevarla hacia el computador.

La información recibida por la radio no puede ser guiada directamente a la tarjeta de desarrollo, por cuanto esta solamente acepta un rango entre 0.8 y 1.6 Vpp [2]; al ser un sistema pensado únicamente para la recepción de voz, la radio TK760H posee 32 niveles de volumen alcanzando la señal de audio hasta un nivel de 12 Vpp. Se construyó entonces un control automático de ganancia para ubicarlo como etapa intermedia entre la salida para altavoz externo de la radio base TK760H y la entrada a la tarjeta Ez Kit Lite, con lo que se tendrá siempre un valor permitido de 1.2 Vpp en esta última sección independientemente del volumen en la radio base.

El control automático de Ganancia fue implementando en baquelita utilizando como elemento fundamental un

transistor de efecto campo (*FET*) operando como resistencia variable controlada por voltaje.

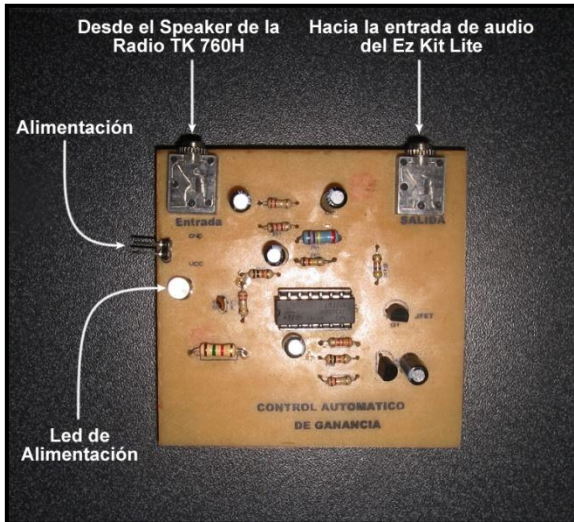


Fig. 10. Control Automático de ganancia

2) Aspectos de Procesamiento digital de señal:

De idéntica forma se lo dividió en módulos para su desarrollo y mejor entendimiento.

a) *Módulo filtrado*: Esta etapa implementa un filtro digital FIR (*Finite Impulse Response*) en tiempo real del tipo pasa banda con el objetivo limitar el espectro de la señal al estrictamente necesario para la demodulación, eliminando de esta forma las irregularidades que pudieron afectar la señal en el paso por el canal de comunicaciones.

b) *Demodulación de la onda filtrada*: Junto con el filtrado digital esta es la más importante de las tareas de procesamiento digital en el receptor.

BPSK puede solamente ser demodulado de forma coherente, es decir multiplicando la señal modulada por la portadora con fase 0° a la misma amplitud y misma frecuencia que en el transmisor, este procedimiento provoca un traslado de frecuencias a banda base con lo cual finalmente se aplica un filtro digital *FIR* pasa bajos para obtener a la salida de este los cuasi bits modulantes.

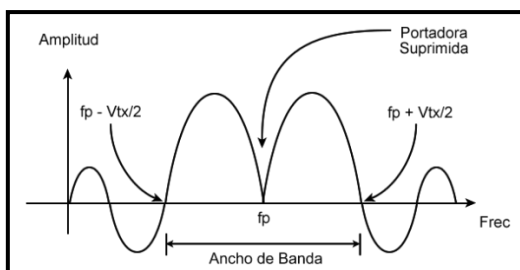


Fig. 11. Espectro BPSK

Como puede visualizarse en la Fig. 11 al modular en este esquema la portadora se suprime, el proceso de multiplicación mencionado es la llamada *reinscripción de portadora*.

Dicha reinscripción tiene que ser de manera sincronizada para evitar al máximo los errores por desfaseamiento, esto se evitó al usar un algoritmo completamente robusto que busca un

punto de referencia en la señal para iniciar la multiplicación con la portadora coherente, dicho punto es un cambio de monotonía en la señal de salida del filtro pasa banda.

Debido a la corrupción de la señal debido al canal de comunicaciones es posible que se encuentren falsos cambios de monotonía, esto simplemente se solucionó esperando que la señal a la salida del filtro pasa banda cruce un umbral por encima del cual se empezará la búsqueda del mencionado cambio de monotonía.

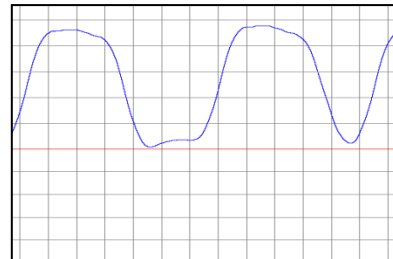


Fig. 12. Salida de la etapa de demodulación

c) *Discriminación de bits*: La Fig. 12 muestra los cuasi bit modulantes producto del proceso de demodulación, esta etapa se encarga de determinar la naturaleza lógica de los mismos, ensamblando así la trama enviada por el transmisor en un proceso carácter a carácter.

Esta etapa provee de cierto nivel de inteligencia al receptor, ya que en un inicio al terminar de ensamblar el carácter verifica que sea el ASCII correspondiente a $>$ (inicio de trama) luego de hallado el mismo se procede a ensamblar el resto de caracteres pertenecientes a la trama, buscando siempre el carácter $\backslash r$ con el cual se termina el bloque de información enviada por el transmisor; en caso de no hallar este último carácter en 65 intentos se desecha la trama por considerarla viciada.

El proceso explicado en el párrafo anterior se lo realiza precisamente para evitar que se entregue información "basura" a la siguiente etapa de procesamiento.

d) *Validación de la información recibida*: Una vez que se tiene la trama completa tal y como se muestra en la Fig. 4, se procede a validarla calculando un *checksum* y comparándolo con el que se especifica en la trama recibida, si son iguales se permite que esta pase a la siguiente etapa, de lo contrario se la desecha por considerar que se hallan errores en algún(os) campo(s) perteneciente(s) a la misma.

e) *Transmisión serial (UART)*: La información validada por la etapa anterior se transmite serialmente a 9600 bps carácter a carácter y bit a bit para que de esta manera pueda ser procesada por el computador.

3) *Consideraciones de software*: Esta parte es la que se relaciona directamente con el firmware en el procesamiento digital de señal efectuado en el sistema *DSP*, su entrada constituye la trama validada por una etapa anterior. Básicamente se trata de un programa desarrollado en java cuya operación puede ser resumida a escuchar el puerto serial y originar las entradas para el *google earth* (Archivo *KML*) y la base de datos en *Microsoft Access*.

IV. PROTOTIPOS FINALES

A continuación se presentan los prototipos finales y su ambiente de trabajo en la aplicación real:

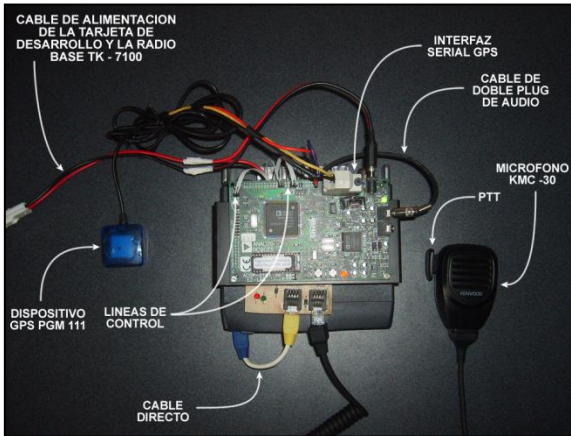


Fig. 13. Prototipo transmisor



Fig. 14. Ambiente de trabajo prototipo transmisor

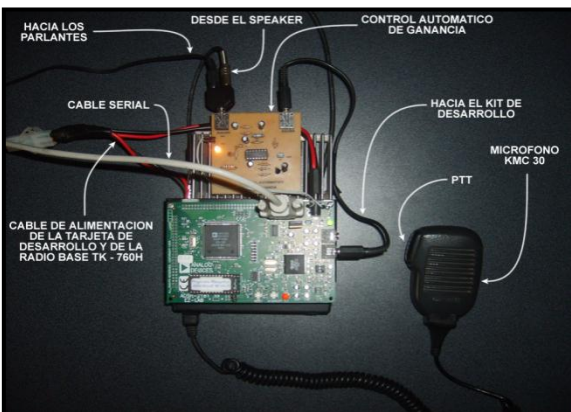


Fig. 15. Prototipo receptor

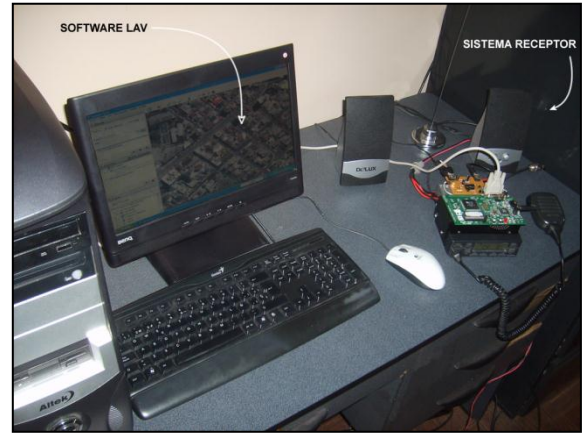


Fig. 16. Ambiente de trabajo prototipo receptor

V. REALIZACIÓN DE PRUEBAS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas realizadas pueden dividirse en dos grupos, de laboratorio y de campo, las primeras fueron efectuadas con el fin de desarrollar cada una de las partes constitutivas de los prototipos, tanto de procesamiento digital como de acoplamiento físico; las segundas fueron consumadas ya teniendo al sistema completo y funcional, para lo cual se hizo uso del repetidor previamente instalado.

Las pruebas de campo constan de seis experiencias, cada una aportó con conclusiones que llevaron al mejoramiento continuo en el desarrollo de los prototipos.

Cabe destacar que a excepción de las pruebas uno y tres, que fueron realizadas transportando el prototipo transmisor a pie, todas fueron efectuadas en condiciones reales, es decir montando el equipo transmisor en un auto con lo cual, aparte de probar el trabajo en los prototipos, se comprobó el desenvolvimiento del sistema de ampliación de cobertura actividad que inclusive llevó a realizar un muy aproximado mapa de cobertura en la ciudad de Quito.

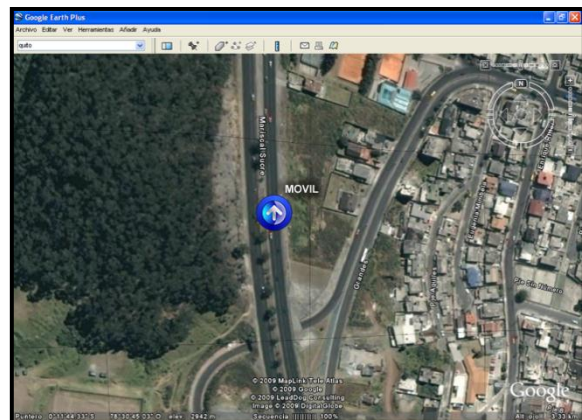


Fig. 17. Visualización de la localización vehicular en Google Earth

VI. CONCLUSIONES

En este proyecto de titulación se implementa un sistema prototipo para localización vehicular en la banda VHF utilizando un dispositivo GPS de bajo costo y técnicas de

procesamiento digital de señal utilizando un microprocesador *DSP*.

Se obtuvo un sistema completamente satisfactorio por cuanto no se altera la funcionalidad primitiva de voz, sino más bien se ha agregado una nueva funcionalidad: la transmisión de información de navegación.

El proyecto contempla todas las consideraciones de hardware y software necesarias para implementar el modulador y demodulador *BPSK* en tiempo real.

Las técnicas de procesamiento digital de señal utilizadas sugieren la posibilidad de extender su uso a la parte de radiofrecuencia, por lo que se sugiere desarrollar un proyecto posterior con esta consideración.

Este proyecto puede ser tomado como base para el desarrollo de un sistema de localización vehicular de carácter comercial.

El sistema implementado utiliza varias técnicas y tecnologías de comunicaciones para resolver un problema real y puede constituir un excelente caso de estudio para la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones.

VII. AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo prestado y por el cofinanciamiento para el desarrollo del presente proyecto, especial reconocimiento a las empresas WATCHING soluciones tecnológicas y MCF Telecomunicaciones.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Tomasi Wayne, “*Sistemas de comunicaciones electrónicas*”, Cuarta edición, Editorial Pearson, Mexico 2003.
- [2] Analog Devices, “*ADSP – 2100 Family users’s manual*”, Tercera edición, Editorial One Technology way, Estados Unidos, 1995

IX. BIOGRAFÍAS



CHRISTIAN P. ACEVEDO P., nació en Quito, el 5 de junio de 1985, inicia sus estudios en 1991 en la Escuela Municipal Experimental **Sucre**, en 1997 ingresa al Colegio Nacional Experimental Juan Pío **Montúfar** donde obtiene el título de bachiller en Físico Matemático, en el año 2003 ingresa a la **Escuela Politécnica Nacional** donde obtiene el título de Ingeniero en Electrónica y

Telecomunicaciones, en el grado aprobado **CUM LAUDE**. Actualmente presta sus servicios profesionales en Carlink S.A.

Áreas de interés: informática y redes



MARCO R. MEJÍA R., nació en Quito – Ecuador el 3 de enero de 1986, desde el año 1990 realizó sus estudios primarios en la Escuela Francisco Febres Cordero – La Salle, mejor egresado 1990 – 1997, en el año 1997 ingresó al Colegio Hermano Miguel – La Salle, donde obtuvo el título de bachiller en “Físico – Matemáticas” siendo el mejor egresado 1997 – 2003, en este último

año ingresa a la Escuela Politécnica Nacional donde obtiene el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones siendo mejor egresado en el grado de aprobado **SUMA CUM LAUDE**. Actualmente presta sus servicios profesionales en Telalca Telecommunication Ecuador.

Áreas de interés: informática, redes de transmisión de datos, telefonía, procesamiento digital de señal, microcontroladores, sistemas radiantes y fibra óptica.