

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**"APLICACION DE LOS SISTEMAS  
DE POSICIONAMIENTO GLOBAL  
AL RASTREO VEHICULAR"**

**TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
PRESENTAN:**

**GILBERTO CLOUD GALVAN  
Y  
CARLOS ALEJANDRO PEREZ PAREDES**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**1994**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

ESTE TRABAJO SE LO DEDICO A MI QUERIDA FAMILIA QUE SIN SU APOYO NUNCA HUBIESE PODIDO TERMINAR UNA CARRERA UNIVERSITARIA.

A MI PADRE

Dr. ROBERTO CLOUD VENEGAS.

*UNA PERSONA SIMPLEMENTE FUERA DE SERIE, OPINIÓN QUE COMPARTIMOS TODOS  
AQUELLOS QUE TENEMOS LA FORTUNA DE CONOCERLO.*

A MI MADRE

Sra. Ma. del CARMEN GALVÁN DE CLOUD.

*MI QUERIDA MADRE, UN PILAR INSUSTITUIBLE EN MI VIDA.*

A MIS HERMANOS

ROBERTO, Ma. del CARMEN y Ma. THELMA CLOUD GALVÁN.

LA SAL Y PIMIENTA DE MI VIDA.

A LA MEMORIA DE MIS TÍOS

ADOLFO GALVÁN CAMACHO y EDUARDO CLOUD VENEGAS

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**CARLOS Y RUTH POR SU CARÍÑO Y PACIENCIA.**

### **A MIS HERMANOS**

**RUTH, ROBERTO, ERÉNDIRA Y SERGIO  
CARIÑOSAMENTE.**

### **A MI FAMILIA PALMAS PÉREZ**

**QUIEN ME OFRECIÓ SU APOYO EN GRAN PARTE DE MI FORMACIÓN  
PROFESIONAL.**

**EN MEMORIA POR LOS QUE YA NO ESTÁN CONMIGO.**

**MI MÁS ETERNO AGRADECIMIENTO Y APRECIO AL  
M EN ING. ARTURO GONZÁLEZ HERMOSILLO QUE CON SU VALIOSA AYUDA,  
IDEAS Y CONSEJOS HIZO POSIBLE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.**

## **AGRADECIMIENTOS**

QUEREMOS EXPRESAR DE MANERA INFINITA NUESTRO AGRADECIMIENTO A TODAS LAS PERSONAS QUE NOS APOYARON PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.

DE UNA MANERA MUY ESPECIAL AL

**INGENIERO ARTURO GONZÁLEZ HERMOSILLO MELGAREJO  
DIRECTOR Y CREADOR DE ESTE TEMA DE TESIS.**

AL INGENIERO JAIME HERNÁNDEZ RUBÍ y A LA Dra. ELVIA VILLEGAS OJEDA.  
POR SU APOYO SIN EL CUAL NO ESTARÍA TAN AVANZADO EL DESARROLLO DE ESTE  
TOPICO A NIVEL NACIONAL.

AL INGENIERO FELIPE RAUDA GARCÍA  
POR SU APOYO Y AMISTAD.

A LA GENTE DE SIGNATRON Y MUY EN ESPECIAL A LA GENTE DEL I.I.M.A.S.

Y EN SI A TODA LA GENTE QUE CONTRIBUYÓ EN LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.

## INDICE

<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL</b>	
<i>OBJETIVO</i> .....	3
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	4
1.1.1. EL SISTEMA VISUALIZADO COMO SEGMENTOS O EN FORMA ESTRUCTURAL.....	4
1.2. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN POR EL GPS.....	7
1.3. RELOJES, PARTE ESCENCIAL DEL SISTEMA.....	9
1.4. DETERMINANDO LA POSICIÓN DEL SATÉLITE.....	10
1.5. ECUACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE DISTANCIAS.....	11
1.6. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DEL USUARIO.....	12
1.7. FRECUENCIAS UTILIZADAS POR LOS SATÉLITES.....	15
1.8. AUTOCORRELACIÓN.....	16
1.8.1. SEÑALES CODIFICADAS, CÓDIGOS C/A y P.....	18
1.8.2. VENTAJAS DE LA AUTOCORRELACIÓN.....	23
1.9. MENSAJE DE NAVEGACIÓN.....	24
1.10. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL USUARIO.....	25
<i>REFERENCIAS</i> .....	27

<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>29</b>
------------------------	-----------

### **SISTEMA DE MONITOREO VEHICULAR EN BASE A GPS.**

<i>OBJETIVO.....</i>	31
2.1. SISTEMA BÁSICO.....	31
2.2. ANTENA DE RECEPCIÓN GPS.....	33
2.3. INTERFASE GPS.....	35
2.4. RADIOMODEMS.....	35
2.4.1. ANTENAS PARA LA COMUNICACIÓN VÍA RADIOMODEM.....	38
2.4.2. LINEAS DE TRANSMISIÓN DE LAS ANTENAS.....	40
2.5. COMPUTADORA PERSONAL.....	41
<i>REFERENCIAS.....</i>	42

<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>43</b>
------------------------	-----------

### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA INTERFASE GPS.**

<i>OBJETIVO.....</i>	45
3.1. DISEÑO DEL HARDWARE.....	45

3.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51.....	49
3.3. MEMORIAS.....	51
3.4. CONTROL DE ENRUTAMIENTO.....	56
3.5. SUPERVISIÓN VISUAL.....	59
3.6. MODULACIÓN.....	60
3.7. FUENTE CONMUTADA (CONVERTIDOR DE C.D. A C.D.).....	61
<i>REFERENCIAS</i> .....	64

<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>65</b>
------------------------	-----------

## COMUNICACIÓN DE DATOS

<i>OBJETIVO</i> .....	67
4.1. FORMAS DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA.....	67
4.2. CONEXIÓN ENTRE LOS EQUIPOS TERMINALES DE DATOS Y DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN DE DATOS.....	68
4.2.1. SEÑALES DE CONTROL DE LA INTERFASE RS-232C.....	71
4.2.2. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA INTERFASE.....	72
4.2.3. EL PUERTO DE COMUNICACIONES.....	73
4.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES ENTRE LA UNIDAD CENTRAL Y LAS UNIDADES MÓVILES.....	75
4.3.1. MÉTODOS DE ACCESO AL CANAL.....	77

4.3.2. SELECCIÓN DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN.....	78
4.4. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES ENTRE LA INTERFASE Y LA ANTENA GPS.....	82
<i>REFERENCIAS</i> .....	86
CONCLUSIONES.....	87
APENDICE A (GUÍA DE USUARIO).....	93
APENDICE B (DIAGRAMA ELÉCTRICO).....	99
APENDICE B (DIAGRAMA ESQUEMÁTICO).....	101
APENDICE C (PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51).....	103
APENDICE D (PROGRAMA DE APLICACIÓN (SOFTWARE) PARA UNIDAD CENTRAL).....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	131

## INTRODUCCION

El auge que ha tenido la tecnología en el campo de las comunicaciones ha permitido cubrir las necesidades de diferentes sectores que forman parte de nuestra sociedad; una sociedad que debido a su rápido desarrollo ha visto crecer junto con ella sus problemas de comunicación.

Un ejemplo del avance que ha tenido la tecnología, se puede observar en los **Sistemas de Posicionamiento Globales (GPS)**, que han sido uno de los grandes progresos obtenidos en el área de las comunicaciones.

Los GPS son un sistema de posicionamiento en tiempo real que a partir de 1973 ha venido desarrollando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica, se crearon con el objeto de resolver problemas de carácter posicional planteados por exigencias militares y económicas, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrollaron este sistema con el fin de lograr el posicionamiento geodésico de puntos fijos o móviles con gran exactitud; evidentemente para llegar a las precisiones actuales tuvo que transcurrir un tiempo considerable, durante el cual se ensayó una serie de programas satelitales que no han sido otra cosa, que el experimento de diversos sistemas que sirvieron para sentar las bases del actual sistema global de posicionamiento.

En la actualidad los GPS están siendo utilizados para localizar aviones, barcos, trenes y cualquier tipo de vehículo sobre la tierra, debido a la alta precisión que tienen para localizar todo tipo de vehículos y el uso que se les está dando, tanto militar como civil, hace que el sistema GPS represente la sustitución y superación de otros sistemas.

## INTRODUCCIÓN

Se espera que los GPS se conviertan en uno de los sistemas de comunicación más utilizados, lo cual proporciona un amplio espectro de beneficios, contribuyendo así a la apertura de los procesos de comunicación.

CAPITULO

#

1

**EL SISTEMA DE  
POSICIONAMIENTO GLOBAL.**

# EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

## *OBJETIVOS*

La intención de este capítulo es destacar el objetivo y las características de los sistemas de posicionamiento globales.

### *1.1. DESCRIPCION GENERAL*

El GPS es un sistema de navegación por radio, que proporciona un posicionamiento tridimensional en latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar, además dan información sobre velocidad y tiempo (UTC) Coordinación de Tiempo Universal. La asignación básica del sistema es la determinación precisa de coordenadas y la velocidad de movimientos de objetos espaciales, navegacionales y terrestres, debido a su alta precisión en tres dimensiones el GPS puede ser utilizado para geodesia o algún otro propósito afín.

Las siglas GPS provienen del Ingles (Global Positioning System), Sistema de Posicionamiento Global, también es conocido como NAVSTAR (Navigation Satellite Providing Time and Range), Sistema de Navegación que Proporciona Tiempo y Distancia.

Los Sistemas de Posicionamiento Global son más precisos que cualquier otro sistema con cobertura mundial. El sistema tiene una precisión de  $100\text{m}^1$  y esta disponible para los usuarios en general de todo el mundo. Y una precisión de 16 m para la milicia de los Estados Unidos, de la OTAN y otros usuarios autorizados.

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Debido a que otros sistemas difícilmente pueden superar sus deficiencias, siendo una de ellas el que solo pueden trabajar cuando las condiciones climatológicas son óptimas fue necesario buscar otras opciones siendo los sistemas de posicionamiento global los que mejores resultados ofrecen, ya que poseen las siguientes ventajas: proporcionan una cobertura de 24 hrs. con alcance mundial, disponen de la observación simultánea de no menos de cuatro satélites (ocho en promedio) por usuario, trabajan bajo cualquier condición atmosférica, son portátiles, manualidad en el procesamiento de los resultados y posibilidad de rastreo automático de los satélites. Estas cualidades permitieron que los GPS se convirtieran en métodos universales.

### *1.1.1. EL SISTEMA VISUALIZADO COMO SEGMENTOS O EN FORMA ESTRUCTURAL*

El arreglo del sistema GPS esta compuesto por tres "segmentos". El segmento espacio, el segmento de control y el segmento del usuario.

En la actualidad el segmento espacial esta compuesto por una constelación de 18 satélites que circundan a la tierra en órbitas con un periodo de 12 horas siderales. Los satélites viajan a una velocidad de 3.9 Km. por segundo, a una altitud de 20200 Km. Esto es un contraste con los satélites de tránsito, los cuales orbitan a una altitud de 1100 Km.<sup>2</sup> La ventaja de la mayor altitud es la de que las órbitas se verán afectadas en un grado menor debido a los efectos de las irregularidades causadas por la no igualdad en la distribución de la masa terrestre.

La constelación de los satélites esta configurada en seis planos orbitales de tres satélites cada uno. Adicionalmente existen tres satélites de respaldo fuera de operación que pueden hacerse operables mediante telecomandos enviados desde la tierra. Todos los satélites tienen un sistema de propulsión

para mantener su posición orbital y para control de estabilidad.

Los tres satélites que conforman un plano orbital están igualmente espaciados en un ángulo de  $120^\circ$  ( $360^\circ/3$ ). El ángulo entre cada uno de los planos orbitales y el plano ecuatorial (inclinación) es de  $55^\circ$ , la diferencia en la ascensión del nodo de los planos orbitales sucesivos es de  $60^\circ$  ( $360^\circ/6$ ). La tierra hace una revolución cada día sideral alrededor de su eje norte - sur, en ese tiempo cada satélite completa dos órbitas. Después que un satélite punta del norte pasa el ecuador, un satélite punta del sur pasará el ecuador. En el tiempo que satélite completa media órbita la tierra ha girado  $90^\circ$ . Los satélites de los planos subsecuentes están escalonados  $40^\circ$ . Cada satélite pesa 430 Kg. e ininterrumpidamente radian en escala real de tiempo dos señales en frecuencias de 1 227.6 MHz y 1572.42 MHz, transmitidas periódicamente. El usuario posee así toda la información indispensable para obtener su posición en cualquier punto sobre o cerca de la superficie terrestre mediante la recepción directa y continua de señales de navegación de por al menos cuatro satélites.

El desarrollo de la constelación de satélites se realizó en tres etapas:

En la primera etapa se elaboraron y lanzaron seis satélites experimentales con el fin de llevar a cabo pruebas de vuelo y elegir definitivamente los medios espaciales y terrestres del usuario.

En la segunda etapa se lanzaron otros cinco satélites con el fin de desarrollar operativamente el sistema de posicionamiento con base en la determinación de dos coordenadas.

La tercera etapa concluye con la construcción completa del sistema al lanzar diez satélites para abastecer las mediciones sobre tres coordenadas; de los cuales tres de ellos están de respaldo fuera de las órbitas estacionarias.

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

El segmento de control actual tiene siete estaciones de rastreo ubicadas en Alaska, Islas Guam, Mawary y el noroeste de Estados Unidos. La estación maestra se encuentra (incluyendo la estación de carga de datos) en Colorado Springs en EE.UU. Las estaciones monitoras rastrean los satélites mediante la recepción de su señal radiodifundida cuando se encuentran en vista con el fin de determinar sus órbitas.

Estas estaciones de rastreo transmiten la información de medición por canales de comunicación al centro de procesamiento, en donde con base de datos acumulados durante una semana se analizan la filtración y precisión de las órbitas de los satélites, se corrige el tiempo de los relojes satelitales en relación con el tiempo atómico estándar del centro de procesamientos. Estos datos se transmiten a la estación de dirección, la cual automáticamente los envía a los satélites para quedar a disposición de los usuarios del sistema; también en las estaciones se controla el régimen de trabajo y estado técnico de los instrumentos que se encuentran a bordo de los satélites.

El segmento de usuarios esta planeado para incluir bases terrestres, acronaves o plataformas espaciales, equipadas con GPS's receptor/procesador, capacitados para recibir cuatro o más señales de diferentes satélites simultáneamente o secuencialmente.

El receptor/procesador seleccionará satélites convenientes de los existentes para rastrear y dar la mejor geometría con el fin de obtener la posición más precisa. Según los satélites continúan con sus órbitas, el receptor/procesador eliminará algún satélite y elegirá otro con mejor geometría que este disponible.

El equipo GPS del usuario comprende una antena receptor, cables, una microcomputadora portátil, un soporte lógico y una pequeña batería de 12 V. El receptor registra las señales codificadas con la información necesaria para calcular la distancia y para determinar la posición del satélite, además del estado de su reloj atómico. Este es un proceso continuo y generalmente la posición se

actualiza cada segundo en la interfase máquina - hombre. El procesador convierte estos datos en un punto tridimensional de posición además de la velocidad y tiempo del sistema. La solución esta basada en un sistema geocéntrico cartesiano que se transforma y presenta como coordenadas geodésicas o en cualquier otro sistema que desee el usuario.

## 1.2. DETERMINACION DE LA POSICION POR EL GPS

Por simplicidad se supondrá que la posición de un satélite es conocida y el satélite y el equipo del usuario están equipados con relojes los cuales están sincronizados. Cuando un satélite transmite una señal en un tiempo conocido por el reloj del usuario, y el usuario recibe la señal  $t$  segundos después, el tiempo de viaje es  $t$  y la distancia recorrida es  $c.t$  (donde  $c$  la velocidad de la señal de radio, se asume que es 300000 Km/s). La localidad de la posición del usuario en la Tierra es un punto en una esfera con un radio  $R=c.t$  cuyo centro es la posición ocupada por el satélite en el momento en que se hizo la transmisión de la señal. La curva de intersección entre esta esfera y la tierra es un pequeño círculo con centro en el punto donde una línea proveniente del satélite hacia el centro de la tierra intersecta la superficie de la tierra. Una aplicación simultánea de este tipo de medida por un segundo satélite provee al usuario con una localidad, el cual es un segundo pequeño círculo. Este círculo intersecta al primer círculo en dos puntos,  $P$ , uno de los cuales es la posición del usuario. Normalmente estos dos puntos están suficientemente separados para evitar la ambigüedad. *Lo anterior se ilustra en la figura 1.1.*

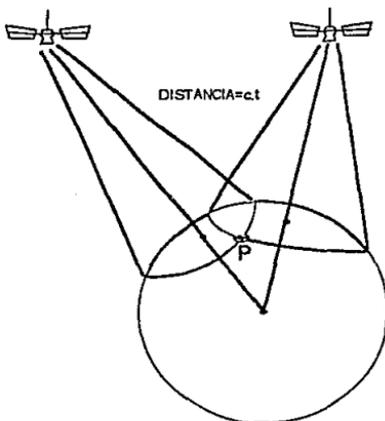
Mediante el uso de dos satélites hay dos tiempos de viaje desconocidos. A primera vista es aparente que con dos satélites será suficiente para determinar la latitud y longitud del usuario. Sin embargo, hay una tercera incógnita en las ecuaciones, el error en el reloj del usuario con respecto al reloj del satélite por lo tanto requerirá la distancia hacia tres satélites. En barcos la altura con respecto al nivel del mar es siempre conocida pero para un usuario de aeronave ó un usuario de medios

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

terrestres esta altura debe ser determinada también. En esos casos se necesita de un mínimo de cuatro satélites.

Para poder ejecutar la medición de distancias tres principales problemas deben ser resueltos:

1. Determinar la relación entre los relojes del usuario y del satélite;
2. Medir el tiempo de recorrido con gran precisión - un error de  $0.1\mu\text{s}$  corresponde a un error de medición de  $c.t = 3 \times 10^8 + 8 \times 10^{-7} = 30 \text{ m}$ ;
3. Informar al usuario el tiempo exacto de transmisión de la señal del satélite.



*fig. 1.1. La posición de una nave a una distancia de  $c \times t$  de un satélite es un círculo. El círculo, determinado mediante un segundo satélite, el cual tiene dos puntos de intersección con el primer círculo, la distancia entre los dos puntos posibles de localización están lo suficientemente separados como para causar ambigüedad.*

### 1.3. RELOJES, PARTE ESENCIAL DEL SISTEMA

La esencia de operación del posicionamiento GPS consiste en que la distancia al satélite puede deducirse a partir de comparaciones de tiempo entre el reloj en la tierra y el de los satélites.

La estación de control maestra, las estaciones de monitoreo y los satélites están equipados con relojes altamente estables, tales como relojes láser de cesio ó hidrogeno y si éstos llegaran a fallar están respaldados por otros de rubí.<sup>3</sup> Los relojes son, en principio, indicadores del número de ciclos de un voltaje alterno generado mediante un oscilador el cual a transcurrido desde un tiempo dado, normalmente indicado mediante el cero en una escala. Básicamente, es la precisión de este oscilador la cual determina la precisión de la medición del tiempo de recorrido y por lo tanto la precisión que determina la posición. El oscilador tiene una estabilidad extremadamente grande de frecuencia, y varia no más de  $2 \times 10^{-13}$  ciclos/día.

En vez de que el tiempo sea medido en segundos, el reloj hace la medición en unidades de tiempo mucho más pequeñas estos es en ciclos de tiempo del orden de nanosegundos. El usuario debe saber exactamente que tanto el reloj del satélite es más lento o rápido que el reloj propio. No es posible el determinar este desplazamiento en tiempo mediante la señal de tiempo transmitida por el satélite debido a que ni el tiempo de transmisión de la señal o la posición relativa del satélite y la del usuario son conocidos exactamente.

Hay que tomar en cuenta la precisión requerida por el GPS, ésta diferencia de tiempo debe ser determinada con una precisión mayor a  $0.01 \times 10^{-6}$  segundos ( $0.01 \mu\text{s}$ ).

Los relojes en la estación de control maestra y en la estación de monitoreo indican el tiempo del GPS, el cual es casi el mismo que el Tiempo Coordinado Universal (UTC). El tiempo del GPS debe ser

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

considerado como el tiempo estándar del sistema, el tiempo del satélite es llamado el "tiempo del vehículo espacial" (tiempo EV). Este tiempo puede ser que varíe ligeramente con respecto al tiempo del GPS y estas desviaciones son todas diferentes para cada uno de los satélites. El reloj del usuario es normalmente un reloj de cuarzo con una menor precisión que el reloj del satélite.

### *1.4. DETERMINANDO LA POSICION DEL SATELITE*

Como se mencionó anteriormente, la posición del usuario puede ser determinada mediante la señalización de cuatro satélites, si la posición de los cuatro satélites es conocida al momento de la transmisión. Consiguientemente, si cuatro estaciones monitoras en posiciones conocidas reciben una señal radiada por algún satélite con una posición desconocida al momento de la transmisión del satélite su posición puede ser determinada. Sabiendo la posición del satélite en ese momento y sabiendo también las fuerzas a las que el satélite está sometido, se habilita un computador en la estación de control para determinar el almanaque del satélite y el predecir su posición en cualquier tiempo durante varias órbitas siguientes.

Las cuatro estaciones monitoras no reciben una sola señal de satélite únicamente; en vez de eso, reciben señales simultáneamente de todos los satélites siempre que esto sea posible. Cada estación monitora determinará todos los tiempos de llegada de todas las señales de satélites recibidas y suministrará esta información (en tiempo de GPS) a la estación de control, la cual sabe la posición exacta de la estación monitora. De estas cuatro posiciones y de los tiempos de llegada de las señales, la estación de control puede determinar no solamente la posición de los satélites en tres dimensiones, sino que también el momento en que la señal fue transmitida por el satélite. De estos datos pueden ser predichas futuras posiciones de los satélites y errores de los relojes, y a su vez ser transmitidos estos datos hacia los satélites por la estación de carga, los cuales guardarán esta información en sus memorias y las transmitirán en intervalos regulares hacia los usuarios.



## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

En la figura anterior el tiempo cero ( $t_u = 0$ ) del reloj del usuario es *teorricamente* más tarde que el tiempo  $t_{ev} = 0$  del reloj del satélite. Cuando la señal llega al usuario,  $t_u$  nanosegundos han transcurrido desde que el reloj del usuario indicó el cero. Así que, el tiempo de recorrido de la señal es  $t_u + \text{teorricamente} - t_{ev}$  y la distancia entre el usuario y el satélite es:  $c \times (t_u - t_{ev}) + c \times \text{teorricamente}$ . En esta fórmula  $c$  y *teorricamente* son casi constantes. La distancia  $X(t_u - t_{ev})$  es llamada la *pseudo distancia* y la distancia constante  $c \times \text{teorricamente}$  debe ser agregada al *pseudo distancia* con el fin de compensar, debido a la diferencia entre los relojes del usuario y el del satélite.

### ACTUALIZANDO A $t_{ev}$ :

En la figura anterior el reloj del satélite transmite su señal  $t_{ev}$  después de que el tiempo GPS=0. Sin embargo, esta diferencia de tiempo puede crecer ó decrecer gradualmente por  $\Delta t_{ev}$ .  $\Delta t_{ev}$  es determinado por la estación de control, transmitida por la estación de carga hacia cada satélite separadamente, y radiodifundido por cada satélite hacia los usuarios. El usuario recibe adiciones ó sustracciones  $\Delta t_{ev}$  antes de un futuro procesamiento. Por simplicidad  $t_{ev}$  en la figura anterior ha sido corregido. Un error de un nanosegundo en  $t_{ev}$  corresponde a un error de distancia de 0.3 m.

## 1.6. DETERMINACION DE LA POSICION DEL USUARIO

Considerando un sistema de coordenadas cartesianas cuyo centro coincide con el centro de la tierra; su plano x - y coincide con el plano ecuatorial y su eje-x esta en el plano del meridiano de Greenwich (ver Figura siguiente). En este sistema coordenado la distancia entre el usuario (con coordenadas  $x_u, y_u$  y  $z_u$ ) y el satélite 1 (con coordenadas  $x_1, y_1$  y  $z_1$ ) es entonces:

$$\text{ó} [(X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2] = c \cdot (t_u + \text{teorricamente} - t_{ev})$$

$$\text{ó} (X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2 = c^2 \cdot (t_u + \text{teorricamente} - t_{ev})^2$$

El tiempo  $t_{ev}$  de cada satélite es conocido por el usuario así que hay todavía cuatro incógnitas remanentes,  $x_u$ ,  $y_u$ ,  $z_u$  y  $t_{corrimiento}$ . Cuatro ecuaciones independientes se necesitan para calcular estas incógnitas. Para esto se necesitan de cuatro satélites disponibles simultáneamente. Las cuatro ecuaciones son:

$$(X_1 - X_u)^2 + (Y_1 - Y_u)^2 + (Z_1 - Z_u)^2 = c^2 \cdot (t_{u1} + t_{corrimiento} - t_{ev1})^2$$

$$(X_2 - X_u)^2 + (Y_2 - Y_u)^2 + (Z_2 - Z_u)^2 = c^2 \cdot (t_{u2} + t_{corrimiento} - t_{ev2})^2$$

$$(X_3 - X_u)^2 + (Y_3 - Y_u)^2 + (Z_3 - Z_u)^2 = c^2 \cdot (t_{u3} + t_{corrimiento} - t_{ev3})^2$$

$$(X_4 - X_u)^2 + (Y_4 - Y_u)^2 + (Z_4 - Z_u)^2 = c^2 \cdot (t_{u4} + t_{corrimiento} - t_{ev4})^2$$

Si la tierra es considerada como una esfera la relación entre el radio  $R$  de la tierra y las coordenadas del punto  $P$   $X_u$ ,  $Y_u$  y  $Z_u$  (como se ilustra en la figura siguiente) es:

$$R^2 = X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2.$$

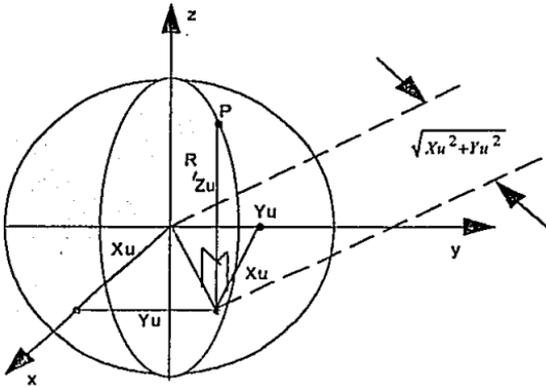


fig.1.3. Un sistema coordenado con el origen en el centro de la tierra. La distancia,  $R$  de cualquier punto  $P$  sobre la superficie de la tierra hacia el centro de la tierra es:  $R = \sqrt{(X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2)}$ .

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

De tal manera que el número de incógnitas se reduce de cuatro a tres. Por lo tanto, tres ecuaciones y tres satélites son suficiente para determinar la posición del usuario. Si el usuario tiene un reloj atómico es posible determinar el tiempo. Entonces solamente son necesarios dos satélites para determinar la posición del usuario. Esto habilita al GPS como determinador de la posición del usuario en su etapa preliminar, en la cual sólo se contaba con un número restringido de satélites.

En las siguientes ilustraciones cada señal de satélite es recibida por el usuario en diferentes tiempos,  $t_{u1}$ , etc.

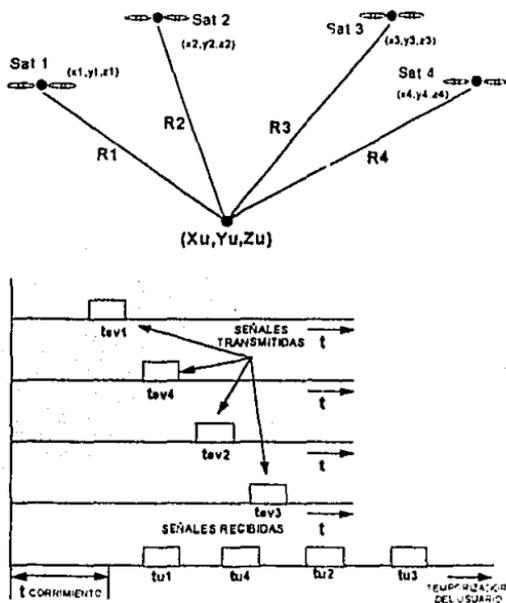


fig. 1.4. Debido a que tanto las distancias de los satélites como los tiempos de transmisión son diferentes, las señales recibidas por el usuario no coinciden.

La precisión del reloj de cuarzo del usuario es menor que la de el reloj de los satélites. Sin embargo, el reloj del usuario sólo necesita medir diferencias de tiempos de 0.01 a 0.02  $\mu$ s. de acuerdo con la formula  $c(t_u - t_{ev} + t_{corrimiento})$ , donde el reloj del satélite mide tiempo absoluto GPS en nanosegundos. Un error de 0.01 a 0.02  $\mu$ s en el reloj del usuario puede ser ignorado. Por esa razón el usuario generalmente no necesita de los caros relojes atómicos.

### 1.7. FRECUENCIAS UTILIZADAS POR LOS SATELITES

Cada transmisor de satélite tiene un oscilador, cuya frecuencia de 10.23 MHz es estabilizada por un reloj de cesio, en la siguiente ilustración se muestra que esta frecuencia es multiplicada por 154 para obtener la frecuencia  $L1 = 1575.42$  MHz con longitud de onda  $\lambda_{L1} = 19$  cm y por 120 para obtener una frecuencia de  $L2 = 1227.6$  MHz con longitud de onda  $\lambda_{L2} = 24$  cm.

Las rutas viajadas y, consecuentemente, el tiempo de recorrido de las señales están sujetas a la refracción en la ionosfera.<sup>4</sup> Esto implica que ocurrirán errores en la medición de la distancia. Mediante la transmisión de un *código de precisión* (código P) en dos frecuencias  $L1$  y  $L2$  la corrección de estos errores pueden ser determinados y aplicados al tiempo de recorrido. El código de adquisición irregular (código C/A) es transmitido únicamente en la frecuencia  $L1$ .

Información tales como el sonido, música, imágenes y datos pueden ser transferidos mediante la modulación de la frecuencia portadora del transmisor. La modulación puede ser realizada por variación de amplitud, frecuencia ó fase. El GPS aplica la modulación en fase.<sup>5</sup>

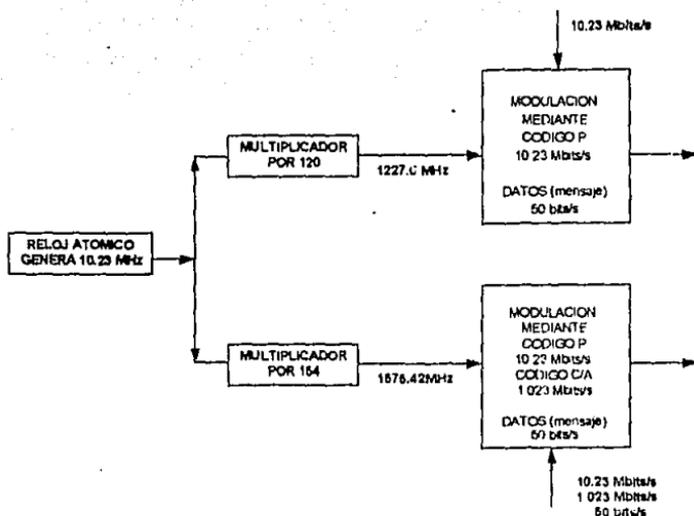
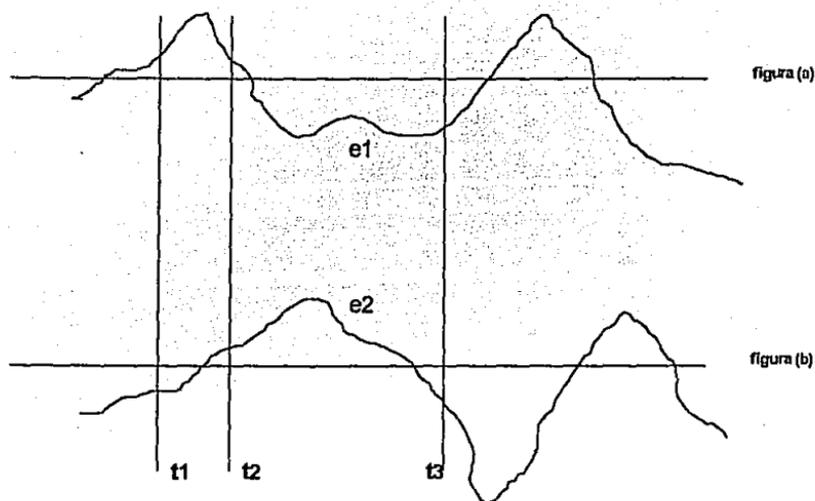


fig. 1.5. El reloj atómico del transmisor del satélite genera 10.23 MHz. Esta frecuencia es convertida a las frecuencias armónicas 1576.42 MHz ( banda L1) y 1227.6 MHz ( banda L2).

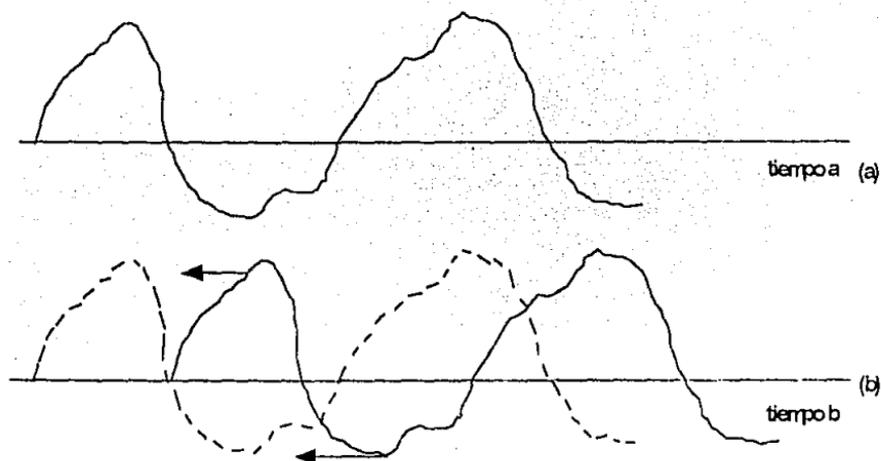
## 1.8. AUTOCORRELACION

Considere una curva de voltaje aleatoria como la que se ilustra en la figura 1.6. (a). Cuando este voltaje es positivo hay una misma posibilidad de que el voltaje que se ilustra en la figura (b) sea positivo o negativo. En  $t_1$ , por un instante, el es positivo y  $e_2$  es negativo. Así que, su producto es  $-e_1e_2$ . En  $t_2$  ambos voltajes son positivos y su producto es positivo. Cuando la curva (a) es negativa hay nuevamente una misma oportunidad de que (b) sea positiva o negativa. En  $t_3$  ambos voltajes son negativos y su producto es positivo. De esto puede ser concluido que, si el promedio del producto es tomado por un suficientemente largo tiempo, el voltaje promedio será cero.



*fig.1.6. Dos diferentes curvas de voltaje aleatorias. Si los dos voltajes son multiplicados y sumados sobre un período largo de tiempo, el voltaje promedio resultante será cero.*

En las figuras 1.7.(a) y 1.7.(b), la curva (a) es precisamente la misma que la de línea continua de la figura (b), o en otras palabras, es una réplica de la primera figura. En este caso los productos de los voltajes instantáneos al mismo tiempo tienen nuevamente igual posibilidad de ser positivo o negativo. Sin embargo, si la línea continua de la curva en la figura (a) es corrida (en este caso retrasada en tiempo) hacia la posición de la línea punteada, ambos voltajes instantáneos serán al mismo tiempo positivos o negativos. En ambos casos su producto será positivo. Cuando se aproximan a esta posición de coincidencia, el producto promedio de los voltajes repentinamente se incrementa a un máximo, e inmediatamente después se decreta nuevamente a un valor de cero. Este proceso hace posible el determinar muy acertadamente si dos voltajes con iguales curvas están en fase. Esto es llamado *autocorrelación* o *correlación cruzada*.<sup>6</sup>



*fig. 1.7. Autocorrelación: La línea continua de la figura 1.7.(b) es una réplica de la línea de la figura 1.7.(a). Mediante el corrimiento en el tiempo de la figura 1.7.(b) (ver línea punteada) se pondrá en fase con la figura 1.7.(a) y el promedio del producto de los voltajes instantáneos repentinamente se incrementa a un máximo.*

### 1.8.1. SEÑALES CODIFICADAS, CODIGOS C/A y P

En lugar de tener curvas de voltaje arbitrarias como las anteriores, las señales transmitidas por el satélite consisten de una secuencia de voltajes positivos y negativos llamados *chips* (*chips*). La duración de cada chip es llamado longitud de chip o el período de chip. Un ejemplo de tal secuencia, llamada una señal " *de Ruido Pseudo Aleatorio* " (*PRN*) por sus siglas en inglés, es mostrada en la figura siguiente (a). Toda secuencia sucesiva transmitida por el satélite es similar. La secuencia es

generada en el registro de corrimiento. Un número extremadamente largo de secuencias diferentes pueden ser generadas en el registro de corrimiento de cada satélite. La secuencia a ser utilizada por el satélite es determinada por la estación de control maestra. La estación de carga transmite un comando al satélite indicando la secuencia seleccionada. Los receptores de los usuarios tienen un registro de corrimiento similar y, cuando son informados sobre el código, este registro genera la misma secuencia seleccionada.

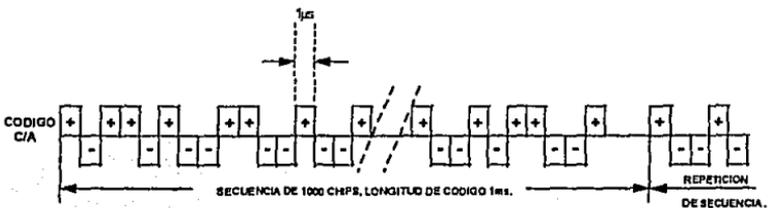


FIG. (a)

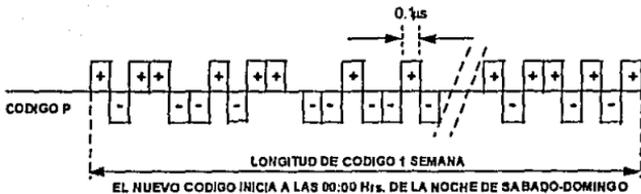


FIG. (b)

*fig.1.8. Ejemplos de chips positivos y negativos, radiados por el satélite para el código C/A (fig.1.8.a) y para el código P. (fig.1.8.b).*

Hay dos códigos transmitidos por cada satélite, el código C/A (fig.1.8.(a) ) y el código P (fig.1.8.(b) ). En el código C/A la frecuencia de chip (número de chips por segundo) es 1.023 MHz. La longitud o periodo de chip es de 0.9975mseg y la longitud de código o longitud de secuencia es

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

1mseg. = 1000mseg. De esto, una secuencia consiste de  $1000/0.9975 \approx 1000$  chips. La secuencia es repetida cada mili-segundo.

En el código P la frecuencia de chip es 10.23 MHz y la longitud de chip es 99.75 nseg., el cual es 1/10 de la longitud del código C/A. Cada semana a las 00:00 horas de la noche del Sábado/Domingo del Tiempo Universal una nueva secuencia inicia. Durante esa semana no hay repeticiones. Esta extremadamente larga longitud de código podría hacer difícil y consumidor de tiempo para el receptor el buscar la parte del código usable para aplicar la autocorrelación. Por eso, cada 6 segundos el transmisor del satélite radiodifunde el tiempo que ha transcurrido desde que el código P fue reinicializado. Esto habilitará al receptor para que encuentre la parte apropiada del código más rápidamente. El tiempo transcurrido desde que la inicialización es transmitida es medido en unidades de 1.5 segundos. Cada unidad de 1.5 segundos es llamada *segundos*. En el mensaje radiodifundido por el satélite hacia el usuario el conteo *Z* es incluido en el así llamado "Mano Sobre Palabra" o "HOW" por sus siglas en inglés.

Los códigos C/A y P son transmitidos simultánea y continuamente, usando la misma frecuencia de portadora. Mediante la aplicación de un proceso electrónico especial en el transmisor y el receptor, el receptor es capaz de separar los dos códigos.

### TIEMPO DE LLEGADA EN EL CODIGO C/A:

El método mediante el cual el autocorrelacionador determina el tiempo de llegada, tu, de las secuencias del satélite es ilustrado en una forma simplificada en la siguiente figura. Sobre la primera línea quince elementos de tiempo de 1mseg. son mostrados. Sobre la segunda línea está una secuencia de 15 chips recibidos por el usuario proveniente del satélite. En la siguiente figura cada secuencia sucesiva es igual a la previa. La secuencia de referencia o la réplica, generada en el receptor es mostrada en la tercera línea. Esta secuencia inicia en un tiempo  $t_u = 0$  en el reloj del usuario

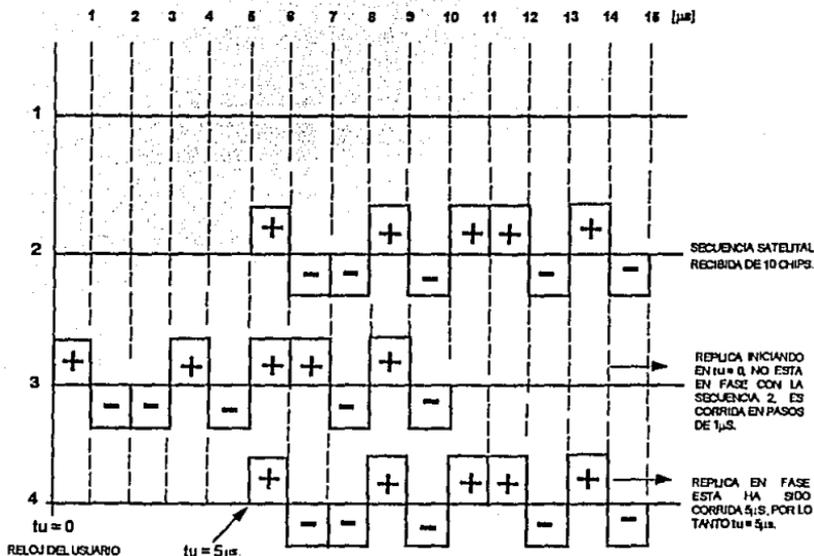


fig.1.9. La secuencia de réplica corrida en pasos de 1 ms, en el código C/A para quedar en fase con la secuencia del receptor. El tiempo de llegada es 5 ms.

Al inicio la réplica y la secuencia recibida no están en fase, pero la réplica es corrida hasta que quedan en fase las dos secuencias. Cuando el promedio del producto de sus voltajes instantáneos alcanza su máximo las secuencias están en fase y el corrimiento se detiene.

Si la distancia entre la nave y el satélite se altera, las secuencias del satélite llegarán en tiempos diferentes. El autocorrelacionador, sin embargo, una vez adquiriendo la condición en fase, automáticamente mantiene esta condición mediante el corrimiento de la réplica. Un corrimiento de 1mseg. corresponde a una distancia de 300m.



### ***EL TIEMPO DE LLEGADA EN EL CODIGO P:***

El proceso aplicado para determinar el tiempo de llegada de las secuencias del satélite en código P es básicamente similar para aquel aplicado en el código C/A pero hay dos excepciones:

1. La longitud del código es de una semana. Cada semana es usado un nuevo código. Debido a esto no hay ambigüedad;
2. La duración del chip es de 100 nseg. o 1/10 del período del código C/A. Esto habilita al autocorrelacionador para medir el tiempo de llegada con mayor precisión.

El mismo proceso de autocorrelación es aplicado en las estaciones monitoras pero los resultados son suministrados a la estación de control maestra, la cual ejecuta todos los cálculos para determinar  $t_{ev}$  y  $\Delta t_{ev}$ .

### ***1.8.2. VENTAJAS DE LA AUTOCORRELACION***

Las principales ventajas de la autocorrelación están esbozadas a continuación:

1. Normalmente las señales del satélite están por debajo del nivel de ruido ( $S/N \ll 1$ ) y no pueden ser recibidas. Sin embargo, el voltaje alto producido por el correlacionador será claramente recibido debido a que su nivel está por arriba del ruido.
- 2 La alta frecuencia de chip trae un fuerte pico de voltaje en el autocorrelacionador y mejora la precisión en la determinación del tiempo de llegada de la señal del satélite en nanosegundos.

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

3. Debido a que el GPS solo puede ser usado si el receptor del usuario tiene una réplica de la secuencia transmitida de las señales codificadas, el método del autocorrelacionador habilita los mandos para restringir las aplicaciones del GPS hacia ciertas categorías de usuarios.
4. Debido a que las señales codificadas del satélite permanecen abajo del nivel de ruido, ellas no pueden causar interferencia y las frecuencias pueden ser usadas sin permiso de las autoridades. Ellas solamente incrementan los niveles generales de ruido de radio en la atmósfera.
5. La interferencia tiene una muy baja probabilidad de ocurrencia.

### *1.9. MENSAJE DE NAVEGACION*

Aparte de la modulación por las señales del ruido pseudo aleatorio (PRN) las frecuencias portadoras, L1 y L2, de los transmisores del satélite están modulados en fase a un muy bajo rango de 50 Hz para radiodifundir datos al usuario. Estos datos, los cuales son diferentes para cada satélite, son previamente suministrados al satélite por la estación de control maestra, como parte del " mensaje de navegación ". Esto consiste de tres " bloques de datos " de 5 " subarreglos " de 300 bits de 6 segundos cada uno. Por eso es que hay  $5 \times 6 = 30$  segundos en un mensaje. Cada subarreglo inicia con la palabra de telemetría " TLM ", la cual es usada para sincronización, seguida por la palabra de protocolo "HOW".

En el bloque de datos I (subarreglo 1) la corrección del reloj del satélite es indicada con respecto a la estación de control maestra. El bloque de datos II (subarreglos 2 y 3) informan a la computadora del

usuario de los parámetros de órbita Kepler de 45 minutos antes a 15 minutos después del tiempo del mensaje. La desviación del satélite de los parámetros orbitales predichos puede ser de 20 metros. Los bloques de datos I y II son repetidos cada 30 segundos y cambiados cada hora. Los subarreglos 4 y 5 (Mensaje y Almanaque) pueden dar una descripción del curso de las órbitas y las correcciones del reloj por hasta 25 vehículos espaciales. El bloque de datos III radiodifunde 25 diferentes valores en 12.5 minutos antes de repetirse. Este cambia cada carga, la cual es una cada día. Todos los datos los cuales son transmitidos por un satélite hacia el usuario son previamente determinados por la estación de control maestra y transmitidos ó inyectados por la estación de control hacia el satélite de interés, esto es la "carga".

El tiempo entre inyecciones de información concernientes con los parámetros orbitales del horario Kepler es alrededor de una vez cada día. Debido a que el usuario solo esta interesado en los datos relativos a el intervalo de tiempo de una hora, así que el satélite solo radiodifunde ésta parte de los datos.

### *1.10. DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL USUARIO*

La frecuencia de portadora también es empleada para determinar la velocidad del usuario mediante el corrimiento Doppler.

El vector velocidad (indicando velocidad y dirección) de un satélite en cualquier tiempo puede ser calculada por la computadora del usuario. Este vector puede ser resuelto en dos componentes, una (a) en la dirección del usuario, cuya posición debe ser conocida, y la otra (b) en la dirección perpendicular a (a). Esta segunda componente no juega ningún otro papel posterior debido a que una velocidad en esta dirección no es "traída" en el corrimiento Doppler.

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Sabiendo la posición del usuario y la posición y velocidad del satélite, la computadora del usuario puede determinar el vector (a). Si la velocidad del usuario hacia el satélite, basada en la medición del corrimiento Doppler, no es igual a la velocidad calculada del satélite, la diferencia solo puede ser conseguida mediante la velocidad, c, que es la del usuario hacia el satélite ó en dirección contraria a éste. Esta velocidad c puede ser determinada por la computadora del usuario.

Una medición similar de otros dos satélites provee al usuario con otros dos vectores de velocidad. Estos tres vectores de velocidad pueden ser transformados en otro tres vectores, uno dirección norte - sur, el segundo este - oeste y el tercero en dirección vertical.

Las tres componentes iniciales desconocidas requerirán tres ecuaciones independientes (y tres satélites) para ser resueltas. Sin embargo, la frecuencia no es exactamente conocida. Debido a esto, cuatro ecuaciones y cuatro satélites son necesarios para detenninar la velocidad del usuario.

**REFERENCIAS:**

1. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.216;cap.7; Sixth Edition; 1988.
2. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.216-217;cap.7; Sixth Edition; 1988.
3. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.220-221;cap.7; Sixth Edition; 1988.
4. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.39-41,216-217;cap.1,7; Sixth Edition; 1988.
5. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.225;cap.7; Sixth Edition; 1988.
- 5.(cont) F.G. Stremler; "Introducción a los Sistemas de Comunicación" pp.412-413,608-609, 626-670;  
Tercera Edición; Editorial Addison-Wesley Iberoamericana;1990
6. G.J. Sonnenberg; "Radar and Electronics Navigation" pp.225-226;cap.7; Sixth Edition; 1988.
- 6.(cont) F.G. Stremler; "Introducción a los Sistemas de Comunicación" pp.218; Tercera Edición;  
Editorial Addison-Wesley Iberoamericana;1990

CAPITULO

#

2

**SISTEMA DE MONITOREO  
VEHICULAR EN BASE A GPS.**

## **SISTEMA DE MONITOREO VEHICULAR EN BASE A GPS**

### *OBJETIVOS*

Debido al papel tan importante que están teniendo los sistemas de posicionamiento globales, se decidió diseñar una red de monitoreo en base a GPS que además de satisfacer todas las necesidades de rastreo vehicular, resultará suficientemente económico y confiable, con la finalidad de contar con un número mayor de este tipo de sistemas, cosa que hasta ahora no había sido posible por el alto costo que representa la adquisición de estos sistemas.

Además, contar con un sistema de monitoreo de unidades vehiculares en una ciudad tan conflictiva como lo es el Distrito Federal es de gran utilidad, ya que se puede tener un control eficiente y exacto de las diferentes rutas que siguen los vehículos durante el día; lo cual proporcionaría grandes ventajas, por ejemplo se podría saber el punto preciso en que se encuentra cada unidad, el lugar donde se detuvo el vehículo, la hora de partida o de llegada de los mismos. Estos sistemas pueden ser instalados en unidades, tales como ambulancias, bomberos, auto patrullas, camiones de reparto, etc.

### *2.1. SISTEMA BÁSICO*

El sistema básico para la localización de vehículos esta dividido dentro de dos secciones, el receptor/navegante donde es determinado en tiempo la actual posición de la unidad vehicular y el receptor/computadora donde estos datos son usados para calcular tal información.

## SISTEMA DE MONITOREO VEHICULAR EN BASE A GPS

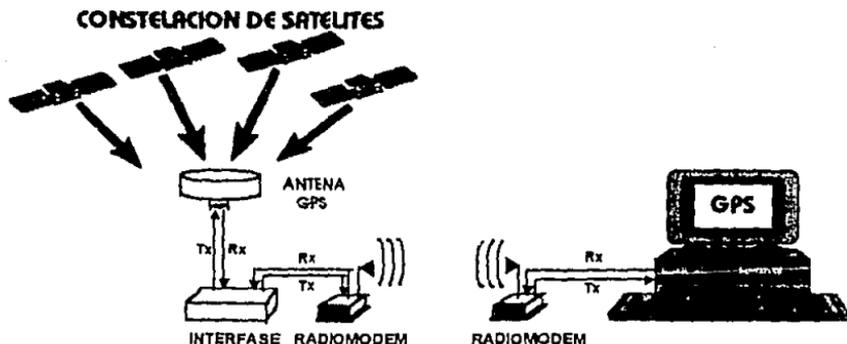
La unidad móvil (receptor/navegante) está compuesta por las siguientes elementos:

1. Antena de recepción GPS.
2. Procesador de señales del satélite.
3. Radio de comunicaciones.
4. Antena para la comunicación radio.

El centro de monitoreo (receptor/computadora) es donde todas las unidades móviles disponibles son rastreadas y está compuesto por los siguientes elementos:

1. Radio de comunicaciones.
2. Antena para la comunicación radio.
3. Computadora personal.

Un diagrama general del sistema se muestra en la siguiente figura:



*fig.2.1. Elementos que componen al sistema de rastreo de vehículos en base a GPS.*

Una vez que se ha preconfigurado todos los elementos que componen al sistema desarrollado, a continuación se enunciarán las principales características de los mismos.

## *2.2. ANTENA DE RECEPCIÓN GPS*

Las antenas receptoras GPS son de alta calidad y sensibilidad, existiendo en una gran variedad de formas y tamaños, algunos receptores tienen la forma de hongos, mientras otras son moldeadas dentro de cilindros cortos y anchos. De cualquier modo, todas necesitan ser montadas fuera del vehículo, en la intemperie donde su vista al cielo, no sea obstruida por ningún tipo de estructura.

Cuando nos referimos a las antenas receptoras de GPS existe una gran confusión sobre el número de canales que el aparato puede manejar. Primero, debemos entender que para tomar una doble dimensión (latitud/longitud), el receptor tiene que tomar información a lo menos de tres satélites. Para una fijación tridimensional (latitud/longitud/altitud), son requeridos datos de cuatro satélites. Este es el mínimo tres satélites para 2-dimensión, cuatro satélites para 3-dimensión.

Algunos receptores son diseñados para manejar datos entrantes por un satélites a la vez. Esto es conocimiento de un receptor secuencial de canal sencillo, el satélite uno por un momento y después cambia por el satélite dos y después al satélite tres y otra vez se repite el proceso hasta que se hayan obtenido datos suficientes para hacer los cálculos. Todo esto se hace a lo largo de milisegundos, la única parte de este proceso que toma más tiempo es la vista inicial y sincronización con la corriente de datos de cada satélite, la otra parte del proceso que consume tiempo es cuando un satélite pasa fuera de la vista del receptor y otro viene sobre el horizonte. Ahora el receptor tiene que romper su vista con el primero y mirar sobre el satélite nuevo; aunque este es un receptor de canal sencillo, estos tienen la

## SISTEMA DE MONITOREO VEHICULAR EN BASE A GPS

habilidad para rastrear y preguntar a un buen número de satélites pero uno a la vez; los receptores de este tipo pueden trabajar con cuatro o cinco o hasta ocho satélite dentro de un segundo.

Existen otras antenas receptoras que rastrean simultáneamente un número de satélites, estos receptores están diseñados para manejar datos de cuatro, cinco o seis satélites diferentes, todos al mismo tiempo, esto es en paralelo y simultáneamente. De hecho, la mayoría de los aparatos de este tipo pueden constantemente rastrear todos los satélites utilizables mientras asignan un canal adicional de rastreo del levantamiento y vista sobre el siguiente satélite que aparece sobre el horizonte. En un aparato multicanal o receptores continuos de rastreo, el receptor toma los datos desde todos los satélites al mismo tiempo y continuamente, no están cambiando de satélite en satélite, esta característica los hace que entren en operación más rápido que los receptores de canal sencillo.

Los receptores de canal sencillo son diseñados para trabajar especialmente en móviles lentos como barcos que no pueden hacer cambios rápidos, pero en móviles donde la velocidad es un factor o donde las altas construcciones y puentes reducen drásticamente la energía de las señales del satélite, o donde las señales del satélite son débiles debido al ángulo del horizonte, el receptor de rastreo continuo son excepcionalmente valiables.

Alguna desventaja que presentan las antenas receptoras, tanto las de canal sencillo o las multicanal, es que las frecuencias que reciben desde los satélites son demasiado altas, y pequeñas interferencias de la transmisión de otras señales como la energía de un radar transmisor, pueden romper con la operación de los GPS si las antenas están colocadas en un mismo plano y dentro de 3 pies entre una y otra.

### 2.3. INTERFASE GPS

La interfase GPS opera de la siguiente manera:

Primeramente la antena receptora se encarga de captar las señales que son enviadas desde la constelación de 21 satélites del sistema GPS, estas señales son transmitidas en dos frecuencias, (Bandas L1 y L2 en el espectro de UHF, 1572.42 MHz. y 1227.6 MHz. respectivamente, tal como se explicó en el capítulo #1), las cuáles son decodificadas en la misma antena; el segundo proceso consiste en enviar esta señal a la interfase GPS, que se puede definir como el "controlador inteligente de comunicaciones del sistema", ya que en ella se encuentran todos los elementos de control en el flujo de datos además del direccionamiento de los mismos. Su diseño está compuesto en base a un microcontrolador el cuál determina los parámetros de operación del sistema, teniendo la capacidad de precisar la posición de la unidad móvil, así como la velocidad de la misma, y la hora de muestreo. Los datos son computados por el procesador con gran precisión pudiendo tener actualizaciones de información hasta en intervalos mínimos de un segundo, almacenando los parámetros de interés en una memoria de estado sólido con intervalos de aproximadamente 15 segundos; el último proceso dentro del controlador inteligente de comunicaciones consiste en transmitir todos los datos almacenados en la memoria hacia el centro de monitoreo (terminal maestra PC), la cual se encargará de manipular e interpretar esta información en forma remota.

### 2.4. RADIOMODEMS

Entre las alternativas que se presentan cuando se requiere establecer comunicación entre equipos digitales, encontramos la transmisión de datos vía radiomodem como una opción novedosa y eficiente.

## SISTEMA DE MONITOREO VEHICULAR EN BASE A GPS

Esta nueva tecnología de sistemas de comunicación por canales de radio móviles, son actualmente de alta eficiencia tanto en potencia como en el aprovechamiento del ancho de banda, sin la necesidad de sincronización o ecualización, este tipo de requerimientos son los empleados por el sistema desarrollado, esto es que el enlace entre el sistema móvil y la unidad central o maestra debe de guardar una alta eficiencia y confiabilidad debido a la aplicación que se tiene pensado en darle al sistema de rastreo vehicular.

La comunicación de datos digitales trata la transferencia de "unos" y "ceros" lógicos desde un dispositivo digital a otro. Esta transferencia de datos puede ser llevada desde una Computadora Personal (PC) hasta otra, o como en nuestro caso de un elemento inteligente (microcontrolador) unidad móvil, hacia una terminal maestra (PC).

Diez ceros y/o unos son transmitidos secuencialmente por cada carácter: 1 bit de arranque, 8 bits de datos y 1 bit de paro. Las velocidades de transmisión y recepción pueden ser seleccionables desde una velocidad de 1,200 bits por segundo (bps) hasta 9,600 (bps), esto es, que tantos como 9,600 caracteres por segundo pueden ser intercambiados en cada dirección. Estos modems son los medios principales de comunicación de datos remotos en la industria.

En realidad, los modems de 2,400 bps y 9,600 bps dominan el mercado. Ya que transmisiones más rápidas son logradas mediante la compresión de datos. Por ejemplo, un texto de 2,000 caracteres puede ser reducido a 800 caracteres mediante la eliminación de la redundancia y únicamente esos 800 caracteres que representan instrucciones y letras, son transmitidos. La ganancia en velocidad es lograda mediante programación (software) de relativa facilidad.

Una de las tecnologías utilizadas por los fabricantes de los radiomodems es la de FSK (Frequency - Shift Keying) llaveo por corrimiento de frecuencia. Esto es que un "cero" es codificado en

una frecuencia y un "uno" es codificado en otra frecuencia. Una cierta frecuencia a un cierto tiempo corresponde precisamente a un "uno" o a un "cero". Los caracteres son transmitidos usando los bits de arranque y paro.

Para utilizar tonos (frecuencias) en la codificación de datos, por lo menos dos tonos deben ser seleccionados. A manera de ejemplo, estos tonos pueden ser de 2,500 Hz y 3,125 Hz, los cuales usualmente pueden ser transmitidos satisfactoriamente en el ancho de banda de cualquier canal de voz.

Se puede hacer una codificación de valores digitales de la siguiente manera por ejemplo, a un "uno" lógico se le puede asignar la frecuencia de 2,500 Hz y al "cero" lógico se le puede asignar la frecuencia de 3,125 Hz.

Entonces en base a esto, una fila de "unos" y "ceros" lógicos se traduce en dos frecuencias consecutivas, es decir se ensamblan dos frecuencias que nos representan un valor lógico cada una.

Sin embargo, en el extremo receptor, este ensamble de frecuencias consecutivas tienen cierta distorsión, esto se explica de la siguiente manera, diferentes ondas electromagnéticas que viajan en una misma trayectoria, tienen una velocidad de propagación directamente proporcional a la frecuencia del tono, por lo tanto para tonos de frecuencia menor se tendrá un retraso de tiempo mayor, y para tonos de frecuencias mayores el retraso en el tiempo es menor, a este fenómeno se le llama retraso de grupo. De tal manera que diferentes ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias llegan a cierto punto con diferentes retrasos, causando la llamada interferencia inter-simbólica. Esto es que una onda llega dentro del dominio del tiempo de la otra u otras. Para poder disminuir el efecto de este fenómeno se utilizan en la gran mayoría de los MODEM de alta velocidad actuales los llamados ecualizadores adaptivos que entre sus cualidades principales tienen la de la sintonización automática frecuente, de tal forma que se pueda obtener una respuesta lo suficientemente plana en el dominio de la frecuencia.

### 2.4.1. ANTENAS PARA LA COMUNICACIÓN VÍA RADIOMODEM

Toda comunicación sin hilo o comunicación por radio empieza y acaba en una antena. Sin antena, el mejor emisor (elevada potencia, excelente modulación, elevado rendimiento etc.), y el mejor receptor (gran sensibilidad, buena calidad de reproducción etc.), no son nada, la comunicación por radio es prácticamente irrealizable. Las antenas constituyen un eslabón esencial en la transmisión de las comunicaciones sin hilos, y están presentes de una u otra forma cuando se trata de establecer comunicación inalámbrica entre dos puntos.

Las antenas son simplemente un conductor metálico, usualmente con cierta longitud de alambre o tubo hueco. El conductor es necesario para conseguir que la corriente circule a través de ella. En el transmisor la corriente que circula por ella produce ondas de radio electromagnéticas, estas ondas se propagan a través del espacio, hasta llegar al receptor. En el receptor, las ondas de radio inducen una corriente en la antena, esta corriente es la señal de entrada del receptor.

Algunas de las características principales de una antena se enumeran a continuación:

- 1) Diagrama de radiación
- 2) Polarización
- 3) Rendimiento
- 4) Ancho de banda

Diagrama de radiación.- La manera en que una antena radia en forma de ondas electromagnéticas, la energía de radio frecuencia que le es aplicada, tiene el nombre de característica de radiación. Existen antenas que radian casi uniformemente en todas direcciones (antenas

omnidireccionales) y otras que favorecen una dirección (antenas directivas), pero no existe ninguna antena que radie exactamente la misma energía en todas direcciones.

La característica de radiación o diagrama de radiación de una antena se refiere siempre al espacio, único caso en el que la antena puede radiar libremente sin el menor obstáculo.

**Polarización.-** Por polarización de una onda electromagnética entendemos la posición en la que su vector eléctrico varía. Hablamos de onda polarizada horizontalmente cuando su vector eléctrico es horizontal con respecto a la superficie de la tierra. Está polarizada verticalmente cuando su vector eléctrico es vertical. Junto a las ondas polarizadas verticalmente u horizontalmente, también llamadas de polarización lineal, existen ondas de polarización circular con rotación hacia la derecha o hacia la izquierda.

Las antenas que se utilizan en el sistema están polarizadas linealmente y, especialmente se utiliza la polarización vertical. Las ondas polarizadas verticalmente no pueden ser recibidas eficientemente por antenas de polarización horizontal y viceversa.

Es pues de primordial importancia que las antenas de emisión y de recepción estén polarizadas de manera idéntica.

**Rendimiento.-** El rendimiento de una antena es la relación entre la potencia radiada y la potencia que le es suministrada (emisión), o la relación entre la señal que suministra al receptor y la que ella capta (recepción).

**Ancho de banda.-** Por ancho de banda de una antena entendemos la gama de frecuencias en la que esta antena conserva sus características sin modificaciones apreciables.

#### 2.4.2. LINEAS DE TRANSMISIÓN DE LAS ANTENAS

Las antenas son siempre instaladas a cierta distancia de los emisores, lo que entraña la necesidad de un nexo apropiado entre los radiomodems y las antenas. Esta conexión se efectúa por medio de líneas de diferente material, entre las que está el cable coaxial que es el más difundido en la transmisión de datos por radio. Independientemente del tipo de línea utilizado el nexo entre la antena y los radiomodems debe presentar algunas condiciones constantes. Ante todo debe presentar la menor pérdida posible, a fin de que la señal emitida o recibida por el camino emisor-antena (emisión) o antena-receptor (recepción) no sea atenuada. Además debe tener una impedancia tal que la adaptación entre la antena y el equipo sea perfecta.

Los radiomodems utilizados presentan una impedancia de entrada/salida de 50W; así pues, para satisfacer las condiciones de adaptación necesita un cable coaxial de 50W. El más empleado en esta categoría es el tipo RG-58 C/U.<sup>1</sup>

Aparte de la impedancia característica de un cable coaxial su atenuación es también un factor importante. Esta atenuación está en función de la frecuencia de trabajo, de las dimensiones de los conductores y del tipo de aislante utilizado.<sup>2</sup>

Una consideración que se debe tener presente para la atenuación, es la longitud que puede tener el cable coaxial entre el módulo y la antena. Las estaciones móviles son en su mayoría, instaladas a bordo de vehículos automóviles en los cuales la distancia entre el módulo y la antena es de tan sólo algunos metros, la atenuación producida por el cable es en consecuencia, débil y puede ser ignorada. Una situación muy diferente se produce en el caso de la unidad terminal muestra donde la distancia entre la antena y el equipo puede alcanzar 10 o 20 metros incluso hasta más distancia, en este caso puede presentar pérdidas importantes que conviene tener en cuenta.

## 2.5. COMPUTADORA PERSONAL

En la unidad terminal central, la parte fundamental para la transmisión y recepción de datos es una computadora personal; es importante mencionar que si se cuenta con una buena velocidad de procesamiento se podrá obtener un ahorro en el tiempo de transmisión y despliegue de datos lo cual aumentará la eficiencia del sistema.

***REFERENCIAS:***

1 Y 2. Editado por Condumex; "Catálogo de Telecomunicaciones y Electrónica" pp.51; Capítulo # 3.  
Cables Coaxiales; 1989.

CAPITULO

#

3

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
LA INTERFASE GPS.**

## **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS.**

### ***OBJETIVOS***

En este capítulo veremos en forma detallada como es el diseño y funcionamiento de la tarjeta utilizada como interfase y, que como podrá notar el lector en su momento es la parte medular en este proyecto de rastreo vehicular en base a GPS.

### ***3.1. DISEÑO DEL HARDWARE***

La interfase GPS es un elemento de alta importancia dentro del sistema para la localización de vehículos, ya que en ella se encuentran todos los elementos necesarios para el manejo de los datos recibidos del satélite. Es decir en un sistema GPS original los datos enviados por el satélite llegan a la antena GPS donde es demodulada y se vuelve a transmitir a baja velocidad binaria, esta es de 9600 bits/s en dirección hacia un interfase propio del sistema, el cual contiene un software de servicio único, con esto el sistema se vuelve limitado a un solo vehículo, además de que únicamente el usuario tiene acceso a la información proporcionada por el sistema.

En base a esto el diseño del hardware fue concebido en la siguiente forma:

- a) El sistema tenía que ser capaz de proporcionar la potencia necesaria para alimentar a los circuitos de la antena receptora de satélite (GPS) además de la propia alimentación, en base a un voltaje de alimentación común de vehículos automotores que es de 12 V.D.C.± 4V;

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS.

b) Los voltajes requeridos son de  $+5V \pm 0.5V$  para los circuitos digitales, para la parte analógica de  $+12V \pm 1V$  y para la antena GPS de  $+24V \pm 1V$ ;

c) Este nuevo sistema debería de proporcionar la información a una unidad maestra o centralizada, donde los datos de "n" unidades remotas serían concentradas y manipuladas;

d) Para poder lograr la comunicación entre las unidades remotas y la unidad terminal maestra se necesita de un elemento capaz de radiar en forma omnidireccional los datos digitales hacia la unidad maestra, para este fin se pensó en la utilización de equipos radiomodem de telemetría monocanal (Half Dúplex), que transmiten datos digitales utilizando frecuencias de portadora en la banda de UHF con frecuencia central que se puede variar desde 403 MHz hasta 470 MHz, se utilizó la difusión omnidireccional, aunque esto representa un sistema con baja eficiencia en cuestión de potencia, aumenta la eficiencia del sistema en general ya que no se puede utilizar difusión direccional debido a que las antenas direccionables necesitarían una inversión adicional para el diseño de un circuito corrector de dirección además de tener que contar con línea de vista entre transmisor y receptor, cosa que es imposible en la ciudad de México;

e) Lograr realizar que con una sola unidad terminal maestra o unidad central se pudiese muestrear a cada una de las unidades terminales móviles, esto se llevó a cabo con la ayuda de un microcontrolador de la familia MCS-51 de INTEL,<sup>1</sup> que además de llevar el control de transmisión y recepción, controla al interfase en general, ya sea dando los parámetros iniciales hacia la antena GPS como la de recepción y manipulación de los datos recibidos así mismo, guarda en memoria todos los eventos de actualización en el tiempo que transcurre el periodo de comunicación con la unidad central;

f) Debido a que el sistema original trabaja en tiempo real, fue necesario almacenar la información en memoria hasta el momento en que se requiriese de dicha información, como esta es almacenada y borrada continuamente se utilizó la memoria tipo RAM;

g) Se requería que la memoria no perdiese la información en caso de que la tarjeta quedara sin polarización al apagar el vehículo, para este fin se pensó en dejar todo el tiempo la tarjeta polarizada teniendo como consecuencia un gasto innecesario de potencia, por lo tanto se hizo un dispositivo de control que supervisa la alimentación principal, en caso de bajar el voltaje, automáticamente se alimenta exclusivamente a la memoria, además de ponerla en estado de espera (stand by) logrando con esto bajar aún más el consumo de potencia.

h) Tener comunicación entre equipos con elementos disponibles comercialmente, esto lo logramos utilizando el estándar de comunicación V.28 o RS - 232C para comunicación serial asíncrona, a través de un conector del tipo DB - 9;

i) Tener un medio de supervisión visual, esto se logró con el uso de leds manejados a través de dos bits de un puerto del microprocesador que controlan dos transistores NPN que son llevados de estado de saturación a corte.

j) Minimizar el tamaño de tal manera que se pueda evitar el tener que utilizar lugares espaciosos en su instalación.

La interfase esta dividida en dos secciones principales: la sección digital y la sección analógica.

En la siguiente figura se ilustra más claramente esto en un diagrama a bloques:

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS

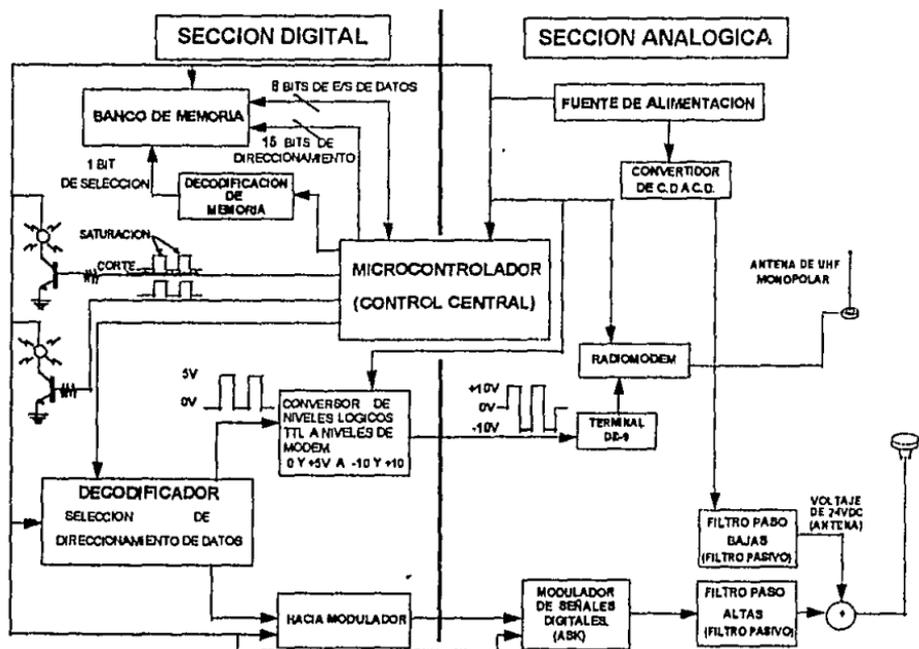


fig. 3.1. Diagrama a bloques de la tarjeta interfase.

La etapa o sección de control se implementó a partir de un microcontrolador, es decir el control de la interfase se realizó con un circuito digital de tecnología VLSI (Very Large Scale Integration), esto con la finalidad de reducir el espacio disponible como se mencionó anteriormente y por su alta velocidad de procesamiento, pero además se tienen dispositivos adicionales como son: memorias, compuertas lógicas haciendo arreglos de decodificación y elementos secundarios en el control del manejo de datos, batería de respaldo, circuito para la comunicación etc. Todos estos dispositivos trabajan conjuntamente con el microcontrolador formando así la unidad inteligente de esta interfase.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MICROCONTROLADOR

#### *MCS-87C51*

Debido a la flexibilidad que se tiene al trabajar con el microcontrolador MCS-8751,<sup>2</sup> al poco espacio que ocupa en una tarjeta electrónica y además de su costo accesible, se optó por usar este circuito pues en una sólo circuito integrado de 40 puntos de conexión (pines) se incluyen varios dispositivos integrados al mismo tales como: memorias de los tipos RAM (Random Access Memory) y EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory), 4 puertos de intercambio de datos de 8 bits, entre otras características que mencionaremos más adelante;

#### *POSIBLES MICROPROCESADORES CONSIDERADOS PARA LA INTERFASE.*

1. Uno de los microprocesadores que pudo haber sido utilizado fue el Z-80 de ZILOG, pero se tuvo las siguientes limitantes;
  - a) El microprocesador Z-80 no tiene incluidos dentro de su arquitectura básica los elementos de transferencia y almacenamiento de datos, con lo que se tienen que adquirir por separado los elementos necesarios para tal fin.
  - b) El espacio requerido para poder contener a estos elementos extras era por demás incosteable debido a que una de las exigencias al inicio de este proyecto era el de utilizar un espacio limitado.
  
2. El otro posible microprocesador fue el manufacturado por MOTOROLA nos referimos al microcontrolador HC-11, éste tuvo dos desventajas que se listan a continuación:

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS.

- a) Este dispositivo es uno de los más completos que existen actualmente en el mercado, pero con esto teníamos elementos que no eran necesarios y con esto,
- b) El precio de este microcontrolador es el más elevado de los posibles candidatos pero no se eligió este aunque cumplía con las especificaciones del proyecto debido a su precio.

El microcontrolador empleado en la construcción de la tarjeta interfase tiene las siguientes características principales.

- CPU de 8 bits.
- 32 líneas de entrada/salida distribuidas en cuatro puertos.
- Memoria interna RAM de 128 bytes, utilizada principalmente como stack de datos internos, propios del microcontrolador.
- Memoria interna EPROM de 4 KBytes.
- Capacidad para direccionar 64 KBytes de memoria externa.
- Puerto de comunicación serial UART con niveles lógicos TTL.
- Contadores y temporizadores internos.

En la figura 3.2. se muestra un diagrama de esta familia de microcontroladores.

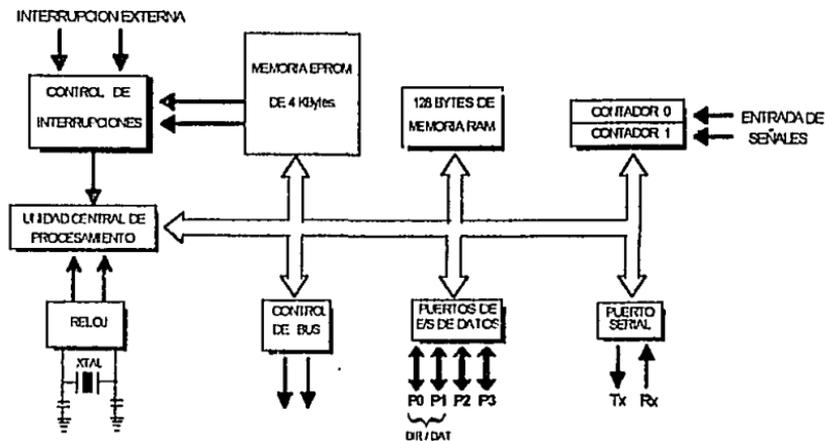


fig. 3.2. Diagrama estructural del Microcontrolador MCS-87C51.

### 3.3. MEMORIAS

Los procesamientos digitales requieren generalmente un medio para almacenar información. La información que se almacena puede consistir en varios números que deben ser utilizados en un cálculo, resultados de cálculos, instrucciones que dirijan un cálculo, o todo lo mencionado. La parte de los procesamientos digitales que provee este medio de almacenamiento se llama memoria. Existen tres tipos de memoria:

a) Memoria de acceso secuencial (SAM), escriben y leen información en secuencia es decir, el tiempo de acceso no es constante.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS.

b) Memoria de acceso aleatorio (RAM), la información se almacena igualmente en localidades o posiciones. Existe la posibilidad de singularizar una posición determinada, es decir direccionar la localidad para escribir o leer datos de dicha localidad. Por ejemplo supongamos que tenemos que leer una palabra situada en la primera localidad de memoria o escribir en ella, y a continuación nos interesa una segunda localidad, elegida arbitrariamente, es decir de modo aleatorio, y acceder a esta localidad para lectura o escritura. En este tipo de memorias el tiempo de acceso a esta segunda localidad es siempre el mismo sea cuál sea la posición, esta característica es lo que las hace diferentes a las memorias de tipo secuencial donde el tiempo de acceso a una segunda localidad depende de su ubicación con respecto a la primera localidad accedida.

Existen actualmente dos tipos de memoria, la memoria RAM dinámica y la memoria RAM estática.

La memoria RAM dinámica es aquella en la que constantemente hay que registrar el dato, esto es debido a la carga de este tipo de memorias es fijada generalmente por un capacitor y dependiendo de la carga será el nivel lógico que interprete, pero como el capacitor no es ideal, tiende a perder su carga, esto hace necesario tener un ciclo de refresco.

La memoria RAM estática es aquella en el cuál el dato queda presente sin necesidad de estarlo cambiando constantemente, está construida por lógica de flip-flops y por lo tanto no requiere de un ciclo de refresco. En ambos tipos de memoria la información almacenada se pierde si se elimina la fuente de alimentación.

c) Memoria de solo lectura (ROM), el tipo de direccionamiento de esta memoria es un tipo de memoria de acceso aleatorio al igual que la memoria RAM. Pero la ROM difiere con respecto a esta última en que en ella no se puede escribir ningún tipo de información al encontrarse en operación. La

información contenida en esta memoria ROM es dada por el usuario al fabricante y el fabricante se encarga de almacenar esta información en la memoria y la información almacenada ya no es posible ser removida de ella. Sin embargo, hay memorias ROM que permiten al usuario el almacenar y remover la información en la memoria. Estas memorias se denominan memorias programables eléctricamente EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory), el borrado se realiza exponiéndolas a rayos ultravioleta, también se tienen memorias EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory) que se puede borrar y escribir en ellas eléctricamente. Tales dispositivos de memoria calificadas de borrables son memorias de sólo lectura en el sentido de que para cambiar la información almacenada es necesario interrumpir el proceso digital en que interviene la memoria.

La interfase desarrollada cuenta con memoria de programa y de almacenamiento de datos; la memoria del programa la constituye una EPROM interna del microcontrolador con capacidad de  $4k \times 8$ . La memoria de almacenamiento de datos esta compuesta por una RAM estática con capacidad de 65536 bits.

Para implementar la memoria de almacenamiento de datos se seleccionó el circuito integrado (11M62256),<sup>3</sup> siendo sus principales características:

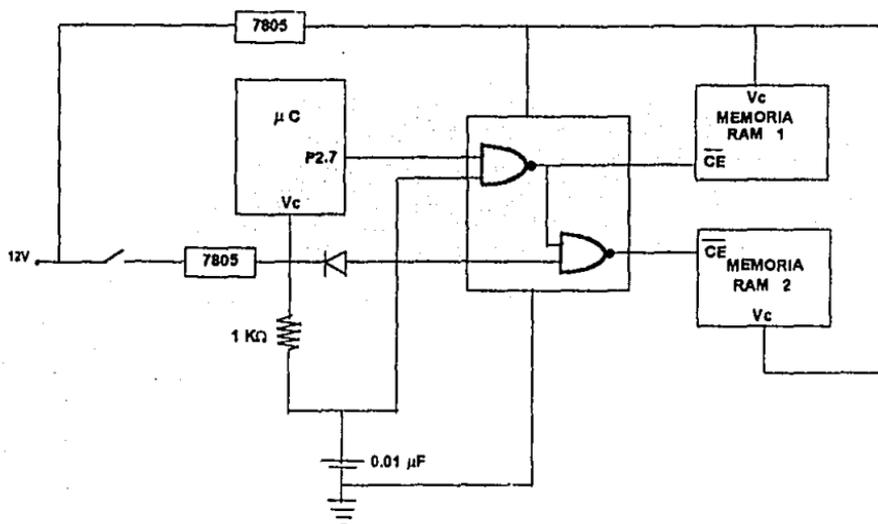
Capacidad de memoria	32,768 Bytes.
Tiempo de acceso	85 ns.
Polarización	5 V.
Corriente de operación	5mA.
Corriente en estado de reposo	100mA
Voltaje en estado de reposo	2.0 V a 5.5 V

Además estas memorias cuentan con dos líneas de entrada, el chip enable (CE negado) que permite seleccionar al dispositivo y conservar los datos, y el output enable que provee el acceso a la

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS

memoria, otra característica importante de este tipo de memorias es que son apropiadas para trabajar con microcontroladores donde la alta velocidad, el bajo consumo de potencia y la batería de respaldo son requeridos.

La configuración que se utilizó para almacenar los datos en la memoria se muestra en el siguiente diagrama:



*fig. 3.3. Circuito de control de alimentación alterna (de respaldo) para el banco de memoria RAM.*

Como se observa se conectaron dos circuitos integrados de memorias RAM's estáticas (HM62256) con capacidad de 32,768 Bytes (32 KBytes) cada una de ellas; en paralelo con el fin de expandir la capacidad de almacenamiento de datos hasta un número de 64 KBytes.

Uno de los dos reguladores lineales de voltaje (LM-7805),<sup>4</sup> su entrada es conectada directamente a la batería del vehículo, cumpliendo con esto la finalidad de tener continuamente alimentado al banco de memoria y no perder la información almacenada; además este mismo regulador alimenta al circuito de control que al momento de no recibir información del microcontrolador conmuta a las dos memorias a un estado de reposo, en el cual el consumo de potencia es completamente menor al estado de operación, de tal manera que no ponga en riesgo al sistema de perder el suministro de energía por descarga de la batería del vehículo. esto, como se mencionó anteriormente, se pensó de esta manera para no tener que alimentar a todo el circuito permanentemente y tener un gasto de potencia innecesario haciéndolo de tal suerte más eficiente en lo que a consumo de potencia se refiere, y más confiable en lo referente a sistema.

El microcontrolador y los demás circuitos, a excepción de el circuito de control y el banco de memoria RAM, son alimentados por otro regulador lineal de voltaje (LM-7805), pero con la diferencia de que este es conectado al conmutador (switch) de encendido del vehículo, proporcionando así alimentación a estos circuitos únicamente cuando la unidad tiene el circuito cerrado de suministro de energía general.

El manejo de las memorias es controlado en parte por la línea 7 del puerto 2 del mC (P2.7) y de las compuertas NAND (MC14093) que se diseño de acuerdo a la tabla de verdad siguiente:

P2	V	CE1	CE2
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	1

*Tabla 3.1. Tabla de verdad correspondiente a la lógica de operación de alimentación del banco de memorias.*

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS.

Si:

- P2.7 y V tienen nivel bajo (0), los dos (CF negado) de las memorias tendrán un nivel alto (1) y permanecerán en estado de reposo.

- P2.7 tiene nivel bajo (0) y V tiene nivel alto (1), la memoria dos se habilita y la memoria 1 permanece en estado de reposo.

- P2.7 tiene nivel alto (1) y V tiene un nivel bajo (0), las dos memorias permanecerán en reposo.

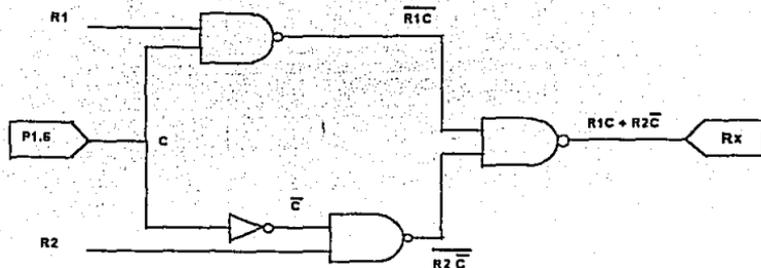
- P2.7 tiene nivel alto (1) y V tiene un nivel bajo (0), la memoria se habilita y la memoria dos permanece en estado de reposo.

El circuito RC produce un retardo en V para que en el momento de la transición de un nivel bajo a un nivel alto le de tiempo al microcontrolador de que empiece a operar en estado normal y evitar que salga de lógica el programa; mientras exista el retardo de hardware los (CF negado) de las memorias permanecerán bloqueados. El diodo sirve para que se descargue el circuito.

### *3.4. CONTROL DE ENRUTAMIENTO*

Debido a que el microcontrolador necesita transmitir y recibir información de y desde dos vías diferentes (antena GPS y unidad central de monitoreo), surgió la necesidad de diseñar un circuito que permitiera enrutar el paso de datos hacia y desde una sola dirección a la vez de acuerdo a las líneas de control del puerto 1 del microcontrolador. La operación de enrutamiento de datos de transmisión y recepción se muestran en los siguientes diagramas:

Recepción:



Donde R1= Recepción desde antena GPS.  
R2= Recepción desde Unidad Central o Maestra.

fig. 3.4. Diagrama que muestra la lógica de enrutamiento de datos de recepción.

La tabla de verdad es la siguiente:

C	R <sub>x</sub>
0	R2
1	R1

Tabla 3.2.- Tabla de la lógica utilizada en el circuito para el enrutamiento de datos recibidos por el sistema.

Sí:

P1.6 está en un nivel lógico bajo (0) el microcontrolador recibirá ordenes desde el centro de monitoreo.

P1.6 tiene un nivel lógico alto (1) recibirá mensajes de la antena GPS.

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS

Transmisión:

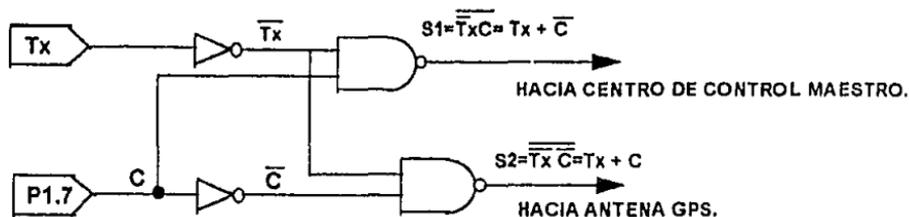


fig. 3.5. Diagrama que muestra la lógica de enrutamiento de datos de transmisión.

La tabla de verdad de acuerdo con lo anterior:

C	S1	S2
0	1	Tx
1	Tx	1

Tabla 3.2.- Tabla de la lógica utilizada en el circuito para el enrutamiento de datos transmitidos por el sistema.

Si:

P1.7 tiene un nivel lógico bajo (0), el microcontrolador transmitirá hacia la antena GPS.

P1.7 tiene un nivel alto (1), el microcontrolador transmitirá hacia el centro de control maestro.

### 3.5. SUPERVISION VISUAL

La supervisión visual se hizo con el arreglo de Led's - Transistor que se muestra en la siguiente figura.

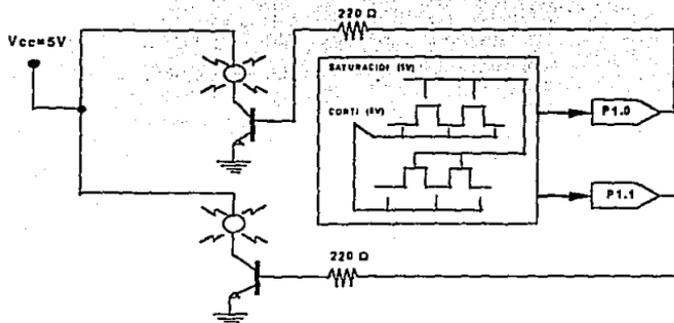


fig. 3.6. Diagrama del circuito utilizado para la supervisión visual de la tarjeta interfase.

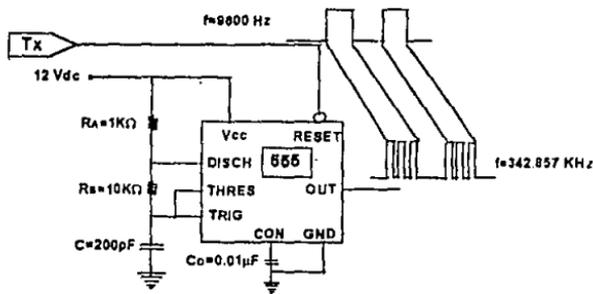
La función que realiza es la siguiente:

- Cuando el sistema es inicializado, el LED rojo enciende intermitentemente a una frecuencia de  $f=1$  Hz, mientras que el LED verde permanece apagado.
- Cuando el sistema se encuentra en captura y almacenamiento de datos provenientes de la antena GPS, el LED rojo permanece encendido y el LED verde permanece apagado.
- Cuando el sistema se encuentra en el estado de espera para ser interrogado por la estación maestra o también cuando esta mandando datos hacia esta misma tenemos que, el LED verde permanece encendido mientras que el LED rojo permanece apagado.

## 3.6. MODULACION

La modulación de las señales digitales es del tipo ASK (Amplitud Shift Keying), Conmutación por Corriente de Amplitud, el modulador implementado en este proyecto tiene la siguiente lógica operacional, un (1) lógico se reconoce cuando tenemos la frecuencia de oscilación de portadora presente a la salida del temporizador, y tenemos un (0) lógico cuando a la salida del temporizador no hay frecuencia de portadora existiendo 0 (cero) volts en ella, este modulador se hizo con un temporizador común LM-555.<sup>5</sup> En la conmutación de amplitud la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se conmuta entre dos o más valores en respuesta al código PCM. Para el caso utilizado aquí se hizo la elección usual que es la conmutación encendido - apagado que a veces se abrevia OOK (on - off keying). La señal modulada en amplitud resultante consta de pulsos de RF, llamados marcas, que representan unos binarios, y espacios que representan ceros binarios.

En el siguiente diagrama se muestra como se implementó este modulador.



$$f_{oc} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C} = \frac{1.44}{4.2 \times 10^{-8}} = 342,057.14 \text{ Hz}$$

fig. 3.6. Configuración del dispositivo modulador (Temporizador 555).

El modulador trabaja de la siguiente manera: La señal de transmisión Tx proveniente del microcontrolador se aplica a la entrada de RESET (restaurar) del temporizador, el cual se encuentra configurado a manera de un reloj estable, es decir el temporizador funciona como un oscilador libre a una frecuencia fija de 342.857 KHz que es la frecuencia de portadora, esta frecuencia estará presente mientras que a la entrada del reset del temporizador no se presente un cero lógico, el cual activará dicha entrada ocasionando con esto que la salida baje a un nivel (0) lógico teniendo por consecuencia la ausencia de frecuencia de portadora, hasta que nuevamente se presente un (1) lógico en esta entrada.

En la siguiente tabla de verdad se ilustra lo anterior:

Tx	RESET	SALIDA
0	1	0
1	0	fportadora

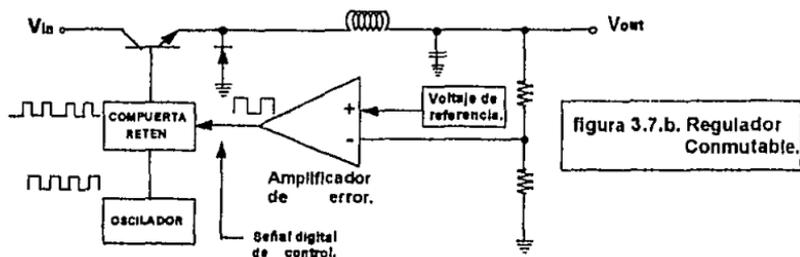
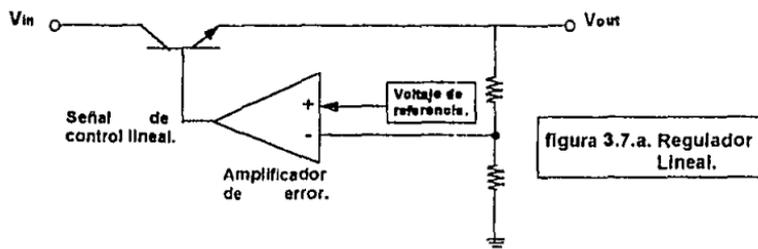
**tabla 3.3.- Tabla de función lógica del modulador ASK utilizado en este proyecto.**

### 3.7. FUENTE CONMUTADA (CONVERTIDOR DE C.D. A C.D.).

**Principio de operación:** Para entender la diferencia de operación entre un regulador lineal y uno conmutado haremos referencia a las siguientes dos figuras, la figura (3.7.a) nos muestra en que consiste un regulador lineal, esto es, de una referencia estable, un amplificador de error de alta ganancia, y un elemento resistivo de paso serial. El amplificador de error monitorea el nivel de voltaje de salida, lo compara con el voltaje de referencia y genera una señal de control lineal que varía entre dos extremos, saturación y corte. Esta señal es utilizada para variar la resistencia del elemento resistivo de paso serial en modalidad correctiva de tal forma de mantener un voltaje de salida constante bajo la variación del voltaje de entrada y las condiciones de la carga de salida. En la figura (3.7.b) muestra la

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFASE GPS

composición básica de un regulador conmutado, el cual consiste de una referencia estable y de un amplificador de error de alta ganancia idénticos a los del regulador lineal. Pero este difiere en que han sido agregados un oscilador y una compuerta reten (latch). El amplificador de error nuevamente monitorea el voltaje de salida, lo compara con el voltaje de referencia y genera una señal de control. Si el voltaje de salida esta por debajo del nominal, la señal de control se irá a un estado alto y pone en operación al reten (latch), esto permitiendo a los pulsos del oscilador el manejar al elemento de paso serial alternativamente de corte a saturación. Esto continuará hasta que el voltaje de salida sea elevado hasta un nivel ligeramente por arriba del valor nominal. En este momento, la señal de control bajará y sacará de operación al reten, dando por terminado con cualquier conmutación posterior del elemento de paso serial. El voltaje de salida eventualmente volverá a caer por debajo de su voltaje nominal debido a la presencia de una carga externa, e iniciará el proceso de conmutación nuevamente.



En la siguiente figura (3.8.) se muestra el arreglo utilizado para este regulador conmutable MC 34063<sup>6</sup> (fuente conmutada), la cual tiene las siguientes características:

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| a) Corriente de salida        | $I_{out} = 270 \text{ mA}$    |
| b) Voltaje de salida          | $V_{out} = 24 \text{ V.C.D.}$ |
| c) Voltaje de entrada         | $V_{in} = 12 \text{ V.D.C.}$  |
| d) Frecuencia del oscilador   | $f_{min} = 130 \text{ KHz}$   |
| e) Inductor de núcleo de aire | $L_{min} = 50 \text{ mH}$     |

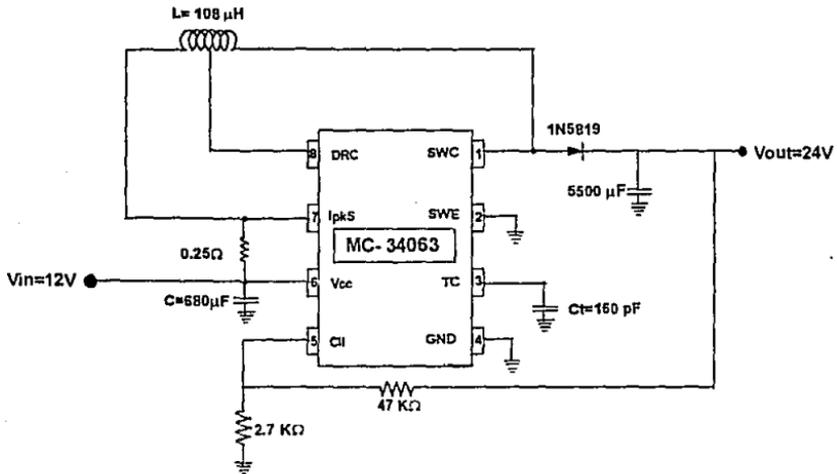


fig. 3.8. Configuración utilizada en el dispositivo convertidor de C.D. a C.D.

**REFERENCIAS:**

1. y 2 -Edited by INTEL 1990; "8 - bit Embedded Controllers" pp.1-19, 1-73; caps.5, 6;
- 3.-Edited by Toshiba 1990; "Static RAM" pp.B41-B50.
- 4.-Edited by Texas Instruments 1989; "Linear Circuits, Voltage Regulators and Supervisors" pp.221; cap. 2; Data Book (Volume 3)
- 5.-Edited by Texas Instruments 1989; "Linear Circuits Amplifiers, Comparators and Special Functions."pp.37; cap. 4; Data Book (Volume 1).
- 6.-Edited by Motorola; Voltage Regulators Handbook, "Linear/Switch mode" pp.461-475

CAPITULO

#

4

**COMUNICACIÓN  
DE DATOS.**

## COMUNICACION DE DATOS

### OBJETIVOS

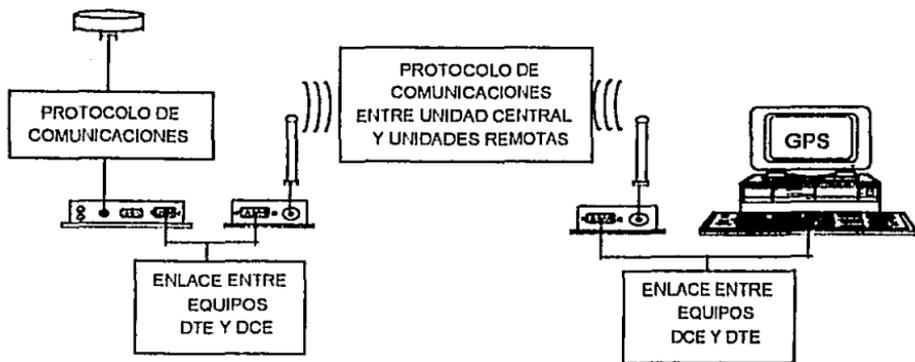
Para el diseño la red de monitoreo vehicular una de las consideraciones fundamentales que se debe tener presente, es la transmisión física de datos entre las unidades remotas y la unidad central. Para cumplir esta tarea exitosamente, se deben resolver problemas de correcta secuencia de datos y sincronización entre la unidad central de monitoreo y las unidades móviles. La solución para asegurar la correcta secuencia de transmisión y recepción de datos entre estos equipos consiste en un protocolo de comunicación de datos.

El protocolo de comunicación de datos esta basado en un software desarrollado en lenguaje "PASCAL",<sup>1</sup> que incluye los principios generales para el transporte de datos tales como: mandatos, sincronización y otra información como la transmisión y recepción de datos en forma segura ante la presencia de errores de un canal.

Estos y otros temas relacionados con la comunicación de datos, son el contenido de este capítulo que comienza con los principios básicos.

### 4.1. FORMAS DE COMUNICACION DEL SISTEMA:

El sistema desarrollado consta de dos formas diferentes de comunicación. El protocolo de comunicación entre las unidades móviles remotas con la unidad terminal central; y la comunicación que existe entre la interfase GPS con la antena GPS.



*fig 4.1. tipos de comunicación del sistema para el rastreo de unidades móviles.*

Antes de considerar los diferentes tipos de protocolos comunicación con que opera el sistema, es recomendable examinar el enlace que existe entre los equipos de datos terminales "computadora e interfase GPS", con los equipos de comunicación de datos "radiomodems".

#### **4.2. CONEXION ENTRE LOS EQUIPOS TERMINALES DE DATOS Y LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES DE DATOS**

Existen varios estándares para la conexión entre equipos de comunicación de datos y equipos terminales de datos, el más utilizado dada su versatilidad, sencillez en el manejo de señales además de ser comercialmente accesible, es el estandar bidireccional RS-232C, según recomendación V.28 de CCITT<sup>2</sup> el cual define los medios lógico y físico para la transferencia de "ceros" y "unos", su característica básica es la de comunicación serial y debido a estas características es que fue seleccionado como el interfase que cubría las necesidades del sistema.

El estándar RS-232C utiliza exclusivamente la transmisión asíncrona (ASYNC), en la que los bits de datos se transmiten por un solo canal de datos en forma consecutiva, uno tras otro, la recepción de datos, también es realizada ensamblando los bits recibidos para formar un carácter.

El adaptador asíncrono de comunicaciones de una computadora personal esta formado por un dispositivo denominado UART<sup>3</sup> (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), receptor transmisor asíncrono universal. La UART es un subsistema completo integrado en un chip que convierte datos en paralelo a datos serie, y datos serie a datos en paralelo dependiendo de su punto de trabajo, La UART determina e inserta los bits de paridad, verifica los bits de paridad recibidos, crea el bit de inicio, selecciona e inserta los bits de parada, controla el número de bits por carácter, e incluso lo almacena todo para tener tiempo de realizar todas estas tareas.

La UART empaqueta cada byte en una estructura aparte. Cada estructura consiste en un bit de inicio (start), el byte de datos, un bit de paridad (opcional) y un bit de paro (stop).

El bit de inicio. Cuando un canal de datos serie está inactivo, permanece en el estado 1 u ON. La transmisión de un carácter se inicia desactivando el canal de datos. Esto lo retira del estado de inactividad y le envía lo que se le denomina un bit de inicio.

Un bit de inicio es el primer bit que precede cada palabra de datos. Recordemos que en la comunicaciones asíncronas, cada carácter se transmite de forma independiente. Esto significa que cada carácter transmitido necesita un bit de inicio.

Inmediatamente después del bit de inicio, aparecen los bits de datos en serie. No todos los sistemas utilizan los ocho bits de datos; algunos solo utilizan siete o seis, y otro pueden usar nueve.

## COMUNICACIÓN DE DATOS

El bit de parada. En tiempos anteriores, cuando las comunicaciones serie utilizaban en los teletipos y otros dispositivos antiguos, los dispositivos mecánicos de los equipos necesitaban tiempos de espera entre caracteres. Por esta razón, se introdujo un bit de parada al final de cada carácter. Dependiendo de la espera necesaria, se utilizan uno, uno y medio o dos bits de parada. Actualmente su única función es marcar el final del carácter.

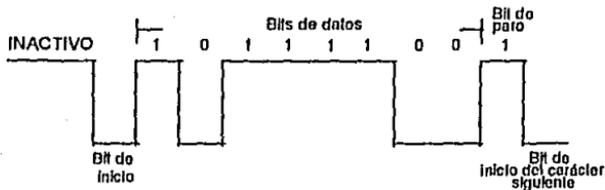
El bit de paridad sirve para asegurarse de que un carácter es recibido correctamente, se añade un bit inmediatamente después de los bits de datos; no se utiliza siempre.

La estructura de los bytes que se envían en la transmisión y recepción de datos, desde la interfase hacia la antena GPS como a la unidad central, tiene las siguientes características:

1 bit de inicio.

8 bits de datos.

1 bit de paro.



*fig.4.2. Bits de datos asincronos.*

La longitud de cada bit, depende de la velocidad de transmisión, o de cuántos bits por segundo estemos transmitiendo. Si estamos trabajando a 9600 bits/seg, entonces dividiremos 1 entre 9600 para calcular la longitud de cada bit.

#### 4.2.1. SEÑALES DE CONTROL DE LA INTERFASE RS-232C

Las comunicaciones de datos también usan un procedimiento ordenado para asegurarse que los datos se transmiten sólo cuando la parte receptora está preparada para ello. La computadora tiene que asegurarse de que el radiomodem local esté listo antes de iniciar la comunicación, de la misma forma de lado de la unidad móvil, la interfase GPS tiene que asegurarse de que también el radiomodem remoto este listo para iniciar una transmisión. Para asegurarse de que todas las partes implicadas están preparadas para intercambiar datos, la interfase entre los radiomodems y los equipos terminales incluyen algunas señales de control. Cada señal de control se usa para indicar una condición de SI/NO (ON/OFF) en la interfase. El uso de estas señales de control se denomina saludo (handshaking). Las señales de control utilizadas por los equipos DTE's y DCE's son las siguientes:

DTR (data terminal ready) (terminal de datos listo). La computadora utiliza DTR para indicarle al radiomodem que está activada, el software está cargado y está lista para comunicarse.

DSR (data set ready) (radiomodem listo). El modem local le indica a la computadora que está activo y conectado a la línea en modo normal.

DCD (data carrier detected) (detección de portadora). Indica que el radiomodem está en la línea y preparado para intercambiar datos (la presencia de portadora no implica que ésta transporte datos).

RTS (request to send) (petición de envío). Los DTE's preguntan a los radiomodems si está listo para transmitir datos.

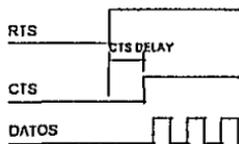
## COMUNICACIÓN DE DATOS.

CTS (clear to send) (listo para enviar). Los radiomodems le indican a los DTE's que pueden comenzar a transmitir datos.

TD (data transmit) (datos transmitidos). Datos enviados desde los equipos DTE's hacia los radiomodems para su transmisión.

RD (receive data) (datos recibidos). Datos recibidos por los radiomodems y enviados a los equipos DTE's.

Profundizando más, los equipos DTE's sólo podrán transmitir datos cuando los equipos DCE's responda con CTS (listo para enviar) como respuesta a la señal RTS (petición de envío) de los DTE's. Al activar RTS, se activa la portadora. El transmisor envía sólo 1's o 0's hasta que se activa el CTS y los datos comienzan a fluir. El tiempo transcurrido entre la señal RTS y la respuesta CTS se denomina retardo de transmisión (clear to send delay).



*fig.4.3. Comunicación entre DTE's y DCE's.*

### 4.2.2. CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DE LA INTERFASE

Dependiendo del fabricante y circuitos lógicos usados por los equipos terminales se utilizan indistintamente tres estándares, pero el preferido y más utilizado es el dc +10V para un 1 lógico y -10V

para un 0 lógico. El amplio margen de voltajes aceptados ayuda a asegurarse que se alcanzará un nivel adecuado al otro extremo de la comunicación; un voltaje inadecuado puede indicar que el cable de conexión entre los equipos terminales de datos y los equipos de comunicación de datos es demasiado largo, o que un circuito de salida o de entrada está dañado. Basándose en los niveles óptimos de voltaje y las impedancias, se recomienda que el cable utilizado entre los equipos terminales y los equipos de comunicación no superen 16 metros de largo, al usar la interfase RS-232C es posible (pero no recomendable) superar este límite.

En los equipos terminales remotos (interfase GPS), los niveles de voltaje necesarios para el estándar RS-232C se pueden obtener a partir de un circuito integrado (CI) fabricado por *Maxims* MAX232<sup>4</sup> que a partir de una sola fuente de voltaje de 5 V y 4 capacitores es suficiente para generar los niveles establecidos para el estándar RS-232C. Los niveles lógicos TTL proporcionados dentro de la interfase GPS se hace pasar por el circuito MAX232 para suministrar los niveles adecuados para su transmisión +10 V para 1 lógico y -10 V para el 0 lógico.

#### 4.2.3. EL PUERTO DE COMUNICACIONES

Es el lugar en que se leen y escriben datos. Cuando se va a enviar un valor a una línea serie (que puede ser un modem o una conexión directa), los datos van al puerto de comunicaciones. Podemos configurar al puerto que deseamos, los utilizados con más frecuencia son el COM1 y COM2. La comunicación con el radiomodem se realiza por el puerto serial 1 de la PC.

El puerto serie de la computadora personal (PC) utiliza cuando más 9 señales de control, la cual se definen en la tabla siguiente:

PINES	SEÑAL	DESCRIPCION
2	Tx	Transmisión de datos
3	Rx	Recepción de datos
4	RTS	Peticion de envío
5	CTS	Listo para enviar
6	DSR	Modem listo
7	GND	Señal de tierra
8	DCD	Detección de portadora
20	DTR	Terminal de datos lista

tabla 4.1. señales de control.

Los pines del conector (DB-9) que se utilizan de los radiomodems y de la interfase GPS son:

PINES	SEÑAL	DESCRIPCION
2	Rx	Recepción de datos
3	Tx	Transmisión de datos
4	Vc	Fuente de alimentación
5	GND	Señal de tierra
7	RTS	Peticion de envío
8	CTS	Listo para enviar

tabla 4.2. señales de control.

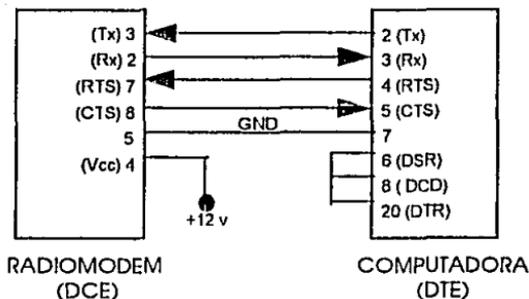
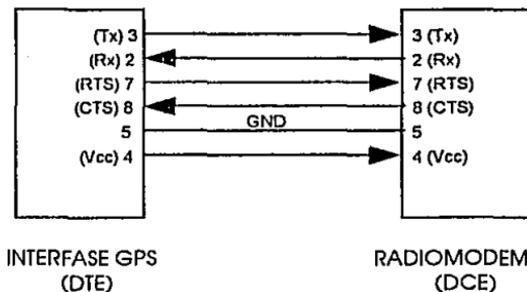


fig.4.4. Enlace físico para la conexión entre la computadora personal y el radiomodem central.



*fig. 4.5. Enlace físico entre la interfase GPS y el radiomodem remoto.*

#### 4.3. PROTOCOLO DE COMUNICACIONES ENTRE LA UNIDAD CENTRAL Y LAS UNIDADES MÓVILES

El enlace de comunicación para la localización de unidades móviles se puede realizar de dos formas diferentes: Podemos utilizar, la comunicación punto a punto que se utiliza cuando se tiene solamente una unidad móvil para monitorear, ó en el caso de que se tengan varias unidades remotas disponibles entonces la comunicación multipunto es la solución.

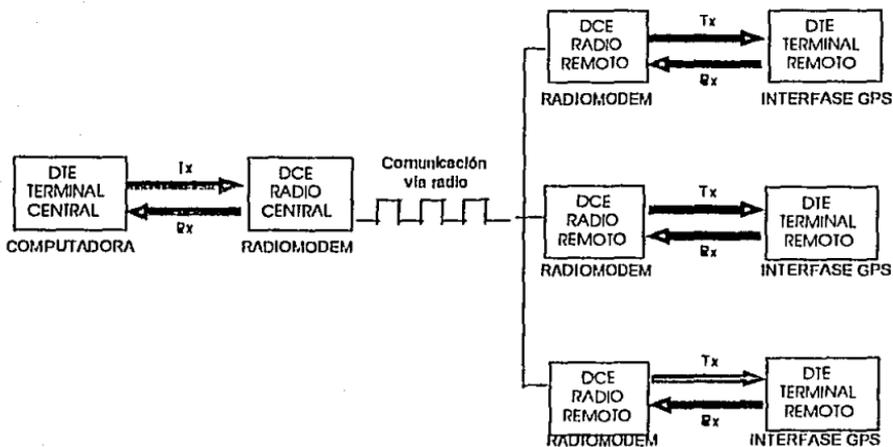
La comunicación punto a punto, es la forma básica de tecnología de comunicación de datos, ya que sólo incluye un par de equipos terminales de datos DTE, computadora en un extremo y la interfase GPS al otro extremo del medio de comunicación. Con este sistema básico, el mensaje del usuario del equipo que transmite, es enviado a través de un equipo de comunicación de datos (Data Communication Equipment DCE), y recibido directamente por otro DCE a la velocidad de la terminal, esto significa que un equipo terminal de 9600 BPS forzará una transmisión de datos de 9600 BPS. En este método de enlace una línea o canal de la red debe estar dedicada a una sola trayectoria entre dos DTE's.

## COMUNICACIÓN DE DATOS.



*fig.4.6. Comunicación punto a punto.*

Para poder hacer mejor uso de los canales de comunicación, existe el tipo de enlaces multipunto, en el cual un punto o nodo se comunica con varios puntos remotos a través de un solo canal de comunicaciones, para lograr lo anterior es necesario coordinar el acceso al canal para evitar colisiones entre transmisiones de información de los equipos remotos, así como también para poder saber a quien va dirigida la información transmitida por el nodo central.



*fig. 4.7. Comunicación multipunto.*

### 4.3.1. METODOS DE ACCESO AL CANAL

Para que la red opere adecuadamente las unidades remotas deben transmitir de acuerdo a un conjunto común de reglas que gobiernan el acceso al canal para múltiples DTE's (unidades móviles). Este conjunto de reglas es conocido como protocolo de red, y su meta principal es mantener la eficiencia óptima de la red.

Los protocolos de red posibles que se pueden utilizar para la comunicación de datos en el sistema desarrollado, son los siguientes: protocolos de acceso aleatorio, protocolos de asignación fija y protocolos por reservación.

Los protocolos de acceso aleatorio, son aquellos en los cuáles cada DTE móvil transmite cuando los mensajes están listos para ser enviados. Con técnicas de acceso aleatorio, la eficiencia de la red tiende a degradarse bajo condiciones de carga. Por esta razón el tamaño de la red es crítico, dado que está limitado por la cantidad de tráfico presente. Una ventaja de este tipo de acceso es el hecho de que estos protocolos son fáciles de implementar y comprender.

Protocolos de asignación fija tales como los de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), en los cuales a cada DTE móvil de la red se le asigna una ranura de tiempo o de frecuencia respectivamente durante el cual puede transmitir, de modo de que cada ranura opera como un enlace punto a punto individual. Estos protocolos tienen una eficiencia aceptable solo en redes con gran cantidad de datos a transmitir, así los protocolos de asignación fija tienen una eficiencia del canal directamente proporcional a su carga.

Los protocolos de acceso por reservación son aquellos donde cada unidad móvil puede transmitir si y solo si es requerida por la unidad terminal central. Estos protocolos están diseñados de tal

## COMUNICACIÓN DE DATOS

manera que cada unidad con datos para transmitir debe reservar tiempo para acceder al canal, y de acuerdo a reglas del protocolo transmitir con una secuencia lógica. Estas condiciones lo hacen aplicable a redes de múltiples direcciones bajo cualquier condición de carga.

### 4.3.2. SELECCION DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIONES

Debido a que se tiene pensado conectar más de una unidad vehicular al sistema, se decidió utilizar la comunicación multipunto, ya que con una solo equipo terminal central nos podemos comunicar con varios puntos remotos (unidades móviles vehiculares), a través de un solo canal de comunicaciones. Basándose en un protocolo de acceso por reservación, donde la unidad terminal computadora usa un lenguaje de control de línea para manejar el flujo de los mensajes sobre la red. Típicamente, el protocolo requiere que el computador pregunte secuencialmente a cada terminal remota si tiene algún mensaje para enviar.

El software desarrollado para manejar el protocolo, debe permitir a los usuarios intercambiar información de una manera ordenada y precisa, brindando además la facilidad de compartir un espacio visual de manera interactiva.

Es necesario que el software cuente con un protocolo de comunicación de manera que soporte los dos requerimientos ya mencionados intercambio e interacción.

Usando caracteres definidos en el protocolo de comunicaciones, proporcionará una forma ordenada y precisa de asegurar que, entre otras cosas, una terminal remota se encuentre pronto, que el dispositivo remoto envíe y reciba datos cuando se le instruya, y además que la unidad central notifique a la terminal remota cuando reciba datos erróneos. Las características del protocolo son las siguientes:

- a) Procedimiento de preparación de equipos para transmisión de datos .
- b) Procedimiento de establecimiento de llamada.
- c) Procedimiento a seguir para la transmisión de mensajes.
- d) Procedimiento de detección y corrección de errores.
- e) Procedimiento de terminación y desconexión del enlace.

Procedimiento de preparación de equipos para la transmisión de datos: Consiste en configurar al software para que pueda operar con el radiomodem. Se activan las señales de control para quedar listos para la transmisión de datos.

Procedimiento de establecimiento de llamada: En general hace referencia al procedimiento específico para lograr el contacto con la unidad remota deseada. El procedimiento para establecer la comunicación con alguna unidad remota que este disponible es el siguiente:

Una vez que el canal queda preparado para iniciar la trama, la unidad central solicita enlace con alguna unidad remota; esto lo hace transmitiendo un tren de bytes de reconocimiento de unidad, la petición de envío consiste de los siguientes elementos.

Dirección de destino: Consiste en la transmisión de dos bytes para la sincronización con la unidad remota.

Dirección de fuente: Consiste en transmitir dos bytes para establecer la comunicación con la unidad remota.

## COMUNICACIÓN DE DATOS

TRANSMISION	SINCRONIA		DIRECCION	
BYTES	01	01	01	01
BYTES	01	01	02	02
BYTES	01	01	03	03
*	*	*	*	*
BYTES	01	01	10	10

*tabla 4.3. caracteres transmitidos para establecer contacto con la unidad móvil*

Si la unidad remota reconoce el paquete de bytes enviados desde la unidad central entonces responde al llamado, quedando listo para continuar con la comunicación, de otra manera consideremos el caso de que la unidad central esta realizando el sondeo de una línea, luego de enviar el mensaje de invitación a transmitir (modalidad salida), la unidad central cambia a modalidad entrada para aceptar la respuesta desde el dispositivo remoto, si este último por algún motivo, no contestará, la unidad central podría quedar esperando para siempre. Para evitar esta situación en el momento de enviar el mensaje de invitación se "prende" un reloj que cuenta un intervalo de tiempo predeterminado. De esta manera la unidad central retoma el control de dos formas:

Porque llega una respuesta que lo activa para continuar la comunicación.

Porque lo activa el reloj cuando vence el tiempo estipulado e intenta la transmisión hacia otra unidad móvil que este disponible.

La razón de transmitir 4 bytes en vez de enviar un solo byte para comunicarse con las unidades remotas, es debido a el ruido externo causado por señales de interferencias que entran por el radiomodem vía antena. Los equipos terminales de datos tienen que ser capaces de poder diferenciar el ruido de la línea, de los datos reales, si solamente se transmitiera un solo byte desde la unidad central sería mas fácil que la unidad móvil se confundiera e interpretara el byte recibido por ruido como si fuera un dato real transmitido desde la unidad central, provocando con esto la pérdida de sincronía con la

unidad central. En cambio de esta forma la unidad remota tiene que reconocer los 4 bytes transmitidos para poder establecer la comunicación con la unidad central.

Procedimiento para la transmisión de mensajes: Ya establecida la comunicación con alguna unidad móvil a continuación sigue la parte más importante del enlace, la transmisión de los mensajes que contienen la información sobre la posición del vehículo. La unidad central le pide a la unidad remota que le transmita los datos que tiene almacenados en memoria. Debido a que existe gran cantidad de datos a transmitir se decidió dividirlos en paquetes o bloques de 10 mensajes cada uno, para así evitar la sobrecarga del canal. Cada paquete o bloque es transmitido hacia la unidad central, que su función una vez que se ha recibido el paquete consiste en verificar los datos para ver si fueron dañados durante su paso por el canal.

Procedimiento de detección y corrección de errores: Existen distintas formas de detectar y corregir errores en la transmisión. La utilización de cualquier forma depende del nivel de seguridad buscado con relación a la aplicación. El método de corrección de errores que se utilizó es por repetición. Esta es una forma muy conocida de recuperar los datos luego de un error detectado, consiste en:

Transmitir un paquete de datos desde la unidad remota.

Verificación del paquete en la unidad central.

Transmitir una respuesta (reconocimiento positivo o negativo).

Accionar según la respuesta:

- Retransmitir si la respuesta fue negativa
- Continuar con el siguiente paquete, si la respuesta fue positiva.

El número de retransmisiones normalmente es un parámetro programable en el software central, en nuestro caso la oportunidad de retransmisión del mismo paquete de mensajes es de dos veces más.

## COMUNICACIÓN DE DATOS

En síntesis por cada paquete que se envía se recibe una respuesta que explica como llegó el mensaje y en consecuencia se obra.

Procedimiento de terminación y desconexión del enlace: Si la unidad remota ha transmitido todos los mensajes que almacenó en memoria, esta envía un carácter de reconocimiento de fin de transmisión logrando así la finalización ordenada y controlada de una sesión de transmisión de datos.

### *4.4. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE LA INTERFASE Y LA ANTENA GPS*

El protocolo de comunicación para la antena GPS contiene dos formatos propios de esta antena GPS, Transmisión hacia la antena GPS y recepción de mensajes desde la antena GPS.

Transmisión: Para que la antena GPS pueda comenzar la búsqueda de satélites es necesario transmitirle un mensaje de inicialización desde la interfase GPS; existen dos modos diferentes de inicializar la antena GPS. El modo de inicio cold y el modo de inicio warm.

Cold start: La antena opera en modo frío, esto quiere decir que todos los campos del mensaje de inicialización permanecen en 0. Este modo de búsqueda de satélites no es recomendable utilizarlo, debido a que la antena se tarda más tiempo en encontrar los satélites que necesitan para entrar en navegación.

Warm start: La antena opera en modo caliente, si la antena trabaja en este modo entonces es necesario transmitirle un mensaje que contenga fecha y hora, así como la posición en latitud, longitud y altitud con la que va empezar a buscar los satélites; este mensaje de inicialización hace que la antena

entre en navegación más rápido, ya que a partir de una posición conocida la antena empieza a rastrear a los satélites evitándose así comenzar desde 0.

El formato del mensaje de inicialización es el siguiente:

CAMPO	BYTE	RANGO	UNIDADES	DESCRIPCION
1	1	0 ó 1	ninguna	Modo de búsqueda 0 - cold start 1 - warm start
2	2 - 3	0 a m	semanas	Semanas transcurridas desde sábado, 5 enero 1980
3	4 - 7	0 a N	10 msec	Tiempo transcurrido desde 00:00 del sábado anterior
4	8 - 11	-M a +M	90/2 <sup>31</sup> deg	Latitud
5	12 - 15	-M a +M	180/2 <sup>31</sup> deg	Longitud
6	16 - 19	-M a +M	centímetros	Altitud
7 a 151	20 a 1137			Otros parámetros que utiliza la antena, para nuestro uso no son de suma importancia.
152	1138	0 a 255	ninguna	Verificación de suma

*tabla 4.4. mensaje de inicialización.*

donde: m = 32767, número mas grande positivo que puede tomar, 2 byte

M = 2147483647, número mas grande positivo que puede tomar, 4 byte

N = 60479999, número por 10 msec de una semana menos 1.

La estructura del mensaje que se transmite a la antena GPS es un mensaje grabado en la EPROM del microcontrolador que contiene la siguiente información:

Tiempo de inicio	14 de abril de 1994	00:00:00 horas
Latitud inicial	N 19°19'46.19	
Longitud inicial	W 99°10'49.85	
Altitud inicial	2300 metros	

## COMUNICACIÓN DE DATOS

Recepción: Después de que la antena GPS ha recibido el mensaje de inicialización, y esta comienza a buscar satélites, eventualmente produce un significativo mensaje que es recibido una vez por segundo. El formato de los mensajes recibidos es el siguiente:

CAMPO	BYTE	RANGO	UNIDADES	DESCRIPCION
1	1	0 a F	hex	1- ROM lista 2 - RAM lista 3 - Rx analógica lista 4 - Rx digital lista
2	2	0 a 7	hex	RX estado de operación 0 - reset 1 - ready 2 - cold search 3 - warm search 4 - cold continue 5 - warm continue 6 - cold navigate 7 - warm navigate
3	3 - 4	0 a m	semanas	Semanas transcurridas desde sábado, 5 enero 1980
4	5 - 8	0 a N	10 msec	Tiempo transcurrido desde 00:00 del sábado anterior
5	9 - 12	-M a +M	90/2 <sup>m</sup> deg	Latitud
6	13 -16	-M a +M	180/2 <sup>m</sup> deg	Longitud
7	17 - 20	-M a +M	centímetros	Altitud
8	21 - 22	0 a 2m+1	1/16 mt/sec	Velocidad
9 a 19	23 a 127			Otros parámetros que utiliza la antena GPS, para nuestro uso no son de suma importancia.
20	128	0 a 255	ninguna	Verificación de suma

*tabla 4.5. información sobre el estado de la antena.*

donde:

m = 32767, número mas grande positivo que puede tomar, 2 byte

M = 2147483647, número mas grande positivo que puede tomar, 4 byte

N = 60479999, número por 10 msec de una semana menos 1.

**Campo 1.** Este byte nos indica si la antena esta lista para operar, si el valor del byte es 0F, significa que esta funcionando correctamente; en caso de que contengan otro valor entonces nos indica que la antena tiene algún problema en su funcionamiento.

**Campo 2.** Nos indica el modo de operación, que se encuentra la antena y consta de varios estados:

**RESET .-** La antena indica que se encuentra encendida.

**READY.-** La antena GPS ha finalizado la secuencia de encendido y esta lista para recibir mensaje de inicialización.

**Cold search.-** Modo de búsqueda de los satélites, en modo frio.

**Warm search.-** Modo de búsqueda de satélites en modo caliente.

**Cold continue .-** Al menos un satélite a adquirido e intenta la adquisición de otros satélites, en modo frio.

**Warm continue.-** Al menos un satélite se ha adquirido e intenta encontrar otros satélites, pero trabajando en modo caliente.

**Cold navegation.-** La antena receptora ha entrado en navegación y al menos ha adquirido 4 satélites.

**Warm navegation.-** La antena receptora ha adquirido más de cuatro satélites, garantizando que nunca se perderán los satélites.

## COMUNICACIÓN DE DATOS

Campo 3 y 4. Estos campos nos dan información sobre la fecha y hora de muestreo de cada mensaje recibido referida a GMT.

Campo 5 y 6. Reporte de la ubicación de la unidad móvil. nos muestra las coordenadas en latitud y longitud del punto de ubicación del móvil.

Campo 7. Altura sobre el nivel del mar de la unidad móvil.

Campo 8. Velocidad con la que se está moviendo el vehículo.

## **REFERENCIAS:**

- 1.-Alonso Robert; "Pascal, Lenguaje de Programación para computadora"; 1987.
- 2.-Harold C. Folts y Harry R. Karp; "Compilations of Data Communications Standards, RS-232C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Terminal Equipment Employing Serial Binary Data Interchange" pp. 697-726; Mc. Graw Hill; 1987.
- 3.-Edited by INTEL 1990; "8 - bit Embedded Controllers" pp.1-19, cap. 5
- 4.-Edited by Maxim 1985;"Maxim, New Products Supplement"pp.69-72;cap. 6

## CONCLUSIONES

En la actualidad el poder satisfacer la necesidad de contar con un medio y/o sistema que pueda dar un posicionamiento tridimensional en tiempo real tal como lo hace el sistema GPS es de gran utilidad, al que la aplicación que fue concebida para el desarrollo de esta tesis, la de rastreo vehicular.

El sistema con el que se empezó a trabajar fue uno de los más simples, esto es que se utilizó receptores de satélite (antenas GPS) únicos en su tipo en esa época, estos tenían la limitante de que únicamente podían procesar una señal de satélite en un tiempo dado, por lo tanto cuando logramos obtener el prototipo de interfase el cual se conectó a un vehículo (automóvil) se hicieron recorridos experimentales con el fin de realizar las pruebas al prototipo, en estas pruebas contábamos con una computadora personal (PC), el interfase y el receptor GPS y los resultados no fueron los óptimos en cuanto a su operación ya que derivado del problema del procesamiento de una señal por el receptor el equipo perdía sincronía en algunos casos tales como cuando circulábamos por un paso a desnivel, el equipo entraba a un estado de búsqueda el cual transcurrían periodos de tiempo desde 1 hora hasta 1½ horas para poder recuperar el estado de navegación. este tiempo es el que transcurría en el peor de los casos, en el estado de navegación la señal de varios satélites es procesada, (para poder obtener este estado de navegación es necesario tener por lo menos la señal de 4 satélites procesándose en forma secuencial esto es una sola señal en un tiempo y alguna otra señal en algún otro tiempo y así consecutivamente).

Los peores casos de operación se tienen en los siguientes dos ejemplos.

- a) En caso de que un vehículo que estuviese siendo rastreado y perdiese línea de vista hacia el cielo, por ejemplo el caso de un vehículo que circule a través de

## CONCLUSIONES.

un paso a desnivel, el equipo pierde contacto con los satélites que tenga en vista llevándolo a un estado de rastreo que es el estado de arranque. y como exigencia del mismo proyecto lo aceptable es que el vehículo rastreado estuviese fuera por un lapso no mayor al tiempo que permaneciera debajo del paso a desnivel pero por lo expuesto el vehículo tarda un periodo de tiempo no permisible todo por no poder procesar más de una señal en un tiempo.

- b) En su estado inicial o de arranque el vehículo no puede ser rastreado debido al tiempo que tarda en alcanzar el estado de navegación este tiempo es el mismo que tarda cuando pierde a los satélites de línea de vista (entre 1 y 1½ horas) y como se mencionó anteriormente es una desviación no permisible.

En la actualidad, el sistema ha sido mejorado esto derivado a los problemas expuesto en los párrafos anteriores y para la aplicación de rastreo vehicular se decidió cambiar ha otro tipo de antenas receptoras, capaces de procesar varias señales de diferentes satélites a un mismo tiempo, con lo cual se logró que el sistema pudiera alcanzar su estado de operación (navegación) en un espacio de tiempo no mayor a 2 minutos, lo que representa un avance considerable en los sistemas de rastreo vehicular. Este tipo de antenas receptoras operan similarmente a las antenas de tipo monocanal, por lo tanto los cambios que se tuvieron que hacer para el nuevo sistema fueron mínimos.

Como conclusión a esto tenemos que:

- ◆ El sistema primitivo (GPS monocanal) es aplicable únicamente para naves o vehículos lentos.

- ◆ El sistema monocanal puede usarse cuando tengamos asegurada la vista al cielo; por ejemplo barcos, vehículos para desierto y estepas donde no existen objetos que puedan interferir con la señal transmitida por el satélite.
- ◆ El sistema monocanal tiene aplicaciones en Geodesia, donde el tiempo de navegación no es un factor determinante en su operación.
- ◆ Para las aplicaciones de rastreo vehicular el sistema idóneo es el de antenas receptoras GPS con facilidad de procesamiento multicanal, de tal forma que la entrada y salida del estado de rastreo sea en un espacio de tiempo reducido para poder trabajar en tiempo real o visto de otra manera, no tener espacios en blanco de larga duración esto con la finalidad de poder conformar una base de datos lo más veraz posible, además esto permite que si el vehículo a rastrear es de suma importancia, por ejemplo un camión blindado de alguna compañía de transporte de seguridad, el cual no debe de ser perdido en ningún momento utilizando este tipo de sistema multicanal, el vehículo difícilmente estaría en estado de rastreo por periodos de tiempo mayores a 2 minutos y con esto tener un control de alta confiabilidad sobre los vehículos de la compañía en cuestión.

De las ventajas que se tienen al utilizar esta aplicación es la de que se puede generar una base de datos esto con el fin llevar estadísticas de rutas, tales como: cual es la ruta más cargada en tráfico o durante que horario se presenta la mayor carga de tráfico en alguna ruta específica y de esta manera realizar la logística de trayectoria a seguir de manera más eficiente.

## CONCLUSIONES.

Otra aplicación que se puede obtener del generar una base de datos es que se puede tener bien definidas las calles y hasta áreas con mayor definición es decir zonas más reducidas como por ejemplo casas, vecindades, etc. de tal manera que se tenga definida con gran certeza las zonas donde hay vandalismo en gran periodicidad y así poder localizar los vehículos robados, (si este es el caso) y de esta forma dar aviso a la policía o hasta en ciertos casos tener una central de rastreo en oficinas policíacas de tal suerte que este tipo de corporaciones de seguridad tengan siempre en vigila cierto tipo de transportes.

El sistema operando hoy en día tiene dos aplicaciones las cuales a continuación se describen:

- a) Seguimiento de rutas por vehículos incluidos en el programa, con esto nos referimos a que el vehículo(s) que están siendo rastreados no tienen continuidad en la actualización de posición es decir el sistema funciona únicamente como seguidor de ruta más no como rastreo en tiempo real, esta aplicación funciona de manera que la información de posición del vehículo en cuestión se va guardando en memoria de estado sólido integrada a la unidad móvil de tal manera que al regresar a la base o central la información se transfiere de este banco de memoria hacia una Computadora Personal y ya en esta bajo un software de aplicación se procesa la información recabada.
  
- b) La de mayor aplicación que inclusive la policía de grandes ciudades están utilizando en sus unidades. es la del rastreo vehicular, con esto nos referimos a que todas las unidades están siendo actualizadas en posición continuamente de tal manera que virtualmente trabajan en tiempo real, esto implica una mayor cobertura en la radiodifusión de su comunicación hacia la estación central, este fin se logró con la utilización de un repetidor instalado en un punto estratégico en la ciudad. Con el uso de este ambiente de comunicaciones, se logra una cobertura suficientemente eficiente. La utilización de este tipo de

aplicación implica que el costo se eleve considerablemente derivado de la infraestructura de comunicaciones que se debe emplear para este cometido.

Como último comentario dentro de esta sección de conclusiones podemos decir que los sistemas de posicionamiento global tienen un gran potencial todavía no aprovechado al cien por ciento en materia de rastreo y localización de vehículos en lo que refiere a los diferentes niveles tecnológicos, y/o económicos. Con el presente trabajo desarrollado se ha cubierto tan sólo una parte de la gama de aplicaciones posibles. Con la investigación desarrollada en este trabajo de tesis se asentaron las bases para un futuro desarrollo en el campo de aplicación de este tipo de sistemas.

## APENDICE A.

### GUIA DE USUARIO

El sistema para la localización de vehículos en base a GPS está diseñado para una fácil instalación y manejo por parte del usuario.

Los pasos que se deben seguir para la correcta instalación del sistema se enuncian a continuación. Como primer paso se procede a realizar la instalación del equipo necesario en las unidades móviles.

Montaje de las antenas (antena GPS, y antena monopolar). Antes de comenzar el trabajo conviene asegurarse de tener todo el material necesario, para no tener que interrumpir la colocación por falta de una pieza o herramienta.

Posteriormente, se procede a instalar las antenas, haciéndolo de la siguiente manera:

a) El montaje empezará por definir la ubicación de las antenas, pueden ser consideradas varios lugares, según la clase y línea del vehículo. Por lo general la parte trasera es la más recomendable, esto porque se evita el quitar la guarnición al techo. Por otro lado y como punto de mucha importancia es el colocar la antena receptora de GPS en dirección al cielo, es decir con línea de vista directa al cielo, de otra manera no podrá entrar en operación el sistema.

## GUÍA DE USUARIO

b) Hacer la perforación de los agujeros según el diámetro de las antenas, para esta tarea se debe considerar el uso de brocas adecuadas.

c) Colocar las antenas en su sitio y apretarlas firmemente con las tuercas de fijación.

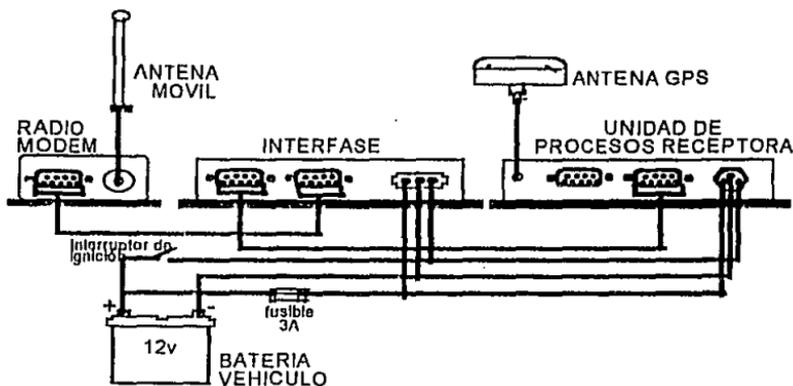
Una vez terminada la colocación de las antenas se procede a tender los cables para proporcionar la alimentación energética necesaria para el sistema. La alimentación del sistema se realiza de la siguiente forma:

a) Conectar un cable a la línea positivo de la batería (+12 v) siempre activo, con esta conexión se garantiza que los datos almacenados en memoria puedan ser mantenidos, aunque el vehículo se encuentre fuera de operación (apagado), además de que de esta manera se facilita a la antena GPS para alcanzar el estado de navegación más rápido

b) Conectar un cable al interruptor de ignición del vehículo, para que el sistema empiece a trabajar, solamente cuando el vehículo se encuentre en operación.

c) Conectar otro cable a una parte limpia del metal en el chasis del vehículo o a la parte (-) terminal de la batería.

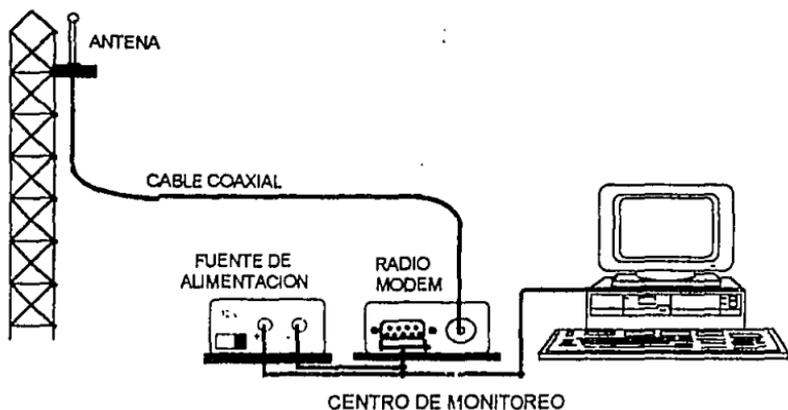
NOTA: es recomendable realizar la conexión entre la batería y el módulo haciéndose pasar a través de un fusible para protección del sistema.



*fig.A.1. Conexiones que deben realizarse en las unidades móviles, para el buen funcionamiento del equipo.*

Ya finalizada la instalación en la parte móvil, procederemos a realizar la instalación en la unidad terminal central:

El montaje de una estación fija empieza, al igual que el de una estación móvil, por la preparación del instrumental necesario. No obstante, son indispensables algunas disposiciones previas suplementarias. Ante todo deberá ser determinado con cuidado el lugar donde será instalada la antena por lo general son colocadas en mástiles, que a su vez son instalados en las azoteas, tejados, terrazas, etc. Se determinará la trayectoria del tendido del cable coaxial, para ello tendremos que optar a menudo entre dos soluciones: seguir el camino más corto para reducir las pérdidas en la línea coaxial al mínimo, y escoger la entrada más favorable en el edificio.



*fig.A.2. Conexiones en la unidad terminal central.*

Una vez hechas las conexiones necesarias para la instalación del sistema de localización de vehículos, y después de asegurarse que dichas conexiones son correctas el usuario deberá cumplir los pasos enumerados en a), para hacer funcionar el sistema inicialmente en la unidad remota en b), para hacer funcionar al sistema en la parte terminal central. En los incisos c), d) el usuario encontrará recomendaciones para un funcionamiento adecuado, y posibles causas de falla respectivamente.

a) Unidad remota

a.1) Encender el vehículo.

a.2) Esperar aproximadamente de 2 minutos a,5 minutos, durante este periodo la unidad de procesos receptora (RPU) busca y adquiere las señales de los satélites.

- a.3) Realizar el recorrido que se tenga que hacer durante el día.
- a.4) En la interfase GPS se almacena y actualiza la posición del vehículo cada 9 segundos.
- a.5) Finalizado el recorrido del día, esperar a que en la unidad central capturen todos los datos que se almacenaron durante el recorrido.

b) Unidad central

- b.1) Ejecutar el software para establecer la comunicación con alguna unidad disponible.
- b.2) Esperar la contestación de alguna unidad móvil.
- b.3) Recibir todos los mensajes enviados desde la unidad móvil.
- b.4) Leer la base de datos que se generó por medio de un software especial, para darnos una idea de la ruta que siguió la unidad móvil.

c) Recomendaciones para el buen funcionamiento del equipo

En la unidad móvil:

- c.1) Instalar el módulo que contiene el equipo en un lugar seguro.
- c.2) Asegurarse de que el módulo se coloque en un lugar donde se eviten los movimientos bruscos.

## **GUÍA DE USUARIO**

**En la terminal central:**

c.3) Evitar beber o comer cerca del equipo terminal.

c.4) Mantener el equipo, computadora, radiomodem y fuente de alimentación, en lugares limpios y sin polvo.

### **d) Posibles causas de falla**

**En la unidad móvil:**

d.1) Falla en el suministro de voltaje al sistema.

d.2) Conexión incorrecta de la fuente de alimentación.

d.3) Cables de conexión en mal estado.

d.4) Fusible dañado.

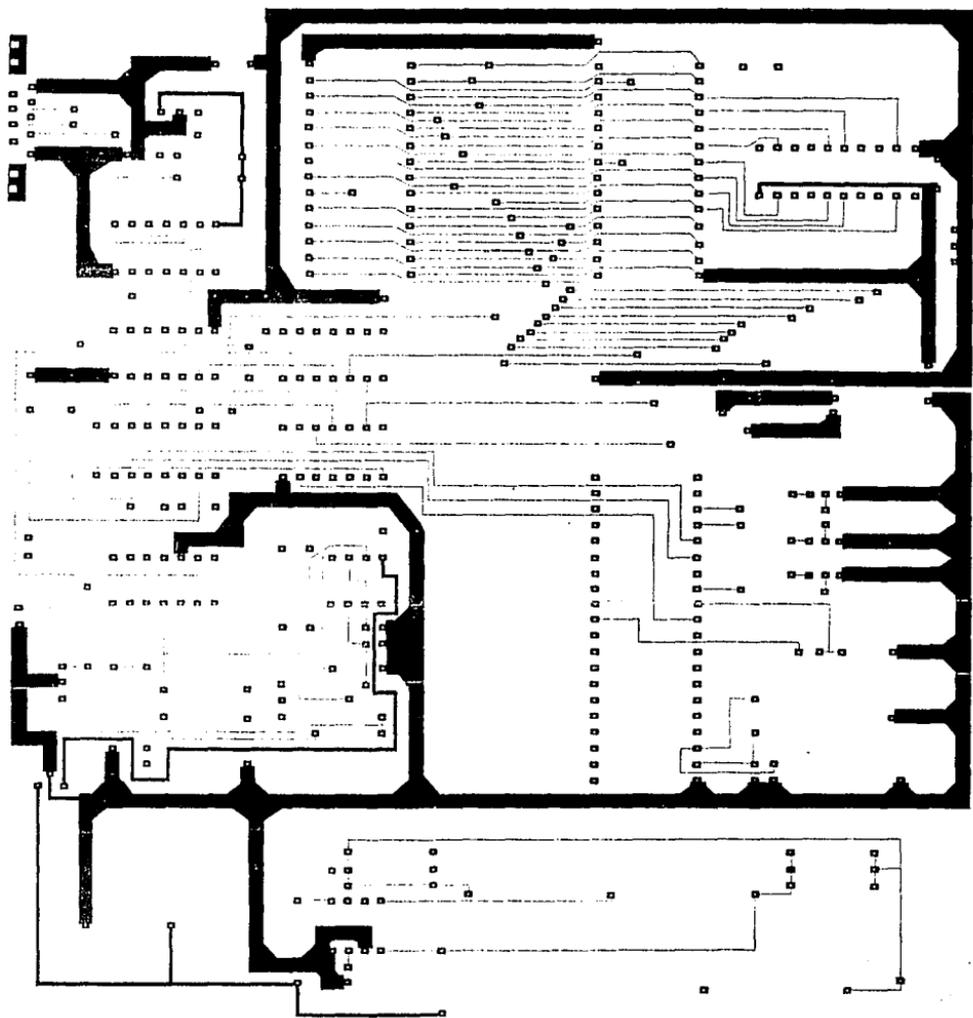
**En la terminal central:**

d.4) Falta de suministro de energía eléctrica a la fuente de alimentación.

d.5) Cables de conexión en mal estado.



CIRCUITO ELÉCTRICO LADO SOLDADURA





## APENDICE C.

### PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C-51.

```
.....  
:***** PROGRAMA GPS DE LAS UNIDADES REMOTAS *****  
.....
```

```
ORG 000H  
MOV TMO0,#20H  
MOV T1H1,#0FH  
MOV TL1,TH1  
SETB TR1  
CLR SM0  
SETB SM1  
MOV 90H,#00H  
MOV R4,#00H  
MOV R6,#03H  
MOV R3,#00H  
MOV DPTR,#0000H  
SETB P1.5  
SETB P1.6
```

```
.....
```

```
:REVISAR MEMORIA EXTERNA
```

```
SETB P1.2  
SETB P1.3
```

```
MEMORY: MOVX A,@DPTR  
CJNE A,#0FH,INICIO  
MOV R0,#7FH
```

```
BRAIN: INC DPTR  
DJNZ R0,BRAIN  
INC DPTR  
MOV A,DPL  
CJNE A,#00H,MEMORY  
MOV A,DPH  
CJNE A,#0FH,MEMORY
```

```
.....
```

```
:RECIBIR MENSAJE DE ANTENA GPS
```

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-7C51

```

INICIO:   CLR RI
          SETB REN
          CLR P1.3
          JNB RI,$
          CLR RI
ESP1:    ACALL SINBY
          MOV R0,#05H
          SETB P1.2
          JNB RI,$
          CLR RI
          CLR P1.2
          JNB RI,$
          MOV A,SBUF
          CLR RI
          CJNE A,#01H,ESP1
          MOV RI,#7EH
ETI1:    SETB P1.2
          JNB RI,$
          CLR RI
          CLR P1.2
          DJNZ RI,ETI1
    
```

.....  
;TRANSMITIR MENSAJE DE INICIALIZACION HACIA ANTENA GPS

```

CLR P1.7
MOV A,#01H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#0E8H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#02H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#00H
CLR TI
MOV SBUF,A
    
```

JNB TL\$  
MOV A,#58H  
CLR TI  
MOV SBUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#0FH  
CLR TI  
MOV SBUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#02H  
CLR TI  
MOV SHUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#0B8H  
CLR TI  
MOV SHUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#0A7H  
CLR TI  
MOV SHUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#7DH  
CLR TI  
MOV SHUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#1BH  
CLR TI  
MOV SHUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#0CH  
CLR TI  
MOV SBUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#0BDH  
CLR TI  
MOV SBUF,A  
JNB TL\$  
MOV A,#78H  
CLR TI

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#0B9H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#70H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#82H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
MOV A,#03H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
ETI2: MOV R1,#0C8H
MOV A,#00H
ETI3: CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
DJNZ R1,ETI3
DJNZ R0,ETI2
MOV R1,#77H
MOV A,#00H
ETI4: CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$
DJNZ R1,ETI4
MOV A,#46H
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TI,$

```

```

;.....
;REVISAR SI RECIBIO MENSAJE DE INICIALIZACION SI NO INTENTAR RETRANSMISION
ACALL SINBY
SETB P1.2

```

```

JNB R1,$
CLR RI
CLR P1.2
JNB R1,$
MOV A,$BUF
CLR RI
CJNE A,#01H,LA
AJMP ESP1
YA: MOV RI,#7EH
CLR RI
ET1$: JNB R1,$
MOV A,$BUF
CLR RI
DJNZ RI,ET1$

```

```

.....
;ESPERAR MENSAJE CADA 15 SEGUNDOS

```

```

ET1$: SETB P1.2
CLR P1.3
SETB P1.5
SEARCH: JNB R1,$
CLR RI
MOV A,$BUF
CJNE A,#00H,DAT1
CLR RI
AJMP LLAMAR
DAT1: CJNE A,#05H,DAT2
CLR RI
AJMP LLAMAR
DAT2: CJNE A,#0AH,DAT3
CLR RI

```

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

        AJMP LLAMAR
DAT3:   CJNE A,#0FH,DAT4
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT4:   CJNE A,#14H,DAT5
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT5:   CJNE A,#19H,DAT6
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT6:   CJNE A,#1EH,DAT7
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT7:   CJNE A,#23H,DAT8
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT8:   CJNE A,#28H,DAT9
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT9:   CJNE A,#2DH,DAT10
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT10:  CJNE A,#32H,DAT11
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT11:  CJNE A,#37H,DAT12
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT12:  CJNE A,#3CH,DAT13
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT13:  CJNE A,#41H,DAT14
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT14:  CJNE A,#46H,DAT15
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT15:  CJNE A,#4BH,DAT16
        CLR RI
    
```

DAT16: AJMP LLAMAR  
CJNE A,#50H, DAT17  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT17: CJNE A,#55H, DAT18  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT18: CJNE A,#5AH, DAT19  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT19: CJNE A,#5FH, DAT20  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT20: CJNE A,#64H, DAT21  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT21: CJNE A,#69H, DAT22  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT22: CJNE A,#6EH, DAT23  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT23: CJNE A,#73H, DAT24  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT24: CJNE A,#78H, DAT25  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT25: CJNE A,#7DH, DAT26  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT26: CJNE A,#82H, DAT27  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT27: CJNE A,#87H, DAT28  
CLR RI  
AJMP LLAMAR  
DAT28: CJNE A,#8CH, DAT29  
CLR RI

## PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

                AJMP LLAMAR
DAT29:         CJNE A,#91H,DAT30
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT30:         CJNE A,#96H,DAT31
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT31:         CJNE A,#9B14,DAT32
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT32:         CJNE A,#0A0H,DAT33
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT33:         CJNE A,#0A5H,DAT34
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT34:         CJNE A,#0AAH,DAT35
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT35:         CJNE A,#0AFH,DAT36
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT36:         CJNE A,#0B4H,DAT37
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT37:         CJNE A,#0B9H,DAT38
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT38:         CJNE A,#0BEH,DAT39
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT39:         CJNE A,#0C3H,DAT40
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT40:         CJNE A,#0C8H,DAT41
                CLR RI
                AJMP LLAMAR
DAT41:         CJNE A,#0CDH,DAT42
                CLR RI

```

```

    AJMP LLAMAR
DAT42:  CJNE A,#0D2H,DAT43
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT43:  CJNE A,#0D7H,DAT44
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT44:  CJNE A,#0DCH,DAT45
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT45:  CJNE A,#0E1H,DAT46
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT46:  CJNE A,#0E6H,DAT47
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT47:  CJNE A,#0EBH,DAT48
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT48:  CJNE A,#0F0H,DAT49
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
DAT49:  CJNE A,#0F5HEI11
        CLR RI
        AJMP LLAMAR
EI11:   SETB P1.6
        ACALL SINBY
        AJMP EI16
LLAMAR: SETB P1.3
        CLR P1.2
        ACALL SINBY

```

```

;.....
:GUARDAR MENSAJE EN MEMORIA EXTERNA

```

```

GOOD:   MOV RI,#01H
PROCES: MOV R0,#80H
LOOP:   JNB R1$
        MOV A,$DUF
        CLR RI
        MOVX @DPTR,A

```

```

INC DPTR
DJNZ R0,LOOP
DJNZ R1,PROCES
MOV A,DP1
CJNE A,#00H,WAIT
MOV A,DPH
CJNE A,#0FFH,WAIT
MOV DPTR,#0000H
AJMP ET11
    
```

.....

;ESPERAR ORDEN DESDE LA UNIDAD CENTRAL DE MONITOREO

```

WAIT:   CLR P1.6
        CLR R1
        MOV R0,#7FH
PORAHI: MOV R1,#7FH
ALLA:   MOV R2,#25H
AQUI:   JNB RI,ACA
        MOV A,SBUF
        CJNE A,#01H,ACA
        CLR R1
        JNB RI,$
        MOV A,SBUF
        CJNE A,#0FFH,ACA
        CLR R1
        JNB RI,$
        MOV A,SBUF
        CJNE A,#01H,ACA
        CLR R1
        JNB RI,$
        MOV A,SBUF
        CJNE A,#0FFH,ACA
        AJMP TRANS1
ACA:    CLR R1
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
    
```

DJNZ R2,AQHI  
 DJNZ R1,ALTA  
 DJNZ R0,PORAH  
 CJNE R3,#001,WAIT

ETI12: AIMP E111

.....  
 ;TRANSMISION DE MENSAJES

TRANS1: ACALL SENAL  
 CLR P1.5  
 SETB P1.7  
 MOV R2,#05H  
 MOV A,#01H

RESU: ACALL TIME  
 MOV C,P1.4  
 JC ETI12  
 CLR TI  
 MOV SBUF,A  
 JNB T1.5  
 DJNZ R2,RESU  
 CLR P1.7  
 SETB P1.5

.....  
 ;TRANSMISION DE 10 MENSAJES

TRANS: MOV R7,#0AH  
 SETB P1.7  
 CLR P1.5

SIGUE1: ACALL TIEMPO  
 MOV C,P1.4  
 JC ETI12  
 CLR TI  
 MOVX A,@DPTR  
 CJNE A,#0FH,TRANS2  
 MOV SBUF,A  
 JNB T1.5  
 MOV R0,#7FH

SIGUE: INC DPTR  
 CLR TI  
 MOV C,P1.4  
 JC ETI12

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

MOVX A,@DPTR
MOV SBUF,A
JNB TL,$
DJNZ R0,SIGUE
INC DPTR
DJNZ R7,SIGUE1
INC R4
CLR P1.7
SETB P1.5
ACALL TRANS3
ACALL ESPERA
ETI16: MOV R3,#01H
AJMP WAIT
ETI13: AJMP ETI12
;.....
;TRANSMISION DE PAQUETE DE FIN DE ARCHIVO
TRANS2: CLR P1.5
SETB P1.7
MOV R2,#64H
MOV A,#0FEH
RESU1: ACALL TIME
MOV C,P1.4
JC ETI13
CLR TI
MOV SBUF,A
JNB TL,$
DJNZ R2,RESU1
CLR P1.7
SETB P1.5
MOV R3,#00H
;.....
;BORRADO DE MEMORIA
ACALL ESPERA
CAFE: CLR P1.3
CLR P1.2
MOV DPTR,#0000H
BLANCO: MOV R0,#80H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#0FILVERDE

```

```

ROJO:    MOV A,#00H
          MOVX @DPTR,A
          INC DPTR
          DJNZ R0,ROJO
          AJMP BLANCO
VERDE:   MOV DPTR,#0000H
          MOV R1,#00H
AZUL:    AJMP ET13

```

```

.....
;SUBROUTINA DE TRANSMISION DE ESPERA

```

```

TRANS3:  CLR P1.5
          SETB P1.7
          MOV R2,#14H
          MOV A,#1AH
RES:     ACALL TIME
          MOV C,P1.4
          JC AZUL
          CLR T1
          MOV SBUF,A
          JNB T1,$
          DJNZ R2,RES
          CLR P1.7
          SETB P1.5
          RET

```

```

.....
;SUBROUTINA DE RECEPCION PARA CONTINUAR CON EL SIGUIENTE PAQUETE

```

```

ESPERA:  CLR P1.6
          CLR RI
          MOV R0,#7FH
FIVE:    MOV R1,#7FH
SIX:     MOV R2,#10H
SEVEN:   JNB RI,EIGHT
          MOV A,SBUF
          CJNE A,#011EIGHT
          CLR RI
          JNB RI,$
          MOV A,SBUF
          CJNE A,#011EIGHT
          CLR RI

```

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

JNB R1,5
MOV A,SBUF
CJNE A,#01H,EIGHT
CLR R1
JNB R1,5
MOV A,SBUF
CJNE A,#0FFH,EIGHT
ACALL APUNTA
AJMP ETT16
EIGHT: CLR R1
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R2,SEVEN
        DJNZ R1,SIX
        DJNZ R0,FIVE
        RET

```

.....

;SUBROUTINA DE APUNTADEOR DE DIRECCION DE MEMORIA

```

APUNTA: DEC R6
        CJNE R6,#00H,BIEN
        MOV R6,#03H
        AJMP BORRAR

```

```

BIEN:   DEC R4
BORRAR: RET

```

.....

;SUBROUTINA DE TIEMPO DE ESPERA PARA PODER TRANSMITIR EL SIGUIENTE FRAME

```

TIEMPO: MOV R0,#0FH
SPAIN:  MOV R1,#6DH
GREEK:  NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
DJNZ R1,GREEK
DJNZ R0,SPAIN
RET

```

```

:*****
:SUBROUTINA DE SINCRONIZACION DEL PRIMER FRAME RECIBIDO

```

```

SINDY: CLR R1
        MOV R1,#1611
ETH4:  MOV R2,#0811
ETH5:  NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R2,ETH5
        DJNZ R1,ETH4
        JB R1,SINDY
        RET

```

```

:*****
:SUBROUTINA DE RETARDO

```

```

TIME:  MOV R0,#1511
UNO:   MOV R1,#1511
DOS:   NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DJNZ R1,DOS
        DJNZ R0,UNO
        RET

```

```

:*****
SENAL: CJNE R4,#0011,SEN1
        MOV DP1R,#000011
        JMP ATRAS
SEN1:  CJNE R4,#0111,SEN2
        MOV DP1R,#050011

```

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

    AJMP ATRAS
SEN2:  CJNE R4,#021,SEN3
        MOV DPTR,#0A00H
        AJMP ATRAS
SEN3:  CJNE R4,#0311,SEN4
        MOV DPTR,#0F00H
        AJMP ATRAS
SEN4:  CJNE R4,#0411,SEN5
        MOV DPTR,#1400H
        AJMP ATRAS
SEN5:  CJNE R4,#0511,SEN6
        MOV DPTR,#1900H
        AJMP ATRAS
SEN6:  CJNE R4,#0611,SEN7
        MOV DPTR,#1E00H
        AJMP ATRAS
SEN7:  CJNE R4,#0711,SEN8
        MOV DPTR,#2300H
        AJMP ATRAS
SEN8:  CJNE R4,#0811,SEN9
        MOV DPTR,#2800H
        AJMP ATRAS
SEN9:  CJNE R4,#0911,SEN10
        MOV DPTR,#2D00H
        AJMP ATRAS
SEN10: CJNE R4,#0A11,SEN11
        MOV DPTR,#3200H
        AJMP ATRAS
SEN11: CJNE R4,#0B11,SEN12
        MOV DPTR,#3700H
        AJMP ATRAS
SEN12: CJNE R4,#0C11,SEN13
        MOV DPTR,#3C00H
        AJMP ATRAS
SEN13: CJNE R4,#0D11,SEN14
        MOV DPTR,#4100H
        AJMP ATRAS
SEN14: CJNE R4,#0E11,SEN15
        MOV DPTR,#4600H
    
```

```
      AJMP ATRAS
SEN15: CJNE R4,#0FH,SEN16
      MOV DPTR,#4H00H
      AJMP ATRAS
SEN16: CJNE R4,#10H,SEN17
      MOV DPTR,#5000H
      AJMP ATRAS
SEN17: CJNE R4,#11H,SEN18
      MOV DPTR,#5500H
      AJMP ATRAS
SEN18: CJNE R4,#12H,SEN19
      MOV DPTR,#5A00H
      AJMP ATRAS
SEN19: CJNE R4,#13H,SEN20
      MOV DPTR,#5F00H
      AJMP ATRAS
SEN20: CJNE R4,#14H,SEN21
      MOV DPTR,#6400H
      AJMP ATRAS
SEN21: CJNE R4,#15H,SEN22
      MOV DPTR,#6900H
      AJMP ATRAS
SEN22: CJNE R4,#16H,SEN23
      MOV DPTR,#6E00H
      AJMP ATRAS
SEN23: CJNE R4,#17H,SEN24
      MOV DPTR,#7300H
      AJMP ATRAS
SEN24: CJNE R4,#18H,SEN25
      MOV DPTR,#7800H
      AJMP ATRAS
SEN25: CJNE R4,#19H,SEN26
      MOV DPTR,#7D00H
      AJMP ATRAS
SEN26: CJNE R4,#1AH,SEN27
      MOV DPTR,#8200H
      AJMP ATRAS
SEN27: CJNE R4,#1BH,SEN28
      MOV DPTR,#8700H
```

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR MCS-87C51

```

                AJMP ATRAS
SEN28:         CJNE R4,#1CH,SEN29
                MOV DPTR,#8C00H
                AJMP ATRAS
SEN29:         CJNE R4,#1DH,SEN30
                MOV DPTR,#9100H
                AJMP ATRAS
SEN30:         CJNE R4,#1EH,SEN31
                MOV DPTR,#9600H
                AJMP ATRAS
SEN31:         CJNE R4,#1FH,SEN32
                MOV DPTR,#9B00H
                AJMP ATRAS
SEN32:         CJNE R4,#20H,SEN33
                MOV DPTR,#0A00H
                AJMP ATRAS
SEN33:         CJNE R4,#21H,SEN34
                MOV DPTR,#0A500H
                AJMP ATRAS
SEN34:         CJNE R4,#22H,SEN35
                MOV DPTR,#0AA00H
                AJMP ATRAS
SEN35:         CJNE R4,#23H,SEN36
                MOV DPTR,#0AF00H
                AJMP ATRAS
SEN36:         CJNE R4,#24H,SEN37
                MOV DPTR,#0B400H
                AJMP ATRAS
SEN37:         CJNE R4,#25H,SEN38
                MOV DPTR,#0B900H
                AJMP ATRAS
SEN38:         CJNE R4,#26H,SEN39
                MOV DPTR,#0BE00H
                AJMP ATRAS
SEN39:         CJNE R4,#27H,SEN40
                MOV DPTR,#0C300H
                AJMP ATRAS
SEN40:         CJNE R4,#28H,SEN41
                MOV DPTR,#0C800H
    
```

```
      AJMP ATRAS
SEN41:  CJNE R4,#291H,SEN42
        MOV DPTR,#0CD001H
        AJMP ATRAS
SEN42:  CJNE R4,#2A1H,SEN43
        MOV DPTR,#0D2001H
        AJMP ATRAS
SEN43:  CJNE R4,#2B1H,SEN44
        MOV DPTR,#0D7001H
        AJMP ATRAS
SEN44:  CJNE R4,#2C1H,SEN45
        MOV DPTR,#0DC001H
        AJMP ATRAS
SEN45:  CJNE R4,#2D1H,SEN46
        MOV DPTR,#0E1001H
        AJMP ATRAS
SEN46:  CJNE R4,#2E1H,SEN47
        MOV DPTR,#0E6001H
        AJMP ATRAS
SEN47:  CJNE R4,#2F1H,SEN48
        MOV DPTR,#0EB001H
        AJMP ATRAS
SEN48:  CJNE R4,#301H,SEN49
        MOV DPTR,#0F0001H
        AJMP ATRAS
SEN49:  CJNE R4,#311H,SEN50
        MOV DPTR,#0F5001H
        AJMP ATRAS
SEN50:  CJNE R4,#321H,SEN51
        MOV DPTR,#0FA001H
        AJMP ATRAS
SEN51:  CJNE R4,#331H,SEN52
        MOV DPTR,#0FF001H
        AJMP ATRAS
SEN52:  CJNE R4,#341H,A TRAS
        AJMP CALFE
A TRAS:  RET
```

END

**APENDICE D.**  
**PROGRAMA DE APLICACIÓN (SOFTWARE) PARA UNIDAD CENTRAL**

Program archivov;  
{SS-,R-,I-,V-,F-}

uses crt, dos;

```
const  
{.....  
  ISN8250 UART REGISTERS  
  .....}
```

{TRANSMIT HOLDING REGISTER}  
THR = \$03F8;

{RECEIVER DATA REGISTER}  
RDR = \$03F8;

{BAUD RATE DIVISOR LSB}  
BRDLS = \$03F8;

{BAUD RATE DIVISOR MSB}  
BRDHS = \$03F9;

{INTERRUPT ENABLE REGISTER}  
IER = \$03F9;

{INTERRUPT IDENTIFICATION REGISTER}  
IIR = \$03FA;

{LINE CONTROL REGISTER}  
LCR = \$03FB;

{MODEM CONTROL REGISTER}  
MCR = \$03FC;

{LINE STATUS REGISTER}  
LSR = \$03FD;

MDMMSR = \$03FE;

MDMMOD = \$03;

MDMCD = \$80;

StatReg8259 = \$20;  
MaskReg8259 = \$21;  
EOL = \$20;  
MainReg : Integer = 0;

## PROGRAMA DE APLICACIÓN (SOFTWARE) PARA UNIDAD CENTRAL.

```
var
  AsyncVector : pointer;
  Regs : registers;
  Buffer : char;
  antena : integer;
  num1,num2,a : integer;
  b : char;
  Archtxt,Archtxt1,Archtxt2 : text;
  listo : boolean;
  fin,fin1 : boolean;
```

```
Procedure AsyncInt(Flags,CS,IP,AX,BX,CX,DX,SI,DI,DS,ES,BP:word);
```

```
  Interrupt;
```

```
begin
```

```
  Port[IER] := $00;
  inline($FB);
  Buffer := CHR(Port[RDR]);
  write(Archtxt,buffer);
  Port[StatReg$259] := EOI;
  Port[IER] := $01;
  inline($FA);
  if(ord(buffer)=$C) then num2:=num2+1;
  if num2=100 then fin:=true
  else
  if(ord(buffer)=$1a) then num1:=num1+1;
  if num1=20 then fin1:=true;
```

```
end;
```

```
Procedure uart;
```

```
var
```

```
  Regas : Registers;
```

```
begin
```

```
  With Regas Do
  begin
    DX := 0;
    AH := 0;
    AL := $E3;
    Flags := 0;
    intr($14,Regas);
  end;
```

```
end;
```

```
Procedure InstallHandler;
```

```
Var
```

```
  B : Byte;
```

```
begin
```

```
  MainDseg := Dseg;
  GetIntVec($0C,AsyncVector);
  SetIntVec($0C,@AsyncInt);
  B := Port[MaskReg$259];
  B := B And $EF;
  Port[MaskReg$259] := B;
  inline($E11/$00);
  B := Port[LCR];
  B := B And $7F;
```

```

Port{LCR} := B;
inline($E:$00);
Port{MR} := $01;
inline($E:$00);
Port{MIDMSR} := MIDMOD;
inline($E:$00);
Port{StatReg$259} := E0;
inline($E:$00);
end;

```

Procedure RemoveHandler;

```

var
  B : byte;
begin
  B := Port{MaskReg$259};
  B := B Or $10;
  Port{MaskReg$259} := B;
  B := Port{LCR};
  B := B And $7F;
  Port{LCR} := B;
  inline($E:$00);
  Port{MR} := $0;
  inline($E:$00);
  Port{ACR} := $0;
  inline($E:$00);
  Port{$20} := $20;
  inline($E:$00);
  SetIntVect $0C, AsyncVector;
end;

```

Procedure PrepararRTS;

```

var
  ya:boolean;
  cont:integer;
begin
  ya := false;
  cont := 0;
  Port{ACR} := $08 Or MIDMOD;
  inline($E:$00);
  repeat
    if Port{MIDMSR} = $10 then
      begin
        inline($E:$00);
        ya := true;
      end;
    cont := cont + 1;
    if cont = 250 then
      begin
        Port{ACR} := $09;
        writeln('la unidad con la que estoy intentando es: ', ord(antena));
        antenna := antenna + 1;
        if antenna > 10 then antenna := 1;
          PrepararRTS;
        end
      until ya
end;

```

PROGRAMA DE APLICACIÓN (SOFTWARE) PARA UNIDAD CENTRAL

```

Procedure EnviaCar(II:Byte);
begin
  while((Port[LSR] And $20) <> $20) do
    begin
      end;
      Port[IIR] := B;
    end;
end;

```

```

Procedure RecibirCar;
var
  sum:integer;
  numIs:integer;
begin
  listo: false;
  sum: -1000;
  numIs:=0;
  repeat
    Port[IIR] := $00;
    inline(SF0);
    Buffer := Chr(Port[RDR]);
    Port[StatReg#259] := EOF;
    Port[IIR] := $01;
    inline(SF0);
    if (ord(Buffer) = $01) then numIs:=numIs+1
    else numIs:=0;
    if numIs=128 then listo:=true;
    sum:=sum+1;
  until ((sum = 0) or listo);
end;

```

```

Procedure Copia/Archivo;
var
  k:integer;
  c:char;
  para:boolean;
begin
  para: false;
  reset(Archxt);
  Append(Archxt1);
  k:=0;
  Repeat
    read(Archxt,c);
    if k mod 128 = 0 then
      if (c=#26) or (c=#254) then
        para:=true;
        write(Archxt1,c);
        k:=k+1;
      until para;
end;

```

```

Procedure CopiarArchivo1;
var
  h:integer;
  c:char;
  siga:boolean;

```

```

begin
  siga: false;
  reset(Archtxt1);
  Append(Archtxt2);
  h:=0;
  Repeat
    read(Archtxt1,c);
    if(h mod 128 = 0) then
      if(c=#26) then
        siga:=true;
        write(Archtxt2,c);
        h:=h+1;
      until siga;
end;

```

Procedure bien;

```

var
  c : char;
  j : longint;
  linea : integer;
  correcto : boolean;
  termina : boolean;
begin
  reset(Archtxt);
  j:=0;
  linea:=0;
  correcto:=True;
  termina:=False;
  while correcto and not termina do
    begin
      read(Archtxt,c);
      if(j mod 128 = 0) then
        begin
          linea:=linea+1;
          if(c=#15) then
            if(c=#254) then
              begin
                termina:=True;
                writeln('RECIBI ARCHIVO COMPLETO');
              end
            else
              if(c=#26) then
                begin
                  termina:=true;
                  writeln('RECIBI 10 MENSAJES');
                end
              else
                correcto:=false;
            end;
          j:=j+1;
          if((c=#26) and (linea mod 10 = 0)) then
            begin
              correcto:=false;
              writeln('recibi 1a');
            end;
        end;
      if not correcto then

```

PROGRAMA DE APLICACIÓN (SOFTWARE) PARA UNIDAD CENTRAL.

```

begin
  writeln('COMUNICACION NO SATISFACTORIA');
  delay(200);
  PrepararRTS;
  EnviarCar($01);
  EnviarCar($01);
  EnviarCar($01);
  EnviarCar($01);
  delay(10);
  Port[MCRJ] := $09;
  inline(SEB,$00);
end
else
begin
  writeln('COMUNICACION SATISFACTORIA');
  CopiarArchivo;
  n:= n + 1;
  if n > 7 then
    begin
      CopiarArchivo1;
      Rewrite(Archtxt1);
      n:=0;
    end;
end;
end;
end;
end;

Procedure Transmitir(numero:integer);
begin
  PrepararRTS;
  EnviarCar(ord(numero));
  EnviarCar(ord(numero));
  EnviarCar(ord(numero));
  EnviarCar(ord(numero));
  delay(10);
  Port[MCRJ] := $09;
  inline(SEB,$00);
  elsec:
  writeln('INTENTANDO COMUNICACION CON EL VEHICULO NUMERO : '(ord(antena)));
  RecibirCar;
end;

```

PROGRAMA PRINCIPAL.

```

begin
  elsec;
  writeln('ESTABLECER COMUNICACION CON ALGUN VEHICULO DISPONIBLE. ');
  delay(3000);
  Assign(Archtxt,'dat.dat');
  Assign(Archtxt1,'dato.dat');
  Assign(Archtxt2,'datos.dat');
  Rewrite(Archtxt);
  Rewrite(Archtxt1);
  Rewrite(Archtxt2);
  antena:=10;
  n:= 0;

```

```

repeat
  Transmitir(antena);
  antena:= antena + 1;
  if antena > 10 then antena:=1;
until listo;
antena:= antena-1;
Repeat
  fin:= false;
  fin1:=false;
  uart;
  InstallHandler;
  writeln('ESTOY PROCESANDO MENSAJES.....');
  num1:= 0;
  num2:= 0;
  Repeat
  until ((fin1) or (fin));
  Port[IER] := $00;
  bien;
  delay(1000);
  RemoveHandler;
  Rewrite(Archtxt);
  if not fin then
  begin
    writeln('RESTABLECER COMUNICACION :');
    delay(4000);
    repeat
      Transmitir(antena);
    until listo;
  end;
  num1:=0;
  num2:=0;
until fin;
CopiarArchivo1;
Rewrite(Archtxt1);
writeln('OPRIME CUALQUIER TECLA PARA SALIR');
Port[IER] := $00;
repeat until keypressed;
textbackground(black);
textcolor(lightgray);
clrscr;
end.

```

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Catálogo de Telecomunicaciones y Electrónica.**

Editado por Condumex.

Año 1989

### **Compilations of Data Communications Standards.**

Harold C. Folts y Harry R. Karp

Editorial Mc.Graw Hill

RS-232C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Terminal Equipment Employing Serial Binary Data Interchange.

Año 1987.

### **Diseño Digital.**

Morris Mano.

Editorial Prentice Hall.

Año 1988.

### **Electrónica Digital Integrada.**

Herbert Taub & Donald Shilling.

Editorial Marcombo.

Año 1977.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **Introducción a los Sistemas de Comunicación.**

F.G. Stremier

Tercera Edición

Editorial Addison-Wesley Iberoamericana.

Año 1990.

### **Linear Circuits.**

Voltage Regulators and Supervisors.

Edited by Texas Instruments 1989.

Data Book (Volume 3).

### **Linear Circuits.**

Amplifiers, Comparators and Special Functions.

Edited by Texas Instruments 1989.

Data Book (Volume 1).

### **Linear/Switch mode**

Voltage Regulators Handbook.

Edited by Motorola.

Año 1989.

### **Maxim.**

New Products Supplement

Edited by Maxim 1985.

**Pascal (Lenguaje de Programación para Computadora)**

Alonso Robert.

Nueva York, 1987.

**Radar and Electronics Navigation.**

G.J. Sonnenberg.

Sixth Edition.

Editorial Butterwordis

**Static RAM**

Edited by Toshiba 1990

**8 Bit Embedded Controllers.**

Edited by INTEL 1990