

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**TESIS DE GRADO**

**Factibilidad Para Instalar Una Red de Localización Automática  
de Vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito Utilizando el  
Sistema Global de Posicionamiento GPS**

**Tesis previa a la obtención del Título de  
INGENIERO ELECTRONICO EN TELECOMUNICACIONES**

**María Lizeth Romo Pérez**

**y**

**Fernando Muñoz Rivadeneira**

**Quito, Marzo de 1996**

Certifico que el trabajo presentado ha sido desarrollado en su totalidad por los  
estudiantes

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Egas', written over a horizontal line.

Ing. Carlos Egas

DIRECTOR DE TESIS

## **DEDICATORIA**

A nadie mas que a mis padres puedo dedicar mi pensamiento, mi anhelo y mi esfuerzo, que están sintetizados en este trabajo de tesis. Ellos me han dado sus bendiciones y su amor a fin de que todo cuanto yo haga en las aulas y fuera de ellas represente sus esperanzas y las mías.

Junto a ellos han estado también mis abuelitos, que como una sola familia son parte esencial de nuestro hogar.

Mis padres han sido todo para mí, lo mismo que mis abuelitos. Para ellos todo mi cariño.

**María Lizeth Romo Pérez**

# DEDICATORIA

- A Julio Rivadeneira Salgado, quien significa mi principal fuente de admiración y cariño,
  
- A Douglas Muñoz Granda y Maruja Rivadeneira de Muñoz, quienes supieron hacer de sus hijos, hombres de bien, inculcándonos desde siempre valores humanísticos de estudio y trabajo,
  
- A Gustavo Muñoz Rivadeneira, quien siempre constituyó en mí un ejemplo de abnegación y perseverancia.; y
  
- A todos aquellos familiares y amigos que, a lo largo de mi vida y formación profesional, han servido de ejemplo e inspiración.

**Fernando Muñoz Rivadeneira**

# AGRADECIMIENTO

- Al Ingeniero Rodrigo Romo Proaño, quien originalmente concibió y apoyó la idea sobre el planteamiento de un Sistema de Localización de Vehículos como Tesis de Grado,
- Al Economista Carlos de la Torre Muñoz, por su invaluable contribución y soporte,
- Al Ingeniero William Sanchez, por su desinteresada colaboración; y
- A todas aquellas personas y empresas públicas o privadas que, a nivel nacional e internacional supieron contribuir de una u otra manera al exitoso desarrollo de la presente Tesis de Grado.

**María Lizeth Romo Pérez**

**Fernando Muñoz Rivadeneira**

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación expone un estudio sobre la factibilidad para instalar una empresa operadora de un Sistema de Localización Automática de Vehículos en nuestro medio, utilizando para el efecto, tecnologías de navegación y posicionamiento de gran exactitud y fiabilidad.

Por tal motivo el trabajo inicia con un estudio sobre el sistema de posicionamiento satelital recomendado para esta aplicación, El Sistema Global de Posicionamiento (GPS), justificando tecnológicamente su utilización y realizando recomendaciones sobre las características de funcionamiento básicas que deben cumplir los receptores GPS para ser utilizados dentro del proyecto.

El diseño de la red de Localización Automática de Vehículos incluye la determinación del área de cobertura, así como recomendaciones básicas sobre los elementos constitutivos del sistema a nivel de diagrama de bloques.

Finalmente, un estudio de mercado y de costos establece la factibilidad económica para la instalación del sistema, determinando su rentabilidad, de acuerdo al mercado potencial al cual se enfoca el estudio.

# INDICE GENERAL

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	v
Resumen .....	vi
Indice .....	vii
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>

## **CAPÍTULO I: SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE**

1.1	Generalidades .....	4
1.2	Definiciones Básicas .....	5
	1.2.1 Posicionamiento .....	5
	1.2.2 Navegación .....	5
	1.2.3 Geodesia .....	6
	1.2.4 Geoide .....	6
	1.2.5 WGS-84 .....	7
	1.2.6 Seudo distancia .....	6
1.3	Sistema de Coordenadas .....	8
	1.3.1 Coordenadas Terrestres .....	8
	1.3.2 Coordenadas Geodésicas .....	9
	a) Latitud Geodésica ( $\phi_g$ ) .....	9

	b)	Longitud Geodésica ( $\lambda_g$ ) .....	9
	c)	Altura (h) .....	10
1.4		Efectos Atmosféricos .....	11
	1.4.1	Efectos Ionosféricos .....	12
	1.4.2	Efectos Troposféricos .....	13
1.5		Sistemas de Posicionamiento Por Satélite .....	14
	1.5.1	Transit .....	15
	1.5.2	Tsicada .....	17
	1.5.3	Navstar-GPS .....	17
	1.5.4	GLONASS .....	18
	1.5.5	GEOSTAR .....	20
	1.5.6	NAVSAT .....	21
1.6		Ventajas del GPS Frente a Los Otros Sistemas .....	22

## **CAPÍTULO II: SISTEMA NAVSTAR-GPS**

2.1		Reseña Histórica de la Evolución del Sistema .....	24
2.2		Estructura del Sistema .....	26
	2.2.1	Segmento Espacial .....	26
		a) Bloque 0 .....	27
		b) Bloque I .....	28
		c) Bloque II .....	29



d) Bloque III .....	30
2.2.2 Segmento de Control .....	31
2.2.3 Segmento del Usuario .....	32
2.3 Espectro Expandido .....	33
2.3.1 Correlación .....	37
2.4 Formato y Contenido de la Señal GPS .....	37
2.4.1 Códigos de Ruido Seudo-Aleatorios .....	38
2.4.1.1 Registro de Desplazamiento .....	39
2.4.1.2 Registro de Desplazamiento con Realimentación .....	39
2.4.1.3 Código C/A .....	41
2.4.1.4 Código P .....	41
2.4.1.5 Código Y .....	43
2.4.2 Señal L1 .....	44
2.4.3 Señal L2 .....	45
2.5 Mensaje GPS (Di(t)) .....	46
2.5.1 Palabras TLM y HOW .....	48
2.5.2 Bloque 1 .....	49
2.5.2.1 Sistema de tiempo .....	49
2.5.3 Bloques 2 y 3 .....	51
2.5.3.1 Orbitas .....	51
2.5.3.2 Efemérides .....	53
2.5.4 Bloque 4 .....	54

2.5.5	Bloque 5 .....	56
2.5.5.1	Almanaque .....	56
2.6	Técnica de Posicionamiento .....	57
2.6.1	Ecuaciones de Posicionamiento .....	59
2.7	Dilución de Precisión (DOP) .....	60
2.8	GPS-Diferencial .....	62
2.9	Aplicaciones .....	64
2.9.1	Aplicaciones Militares .....	65
2.9.2	Aplicaciones Civiles .....	66

### **CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL RECEPTOR GPS**

3.1	Generalidades .....	69
3.2	Componentes Principales .....	70
3.3	Antena .....	70
3.3.1	Características .....	71
3.3.2	Ganancia .....	73
3.4	Receptor de Radio BPSK .....	74
3.4.1	Sección RF .....	75
3.4.2	Filtros .....	75
3.4.3	Oscilador Local y Generador de Pulsos .....	76
3.4.4	Canales Seguidores de Señal .....	76

3.4.4.1	Clasificación de los Canales .....	78
a)	Canales Dedicados .....	78
b)	Canales Secuenciales .....	79
3.5	Procesador de Datos .....	80
3.6	Despliegue de Resultados .....	81
3.6.1	Almacenamiento y Salida de Datos .....	81
3.7	Fuente de Alimentación .....	82
3.8	Receptores GPS Para Localización Automática de Vehículos .....	83

## **CAPÍTULO IV: SISTEMA DE LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS**

4.1	Generalidades .....	84
4.2	Operación del Sistema .....	85
4.3	Características de los Diversos Componentes .....	87
4.3.1	Medio de Transmisión .....	88
a)	Red Celular .....	89
b)	Sistema Convencional de Radio .....	90
c)	Sistema Troncalizado de Radio .....	90
4.3.1.1	Modo de Transmisión .....	92
4.3.1.2	Frecuencias de Transmisión .....	92
4.3.1.3	Canales de Transmisión .....	93

4.3.2	Componentes del Terminal Móvil .....	94
a)	Receptor GPS .....	95
b)	Unidad de Control .....	96
c)	MODEM .....	97
d)	Transceptor .....	98
e)	Antena .....	98
4.3.3	Componentes de la Estación Central .....	100
a)	Antena.....	101
b)	Transceptor .....	102
c)	MODEM.....	102
d)	Computador .....	103
e)	Software .....	104
4.3.4	Estación Repetidora .....	104
4.3.4.1	Componentes de la Estación Repetidora .....	105
a)	Antena.....	105
b)	Transceptor .....	105
4.4	Activación .....	106

## **CAPÍTULO V: SISTEMA DE COMUNICACIONES**

5.1	Requerimientos del Sistema .....	107
5.1.1	Exactitud .....	108

5.1.2	Cobertura .....	108
5.1.3	Flexibilidad .....	109
5.1.4	Durabilidad .....	109
5.1.5	Tamaño de la Unidad en el Vehículo .....	110
5.1.6	Costo .....	110
5.1.7	Expansión .....	110
5.1.8	Interferencia Electromagnética y Ruido .....	111
5.1.9	Tiempo de Respuesta del Sistema de Comunicaciones .....	111
5.1.10	Pérdidas .....	111
5.2	Diseño del Enlace .....	112
5.2.1	Ubicación de la Estación Repetidora .....	112
5.2.2	Predicción del Area de Cobertura de la Repetidora .....	113
5.3	Zonas Hábles y Zonas de Bloqueo .....	132
5.4	Localización de la Estación Central .....	134
5.4.1	Enlace Estación Central - Repetidora .....	134
5.5	Especificaciones de la Estación Central .....	137
5.5.1	Antena Para la Estación Central .....	137
5.5.2	RADIO - MODEM .....	137
5.5.3	Software .....	138
a)	Atlas GIS .....	138
b)	MapInfo .....	139
5.5.4	Computador .....	140

5.6	Especificaciones del Terminal Móvil .....	142
5.6.1	Antena GPS .....	142
5.6.2	Receptores GPS .....	143
5.6.3	Unidad de Control .....	143
	a) Trimble Navigation .....	143
	b) Pulsearch Navigation System .....	143
5.6.4	RADIO - MODEM .....	146
5.6.5	Antena Para el Terminal Móvil .....	147
5.7	Repetidoras .....	148
5.7.1	Características Técnicas de las Repetidoras .....	148
5.8	Configuración Final del Sistema .....	149
5.8.1	Formato del Mensaje AVL .....	150

## **CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE COSTOS**

6.1	Definiciones .....	153
6.1.1	Ingreso .....	153
6.1.2	Egreso .....	153
6.1.3	Costos .....	153
6.1.4	Costo Marginal .....	154
6.1.5	Gastos .....	154
6.1.6	Insumo .....	154

6.2	Conceptos Generales .....	155
6.3	Determinación de Costos .....	155
6.3.1	Costos Fijos Presupuestados .....	159
6.3.2	Costos Variables Presupuestados .....	170
6.4	Determinación del Punto de Equilibrio .....	171
6.4.1	Cálculo del Punto de Equilibrio .....	171
6.5	Determinación de Precios .....	179
6.6	Determinación de Tarifas .....	181
6.7	Utilidades .....	181
6.8	Resultados .....	183

## **CAPÍTULO VII: ESTUDIO DE MERCADO**

7.1	Generalidades .....	188
7.2	Estudio de Demanda .....	192
7.3	Proyección de Demanda .....	194
7.3.1	Planteamiento del Modelo Econométrico a Utilizarse .....	200
7.3.2	Características del Modelo Econométrico .....	201
7.4	Curva de Demanda .....	202
7.4.1	Construcción de la Curva de Demanda .....	203
7.4.2	Resultados Exclusivos de Demanda .....	204

<b>CONCLUSIONES</b> .....	206
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	208
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	211
<b>ANEXO A: INFORME 904-2 CCIR</b> .....	A1
<b>ANEXO B: PATHLOSS</b> .....	B1
<b>ANEXO C: SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN CENTRAL</b> .....	C1
<b>ANEXO D: UNIDAD DE CONTROL</b> .....	D1
<b>ANEXO E: ANTENAS Y RECEPTORES GPS</b> .....	E1



# INTRODUCCIÓN

La navegación electrónica y el actual desarrollo de las radiocomunicaciones a nivel mundial han hecho posible contar con distintos sistemas de posicionamiento que permiten determinar el rumbo seguido por una unidad que se desplaza a través de aire, mar o tierra.

El presente documento expone un trabajo teórico de ingeniería con el que se pretende enfocar cada tema, hacia su aplicación práctica inmediata pues es necesario concientizar que la ingeniería es una ciencia de aplicación, mas no de deducción, donde las ecuaciones matemáticas expuestas se suponen verdícas, previamente desarrolladas y demostradas por científicos calificados.

\*Hasta el momento los sistemas para el posicionamiento han limitado su campo de aplicación, por lo costoso que resulta su mantenimiento, por la falta de cobertura, por la influencia de condiciones atmosféricas, etc. El sistema Universal de posicionamiento GPS ha creado nuevas áreas de inversión, ampliando el restringido mundo satelital. ↗

→ El presente análisis brinda la posibilidad de enfocar nuevas áreas de investigación en este sentido. Puesto que se trata de un campo muy amplio sólo se prevee el enfoque para una de sus principales aplicaciones, dejando abierta la posibilidad de realizar nuevos estudios. ←

→ Se presenta el resultado de una investigación intensiva del Sistema Global de Posicionamiento GPS, en cuanto a sus características técnicas y aplicaciones. En este sentido se da un enfoque particular a una de ellas, la Localización Automática de Vehículos. ←

El control de una unidad móvil en tierra es una aplicación particular del GPS, el cual involucra una central que se encarga del monitoreo computarizado del vehículo a través de la información enviada por el transmisor del móvil hacia la estación receptora central. La Estación Central está compuesta de un receptor y un computador que contiene un mapa digitalizado del área de control.

→ Dentro de nuestro medio se ha considerado especial interés en la realización de este estudio pues un sistema de Localización Automática de Vehículos representa una innovadora forma de controlar y monitorear el desplazamiento de un móvil utilizando tecnología de punta para aplicaciones que permitirían incrementar la seguridad de conductores y peatones, realizar un manejo eficiente del tránsito, una atención rápida en caso de accidentes, reducción del tiempo en el aire que se utiliza en comunicaciones de voz entre la estación y el conductor, etc. ←

El conocer con cierta exactitud el punto de localización de un móvil dentro de una ciudad, nace como respuesta a la creciente necesidad que se tiene por disponer de sistemas eficientes, que permitan no solo asegurar un vehículo, sino, en caso de robo, saber donde se encuentra éste con el fin de recuperarlo inmediatamente.

El presente trabajo expone la conformación completa de una empresa operadora de un Sistema de Localización Automática de Vehículos, para lo cual se expone un análisis global de la tecnología a utilizarse, el mercado al cual se dirige esta aplicación, así como el capital necesario a invertirse para iniciar en forma real el proyecto, enfocado siempre, a los niveles sociales, culturales y económicos de nuestro medio.

**María Lizeth Romo**

**Fernando Muñoz R.**

# CAPÍTULO I

## SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE

### 1.1 GENERALIDADES

→ En un sistema de posicionamiento satelital, las distancias entre el satélite y el centro de la Tierra, así como entre el observador y el centro de la Tierra, son conocidas y utilizadas como base para la resolución de las ecuaciones de posición. Estas son determinadas por métodos de triangulación. Estos sistemas tienen una gran ventaja al brindar una mayor cobertura con más precisión. ←

Además de los métodos de posicionamiento satelital que se describen en el presente proyecto, existen otros que no utilizan satélites, pues calculan la posición de un usuario a través de bases terrenas ubicadas en posiciones perfectamente conocidas. Sin embargo estos procedimientos han probado ser menos eficientes que aquellas basadas en satélites porque además de su baja exactitud, ofrecen una cobertura limitada, como es el caso del sistema Loran-C que tiene un rango de operación solamente dentro de las zonas costeras de América del Norte, Japón, Hawaii y parte de las costas europeas.

## **1.2 DEFINICIONES BÁSICAS**

### **1.2.1 Posicionamiento**

Se refiere a la acción de ubicar un punto sobre un eje coordenado, cuyo origen es otro punto considerado como referencia del sistema.

### **1.2.2 Navegación**

La navegación es la ciencia de conducir una nave o un vehículo ya sea en el aire, en el mar o en la tierra utilizando su posición, curso y distancia viajada.

Es importante considerar que el concepto de posicionamiento es más amplio que el de navegación, pues esta es simplemente una de las múltiples posibles aplicaciones que se pueden tener a partir del conocimiento de la posición.

### **1.2.3 Geodesia**

La Geodesia es definida en forma clásica como la ciencia matemática que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. La palabra geodesia es de origen griego y significa *división de la Tierra*<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Blitzkow, D., *Posicionamiento por Satélite*, p.1.

#### 1.2.4 Geoide

Es una superficie ideal de referencia de la Tierra que sobre los océanos coincide con el nivel medio del mar y continúa sobre áreas continentales como un nivel del mar imaginario. La figura resultante se aproxima a un elipsoide de revolución, cuya superficie, en todo punto, es perpendicular a la línea de fuerza de la gravedad.

#### 1.2.5 WGS-84

El Sistema Geodésico Mundial (World Geodetic System) de 1984, describe de una manera muy exacta las dimensiones reales que tiene el geoide, a partir de la tabulación de ciertas constantes.

Para los objetivos trazados dentro del presente trabajo, es necesario considerar los valores que se indican en la Tabla I.1<sup>2,3</sup>.

#### 1.2.6 Seudo distancia

Se refiere a la medida imprecisa de distancia entre el usuario ubicado sobre la superficie de la Tierra y un satélite.

---

<sup>2</sup> Wells, D., *Guide to GPS Positioning*, p.5.23.

<sup>3</sup> Hoffman, B., & Lichtenegger, H., *GPS Theory and Practice*, p. 26-27.

DEFINICIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Semieje mayor del elipsoide terrestre	a	6 378 137 m
Semieje menor del elipsoide terrestre	b	6 356 752.3140 m
Achatamiento del elipsoide terrestre	f	1/298.2572221
Constante de gravitación Universal	$\mu$	$3.986005 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
Velocidad angular de la Tierra	$w_e$	$7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}^2$
Velocidad de la luz en el vacío	c	299 792 458 m/s
Constante del círculo	$\pi$	3.1415926535898

**Tabla I.1: Constantes del WGS-84**

Matemáticamente, la medida de seudo distancia se define como<sup>4</sup>:

$$R = \rho + c \Delta t_A + c (\Delta t_u - \Delta t_s) \quad (1.1)$$

donde:

R = medida de seudo distancia desde el satélite

$\rho$  = distancia verdadera

c = velocidad de la luz

$\Delta t_s$  = defasamiento del reloj del satélite del sistema de tiempo de referencia

$\Delta t_u$  = defasamiento del reloj del usuario del sistema de tiempo de referencia

$\Delta t_A$  = retardos de propagación y otros errores

<sup>4</sup> Blitzkow, D., *Posicionamiento por Satélite*, p.23.

## 1.3 SISTEMA DE COORDENADAS

Básicamente se consideran dos sistemas coordenados:

- Coordenadas terrestres
- Coordenadas Geodésicas

### 1.3.1 Coordenadas Terrestres

La posición de un punto sobre la superficie de la Tierra, para un observador ubicado en la misma, se determina por medio de un sistema cartesiano de coordenadas con centro fijado en el centro de la Tierra y los ejes dispuestos de la siguiente forma:

- El eje  $x$  en dirección positiva al punto de intersección entre el meridiano de Greenwich y el plano ecuatorial.
- El eje  $z$  en dirección positiva al eje de rotación de la Tierra.
- El eje  $y$  ortogonal a los otros ejes, en dirección dada por la regla de la mano derecha,

$$\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x} \quad (1.2)$$

Este sistema es también conocido con el nombre de Sistema Terrestre Convencional (CTS).



### 1.3.2 Coordenadas Geodésicas

Comúnmente se representa la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra en términos de latitud y longitud en lugar de expresar su posición como un vector en un sistema de coordenadas geocéntricas.

#### a) Latitud geodésica ( $\phi_g$ )

Se define como latitud geodésica al ángulo formado entre una línea perpendicular a la superficie elipsoidal en el punto P y el plano ecuatorial, tal como se puede apreciar en la Figura 1.1.

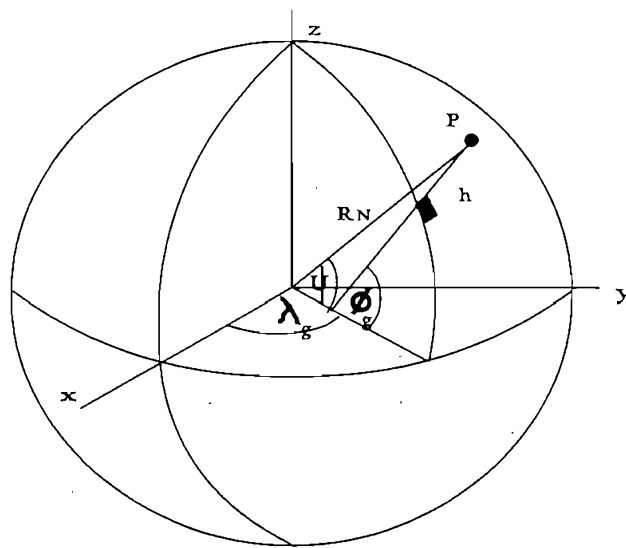
La latitud geodésica difiere de la llamada latitud geocéntrica ( $\psi$ ), la cual es determinada por el ángulo formado entre la línea que une el centro de la Tierra con el punto P y el plano ecuatorial.

#### b) Longitud geodésica ( $\lambda_g$ )

Es el ángulo formado entre los meridianos de Greenwich y aquel que pasa por el punto P, medido sobre el plano ecuatorial.

c) **Altura (h)**

Es la distancia comprendida entre el geode y la superficie física limitada por el contorno geográfico. Esta distancia es comunmente denominada altura sobre el nivel del mar.



**Figura 1.1: Coordenadas Geodésicas**

Las ecuaciones que relacionan las coordenadas geodésicas con el sistema cartesiano con origen en el centro de la Tierra son<sup>5,6</sup>.

---

<sup>5</sup>Blitzkow, D., *Posicionamiento por Satélite*, p.32

<sup>6</sup>Hofmann, B., & Lichtenegger, H., *GPS Theory and Practice*, p. 27, 229

$$\begin{aligned}
 x &= (R_N + h) \cos \phi_g \cos \lambda_g \\
 y &= (R_N + h) \cos \phi_g \operatorname{sen} \lambda_g \\
 z &= [R_N (1 - e^2) + h] \operatorname{sen} \phi_g
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

donde  $R_N$  es el radio de curvatura en el punto, y está dado por<sup>7</sup>:

$$R_N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \phi_g + b^2 \operatorname{sen}^2 \phi_g}}
 \tag{1.4}$$

donde:

a = semieje mayor del elipsoide dado por el WGS-84

e = excentricidad del elipsoide en el WGS-84. Está dado por la relación:

$$e^2 = 1 - (1 - f)^2
 \tag{1.5}$$

f = achatamiento del elipsoide en el WGS-84

## 1.4 EFECTOS ATMOSFÉRICOS

Adicionalmente a la marcada atenuación que se produce sobre la potencia de las ondas electromagnéticas que ingresan desde el espacio exterior, desviaciones y retardos también afectan a señales originadas por satélites artificiales<sup>8</sup>. Para los fines de posicionamiento por satélite, estas desviaciones resultan contraproducentes por cuanto

<sup>7</sup> Hofmann, B., & Lichtenegger, H., *GPS Theory and Practice*, p. 229.

<sup>8</sup> Fink, D., & Christiansen, D., *Electronics Engineers' Handbook*, p. 25-4.

la exactitud en el cálculo de posición del usuario puede verse afectada.

#### 1.4.1 Efectos Ionosféricos

La ionósfera es la región de la atmósfera que abarca aproximadamente desde 50 a 1 000 Km de altura, es decir la zona comprendida entre la atmósfera y el espacio exterior. En esta región la radiación ultravioleta del sol ioniza una fracción de las moléculas de gas que se encuentran aquí, generando gases atmosféricos ionizados y electrones libres, los cuales afectan la trayectoria de las ondas electromagnéticas<sup>8</sup>.

Las señales de radiofrecuencia, al pasar por la ionósfera experimentan una reducción en la velocidad y una curvatura del rayo. Esto se debe a que una propagación por regiones de densidad cambiante, produce que la onda se refracte suavemente recorriendo una trayectoria más larga que la recta que une a los dos puntos<sup>9</sup>. Este efecto es dependiente tanto del ángulo de elevación hacia el satélite como de las características de la ionósfera en el zenit.

Para la estimación del error debido al retardo ionosférico, se utilizan mediciones con doble frecuencia. pues estudios experimentales han demostrado que pueden realizarse mediciones de pseudo distancia con señales moduladas en dos frecuencias

---

<sup>8</sup> Martin, E., *GPS User Equipment Error Models*, p.115.

<sup>9</sup> *Enciclopedia de la Electrónica*, Cap. 54, "Navegación por Satélite", p. 1799.

distintas ( $f_1$  y  $f_2$ ) para determinar los retardos ionosféricos. En este caso, el retardo ionosférico para la frecuencia  $f_1$  estará dado por<sup>10</sup>:

$$\Delta R_{\text{iono}}(f_1) = [R(f_1) - R(f_2)] \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} \quad (1.6)$$

donde:

$\Delta R_{\text{iono}}(f_1)$  = error de distancia por el retardo ionosférico debido a la frecuencia  $f_1$  [m]

$R(f_1)$  = medida de pseudo distancia entre el satélite y el receptor para la señal transmitida en la frecuencia  $f_1$  [m]

$R(f_2)$  = medida de pseudo distancia entre el satélite y el receptor para la señal transmitida en la frecuencia  $f_2$  [m]

$f_1$  = frecuencia de referencia para la estimación [GHz]

$f_2$  = frecuencia a la cual se mide el retardo ionosférico [GHz]

#### 1.4.2 Efectos Troposféricos

La tropósfera es la capa inferior de la atmósfera en la que tienen lugar todos los fenómenos meteorológicos. Se extiende hasta 9 km en las regiones polares y entre 16 y 19 km en las regiones ecuatoriales. La tropósfera es una región no uniforme debido a

---

<sup>10</sup> Wells, D., *Guide to GPS Positioning*, p.9.6.

variaciones en la temperatura puesto que esta decrece en un promedio de 6.5 °C/km.

Para efectos de medición de distancia por medio de satélites artificiales, los errores troposféricos resultan independientes de la frecuencia de la señal transmitida y son relativamente pequeños.

Los errores de distancia  $\Delta R_T$  producidos por efectos troposféricos están dados por la siguiente relación<sup>11</sup>:

$$\Delta R_T = \frac{2.4224 e^{-0.13345 h}}{0.026 + \text{sen } E} \quad (1.7)$$

donde:

E = ángulo de elevación hacia satélite sobre el horizonte del observador (°)

h = altitud del observador sobre el nivel del mar (km)

e = base de los logaritmos naturales = 2.71828182846

## 1.5 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE

– Estos sistemas generalmente establecen las posiciones geográficas de puntos sobre o cerca de la superficie de la Tierra utilizando ondas electromagnéticas, sean estas

---

<sup>11</sup> Gupta, S., *Test and Evaluation Procedures for the GPS User Equipment*, p.121.

transmitidas o reflejadas por uno o varios satélites en órbita alrededor de la Tierra. ✧

Técnicas de posicionamiento por satélites han sido desarrollados desde 1957, tras el lanzamiento del Sputnik por parte de la entonces Unión Soviética.

A continuación se presenta una descripción general de los principales sistemas de posicionamiento por satélite desarrollados hasta la presente fecha.

### **1.5.1 Transit**

El sistema Transit fue desarrollado por la Armada de los Estados Unidos para uso del Departamento de Defensa, y entró en funcionamiento para uso civil en 1968. Este sistema está formado por: estaciones terrenas de control, los satélites en sí y los usuarios.

Hasta 1990 el sistema incluía siete satélites operando en órbitas de 1100 Km de altitud y períodos de 107 minutos. Las estaciones de control suministran a los satélites la información necesaria a ser transmitida en el mensaje de navegación. Cada satélite transmite señales con frecuencias de portadoras de 150 MHz y 400 MHz con el fin de reducir efectos ionosféricos.

✧ Para determinar la posición de un usuario, el receptor realiza medidas sucesivas

de la distancia de este, respecto al satélite que en ese momento se encuentra en su línea de vista. El tiempo en que el satélite es visible es de hasta veinte minutos. Las señales recibidas son comparadas con la frecuencia generada por un oscilador local en el receptor del usuario, con lo cual la distancia entre el satélite y el receptor puede ser determinada. Esto combinado con los datos de órbita del satélite permite calcular la posición del receptor.

El sistema Transit tiene una exactitud de aproximadamente 200 m y tiene un rango de cobertura a nivel mundial; sin embargo, la confiabilidad del sistema se degrada al no disponer de información sobre velocidad. ✕

✗ Un satélite Transit no está siempre a la vista del receptor, esto ocasiona retardos de hasta dos horas entre cada determinación de posición, por lo que su utilización para vehículos terrestres queda muy limitada.✗ Generalmente a bajas latitudes el sistema presenta mayores deficiencias para realizar las medidas, debido a la ausencia de satélites por períodos prolongados de tiempo.

Se espera que para 1996 el sistema Transit sea sustituido completamente por el sistema Navstar-GPS<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> CCIR, *Informe 904-2*, "Localización y Orientación Automática de Vehículos en el Servicio Móvil Terrestre", p.307.



### 1.5.2 Tsidada

Este sistema es similar al Transit y ha sido desarrollado por la ex-Unión Soviética, sin embargo no se tienen datos sobre su operación para uso civil<sup>13</sup>.

### 1.5.3 Navstar-GPS

→ NAVSTAR (NAVigation Satellite Time And Ranging) GPS (Global Position System) es un sistema desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para brindar alta exactitud de información en posición, velocidad y tiempo.

El GPS consta de tres segmentos: espacial, control y usuarios. El segmento espacial está compuesto por una constelación de 24 satélites, de los cuales 3 son de reserva, distribuidos en 6 órbitas distintas, a una altura sobre la superficie de la Tierra de aproximadamente 20 000 km, teniendo un período de rotación de 12 horas.

Cada satélite emite dos frecuencias de radio para efectos de posicionamiento, L1 (1575.42 MHz) y L2 (1227.60 MHz)<sup>14</sup>. Ambas son moduladas por dos códigos y el mensaje de navegación. Cada satélite es identificado por un código único.

---

<sup>13</sup> Wells, D., *Guide To GPS Positioning*, p.3.4.

<sup>14</sup> Getting, I., *"The Global Position System"*, p.45.

El sistema de control se encarga del monitoreo de los satélites determinando sus órbitas y el estado de los relojes atómicos a bordo de los mismos.

El receptor genera réplicas del código de la señal recibida y comparando estas se puede determinar la distancia a los satélites. Al combinarse las distancias de cuatro satélites con sus posiciones orbitales, quedan determinadas las coordenadas geocéntricas en forma tridimensional, con una exactitud de aproximadamente 8 m para datos de posicionamiento y de 0.1 m/s para datos de velocidad. x

#### 1.5.4 GLONASS

El sistema GLONASS (GLobal Orbiting NAVigation Satellite System) representa la contraparte del sistema GPS por parte de la ex-Unión Soviética. La constelación del GLONASS tenía para Octubre de 1993, 14 satélites en operación y uno de reserva<sup>15</sup>.

El sistema GLONASS consistirá en una constelación de 24 satélites con tres reservas, cuando esté completamente desplegado para 1995.

La operación general del sistema es muy similar a la del GPS; sin embargo, cada satélite tiene su propia frecuencia de transmisión, puesto que el código que estos envían

---

<sup>15</sup> *GPS World*, October, 1993, Vol.4, Num.10, p.18.

a los usuarios es único para todos los satélites. La frecuencia de transmisión de cada satélite está dado por<sup>17</sup>:

$$f_N = f_1 + (N - 1) \Delta f \quad (1.8)$$

donde:

$$f_1 = 1602.5625 \text{ MHz}$$

$$\Delta f = 0.5625 \text{ MHz}$$

$$N = \text{número de satélites GLONASS} = 1, 2, \dots, 24$$

Sin embargo, recientemente se han dado ciertos problemas en el uso de estas frecuencias puesto que varias compañías han desarrollado, desde hace algunos años, diferentes proyectos con el fin de poner en funcionamiento un sistema satelital a nivel mundial para teléfonos móviles y comunicación de datos. Estos sistemas interfieren con la banda de frecuencias utilizada por el GLONASS.

Por este motivo es muy probable que las frecuencias GLONASS sufran un cambio antes de 1998, teniendo graves consecuencias sobre el diseño y funcionamiento de los receptores que actualmente se encuentran en uso tanto para civiles como para militares.

---

<sup>17</sup> Arinc, *GNSS Sensor*, p. 2.

### 1.5.5 GEOSTAR

El sistema Geostar (Geosynchronous Communication Satellites), representa uno de los principales sistemas de posicionamiento por satélite y ha sido propuesto para fines comerciales dentro de los Estados Unidos. Este sistema fue inicialmente propuesto en 1983.

Actualmente el diseño comprende a dos satélites geoestacionarios para manejar señales de dos vías entre una central y los terminales de los usuarios. Señales codificadas de espectro expandido son transmitidas hacia uno de los satélites, el cual retransmite la señal hacia el usuario. Este transmite señales codificadas idénticas hacia los dos satélites y estos a su vez a la central, lo cual es facilitado por el uso de técnicas de TDMA. Además, se añade un código único para identificación a cada señal.

El tiempo de viaje de señal en ambos sentidos para cada uno de los satélites es determinado por la estación central para cada uno de los usuarios. Al combinar las dos distancias con la información de altura obtenida de un mapa digital, las coordenadas bidimensionales pueden ser determinadas.

El sistema también tiene capacidad para transmitir mensajes, los cuales son enviados desde la central hacia el usuario o viceversa.

Todos los cálculos de posicionamiento son realizados en la estación central, facilitando de esta manera la operación de los terminales. Un terminal está formado por un transceptor para retransmitir las señales de radio, procesar y almacenar el mensaje.

### **1.5.6 NAVSAT**

Es un sistema de posicionamiento propuesto por la Agencia Espacial Europea desde 1985. Ha sido concebido para ofrecer características similares a las del GPS.

Su diseño se ha desarrollado de manera similar al sistema Geostar, la complejidad del segmento espacial se ha transferido desde el satélite a la Tierra. Los satélites simplemente retransmiten las señales recibidas desde una red de hasta seis estaciones de control. Cada estación transmite continuamente señales, usando la banda C (4 - 8 GHz), a aquellos satélites a la vista. Cuando un satélite está fuera de alcance, el control se transfiere a una estación vecina.

La señal consiste de una portadora continua, un código pseudo aleatorio, y una secuencia de bits que contienen el mensaje de navegación. Estabilidad en la frecuencia de las señales se obtiene gracias al uso de relojes atómicos sincronizados y ubicados en las estaciones de control, evitando así el uso de relojes atómicos dentro de los satélites.

El diseño actual de la configuración satelital de este sistema consiste de seis

satélites en una órbita geoestacionaria y doce satélites en órbitas elípticas con un perigeo de 1 500 km y apogeo de 39 500 km, con lo cual se provee una cobertura a nivel mundial.

Estudios extensivos de diseño para el sistema NAVSAT se han preparado, sin embargo, hasta la presente fecha no se tienen datos precisos sobre planes para su desarrollo final.

## **1.6 VENTAJAS DEL SISTEMA NAVSTAR-GPS FRENTE A LOS OTROS SISTEMAS**

Uno de los principales objetivos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos fue el desarrollar un sistema que brinde una gran exactitud y confiabilidad en todo momento y bajo cualquier condición climática complementando y/o reemplazando las deficiencias de los otros sistemas de navegación.

Comparando las limitaciones de los sistemas de radio navegación expuestos anteriormente, se observa que las ventajas del GPS sobre estos son múltiples.

✘ El GPS es el único sistema que en la actualidad se encuentra completamente constituido con disponibilidad continua y permanente, tanto para uso militar como para uso civil. El sistema presenta cobertura mundial para aplicaciones marinas, aéreas,

terrestres, espaciales; móviles o fijas en tiempo real.

Al ser el GPS un sistema de navegación en el cual el cálculo de la posición se realiza a partir de las señales recibidas de los satélites, su uso se simplifica por cuanto el usuario no necesita transmitir ninguna señal hacia los satélites o estaciones de control. De esta forma tanto la complejidad como los costos del equipo se reducen<sup>17</sup>.

Adicionalmente, el GPS es el único sistema de posicionamiento satelital que entrega al usuario información precisa de tiempo, con lo cual las aplicaciones del sistema se multiplican por cuanto este puede ser utilizado como un instrumento de sincronización para aquellos usos que requieran cierta coordinación temporal.

Finalmente se destaca el hecho que las frecuencias utilizadas por el GPS no interfieren con otros sistemas existentes. ←

---

<sup>17</sup> Wells, D., *Guide to GPS Positioning*, p.3.12.

# CAPÍTULO II

## SISTEMA NAVSTAR-GPS

### 2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA

→ Desde principios de los años 50, la Fuerza Aérea y la Armada de los Estados Unidos investigaron la posibilidad de desarrollar un sistema de posicionamiento geográfico para aplicaciones estrictamente militares, utilizando señales de radiofrecuencia transmitidas por satélites artificiales. Bajo estos conceptos se establecieron los proyectos TIMATION y 621B.

El proyecto TIMATION (TIME navigATION) fue un programa de alta tecnología, bajo la dirección del Laboratorio de Investigaciones de la Marina durante los años 50, en él se buscaba desarrollar un método para el seguimiento de los primeros satélites, en base a una navegación en dos dimensiones (latitud y longitud).

Simultáneamente, la Fuerza Aérea estudiaba los conceptos necesarios para acceder a un sistema de posicionamiento tridimensional (latitud, longitud y altitud), que sea capaz de brindar un servicio continuo. El sistema fue denominado 621B y estaba constituido principalmente por estaciones terrenas, las cuales generaban señales que



permitían realizar cálculos de distancia para el posicionamiento de aviones.

En Abril de 1973, la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos designa a la Fuerza Aérea la planificación de un sistema para la defensa basando en la navegación satelital. El sistema fue denominado Navstar Global Positioning System y combinaba las mejores características de los proyectos TIMATION y 621B, así como mejoras sustanciales a proyectos de posicionamiento satelital desarrollados en años anteriores.

En 1983, con el desastre del vuelo KAL-007 de la compañía "Korean Airlines", el Presidente norteamericano Ronald Reagan garantizó el acceso civil a las señales GPS para su utilización, sin cargo alguno.

El lanzamiento de los satélites prototipo Timation/Navstar se había iniciado en 1974 por medio de cohetes convencionales, y se tubo previsto que la totalidad de los satélites operacionales estén en órbita para fines de 1988, pero retardos en el programa espacial por motivos del desastre del transbordador Challenger en 1986 y posteriores problemas de tipo tecnológico motivaron que la constelación final de los satélites operacionales se complete hasta el 26 de Junio de 1993<sup>1</sup>.

La prueba final del sistema GPS, en la cual el mundo entero pudo comprobar la eficacia y gran exactitud que este tenía para fines militares fue durante la Guerra del

---

<sup>1</sup> White, J., "GPS In The Driver's Seat", p.2A.

Golfo (17 de Enero - 28 de Febrero de 1991), en las operaciones denominadas: *Tormenta del Desierto y Escudo del Desierto*, en las cuales las tropas aliadas reconocieron la capacidad que tenían para navegar eficientemente en áreas desérticas, pudiendo realizar operaciones militares de extrema precisión aún cuando para esa época el sistema no se encontraba completamente estructurado.

## **2.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA**

El Sistema Global de Posicionamiento GPS, en su conjunto, consta de tres segmentos principales: un Segmento Espacial conformado principalmente por los satélites GPS, un Segmento de Control que lo forman bases terrenas localizadas en distintos puntos estratégicos alrededor del planeta, y finalmente el Segmento del Usuario constituido por los receptores GPS.

### **2.2.1 Segmento Espacial**

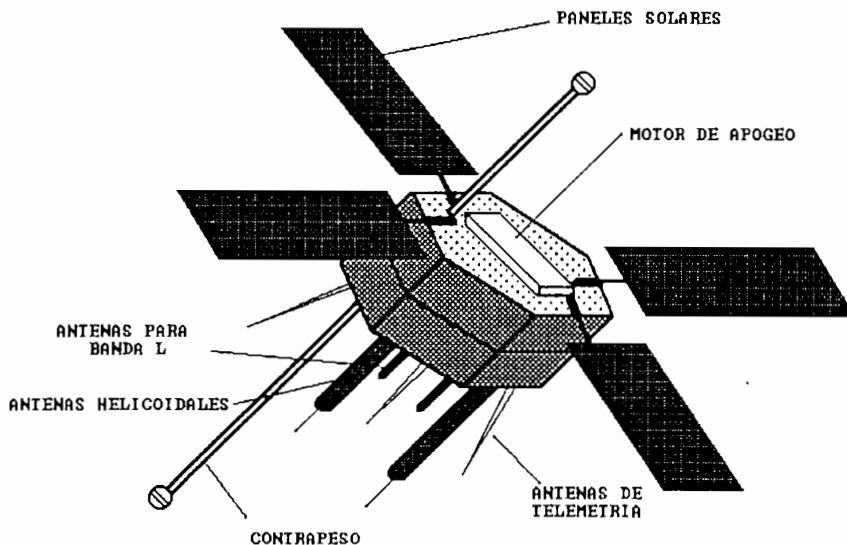
El Segmento Espacial está formado por la constelación de satélites GPS que se encuentran en órbita alrededor de la Tierra. Su función principal es la de enviar señales continuamente de manera que el usuario pueda determinar exactamente su posición a cualquier hora del día, en cualquier día del año y en cualquier parte del planeta.

Hasta el momento cuatro generaciones de satélites GPS han sido planificadas,

denominadas: Bloque 0, Bloque I, Bloque II y Bloque III. Los diferentes satélites dentro de cada uno de estos bloques han experimentado cambios, los mismos que han servido de apoyo para lograr la mayor eficiencia del sistema.

a) **Bloque 0**

Los primeros satélites Navstar fueron llamados Navigation Technology Satellite -Satélite con Tecnología para la Navegación- (NTS), y fueron el resultado de un rediseño y reconstrucción de los satélites TIMATION desarrollados por el Laboratorio de Investigaciones de la Marina. Estos fueron utilizados dentro de la primera fase del



**Figura 2.1: Satélite del Bloque 0**

proyecto para comprobar la eficacia y exactitud que podía tener el sistema. Con este

primer bloque de satélites, conformado solamente por dos vehículos espaciales, fue posible comprobar el concepto de posicionamiento usando señales moduladas en fase (PM - BPSK) de espectro expandido.

## b) Bloque I

Once satélites GPS prototipo fueron construidos y lanzados entre 1978 y 1985 desde la Base de la Fuerza Aérea de California. Estos soportaron la mayoría de las pruebas realizadas al sistema. De estos, cinco continúan operando, mientras que los seis restantes han dejado de funcionar ya sea por lanzamientos fallidos, errores en sus relojes atómicos o por defectos en sus sistemas de control.

Debido a los adelantos realizados a esta generación para los últimos lanzamientos, se espera que este bloque continúe con sus funciones hasta el siglo XXI.

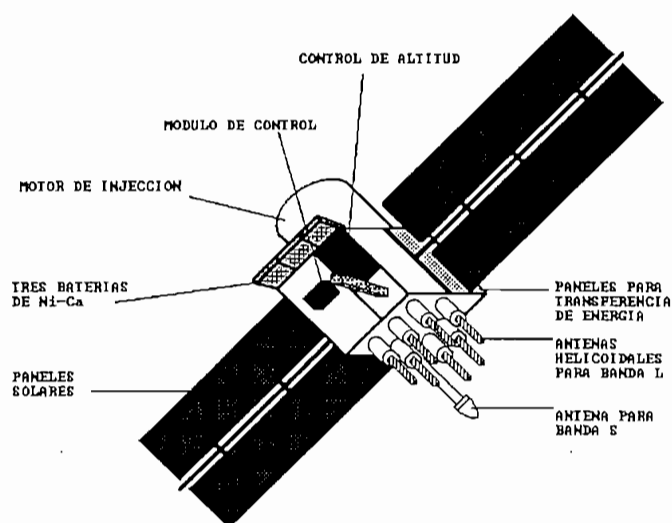


Figura 2.2: Satélite del Bloque I

c) **Bloque II**

El primero de los veintiocho satélites del Bloque II fue lanzado el 14 de Febrero de 1989 desde Cabo Cañaveral, Florida. Este bloque de satélites fue diseñado para tener una vida útil de siete años y medio, marcando el principio de la era operacional del GPS.

Entre las principales funciones de estos satélites, tenemos:

- Recepción y almacenamiento de la información transmitida por el segmento de control.
- Transmisión de la información al usuario por medio de varias señales.
- Mantenimiento de la exactitud en el tiempo, por medio de osciladores de Cesio y de Rubidio.
- Procesamiento de la información, el mismo que está limitado a la capacidad del microprocesador.

Todas las actividades de estos satélites reciben energía a través de baterías, las mismas que están alimentadas por paneles solares, los cuales desplegados tienen un área de 7.25 m<sup>2</sup>.

La constelación final se ha logrado al establecer un riguroso programa de lanzamiento que consistió en la puesta en órbita de un satélite cada dos o tres meses

como término promedio.

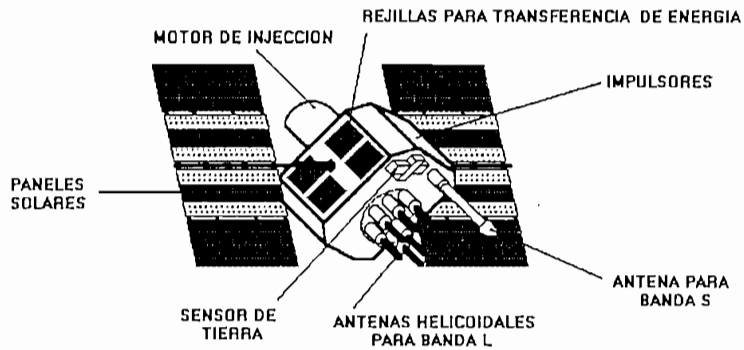


Figura 2.3: Satélite del Bloque II

d) Bloque III

Desde mediados de 1989 este bloque de satélites se encuentra en estudio y se planea que reemplazará a los satélites de la generación del Bloque II cuando hayan concluido su vida útil. El primer lanzamiento de estos se efectuará en 1995.

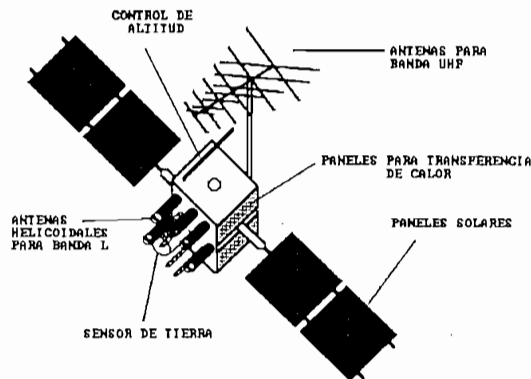


Figura 2.4: Satélite del Bloque III

Todos los satélites disponen de dos tipos diferentes de antenas. Las antenas para banda L (1 - 2 GHz), son las encargadas de transmitir la información hacia los usuarios en un enlace descendente y las antenas para banda S (2 - 4 GHz), son utilizadas para recibir los datos desde las estaciones de control en un enlace ascendente.

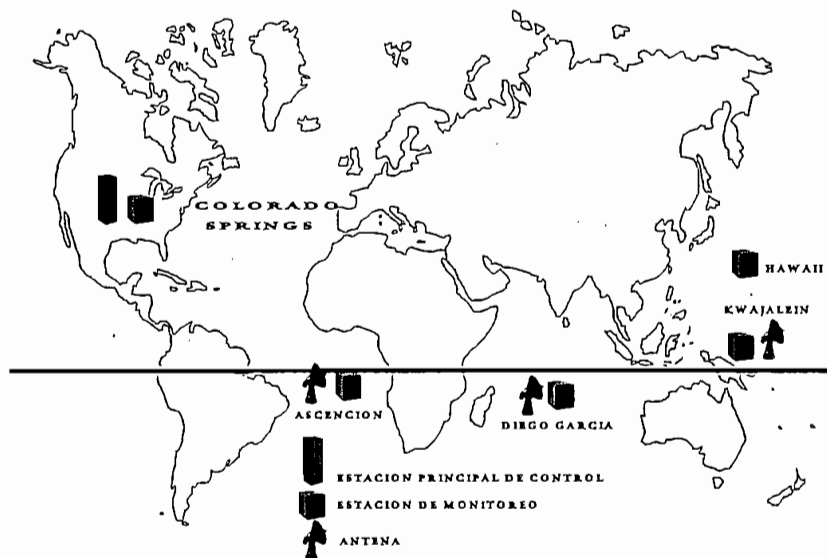
### **2.2.2 Segmento de Control**

Este Segmento comprende una Estación Principal de Control, cinco Estaciones de Monitoreo, tres Antenas Terrenas y una red de comunicaciones conectadas con la Estación Principal de Control, la cual se encuentra ubicada en el Centro de Operaciones Espaciales de la Base Aérea Falcon en Colorado Springs y está en operación las veinticuatro horas del día.

Las Antenas Terrenas se encuentran ubicadas en tres estaciones (Ascensión, Diego García y Kwajalein), y tienen la función de transmitir datos vía enlaces de radio en banda S hacia los satélites. Estos datos contienen actualización de la información de las efemérides, correcciones de reloj y otros mensajes de difusión de datos y telemetría.

Las Estaciones de Monitoreo se encuentran ubicadas en Colorado Springs, Hawaii, Ascensión, Kwajalein y Diego García. Todas controladas remotamente por la Estación Principal.

La función de estas cinco estaciones es la de monitorear y hacer un seguimiento de las señales GPS para control de los satélites y predicción de sus órbitas, por medio de receptores GPS de dos frecuencias equipados con osciladores de Cesió para sincronización de tiempo.



**Figura 2.5: Localización de estaciones del Segmento de Control**

### 2.2.3 Segmento del Usuario

El Segmento del Usuario consiste de un equipo que combina hardware y software, y permite al usuario captar la señal de radiodifusión proveniente de los satélites para que este pueda determinar su posición geográfica en tres dimensiones con actualización de tiempo.



Existen diferentes tipos de equipos, los cuales están clasificados tanto para aplicaciones estrictamente militares, como para aplicaciones civiles, los mismos que difieren en la exactitud del posicionamiento.

Dentro de los equipos destinados para uso militar se tienen aquellos para uso específico de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos, otros designados para uso de las fuerzas aliadas, y otros para propósitos de exportación. Todos los equipos deben cumplir con un cierto número de funciones básicas, para entregar al usuario su posición, velocidad y tiempo; los mismos que son calculados a partir de la información recibida de los satélites. Estas funciones básicas determinan una arquitectura fundamental para el diseño de los equipos, que incluyen una antena para la banda L, un receptor de radio con capacidad de procesar señales de espectro expandido, un decodificador de señales, un procesador de datos, y otros.

Esta parte del sistema se describe con mayor detalle en el CAPITULO III.

## **2.3 ESPECTRO EXPANDIDO**

Los sistemas de espectro expandido nacieron durante la Segunda Guerra Mundial y desde entonces han sido utilizados para asegurar las comunicaciones militares, evitando el espionaje y las interferencias intencionales.

Actualmente estos sistemas son ampliamente utilizados para las comunicaciones en sistemas satelitales, especialmente VSAT y GPS.

Tal como lo indica su nombre, los sistemas de espectro expandido utilizan un amplio ancho de banda, siendo mayor la velocidad de transmisión de la información, comparada con la velocidad de la información en banda base.

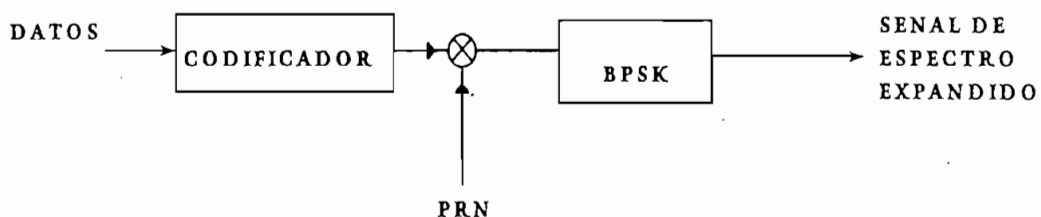
En estos sistemas la potencia de la señal está repartida sobre un amplio ancho de banda, siendo los niveles de potencia del espectro relativamente bajos, con lo cual un sistema de espectro expandido puede compartir una banda de frecuencias determinada con uno o más sistemas de banda angosta, sin causar interferencia con estos. En algunos sistemas, los niveles de señal están por debajo del nivel de ruido de un receptor convencional, por lo tanto este no puede detectar la señal en espectro expandido.

Para lograr un incremento del ancho de banda de transmisión tanto la velocidad como el ritmo de transmisión de los datos deben incrementarse. Esto es posible sólo si los datos son multiplicados con una secuencia de ruido seudo aleatoria (PRN) cuyo período sea mucho menor que el período de los datos. En otras palabras, el ritmo de transmisión de la secuencia seudo aleatoria debe ser mucho mayor que aquel de los datos.

Sistemas de espectro expandido tienen las siguientes características:

- Baja interferencia en otros sistemas de comunicaciones
- Habilidad para rechazar altos niveles de interferencia externa
- Inmunidad a la interferencia intencional (jamming)
- Provee caminos seguros de comunicación
- Opera sobre trayectorias múltiples de radio frecuencia

El objetivo principal de un sistema de espectro expandido es el de brindar una forma segura de comunicación que solamente pueda ser interceptado por personal autorizado. Esto se logra haciendo que la señal tenga características pseudo aleatorias muy similares al ruido, con lo cual su interpretación se hace prácticamente imposible para personal no autorizado.



**Figura 2.6: Modulador de espectro expandido**

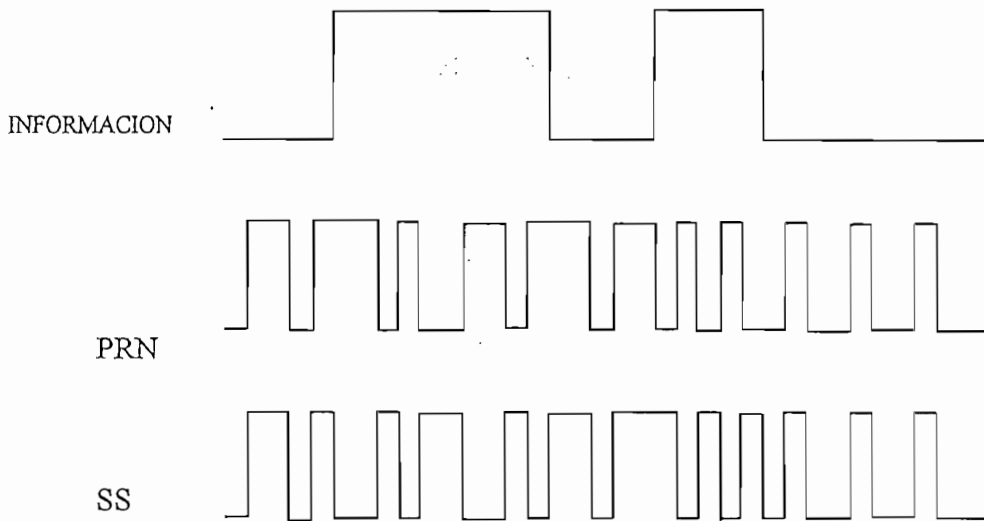
Existen distintas técnicas de modulación dentro de los sistemas de espectro expandido, los sistemas civiles comerciales utilizan la técnica de modulación directa. En este tipo de modulación, la información codificada es multiplicada con una secuencia

de ruido seudo aleatoria PRN. La señal resultante es entonces modulada a la frecuencia de la portadora.

En el diagrama de bloques de la Figura 2.6, el multiplicador representa en realidad a una compuerta lógica XOR, cuya tabla de verdad es la siguiente:

INFO	PRN	SS
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Esto, para la técnica de espectro expandido se conoce como modulación por inversión de bit puesto que un bit de información 1L causa la inversión del código PRN, mientras que un 0L deja al código PRN inalterado, tal como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 2.7.



**Figura 2.7: Señales en un generador de Espectro Expandido**

De esta manera, un receptor de espectro expandido puede rechazar señales indeseables fuertes e incluso otras señales de espectro expandido codificados con una secuencia PRN distinta. Esto es posible, gracias a que el receptor al cual está dirigida la señal posee una copia del código o secuencia PRN que hace posible la expansión y lo usa para comprimir la señal que recibe. Así, señales que no han sido expandidas o que tienen un código PRN distinto, son eliminadas dentro del proceso de compresión del espectro.

### **2.3.1 Correlación**

Correlación se entiende al proceso mediante el cual se determina el grado de similitud de dos señales. Esto es cuantificado asignando valores comprendidos entre 0 y 1. Un emparejamiento perfecto se indica como 0. Si no existe similitud alguna entre las dos señales, se tiene un valor de 1. Emparejamientos parciales pueden tomar distintos valores dependiendo de la similitud de las dos señales.

Señales codificadas con un código PRN distinto o señales sin expansión, serán diferentes de la señal deseada y tendrán una salida baja del correlacionador.

## **2.4 FORMATO Y CONTENIDO DE LA SEÑAL GPS**

La señal GPS transmitida por los satélites, consiste de dos portadoras sobre las

cuales pueden ser moduladas varias señales, incluyendo el mensaje GPS, el cual se analiza en el numeral 2.5.

Estas señales se caracterizan por poseer un cierto número de componentes, todas basadas en una frecuencia fundamental de 10.23 MHz, generada por un oscilador atómico de Cesio. Los satélites transmiten dos señales de radio en la banda L , conocidas como Link-1 (L1) y Link-2 (L2), centradas a las frecuencias:

$$L1 = 154 \times 10.23 = 1575.42 \text{ MHz}$$

$$L2 = 120 \times 10.23 = 1227.60 \text{ MHz}$$

#### **2.4.1 Códigos de Ruido Seudo-Aleatorio**

Los códigos de ruido seudo-aleatorios (códigos PRN) utilizados para el espectro expandido por el GPS son generados mediante un algoritmo específico, y estos son creados idéntica y simultáneamente tanto en los satélites como en el receptor con el propósito de medir la seudo-distancia entre estos dos a partir de los retardos de tiempo que sufre la señal en su trayecto.

Las dos principales secuencias binarias utilizadas en el proceso de posicionamiento por el GPS son: "Coarse/Acquisition Code" o código C/A, y "Precision Code" o código P.

Al multiplicar dos secuencias pseudo aleatorias con el mismo período de repetición, se forma una nueva secuencia, conocida como *Código de Gold*<sup>2</sup>, el cual mantiene el período de repetición de las secuencias original.

#### **2.4.1.1 Registro de Desplazamiento**

Consiste en un conjunto de celdas conectadas entre sí, cada una de las cuales almacena un bit. Cuando un pulso de reloj es aplicado al registro, el contenido de cada una de las celdas se desplaza un bit hacia una nueva posición. Las propiedades de estos registros dependen de la forma en la cual la información es recibida en la primera celda.

#### **2.4.1.2 Registro de Desplazamiento con Realimentación**

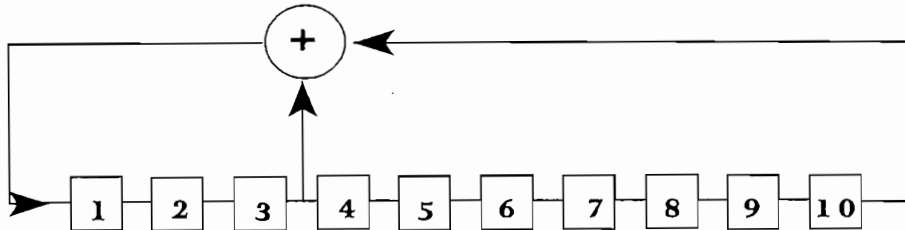
Es un registro de desplazamiento en donde el valor de la entrada (la primera celda) está determinado por el valor que tienen las otras celdas en el registro. Si se dispone de un registro de desplazamiento de "n" celdas, su contenido puede tomar  $2^n$  combinaciones diferentes denominadas "estados". Por lo tanto si el registro ha tomado el valor de todos los estados posibles, se tiene un período de repetición de  $2^n - 1$ . Esta secuencia así obtenida es periódica.

Si el valor de n fuera elevado el período resulta ser tan grande que puede

---

<sup>2</sup> Spilker, J., "GPS Signal Structure and Characteristics", p.44 - 45.

considerarse prácticamente una secuencia aleatoria y se denomina pseudo-aleatorio<sup>3</sup>.



**Figura 2.8: Registro de desplazamiento con realimentación**

Considerando el diagrama de la Figura 2.8, para determinar el estado del bit que ingresa a la celda 1, se realiza la suma binaria de los estados de las celdas 3 y 10. Si las celdas 3 y 10 tienen diferentes estados (una tiene 1L y la otra tiene 0L), un 1L será leído en el siguiente pulso de reloj. Si las celdas 3 y 10 tienen los mismo estados (ambas 0L o ambas 1L), entonces un 0L puede ser leído a la entrada de la celda. Este sistema se puede expresar matemáticamente mediante el polinomio:

$$1 + X^3 + X^{10} \quad (2.1)$$

---

<sup>3</sup> Hidalgo, P., *Comunicación Digital*, p.108.



### 2.4.1.3 Código C/A

El código C/A (Clear/Acquisition) es un código relativamente pequeño de 1023 bits con un milisegundo de duración, teniendo un ritmo de transmisión de 1.023·Mbps. Para los diferentes satélites el código C/A es un código de Gold formado por el producto de dos códigos de 1023 bits,  $G_1$  y  $G_{2i}^4$ , donde  $i$  representa al  $i$ -ésimo satélite. El código C/A está generado por dos registros de desplazamiento con realimentación, cada uno de los cuales tiene diez celdas. Uno de estos registros, el  $G_1$ , está expresado por<sup>5</sup>:

$$G_1(X) = 1 + X^3 + X^{10} \quad (2.2)$$

mientras que el otro registro,  $G_2$ , tiene una representación polinómica de la forma:

$$G_2(X) = 1 + X^2 + X^3 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10} \quad (2.3)$$

### 2.4.1.4 Código P

El código P es generado por los mismos principios básicos que el código C/A, exceptuando que se utilizan cuatro registros de desplazamiento con realimentación, cada uno de los cuales tiene doce celdas.

---

<sup>4</sup> Spilker, J., *GPS Signal Structure and Performance Characteristics*, p.39.

<sup>5</sup> Paige, E., *GPS SPS. Signal Specification*, p.14.

Dos polinomios, X1A y X1B, generan secuencias de 4092 y 4093 bits respectivamente se combinan para producir el código X1, el cual tiene una longitud de 15 345 000 bits y se repite cada 1.5 segundos correspondiendo a 3750 ciclos de X1A. La secuencia generada por X1B se repite 3749 veces y se mantiene en su estado final, es decir, en su 3749avo ciclo, hasta que X1A completa su secuencia. Por lo tanto el código X1A tiene 343 bits adicionales. Los otros dos polinomios X2A y X2B generan secuencias de 4092 y 4093 bits se combinan para producir el código X2i, el cual tiene una longitud de 15 345 037 bits. Los códigos X1 y X2i tienen un ritmo de transmisión de 10.23 Mbps y pueden ser combinados con 37 retardos diferentes de X2 para producir 37 diferentes segmentos de una semana, cinco de los cuales están asociados con las estaciones terrenas y los 32 restantes se los asigna para los distintos satélites.

Matemáticamente, el código P está generado por el siguiente conjunto de ecuaciones<sup>6</sup>:

$$P_i(t) = X1(t) X2(t + n_i T) \quad (2.4)$$

donde:

- P<sub>i</sub>(t) = código seudo aleatorio P, para el i-ésimo satélite en el tiempo
- X1(t) = secuencia seudo aleatoria X1 en el tiempo
- X2(t + n<sub>i</sub>T) = secuencia seudo aleatoria X2 en el tiempo
- n<sub>i</sub> = valor específico de cada secuencia, varía entre 0 y 36

---

<sup>6</sup> Rockwell International, *Interface Control Document*, p. 16 - 22.

T = período de repetición equivalente a 1/10.23 MHz

$$X1 = X1A \vee X1B \quad (2.5)$$

donde el operador  $\vee$  representa una suma módulo-2 definido por el operador XOR.

$$X1A = 1 + X^6 + X^8 + X^{11} + X^{12} \quad (2.6)$$

$$X1B = 1 + X + X^2 + X^5 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{12} \quad (2.7)$$

$$X2 = X2A \vee X2B \quad (2.8)$$

$$X2A = 1 + X + X^3 + X^4 + X^5 + X^7 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{12} \quad (2.9)$$

$$X2B = 1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^8 + X^9 + X^{12} \quad (2.10)$$

Este código puede ser encriptado para propósitos de seguridad nacional dentro de los Estados Unidos.

#### 2.4.1.5 Código Y

El código Y es una secuencia pseudo-aleatoria similar al código P, y puede ser utilizado en vez de este. Sin embargo, la ecuación que genera al código Y es secreta, mientras que la ecuación que genera el código P es perfectamente conocida. Este código está reservado para uso militar por los Estados Unidos y sus aliados, para evitar

información falsa que pueda ser generada por otras estaciones enemigas con el propósito de degradar la exactitud del sistema (anti - spoofing)<sup>5</sup>.

#### 2.4.2 Señal L1

Una modulación binaria bifásica 2-PSK es utilizada para conformar la señal GPS. La portadora L1 es modulada en BPSK tanto por el código P como por el código C/A, los cuales se encuentran defasados entre sí 90°.

La señal transmitida por los satélites a la frecuencia de L1(t) será entonces<sup>6</sup>:

$$L1(t) = A_p P_i(t) D_i(t) \cos [\omega_1 t + \phi(t)] + A_c G_i(t) D_i(t) \text{sen} [\omega_1 t + \phi(t)] \quad (2.11)$$

donde:

$A_p$  = constante de amplitud del código P

$A_c$  = constante de amplitud del código C/A

$P_i(t)$  = código P para el i-ésimo satélite, en el tiempo, con amplitud  $\pm 1$  (NRZ)

$D_i(t)$  = mensaje de navegación, en el tiempo, de 50 bps con amplitud  $\pm 1$  (NRZ)  
para el i-ésimo satélite

---

<sup>5</sup> Hoffmann-Wellenhof, B., *GPS. Theory and Practice*, p.18.

<sup>6</sup> Spilker, J., *GPS Signal Structure and Characteristics*, p.38.

- $G_i(t)$  = código C/A para el  $i$ -ésimo satélite, en el tiempo, con amplitud  $\pm 1$   
(NRZ) para el  $i$ -ésimo satélite
- $\omega_1$  =  $2\pi L_1$  es la frecuencia angular de la portadora  $L_1$
- $\phi(t)$  =  $\pi n(t)$  es el corrimiento de fase.
- $n(t)$  = toma el valor 1 cuando  $P_i(t) D_i(t) = -1$  y 0 cuando  $P_i(t) D_i(t) = +1$

### 2.4.3 Señal L2

La portadora  $L_2$  es normalmente modulada sólo por el código  $P$ , aunque un cambio al código C/A puede ser seleccionada por un comando enviado por las estaciones terrenas de control. La señal  $L_2(t)$  es representada matemáticamente en su formato normal como<sup>7</sup>:

$$L_2(t) = B_p P_i(t) D_i(t) \cos[\omega_2 t + \phi(t)] \quad (2.12)$$

donde:

- $B_p$  = constante de amplitud del código  $P$
- $P_i(t)$  = código  $P$  para el  $i$ -ésimo satélite, en el tiempo, con amplitud  $\pm 1$  (NRZ) sincronizado con el código  $P$  de  $L_1$
- $D_i(t)$  = mensaje de navegación de 50 bps con amplitud de  $\pm 1$  (NRZ) para el  $i$ -ésimo satélite

---

<sup>7</sup> Spilker, J., *GPS Signal Structure and Characteristics*, p.39.

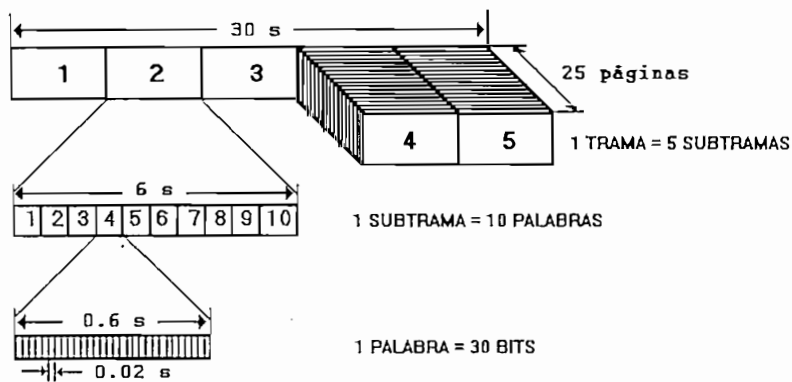
- $\omega_2 = 2\pi L_2$  es la frecuencia angular de la portadora  $L_2$
- $\phi(t) = \pi n(t)$  es el corrimiento de fase.
- $n(t) =$  toma el valor 1 cuando  $P_i(t) D_i(t) = -1$  y 0 cuando  $P_i(t) D_i(t) = +1$

## 2.5 MENSAJE GPS ( $D_i(t)$ )

El mensaje GPS representa la información que el receptor del usuario requiere para realizar las operaciones necesarias con el fin de determinar su posición. Este contiene información sobre el estado de funcionamiento del satélite, tiempo de sincronización para la transferencia del código C/A al código P, parámetros para el cálculo de las correcciones del reloj, efemérides de los satélites y retardos en la propagación de las señales a través de la atmósfera. Adicionalmente contiene el almanaque que define en forma aproximada las efemérides y el estado de funcionamiento de otros satélites, los mismos que son requeridos para la adquisición de las señales.

El mensaje GPS está expresado en un formato predefinido para una fácil comunicación entre el Segmento Espacial y el Segmento del Usuario. Este está formado por tramas de 1500 bits con una duración de 30 segundos para su transmisión. Cada trama contiene cinco subtramas de 6 segundos de duración. A su vez, cada subtrama está compuesta por 10 palabras de 30 bits de longitud.

Para las subtramas 1, 2 y 3 la información de trama a trama en cada satélite es invariable; sin embargo, en las subtramas 4 y 5, tramas consecutivas contienen diferentes "páginas", existiendo un total de 25 páginas que conforman la multitrama cuya duración es de 12.5 minutos, tal como se puede apreciar en la Figura 2.9.



**Figura 2.9: Formato del Mensaje GPS**

A continuación se presenta un diagrama simplificado de la conformación de las subtramas en el mensaje GPS.

Subtrama 1:

TLM	HOW	Bloque 1 : Corrección de reloj
-----	-----	--------------------------------

Subtrama 2:

TLM	HOW	Bloque 2 : Efemérides
-----	-----	-----------------------

Subtrama 3:

TLM	HOW	Bloque 3 : Efemérides
-----	-----	-----------------------

Subtrama 4:

TLM	HOW	Bloque 4 : Mensaje
-----	-----	--------------------

Subtrama 5:

TLM	HOW	Bloque 5 : Almanaque
-----	-----	----------------------

### 2.5.1 Palabras TLM y HOW

Las dos primeras palabras de cada subtrama son generadas por el satélite y contienen la palabra de TeLeMetría TLM y la palabra "HandOver Word" HOW.

La palabra TLM se utiliza para sincronización, contiene 8 bits iniciales cuyo patrón es 10001011. Los siguientes 14 bits contienen la siguiente información sobre:

- El estado de los datos de carga en el enlace ascendente
- Mensajes de autodiagnóstico del satélite



HOW es la segunda palabra, y ocupa 30 bits se repite cada 6 segundos dentro de la trama, 17 de estos bits se destinan para relacionar el estado de tiempo en la semana mediante una cuenta, que indica el número de repeticiones del código X1; y por lo tanto se incrementa cada 1.5 segundos. Mediante este procedimiento se puede tener un rápido acceso al intervalo actual del código P.

El resto de información del mensaje GPS es proporcionado por el Segmento de Control, el mismo que incluye tres bloques de datos, un bloque reservado para mensajes especiales, y otro de información de almanaque (datos menos precisos).

## **2.5.2 Bloque 1**

Se encuentra en la primera subtrama, repitiéndose a sí mismo cada 30 segundos. Este incluye parámetros para corrección de reloj y presenta también parámetros utilizados para corrección de retardos ionosféricos.

### **2.5.2.1 Sistema de tiempo**

Para el sistema de tiempo GPS se utiliza relojes atómicos, controlados por osciladores de Rubidio, rayo de Cesio y maser de Hidrógeno; debido a su gran estabilidad y mayor vida útil. Este constituye la parte fundamental para propósitos de posicionamiento, ya que un corrimiento de un nanosegundo equivale a un error de

posición de 30 cm.

Se denomina tiempo GPS, aquel controlado y observado por el Segmento de Control durante la semana y utilizado como referencia para las mediciones temporales.

El tiempo GPS de un satélite está dado por<sup>8</sup>:

$$t = t_s - \Delta t \quad (2.13)$$

donde:

$t$  = tiempo GPS utilizado como referencia dentro del sistema

$t_s$  = tiempo en el reloj interno del satélite

$\Delta t$  = corrección del reloj del satélite con respecto al tiempo GPS

Las estaciones de monitoreo y control observan y predicen el comportamiento de los relojes en el satélite y establecen los parámetros de corrección, con respecto al tiempo GPS. Estas correcciones se realizan matemáticamente por medio de un polinomio de segundo grado<sup>9</sup> (Eq. 2.14) por lo menos una vez al día en las estaciones de monitoreo.

---

<sup>8</sup> ARINC, *Interface Control Document*, P. 72.

<sup>9</sup> ARINC, *Interface Control Document*, p.72.

$$\Delta t = a_0 + a_1 ( t - t_{oc} ) + a_2 ( t - t_{oc} )^2 \quad (2.14)$$

donde  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  son los parámetros de corrección de reloj, proporcionados por los satélites en el mensaje GPS y  $t_{oc}$  es el tiempo de referencia en que los datos fueron calculados en las estaciones de monitoreo y control.

### 2.5.3 Bloques 2 y 3

Los bloques de datos 2 y 3, contienen los parámetros de efemérides necesarios para la descripción y corrección de las trayectorias orbitales de los satélites, ya que perturbaciones externas originan que estos se desvíen de sus trayectorias nominales.

#### 2.5.3.1 Órbitas

Las órbitas de los satélites GPS son elípticas, con un período de rotación de 11h58'02". Cada plano orbital tiene un ángulo de inclinación de 55° con respecto al plano ecuatorial y la separación entre planos orbitales es de 60° para conformar una constelación uniforme y simétrica<sup>10</sup>.

El período de rotación indicado permite una cobertura total, tal como se

---

<sup>10</sup> ARINC Research Corporation, *GPS Navstar User's Overview*, p. 46.

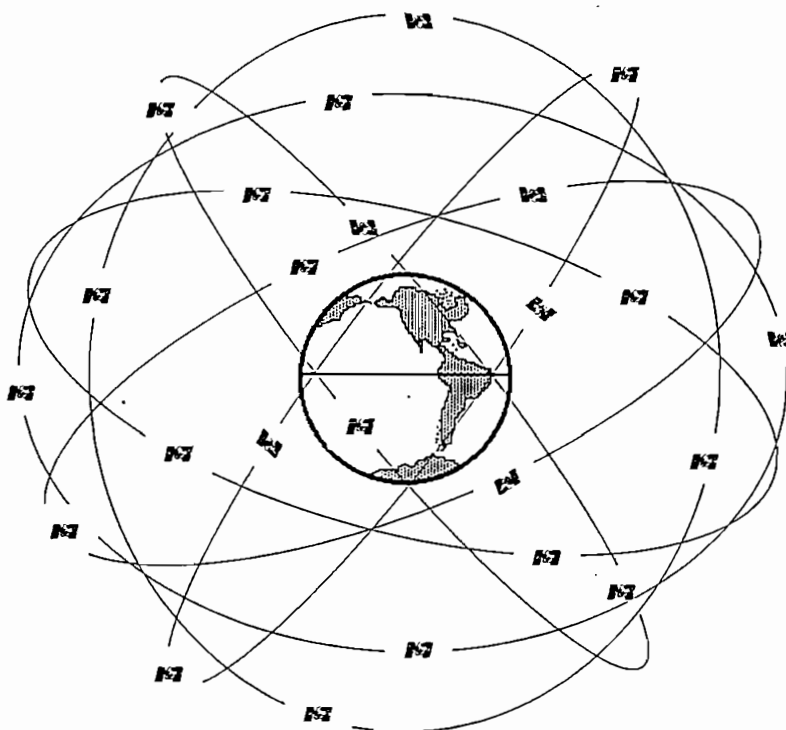


Figura 2.10: Constelación de satélites GPS

### 2.5.3.2 Efemérides

Las efemérides son determinadas por la Estación Principal de Control, basándose en el estudio de las señales GPS que son transmitidas por cada uno de los satélites hacia las cuatro Estaciones de Monitoreo. Esta operación se lleva a cabo diariamente y en la misma forma en que los satélites determinan la posición de un usuario ubicado en la superficie de la Tierra, solamente que ahora se debe establecer la posición exacta de un satélite en particular, a partir de la ubicación conocida de las Estaciones de Monitoreo.

Este control permanente de las órbitas y la posición de los satélites sobre las mismas resulta indispensable considerando la existencia de factores externos que influyen en su movimiento, como son: la atracción gravitacional de cuerpos cercanos como la Tierra, la luna y el sol; presión de radiación solar; y otros<sup>13</sup>.

#### 2.5.4 Bloque 4

El bloque de datos 4, en el cual se incluyen mensajes especiales enviados a través del Segmento de Control, necesita de un total de veinticinco páginas para entregar la información completa a los usuarios. El tiempo de transmisión para la multitrama es de 12.5 minutos.

Este bloque contiene principalmente información relativa a los satélites 25 al 32. Es decir, en caso de existir un momento en que más de 24 satélites entren en órbita, este bloque llevará la información relativa a estos. También se han reservado múltiples páginas con información exclusiva para uso militar.

A continuación se describe, en forma aproximada, el contenido de cada una de las veinticinco páginas que conforman la totalidad de este bloque.

---

<sup>13</sup> Wells, D., *Guide To GPS Positioning*, p. 5.7.

<b>PAGINA</b>	<b>CONTENIDO</b>
1	Reservado para uso militar
2	Almanaque para el satélite # 25
3	Almanaque para el satélite # 26
4	Almanaque para el satélite # 27
5	Almanaque para el satélite # 28
6	Reservado para uso militar
7	Almanaque para el satélite # 29
8	Almanaque para el satélite # 30
9	Almanaque para el satélite # 31
10	Almanaque para el satélite # 32
11	Reservado para uso militar
12	Reservado para uso militar
13	Reservado para caso de emergencias
14	Reservado para caso de emergencias
15	Reservado para caso de emergencias
16	Reservado para uso militar
17	Mensajes especiales
18	Modelos ionosféricos y datos de UTC
19	Reservado para uso militar
20	Reservado para uso militar

<b>PAGINA</b>	<b>CONTENIDO</b>
21	Reservado para uso militar
22	Reservado para uso militar
23	Reservado para uso militar
24	Reservado para uso militar
25	Bandera de "ANTISPOOF" y configuración de los 32 satélites y estado de funcionamiento de los satélites 25 - 32.

### **2.5.5 Bloque 5**

El bloque de datos 5, al igual que el bloque de datos 4, completa su información con un total de veinticinco páginas. Este bloque contiene información de almanaque de los veinticuatro satélites principales que conforman la constelación base. Es decir, se tiene la información de almanaque de un satélite por cada página. La última página (número 25) es utilizada para informar sobre el estado de funcionamiento de los veinticuatro satélites principales.

#### **2.5.5.1 Almanaque**

Los datos de almanaque son una descripción aproximada de la órbita y estado de funcionamiento de todos los satélites. Esta información es de utilidad por cuanto sus datos son almacenados en la memoria interna del receptor. Así, la próxima vez que se

requiera conocer la posición, el receptor conocerá de antemano la ubicación de todos los satélites de la constelación. En esta forma se limita a rastrear las señales provenientes únicamente de los satélites que se encuentran sobre el horizonte local del usuario, facilitando la adquisición de señales.

Por este motivo generalmente se recomienda extender deliberadamente el uso del receptor por períodos superiores a los doce minutos, con el fin de adquirir datos de almanaque más recientes, ya que a medida que los datos almacenados en la memoria del receptor son más antiguos, la precisión de estos se degrada.

## **2.6 TÉCNICA DE POSICIONAMIENTO**

→ Debido a que los satélites están en continuo movimiento alrededor de sus órbitas, y los usuarios también cambian su posición de un lugar a otro, el número y la geometría o disposición de los satélites puede no ser el necesario y apropiado para el cálculo de posición.

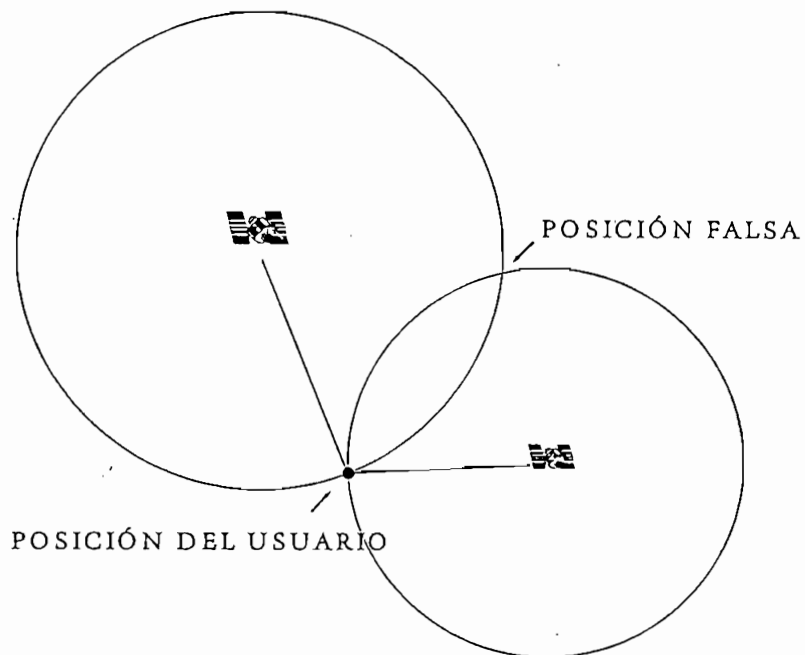
La mejor geometría posible puede obtenerse cuando un satélite se encuentra directamente por encima del usuario y los otros tres se ubican a iguales distancias alrededor del horizonte, formando una pirámide.

El principio matemático en que se basa la técnica de posicionamiento está en



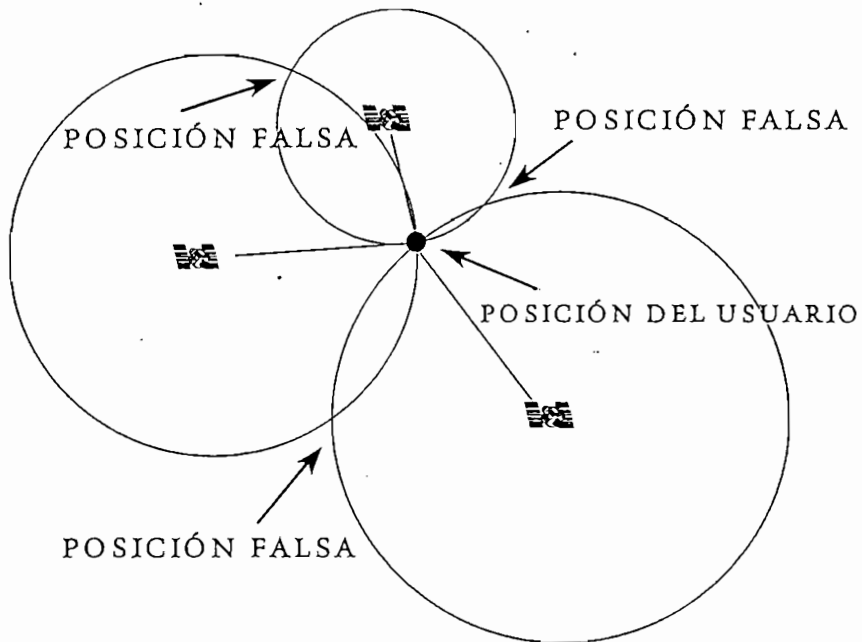
considerar que el usuario se encuentra ubicado en la intersección de tres esferas, cuyos centros serán los satélites y los radios las distancias a ser medidas.

Es necesario la utilización de por lo menos cuatro satélites, pues, cuando el usuario recibe la señal proveniente de dos satélites, se producen dos intersecciones, tal como se puede apreciar en la Figura 2.12.



**Figura 2.12: Posicionamiento con dos satélites**

Al recibir la señal desde un tercer satélite, la intersección de las tres esferas se producirá en un único punto eliminando cualquier ambigüedad.



**Figura 2.13: Posicionamiento con tres satélites**

Debido a que la técnica de posicionamiento del GPS utiliza un sistema de coordenadas espacio temporal de cuatro dimensiones, el cuarto satélite permite una estimación del error en el reloj del usuario. En este caso, las ecuaciones de la posición del usuario contienen cuatro incógnitas.

### 2.6.1 Ecuaciones de Posicionamiento

Las ecuaciones básicas para la determinación de posición con cuatro satélites son<sup>14</sup>:

---

<sup>14</sup> Noe, P., *A GPS Navigation Algorithm*, p.167.

$$\begin{aligned}
(x_{s_1} - x_u)^2 + (y_{s_1} - y_u)^2 + (z_{s_1} - z_u)^2 &= (R_1 - B)^2 \\
(x_{s_2} - x_u)^2 + (y_{s_2} - y_u)^2 + (z_{s_2} - z_u)^2 &= (R_2 - B)^2 \\
(x_{s_3} - x_u)^2 + (y_{s_3} - y_u)^2 + (z_{s_3} - z_u)^2 &= (R_3 - B)^2 \\
(x_{s_4} - x_u)^2 + (y_{s_4} - y_u)^2 + (z_{s_4} - z_u)^2 &= (R_4 - B)^2
\end{aligned}
\tag{2.16}$$

donde:

$x_{si}$  = posición del i-ésimo satélite sobre el eje x [m]

$y_{si}$  = posición del i-ésimo satélite sobre el eje y [m]

$z_{si}$  = posición del i-ésimo satélite sobre el eje z [m]

$x_u$  = posición del usuario sobre el eje x [m]

$y_u$  = posición del usuario sobre el eje y [m]

$z_u$  = posición del usuario sobre el eje z [m]

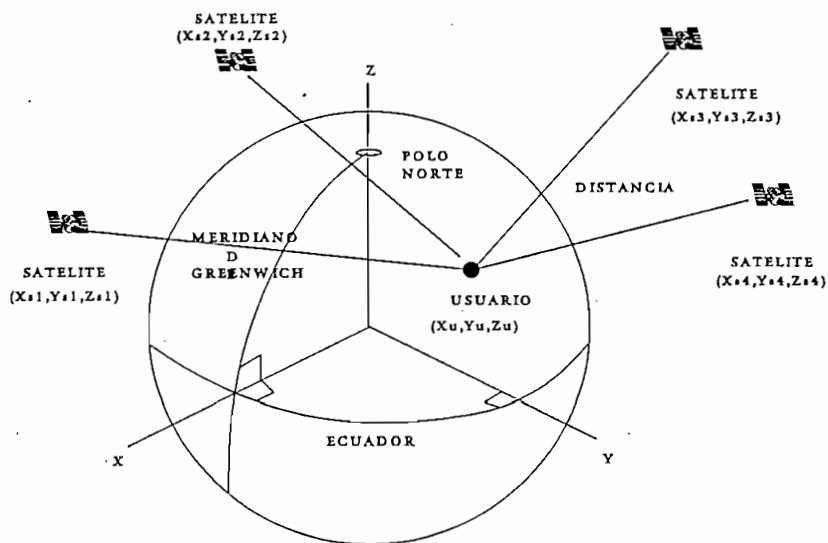
$R_i$  = seudo distancia medida desde el i-ésimo satélite al receptor del usuario [m]

$B$  = error por desplazamiento en el reloj del usuario [m]

## 2.7 DILUCIÓN DE PRECISIÓN (DOP)

La dilución de precisión representa el incremento o decremento de una medida, respecto a su valor real. La dependencia que se tiene en la configuración geométrica de los cuatro satélites requeridos por el equipo del usuario para determinar su posición y tiempo se expresa por el factor de Dilución de Precisión (DOP), el cual representa la

relación existente entre la exactitud de posición y la exactitud de la medida.

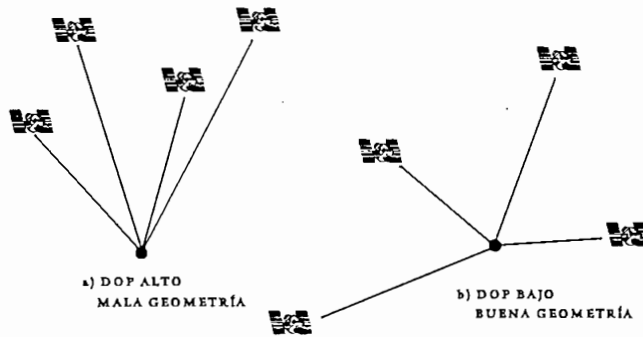


**Figura 2.14: Posicionamiento de satélites y usuario**

Básicamente el DOP, puede comprenderse como un factor de amplificación de los errores de posición y tiempo en el receptor; por lo tanto, un valor de DOP bajo significa que la disposición geométrica de los satélites con respecto al receptor es buena, mientras que un valor de DOP alto significa una mala disposición.

Como se puede apreciar en la Figura 2.15 (a), valores altos de DOP pueden obtenerse cuando los satélites se encuentran próximos entre sí.

En la Figura 2.15 (b), se tiene el caso para un valor bajo de DOP. En este los satélites se hallan ampliamente espaciados.



**Figura 2.15: Dilución de Precisión**

## 2.8 GPS-DIFERENCIAL

El GPS por sí sólo es capaz de brindar una elevada exactitud; sin embargo, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, por seguridad, degrada intencionalmente las señales para el uso de civiles y de personal no autorizado. Por este motivo, la comunidad civil ha visualizado una variación al sistema, con el cual es posible asegurar alta exactitud en forma ininterrumpida. Este es el caso del GPS-Diferencial o Diferencial Global Positioning System (DGPS).

El sistema consiste en ubicar una estación terrena de control en una posición perfectamente conocida que posee un receptor GPS, el cual recibe las señales de los

satélites y determina el error. Estos datos son transmitidos a los usuarios permanentemente, los cuales están equipados con receptores capaces de interpretar estos errores y compensarlos en las mediciones que sus propios equipos realizan.

Los datos de corrección que envían las estaciones terrenas se encuentran moduladas y codificadas de la misma manera que la señal enviada por los satélites hacia los usuarios.

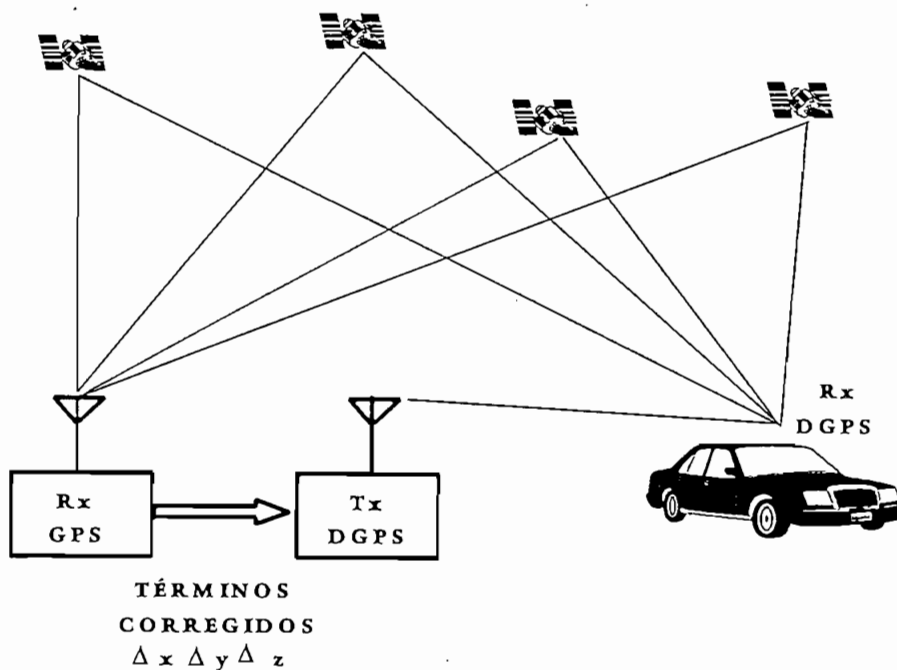


Figura 2.13: GPS Diferencial

Aunque los conceptos de este método aparentemente son eficientes, es necesario considerar limitaciones respecto a problemas de propagación de la señal que contiene

la información de los errores, así como la degradación en la exactitud cuando la distancia entre la estación y los usuarios se incrementa. Estos factores son muy importantes en el momento de realizar el estudio sobre la localización que tendrá la estación de control pues se requiere que esta se ubique en una región central al área de cobertura y además que tenga línea de vista directa con los usuarios.

Estudios han demostrado que la exactitud conseguida con GPS-Diferencial puede estar alrededor de los quince o veinte centímetros, debido a los siguientes fenómenos:

- El trayecto de la señal entre el satélite y el usuario no es el mismo que aquel entre el satélite y la estación diferencial, produciendo distintos retardos en la señal por efectos ionosféricos y troposféricos.
- Por causas de la curvatura de la Tierra, un satélite puede ser visible con la estación diferencial, y no con el usuario. Las mediciones efectuadas por el usuario y la estación central deben ser realizadas utilizando los mismos satélites.

## **2.9 APLICACIONES**

Considerando que el receptor GPS está en capacidad para determinar la posición tridimensional, velocidad y tiempo de un usuario ubicado en aire, tierra, mar, e incluso el espacio; es fácil considerar que el único límite para todas las posibles aplicaciones que pueda tener el sistema, es la imaginación misma de dicho usuario.

Para facilitar la descripción de todas las posibles aplicaciones del sistema, es conveniente distinguir dos tipos de categorías de usuarios dependiendo de las clases de servicio, tal como lo hace el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Estas son: Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS), exclusivo para uso militar y Servicio de Posicionamiento Standard (SPS), para uso civil.

Funcionalmente, las características de los servicios precisos y standard son idénticos, variando únicamente el nivel de exactitud adquirida en las mediciones.

SISTEMA	EXACTITUD DE POSICIÓN
GPS / PPS	8 cm
GPS / SPS	40 cm

### 2.8.1 Aplicaciones Militares

Dentro de las aplicaciones del GPS/PPS para uso militar, es posible destacar las siguientes:

- Enrutamiento de navegación militar
- Navegación aérea de bajo nivel
- Localización exacta de objetivos militares
- Soporte aéreo a corta distancia



- Guía de misiles
- Seguimiento de misiles
- Planimetría exacta
- Sincronización de tiempo para tácticas militares
- Coordinación y posición exacta para bombardeos aéreos
- Operaciones de gran exactitud para vehículos operados a control remoto
- Operaciones en desierto o campos abiertos
- Búsqueda y rescate
- Instrumento de medición de distancias
- Navegación espacial
- Determinación orbital de satélites
- Re-ingreso y aterrizaje de transbordadores espaciales

### **2.8.2 Aplicaciones Civiles**

El uso del GPS para la categoría SPS de usuarios civiles, puede tener una amplia gama de aplicaciones. Hasta la fecha de realización del presente trabajo, las principales áreas donde se ha experimentado con gran éxito las bondades que el sistema puede brindar, son las siguientes:

- Mediciones de campo para telefonía celular
- Aproximación y aterrizaje de aviones

- Enrutamiento doméstico
- Enrutamiento interoceánico
- Navegación aérea en zonas remotas
- Operaciones de helicópteros
- Planificación de rutas aéreas más precisas, seguras y de menor distancia
- Enrutamiento marítimo intercontinental más seguro
- Enrutamiento costero
- Exploraciones
- Planimetría hidrográfica
- Planimetría geofísica
- Levantamientos topográficos
- Estudio de fallas sísmicas
- Estudio del geoide
- Monitoreo de oleoductos
- Monitoreo y control de derrames petroleros
- Planificación de rescates coordinados
- Monitoreo y control de trenes
- Carreras automovilísticas a campo traviesa
- Enrutamiento de automóviles en carreteras
- Desarrollo de sistemas de carreteras inteligentes
- Monitoreo de flotas de camiones repartidores
- Despacho de taxis

- Despacho de ambulancias
- Despacho de vehículos policiales
- Despacho de bomberos
- Localización Automática de Vehículos

# CAPÍTULO III

## ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL RECEPTOR GPS

### 3.1 GENERALIDADES

El receptor GPS constituye el Segmento del Usuario y permite determinar la posición, velocidad y tiempo de este en base a la correcta interpretación del mensaje de navegación transmitido por los satélites.

Uno de los principios en que se basó la concepción del sistema GPS fue el disponer de un sistema pasivo, desde el punto de vista del usuario, es decir que este no tenga la necesidad de transmitir señal alguna hacia el Segmento Espacial o hacia el Segmento de Control.

Por lo tanto el Segmento del Usuario lo conforma un dispositivo que sea capaz de recibir la señal GPS, interpretarla, realizar los cálculos matemáticos respectivos y desplegar los resultados en coordenadas apropiadas.

Esta característica ha hecho posible que los distintos tipos de receptores disponibles actualmente en el mercado sean fáciles de operar, portátiles y de poco peso.

Existe una amplia variedad de receptores GPS, tanto para aplicaciones civiles como para aplicaciones militares. Por este motivo el presente capítulo pretende dar una explicación global de la constitución y funcionamiento de un receptor genérico.

## **3.2 COMPONENTES PRINCIPALES**

En su arquitectura genérica todo receptor GPS está compuesto principalmente por:

- Antena
- Receptor de radio BSPK
- Procesador de datos
- Despliegue de resultados

Estos componentes, sus principales funciones y su interacción se indican en la Figura 3.1.

## **3.3 ANTENA**

La función principal de una antena GPS es la de recibir las señales generadas por los satélites, tanto en la frecuencia de portadora L1 como en L1/L2, manejando un ancho de banda de 20.46 MHz cuando recibe señales moduladas en código P ó Y, ó 2.046 MHz

cuando recibe señales moduladas en código C/A.

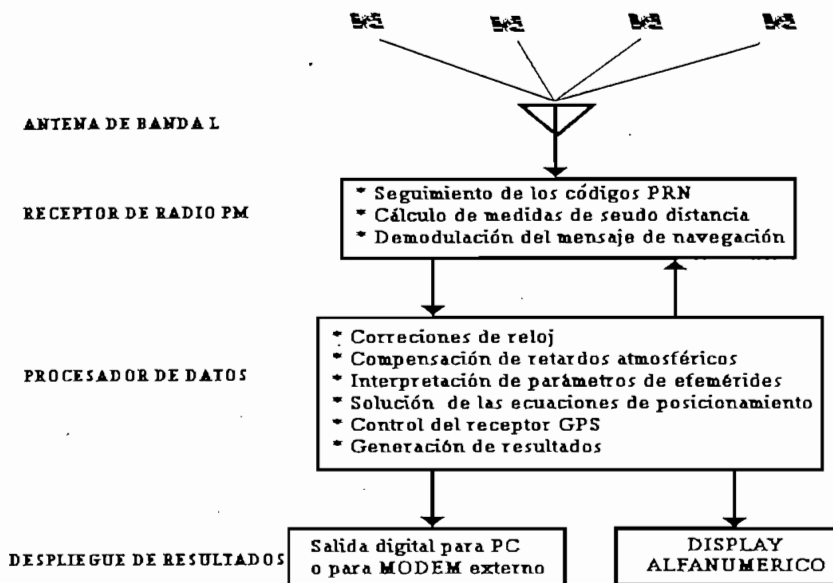


Figura 3.1: Arquitectura del receptor GPS

### 3.3.1 Características

Las antenas utilizadas en receptores GPS son omnidireccionales con el fin de convertir la energía de las ondas electromagnéticas que llegan de los satélites en una señal eléctrica, la que posteriormente será amplificada y procesada por los componentes electrónicos del receptor.

El criterio de diseño más importante de una antena es su sensibilidad al centro de fase, es decir el punto en el cual las medidas se concentran y corresponde al centro

aparente de radiación. Además, esta debe ser insensible a movimientos de rotación o inclinación. Sobre todo para aplicaciones en que el receptor está en constante movimiento mientras opera.

→ La antena más común y comercializada para receptores GPS es la *tipo parche* o *microstrip*, debido a su simplicidad de construcción, robustez y tamaño reducido.

Una antena microstrip está formada por una placa de metal rectangular o circular ubicada sobre una lámina de dieléctrico que actúa como un plano de tierra, tal como se muestra en la Figura 3.1.

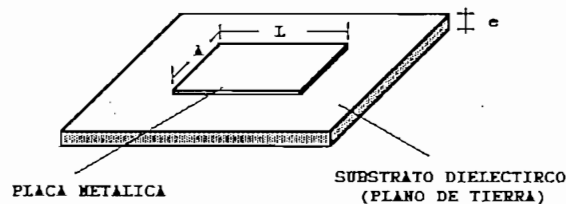


Figura 3.1: Antena microstrip

La función principal del plano de tierra es la de reducir los efectos de trayectoria múltiple<sup>1,2</sup> ya que para posicionamiento solamente se utiliza la onda directa.

<sup>1</sup> Wells, D., *Guide to GPS Positioning*, p.7.2.

<sup>2</sup> Hayt, W., *Engineering Electromagnetics*, p. 345-376.

Otro tipo de antena utilizada por algunos receptores GPS es la antena *dipolo*; sin embargo, estas requieren de un plano de tierra que elimina los efectos de trayectoria múltiple y pueden operar únicamente en simple frecuencia. Razón por la cual, su utilización no es altamente comercial.

### 3.3.2 Ganancia

Este tipo de antenas presentan una baja ganancia, por lo que es necesario el uso de preamplificadores de bajo ruido con el fin de dar un correcto tratamiento a la señal entrante<sup>3</sup>. Frecuentemente, fabricantes de receptores GPS utilizan preamplificadores de bajo ruido con una ganancia mínima de 30 dB.

El cálculo de la ganancia de una antena se realiza partiendo del concepto de *directividad (D)*<sup>4</sup>

$$D = \frac{4 \pi}{\Omega_A} \quad (3.1)$$

donde  $\Omega_A$  es el ángulo sólido del lóbulo de radiación de la antena.

Si  $\Omega_A \geq \pi$ , se tiene que  $D \leq 4$  y considerando la definición de ganancia de una antena como:

---

<sup>3</sup> ARINC, *GNSS Sensor*, p.12.

<sup>4</sup> Kraus, J., *Antennas*, p. 26.



$$G = k D \quad (3.2)$$

donde  $0 < k < 1$

Entonces se desprende que

$$G \leq 6 \text{ dBi}$$

### 3.4 RECEPTOR DE RADIO BPSK

Una vez captada la señal por la antena, el receptor de radio BPSK (Bi-Phase Shift Key) realiza el seguimiento de los códigos PRN, mide la pseudo distancia a cada uno de los satélites y demodula el mensaje GPS. Finalmente, este y los datos de pseudo distancia son enviados al procesador de datos.

El receptor de radio BPSK está compuesto de:

- Sección de RF
- Filtros
- Oscilador local y generador de pulsos
- Uno o más canales seguidores de señal

### 3.4.1 Sección de RF

La sección de RF de un receptor GPS traslada la frecuencia de las señales que llegan a la antena a una más baja, llamada frecuencia intermedia (IF), que tiene un valor de 2.046 MHz ( $2f_0/10$ ), la cual es más fácil de manejar por las siguientes etapas. Esto se logra al combinar la señal que llega con una onda sinusoidal pura generada por un oscilador local.

La señal de IF permanece modulada, solamente ha sido desplazada en frecuencia a una banda que resulta de la diferencia entre la frecuencia de la portadora y la frecuencia del oscilador local en el receptor.

### 3.4.2 Filtros

Un receptor de frecuencia L1 que utiliza el código C/A tendrá un filtro pasabanda con frecuencia central  $f_c = 1575.42$  MHz y ancho de banda  $BW = 2.046$  MHz. Un receptor de frecuencia L1 de código P tendrá un filtro pasabanda con frecuencia central  $f_c = 1575.42$  MHz y ancho de banda  $BW = 20.46$  MHz. Un receptor de doble frecuencia L1/L2 de código separa en dos a la señal, filtrando cada una de sus partes a su respectiva frecuencia  $f_c$ ; es decir, una parte de la señal se filtra con  $f_c = 1575.42$  MHz y la otra con  $f_c = 1227.6$  MHz. Ambos filtros con un ancho de banda  $BW = 20.46$  MHz. Estos son convertidos a la misma IF pero son tratados sobre dos

canales independientes pero idénticos.

Un receptor GPS puede tener varias etapas de IF. Esta señal es enviada a la sección denominada *seguidor de señal*, la cual es tratada en el numeral 3.4.4.

### **3.4.3 Oscilador Local y Generador de Pulsos**

Este componente genera los pulsos internos del receptor para producir una réplica de los códigos PRN que hacen posible la medición de pseudo distancia. Por su parte el oscilador local permite la conversión de frecuencia de la señal de RF a la frecuencia intermedia.

### **3.4.4 Canales Seguidores de Señal**

El receptor debe aislar las señales de cada satélite para medir las pseudo distancias y la fase de la portadora. Este aislamiento se lo realiza a través del uso de uno o varios canales en el receptor.

Cada canal inicia su operación una vez que recibe la orden respectiva del procesador, el cual indica, además, qué código PRN seguir.

La forma de operación del canal es la siguiente:

Para receptores de doble frecuencia, el primer paso consiste en conectarse a la señal IF que se desea seguir, para generar una copia del respectivo código PRN, que es deslizado en tiempo, haciéndolo retardar o avanzar hasta que ambos alcancen una perfecta correlación.

El procesador de datos realiza un cálculo de la estimación inicial del retardo de propagación que sufre la señal, cálculo que es utilizado como base para establecer una tasa de desplazamiento nominal que continuamente adelanta o retarda la réplica del código PRN, generando secuencias más rápidas o más lentas hasta que esta se empareja exactamente con el código de la señal IF entrante<sup>4</sup>. Una vez logrado esto, se transmite hacia el procesador una señal de *enganche de código*. Entonces calcula el tiempo total que el código ha sido desplazado, valor que representa la medida temporal de pseudo distancia.

Una vez que el código ha sido establecido, el procesador de datos ordena al canal el inicio de la demodulación del mensaje GPS igualando las fases de las diferentes señales. Si el receptor tiene capacidad de seguir simultáneamente códigos C/A y P, el procesador ordena al canal la transferencia al código P.

---

<sup>4</sup> Wells, D., *Guide To GPS Positioning*, p.7.8.

### 3.4.4.1 Clasificación de los Canales

De acuerdo a la forma en que los canales muestrean las señales provenientes de los satélites existen dos tipos de configuraciones de canales en un receptor GPS, estos pueden ser:

- Canales dedicados
- Canales secuenciales

#### a) **Canales dedicados**

Son utilizados por receptores que poseen más de cuatro canales seguidores de señal. En este caso, los cuatro canales realizan en forma continua las medidas de pseudo distancia de los cuatro satélites que disponen de la mejor geometría. La selección de estos cuatro satélites la realiza el procesador de datos, una vez conocidos los datos de efemérides de los satélites. Entonces se asigna la señal proveniente de un satélite en particular a su respectivo canal en forma aleatoria puesto que todos los canales tienen características de funcionamiento idénticas.

Los canales restantes son libres para realizar actividades de soporte tales como:

- Mediciones de pseudo distancia, tanto en la frecuencia de portadora L1

como en L2, si se dispone de características de operación en frecuencia dual.

- Para las señales de los satélites que son seguidos por los cuatro primeros canales, se realizan las medidas de pseudo distancia en la frecuencia de portadora L1 con lo cual es posible calibrar retardos entre canales presentes en el hardware del receptor.
- Cuando se tiene un nuevo satélite sobre el horizonte del usuario, estos canales realizan las operaciones de seguimiento del código C/A para extraer la información de las subtramas 1, 2 y 3 estableciendo el estado de funcionamiento del satélite antes de calificarlo como candidato para realizar nuevas medidas. Así, cuando la señal de uno o varios satélites se ven interrumpidas por cualquier circunstancia, se considera útil el disponer de información de otros satélites que reemplacen al bloqueado. Con esto se evita la interrupción en el funcionamiento y entrega de datos del receptor, especialmente en el caso de receptores dinámicos.

#### **b) Canales secuenciales**

Son utilizados por receptores que poseen uno o dos canales seguidores de señal. Este tipo de receptores no se utiliza en aplicaciones donde se requiere información de velocidad o cuando el receptor está en movimiento, ya que la solución simultánea de las cuatro ecuaciones de posicionamiento no se realiza en tiempo real, a causa de la

variación de posición que tendría el receptor durante los cuatro segundos que le llevaría tomar las medidas.

Una manera de optimizar estas características adversas, es utilizando un canal adicional. En este caso el primer canal sería asignado exclusivamente a realizar medidas de pseudo distancia en forma secuencial de los cuatro satélites, mientras que el segundo canal se encarga de las operaciones de soporte y adquisición de nuevos datos.

### **3.5 PROCESADOR DE DATOS**

El receptor está en capacidad de realizar una variedad de funciones, por lo tanto su operación es controlada y coordinada por un microprocesador que realiza las siguientes actividades:

- Adquisición de las señales de los satélites
- Control y asignación de los canales seguidores de señal
- Utilización de los datos de las medidas de pseudo distancia para resolver las ecuaciones básicas de navegación
- Seguimiento de las portadoras y códigos de las señales
- Decodificación e interpretación del mensaje de navegación
- Determinación de los valores de posición, velocidad y tiempo del usuario
- Conversión de datos del sistema WGS-84 normalizado a la referencia local

- Manejo de datos de entrada y salida desde y hacia el usuario

Las características electrónicas del procesador, tales como capacidad de manejo simultáneo de bits, velocidad de procesamiento y capacidad de memoria dependerán de las condiciones establecidas por cada fabricante.

El control de los lazos de enganche es la tarea más crítica que debe realizar el microprocesador pues estos realizan las acciones fundamentales en el receptor GPS, con el fin de determinar con exactitud la posición del usuario.

### **3.6 DESPLIEGUE DE RESULTADOS**

La mayoría de receptores GPS autónomos tienen un teclado y pantalla como formas de interfaz con el usuario. El teclado puede ser usado para ingreso de comandos los que seleccionan diferentes opciones de adquisición de datos, monitoreo de las acciones del receptor, despliegue de las coordenadas calculadas, tiempo, u otros detalles.

#### **3.6.1 Almacenamiento y Salida de Datos**

Muchos receptores proveen medios para almacenar las medidas de fase de portadora, distancias, y el mensajes GPS para ser usados en procesamientos posteriores.



Esta característica es indispensable en receptores usados para planimetría y navegación diferencial.

En aplicaciones de planimetría, las observaciones de pseudo distancia deben ser almacenadas para una combinación con observaciones simultáneas de otros receptores.

Algunos receptores incluyendo aquellos que mantienen sus datos internamente y los usados para posicionamiento diferencial en tiempo real tienen un puerto serial RS-232 para transferir datos desde y hacia una computadora externa, modem o radiotransmisor, estos pueden ser controlados remotamente a través de este puerto.

### **3.7 FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

La mayoría de los receptores tienen fuentes internas de alimentación de corriente directa, usualmente en el modo de baterías Ni-Cd. Los nuevos modelos están diseñados para extraer la menor corriente posible, extendiendo el tiempo de operación de la batería, también hacen uso de potencia externa en bancos de baterías o convertidores AC-DC.

La sección de la fuente de poder está desarrollada en la tarjeta de operación y una porción de la tarjeta principal. La que es alimentada al conectar el banco de baterías a la unidad.

### 3.8 RECEPTORES GPS PARA LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

Existen hoy en día en el mercado, receptores GPS con aplicaciones explícitas para su utilización en sistemas de Localización Automática de Vehículos. Sin embargo, estos poseen una amplia variedad de equipos con características de funcionamiento diferentes entre sí, por lo tanto es necesario establecer las condiciones mínimas que se requiere para esta aplicación.

Tipo de antena:	Parche de base magnética o fija
Número de canales seguidores de señal:	5 ó más canales en paralelo
Tipo de receptor:	Correlación
Señales a seguir:	L1 solamente con código C/A
Alimentación:	12 V <sub>DC</sub> (alimentación externa)
Exactitud:	máximo 100 m
Operación diferencial:	NO

Estas consideraciones se han tomado en cuenta para establecer un compromiso entre costos y características técnicas de funcionamiento, pues un receptor con capacidad de seguir simultáneamente las señales L1 y L2 con códigos C/A y P puede entregarnos una exactitud apreciable, no necesaria para un sistema de Localización Automática de Vehículos, pues solamente interesa ubicaciones referenciales que permitan una rápida y eficiente determinación de posición.

## **CAPÍTULO IV**

# **SISTEMA DE LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS**

### **4.1 GENERALIDADES**

Un sistema de Localización Automática de Vehículos (Automatic Vehicle Location --AVL) representa un conjunto de equipos y normas mediante los cuales una flota de automóviles reporta su posición en tiempo real a una estación central que puede estar ubicada remota o localmente.

En la actualidad existen distintos sistemas de navegación que pueden ser aplicados para AVL. Debido a las características de exactitud, confiabilidad, disponibilidad y cobertura mundial del GPS, este trabajo de investigación tiene como uno de sus objetivos, el presentar a la Localización Automática de Vehículos como una de sus principales aplicaciones, entre las cuales se pueden incluir: seguridad de vehículos, localización de accidentes, control de vehículos estatales, control de vehículos municipales, cobertura de redes celulares, control de tráfico en grandes urbes, despacho

de taxis, autobuses, ambulancias, etc.

Las características operacionales de un sistema AVL, según el INFORME 904-2 del CCIR (Anexo A), no están definidas ni reguladas por ninguna institución; sin embargo se disponen de ciertos requerimientos formulados por usuarios potenciales en cuanto a la precisión de posición, actualización de la información y cobertura.

Por lo tanto, es importante regular un tiempo de actualización de la información de localización mínimo y máximo, dependiendo de la aplicación requerida; pues el tiempo de adquisición de datos en un sistema de despacho de taxis o buses será mucho menor que aquel en un sistema de seguridad de robo.

Para el enlace de radio entre la Estación Central, Estación Repetidora y Terminales Móviles, debería establecerse características técnicas mínimas de los equipos, así como: sensibilidad, potencia de transmisión, ganancia de antenas, precisión del equipo de posicionamiento, etc., con el fin de poder determinar las áreas de cobertura efectivas, en las cuales se garantiza la calidad en la transferencia de información.

## **4.2 OPERACIÓN DEL SISTEMA**

De manera general el Sistema de Localización Automática de Vehículos puede ser dividido de la siguiente manera:

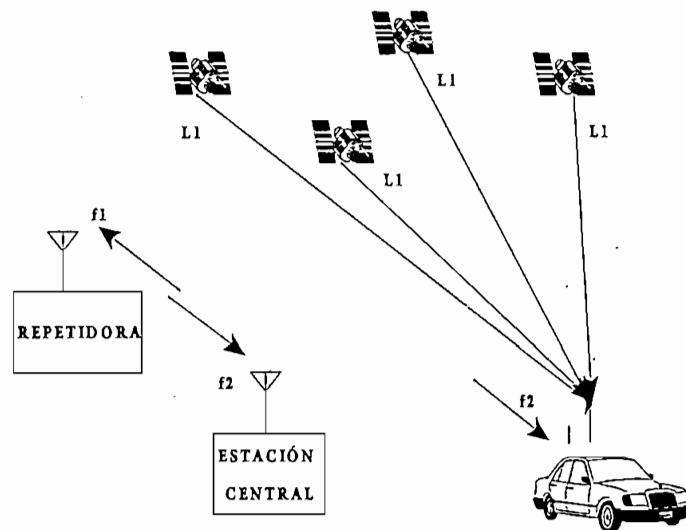
- Medio de Transmisión
- Terminal Móvil
- Estación Central
- Estación Repetidora

Cada móvil debe estar equipado con un sistema de navegación interno, el cual tiene capacidad de recibir y entregar información de posición con una exactitud tolerable de hasta 100 m para aplicaciones dentro de la ciudad, ya que esto equivale a tener ambigüedades, en posición, de hasta una cuadra. Estos datos son transmitidos hacia la estación base donde se almacenan, procesan y despliegan gráficamente los resultados en un terminal de computador.

Una vez que el receptor GPS determina la posición del vehículo, la unidad de control de datos procesa esta información que se enruta a través de un Radio - MODEM para ser transmitida automáticamente hacia la estación central.

La información transmitida por el vehículo es organizada de acuerdo al protocolo de comunicaciones característico del equipo mediante paquetes que contienen el código de identificación del vehículo y su posición. En la estación central, los paquetes recibidos son demodulados y almacenados en una base de datos que reside en un computador expresamente dedicado para tal fin. Estos datos se despliegan en un terminal que contiene un mapa digitalizado del área de control. La base de datos es utilizada con

el fin de tener un reporte sobre los cambios de posición en la unidad móvil, la cual relaciona las coordenadas de posición del vehículo con la planimetría de la zona.

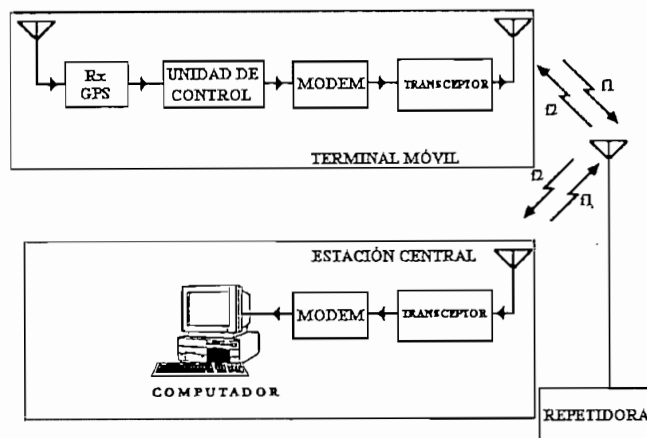


**Figura 4.1: Sistema AVL**

La velocidad de actualización de posición es función del protocolo utilizado, frecuencias disponibles, número de vehículos muestreados y longitud del mensaje. Por tal motivo es necesario establecer un compromiso entre estos factores.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DIVERSOS COMPONENTES**

De acuerdo a las aplicaciones de la empresa operadora del Sistema AVL, se presentan pequeñas diferencias en sus funciones específicas; ya que un sistema aplicado



**Figura 4.1: Diagrama de bloques del sistema AVL**

para seguridad requiere de distintas especificaciones en cuanto a exactitud en el posicionamiento que uno aplicado para control de unidades de transporte público, sin embargo, a continuación se describen las características y requerimientos sobre la operación global del sistema. A continuación se describen cada uno de los componentes de un Sistema de localización de Vehículos, así como sus funciones.

El diagrama de bloques de la Figura 4.1, indica una configuración general para el Sistema de Localización Automática de Vehículos.

#### 4.3.1 Medio de Transmisión

El medio de transmisión representa la vía a través de la cual los paquetes son transportados desde el Terminal Móvil hacia la Estación Central y viceversa.

Una buena transmisión depende principalmente de tres factores: la calidad de la señal a ser transmitida, las características del medio de transmisión y el protocolo de comunicación que se utilice.

Cuando se trata de transmisión a distancia y cuando uno de los terminales no tiene una posición fija, el medio de transmisión más apropiado es el aire, donde un enlace de radiofrecuencia (RF) entre el Terminal Móvil y la Estación Central permite la transferencia de la información.

Cualquiera de las siguientes tecnologías puede ser aplicable en nuestro medio para tal propósito:

- Red celular
- Sistema convencional de radio
- Sistema troncalizado de radio

**a) Red Celular**

La red celular, incluido su interfaz (teléfono) y modem representan un sistema confiable y seguro. Este medio, a pesar de ser eficiente, presenta un limitante debido a que es necesario disponer de manera permanente de un canal de voz dedicado para el uso de cada vehículo, elevando sustancialmente los costos de operación del sistema de



localización.

#### **b) Sistema Convencional de Radio**

Los enlaces de radio utilizan sistemas convencionales de RF en los cuales los canales de voz son utilizados para la transmisión de datos a través de un modem, el que modula la señal digital.

Este sistema puede utilizar una o varias repetidoras, las cuales deben ubicarse en zonas que permitan obtener una buena cobertura del área de comunicación.

Un sistema convencional de radio, por su simplicidad, seguridad y costo de operación bajo, representa la mejor alternativa para la transferencia de información de posición del Terminal Móvil hacia la Estación Central.

#### **c) Sistema Troncalizado de Radio**

Un sistema similar al anterior es el troncalizado, que está formado por un grupo de repetidoras enlazadas por una central de control. El sistema permite disponer de un mayor número de comunicaciones ya que la información ingresa en una cola, y por medio de un canal de control, esta es enrutada hacia un canal libre.

Un sistema troncalizado presenta mayor eficiencia en la utilización del espectro que un sistema convencional de radio, puesto que optimiza el uso de los canales de radio disponibles.

El proceso de identificación y asignación de cada usuario toma alrededor de 300 ms<sup>1</sup> en la mayoría de los sistemas troncalizados. Debido a esto, un elevado tráfico provocaría retardos en la actualización de la información de los vehículos.

Por este motivo, los sistemas troncalizados no representan una forma de transmisión eficiente, cuando se trata del manejo de una gran cantidad de paquetes en tiempo real, para un número relativamente grande de usuarios.

Una vez definido el medio de transmisión y la tecnología a utilizarse sobre este medio, se establecen otros aspectos de importancia que se encuentran íntimamente ligados a las características técnicas que deberán tener tanto el Terminal Móvil como la Estación Central. Estas son:

- Modo de transmisión
- Frecuencias de transmisión y
- Canales de transmisión

---

<sup>1</sup>MOTOROLA, *Sistema SMARTNET*, p 9.

#### **4.3.1.1 Modo de Transmisión**

Para un sistema convencional de radio, en el que se requiere intercambiar información, el modo de transmisión más adecuado, eficiente y económico es half-duplex. En este se puede transmitir y recibir en ambos sentidos pero no simultáneamente; es decir un terminal, en un determinado instante solamente puede recibir más no transmitir. Si en otro instante, el terminal se encuentra en modo de transmisión, este no podrá recibir información.

#### **4.3.1.2 Frecuencias de Transmisión**

Como frecuencia de transmisión se define a la portadora de alta frecuencia, sobre la cual la información es modulada.

Un sistema convencional de radio en half-duplex utiliza dos frecuencias para realizar la comunicación. Tanto el Terminal Móvil como la Estación Central, transmiten hacia la repetidora sobre una frecuencia  $f_1$ ; mientras que la repetidora retransmite sobre una frecuencia  $f_2$ .

Para aplicaciones de comunicación móvil de datos, la Superintendencia de Telecomunicaciones asigna la banda de 900 MHz. Se establece la banda comprendida entre 951 y 955 MHz para transmisión y entre 925 y 929 MHz para recepción. La

separación entre estas dos frecuencias está normalizada según el reglamento de Canalización para la Banda de 900MHz.en 28 MHz.

Dependiendo del número de abonados potenciales, es posible disponer de una o más frecuencias de transmisión. Cada una de estas estará asignada a un período de actualización de los vehículos, para un mejor rendimiento del sistema.

#### **4.3.1.3 Canales de Transmisión**

Se entiende por canal de transmisión, aquella región del espectro electromagnético, centrada en la frecuencia de transmisión, sobre la cual la información se halla contenida<sup>2</sup>. Esta región se encuentra delimitada por el ancho de banda de la señal transmitida.

Sobre el espectro electromagnético, el canal de transmisión ocupará una región igual al ancho de banda de la señal con centro en la frecuencia de transmisión, este dependerá de la velocidad de transmisión del sistema y del tipo de modulación.

El ancho de banda normalizado en nuestro país es de 25 kHz para transmisión de datos en la banda de 900 MHz.

---

<sup>2</sup> Stallings, W., *Data and Computer Communications*, p. 203.

### 4.3.2 Componentes del Terminal Móvil

El Terminal Móvil representa en su conjunto al vehículo, cuya posición se desea monitorear remota o localmente, el que se encuentra transmitiendo datos de su ubicación instantánea cada cierto tiempo.

El sistema de comunicación de datos y voz puede ser separado o en muchos casos representar un sólo módulo. Si ya se tiene un sistema de radio para voz, será necesario incluir un interfaz y un modem que permitan la transmisión de datos, para lo cual se establece un sistema de arquitectura abierta, capaz de adaptarse fácilmente a los requerimientos del usuario.

La selección del equipo que ha de ser ubicado en el Terminal Móvil debe estar diseñado para resistir vibraciones asociadas al tránsito urbano normal y previsto para ser alimentado con la fuente de poder interna de cualquier vehículo.

De acuerdo al diagrama de bloques de la Figura 4.3, en el terminal móvil es posible distinguir los siguientes elementos:

- Receptor GPS
- Unidad de control
- Modem

- Transceptor
- Antena

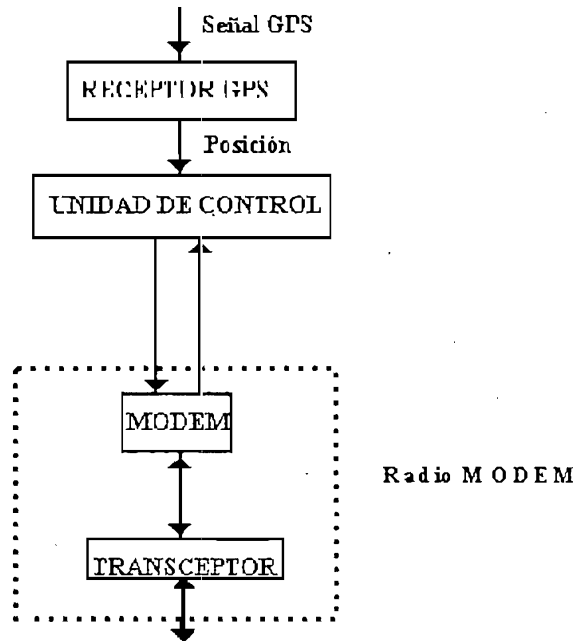


Figura 4.3: Unidad Móvil

a) Receptor GPS

Es el elemento que permite determinar la posición del vehículo, el cual debe estar provisto de una salida de datos RS-232, para generalizar el diseño, y un alimentador de 12 V<sub>DC</sub>.

Dependiendo de la aplicación particular que tenga la Localización Automática de Vehículos, el receptor GPS puede ubicarse en un lugar oculto o visible, dentro del automóvil. Sin embargo, debido al alto índice delictivo existente en la ciudad, se sugiere la ubicación del equipo oculto, en un lugar inaccesible, dentro de la cajuela del automóvil.

Para una mejor recepción de la señal de los satélites, se recomienda la utilización de una antena GPS exterior de base magnética colocada sobre la capota del vehículo para reducir efectos de trayectoria múltiple. Para seguridad de automóviles, existen en el mercado antenas parche o dipolo de pequeñas dimensiones que pueden ser camufladas y colocadas discretamente para evitar cualquier sospecha.

#### **b) Unidad de control**

La unidad de control del Terminal Móvil es el cerebro del sistema, esta se encarga de supervisar y controlar la transmisión de la información del Terminal Móvil cada vez que este lo requiera.

Cada móvil tiene un código de identificación único programable, el cual permite a la Estación Central monitorear la información entrante y saliente. Este código estará formado de  $n$  dígitos, dependiendo de la capacidad del sistema y el cual es proporcionado por la empresa operadora.

Cuando la Estación Central envía el código de identificación a un vehículo determinado, la unidad compara este con el código del móvil. En caso de ser iguales, se autoriza al transceptor a transmitir la información de posición.

La unidad de control, está compuesta principalmente por un microprocesador, cuyo software se encarga de realizar las funciones anteriormente descritas. Las características operativas del software, así como del tipo de microprocesador variarán de acuerdo al criterio de cada fabricante y de las especificaciones técnicas de la unidad de control.

### c) **MODEM**

Los datos digitales obtenidos a la salida del GPS deben ser representados por señales analógicas para su transmisión, utilizando un MODEM (MODulador-DEModulador). Este convierte las series binarias en señales analógicas sobre una frecuencia de portadora. La señal resultante ocupa un espectro de frecuencias alrededor de la portadora y puede ser propagada a través del medio de transmisión.

Es recomendable que este tenga un rango de velocidades seleccionable, para que la transmisión de datos se ajuste a las características del sistema de radio a utilizarse, debido a que el diseño del sistema ha considerado una arquitectura abierta y flexible, capaz de adaptarse a cualquier equipo ya existente, como por ejemplo, usuarios que ya



poseen un sistema de comunicaciones de voz vía radio, sólo necesitan incorporar el receptor GPS y un MODEM, sin necesidad de invertir en un nuevo sistema de transmisión de información.

#### **d) Transceptor**

El transceptor es el equipo encargado de recibir y transmitir la información hacia y desde la Estación Central.

Este equipo, en su estado normal, se encuentra en modo de recepción en espera del código de identificación, la unidad de control envía una señal de autorización de transmisión, con lo cual el transceptor conmuta su estado al de transmisión enviando la información de posición entregada por el receptor GPS.

En caso que el usuario no posea un sistema de comunicación de voz, la operadora sugiere el empleo de un radio MODEM, equipo en el cual viene integrado el transceptor y el MODEM.

#### **e) Antena**

Para la transmisión y recepción de información de voz y datos hacia y desde la estación base, se dispone de una antena omnidireccional tipo dipolo con polarización

vertical por su bajo costo y gran demanda en el mercado.

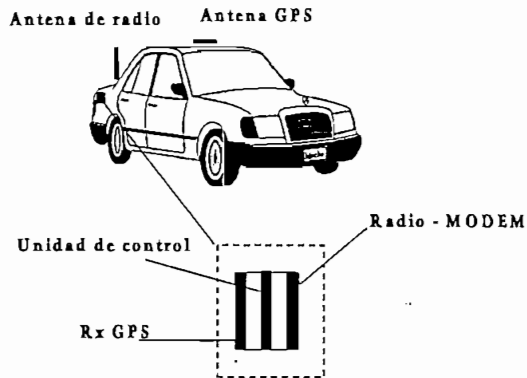
Estas antenas, de acuerdo a su montaje pueden ser clasificadas como:

- Fija
- De base magnética
- De vidrio

Los cables y conectores necesarios para la unión entre la antena y el sistema de comunicación deben ser elementos de pocas pérdidas.

Los componentes del Terminal Móvil, existentes en el mercado se hallan disponibles ya sea como tarjetas electrónicas, o como equipos independientes autoportados. Por esta razón es posible disponer de dos configuraciones para el sistema. En caso de utilizar equipos independientes, estos deberán ser conectados a través de cables seriales; sin embargo esta configuración resulta ser costosa, voluminosa y produciría retardos adicionales en la transferencia de información.

Una configuración diseñada a partir de tarjetas electrónicas permite colocar todos los componentes dentro de un mismo panel formando un solo cuerpo de tamaño reducido, bajo costo y retardos mínimos en la transferencia.



**Figura 4.4: Distribución del equipo en el Terminal Móvil**

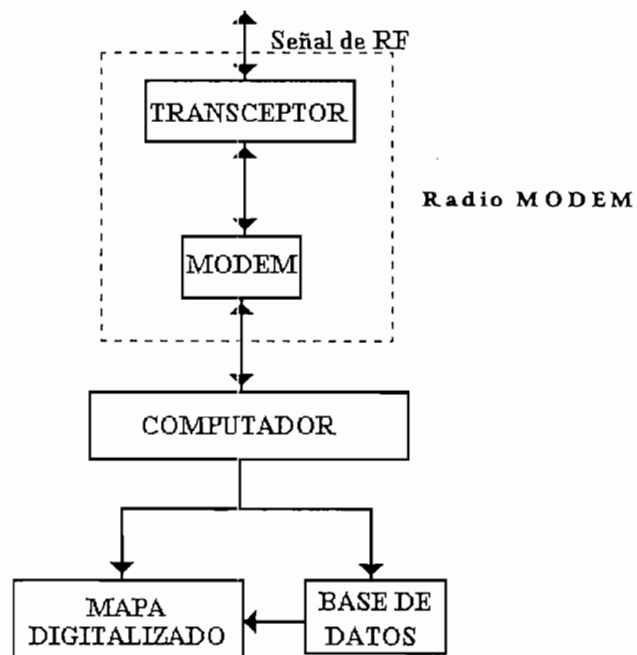
### 4.3.3 Componentes de la Estación Central

Estación Central se denomina aquella parte del sistema que recibe los paquetes de posición del Terminal Móvil, para su interpretación, procesamiento y despliegue en un terminal que contiene un mapa digitalizado del área de control.

Independientemente del sistema de comunicaciones que se tenga (voz, datos o ambos), es necesaria la infraestructura externa para la Estación Central y la Estación Repetidora, como torres y antenas para la transmisión y recepción de la información. Las características de estos dependerán del área de servicio y tráfico generado por los datos de posicionamiento transmitidos.

De acuerdo al diagrama de bloques de la Figura 4.5, en la Estación Central es posible distinguir los siguientes elementos:

- Antena
- Transceptor
- MODEM / Radio MODEM
- Computador
- Software



**Figura 4.5: Componentes de la Estación Central**

**a) Antena**

Para la Estación Central se recomienda una antena tipo direccional cuyo lóbulo

de radiación se encuentre concentrado en la dirección de la repetidora. Sin embargo, si el objetivo consiste en reducir costos la mejor opción puede encontrarse si se utiliza el mismo tipo de antena que ha de ser ubicada en la Estación Repetidora.

**b) Transceptor**

El transceptor necesario para la Estación Central debe tener capacidad para el manejo múltiple de la información recibida de los vehículos encuestados y evitar así saturación del sistema. Con el fin de incrementar el rendimiento del sistema, es preferible la utilización de un transceptor para la frecuencia de operación asignada a cada grupo de vehículos.

**c) MODEM**

El MODEM que se utilice en la Estación Central será de características similares a aquellos empleados para los vehículos. Sin embargo, en la Estación Central se utilizará necesariamente un Radio MODEM, debido a la simplicidad de integración al sistema.

Es importante la compatibilidad de los equipos en el Terminal Móvil y la Estación Central, para asegurar una transferencia de información confiable y segura.

#### d) **Computador**

Resulta recomendable utilizar una red de computadores con el fin de efectuar un manejo eficiente del sistema, el que puede presentar la siguiente configuración:

El sistema operativo de 32 bits de la red será Windows NT por las características de eficiencia, confiabilidad y protecciones de seguridad para los usuarios. La comunicación basada en Eternet.

El servidor de la red és exclusivamente de datos, ya que es el encargado de encuestar a los móviles, controlar al radio MODEM realizando las mismas funciones que la unidad de control en el Terminal Móvil. Además recibe la información y la procesa; es decir, la convierte en un formato compatible con las dimensiones y sistema de coordenadas del mapa digital, utilizado por uno de los terminales.

Un primer terminal inteligente estará destinado para el despliegue gráfico de los datos sobre un mapa digitalizado con el fin de visualizar la posición del vehículo sobre las calles o avenidas de la ciudad.

Un segundo terminal realiza la actualización y manejo de la base de datos, con el cual se puede dar información sobre nombre de calles, locales comerciales, hoteles, bares, restaurantes, etc. Además en este se realiza el ingreso de datos de nuevos

suscriptores y almacenamiento de información de posición de cada vehículo.

El tipo de computador dependerá principalmente del tamaño del tráfico existente y del número de abonados que se pretenda monitorear simultáneamente.

e) **Software**

El software a ser utilizado debe ser capaz de relacionar gráficos, datos, tablas y listados en forma continua. Debe tener capacidad de una actualización instantánea y continua de los datos generados por el servidor de la red.

#### **4.3.4 Estación Repetidora**

Es necesario la utilización de repetidoras ya que el relieve del Distrito Metropolitano de Quito impide una comunicación directa entre la Estación Central y el Terminal Móvil.

El área de cobertura y los niveles de las señales que se tienen dentro de esta región se incrementan ya que un repetidor actúa como un amplificador de las señales entrantes, retransmitiéndolas en otra frecuencia omnidireccionalmente.

La ubicación de la(s) repetidora(s) se la realizará en lugares donde la práctica ha

demostrado que brinda buenas condiciones de cobertura como las Lomas del Pichicha, Bellavista, San Juan, etc., ya que el Distrito Metropolitano de Quito tiene diferentes sistemas de comunicación operando en estas frecuencias.

#### **4.3.4.1 Componentes de la Estación Repetidora**

La Estación Repetidora tiene los siguientes elementos:

- Antena
- Transceptor

##### **a) Antena**

Las características de la antena que ha de ser ubicada en el repetidor, son tales que permitan una radiación uniforme en todas las direcciones para conseguir una cobertura efectiva en cualquier parte de la ciudad.

##### **b) Transceptor**

Representa el equipo encargado de recibir las señales de los Terminales Móviles y de la Estación Central con la finalidad de amplificarla y retransmitirla con un mejor nivel.



## 4.4 ACTIVACIÓN

La forma como el móvil empieza su transmisión de datos se define como activación, y esta varía de acuerdo a la aplicación que se pretenda dar al sistema, esta se puede dividir en:

- Activación permanente
- Activación manual
- Activación remota
- Activación sincronizada

Para el caso de activación permanente el terminal móvil inicia la operación de transmisión de datos con el encendido del vehículo; a diferencia de la activación manual, en la cual el usuario determina el instante en que el sistema puede iniciarse, este método puede ser muy útil en caso de emergencias en las cuales por medio de un pulsador oculto el vehículo ingresa en el sistema de localización.

La Estación Central puede enviar una señal de activación al Terminal Móvil inicializándose la transferencia de la información remotamente. Para una activación sincronizada, el terminal móvil se encuentra conectado a la alarma del vehículo, en caso de que esta se active se inicia el proceso de localización.

# CAPÍTULO V

## SISTEMA DE COMUNICACIONES

### 5.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para realizar el diseño del sistema de comunicaciones, es importante establecer los requerimientos técnicos, las condiciones legales y las expectativas de mercado para la región en que el sistema ha de ser aplicado.

El CCIR es el organismo encargado de dictar las recomendaciones a nivel mundial, y en nuestro medio la Superintendencia de Telecomunicaciones representa el ente regulador; sin embargo, tal como se mencionó en el CAPÍTULO IV, no existen recomendaciones específicas en cuanto a la configuración y características que debe tener un Sistema de Localización Automática de Vehículos. El presente proyecto se desarrolla en base a las recomendaciones que el CCIR establece para un sistema de transmisión de datos vía radio.

El sistema debe cumplir con una serie de condiciones y requerimientos para brindar al usuario el mejor servicio, estas son:

- Exactitud
- Cobertura
- Flexibilidad
- Durabilidad
- Tamaño de la unidad en el vehículo
- Costo
- Expansión
- Interferencia electromagnética y ruido
- Tiempo de respuesta del sistema de comunicaciones
- Pérdidas

#### **5.1.1 Exactitud**

La exactitud del sistema, estará profundamente relacionado con la confiabilidad del equipo de posicionamiento que se incluirá dentro del terminal móvil. El Sistema Global de Posicionamiento GPS, al tener un error de  $\pm 40$  cm para usuarios civiles con SPS, representa la mejor alternativa para las aplicaciones que el presente proyecto requiere.

#### **5.1.2 Cobertura**

El área de cobertura representa la zona en donde el sistema puede operar

confiablemente, tanto para transmisión como para recepción de la información. Esta región está limitada por el nivel de recepción mínimo de la señal en cada punto, cuyo valor dependerá de las características técnicas del Terminal Móvil, de la topografía del terreno y de las condiciones de propagación de la señal.

Dentro de esta región, se pueden presentar zonas de sombra en donde la comunicación se degrada, ya sea por obstáculos presentados por edificios, túneles, parqueaderos subterráneos, etc. Debido a esto es importante la correcta ubicación de la(s) repetidora(s). Estas zonas no pueden ser determinadas matemáticamente, pues hasta el momento no existe un método eficiente para su predicción. Solamente pueden ser establecidas realizando mediciones periódicas dentro del área de servicio.

### **5.1.3 Flexibilidad**

Un sistema AVL debe presentar diferentes alternativas para el servicio, como indicadores de alarmas, encendido automático, activación por medio de alarmas o remotamente. Los equipos pueden ser desmontables y además debe ser capaces de adaptarse a los cambios tecnológicos sin necesidad de reemplazar sus componentes.

### **5.1.4 Durabilidad**

El sistema tiene que ser diseñado con equipos que garanticen una operación a

largo plazo soportando un trabajo exigente y continuo, considerando factores de crecimiento de la empresa operadora y la expansión del sistema.

#### **5.1.5 Tamaño de la unidad en el vehículo**

Las dimensiones físicas de la unidad en el vehículo, deben permitir un montaje, desmontaje, mantenimiento, posición y manejo sencillo, tanto para la empresa operadora como para el usuario.

#### **5.1.6 Costo**

El costo del servicio que la empresa operadora establezca debe estar de acuerdo con las expectativas que tenga el mercado, a la vez de poder cubrir con los costos de inversión y operación del sistema.

#### **5.1.7 Expansión**

La configuración del sistema debe realizarse considerando una expansión a corto plazo. En este sentido el sistema debe ser diseñado en base a proyecciones en las cuales se consideren el tiempo y crecimiento del número de abonados.

### **5.1.8 Interferencia Electromagnética y Ruido**

Los equipos seleccionados tanto en el terminal móvil como en la estación central deben presentar características para cumplir con las regulaciones establecidas a nivel internacional con el fin de evitar interferencia con otros sistemas.

### **5.1.9 Tiempo de Respuesta del Sistema de Comunicaciones**

El tiempo que toma al sistema de AVL para transmitir, recibir y reconocer tanto mensajes entrantes como salientes entre el terminal móvil y la estación central, es un parámetro esencial y debe especificarse como base para la decisión del número de frecuencias a utilizarse y la cantidad de vehículos a ser muestreados por cada canal de transmisión. Este parámetro determina la velocidad con la que los datos pueden ser actualizados, tomando en cuenta que el sistema trabaja idealmente en tiempo real.

### **5.1.10 Pérdidas**

La señal debe tener el menor grado de pérdidas y atenuaciones posible, por tal motivo es importante elegir cables y conectores de óptima calidad que permitan una recepción confiable de los datos transmitidos.

La potencia de los transmisores y ganancia de las antenas debe seleccionarse para

brindar una buena confiabilidad de la señal dentro del área de servicio.

## **5.2 DISEÑO DEL ENLACE**

El diseño del enlace, tanto entre la Estación Base y la Estación Repetidora, como entre esta última y los terminales móviles se calcula a partir de los datos técnicos y especificaciones de los equipos que se utilizan, tomando en cuenta las condiciones de propagación, obstrucciones montañosas y de edificios.

### **5.2.1 Ubicación de la Estación Repetidora**

Debido a las características topográficas del Distrito Metropolitano de Quito y a la distribución de la ciudad, la experiencia a demostrado que el lugar óptimo para la instalación de una estación repetidora, con la cual es posible cubrir la mayor parte de la ciudad , es en las lomas del Pichincha, cuyas coordenadas geodésicas son:

latitud:	00° 09' 46.22" S
longitud:	78° 31' 21.08" O
altura:	3 840 m

Los elementos utilizados en la Estación Repetidora son:

- Cable coaxial RG-8A/U, cuyas características son las siguientes<sup>1</sup>:

Impedancia nominal:  $Z_0 = 52 \Omega$

Diámetro externo:  $\phi = 4.83 \text{ mm}$

Atenuación para 900 MHz:  $\alpha = 29.5 \text{ dB/100m}$

- Antenas omnidireccionales con las siguientes características:

Ganancia mínima: 3 dBd

Impedancia de entrada:  $50 \Omega$

- Conectores tipo N (macho - hembra) para conexión entre cables con los transeptores y antenas, con las siguientes características:

Atenuación: 0.25 dB

### 5.2.2 Predicción del Área de Cobertura de la Repetidora

Una estimación aproximada del área de cobertura del sistema se realiza con el fin de establecer la región geográfica en donde el enlace, entre la estación repetidora y los terminales móviles presentan niveles de señal de recepción tolerables. Estas señales

---

<sup>1</sup> *ANDREW Catalog*, 1995, p.125.



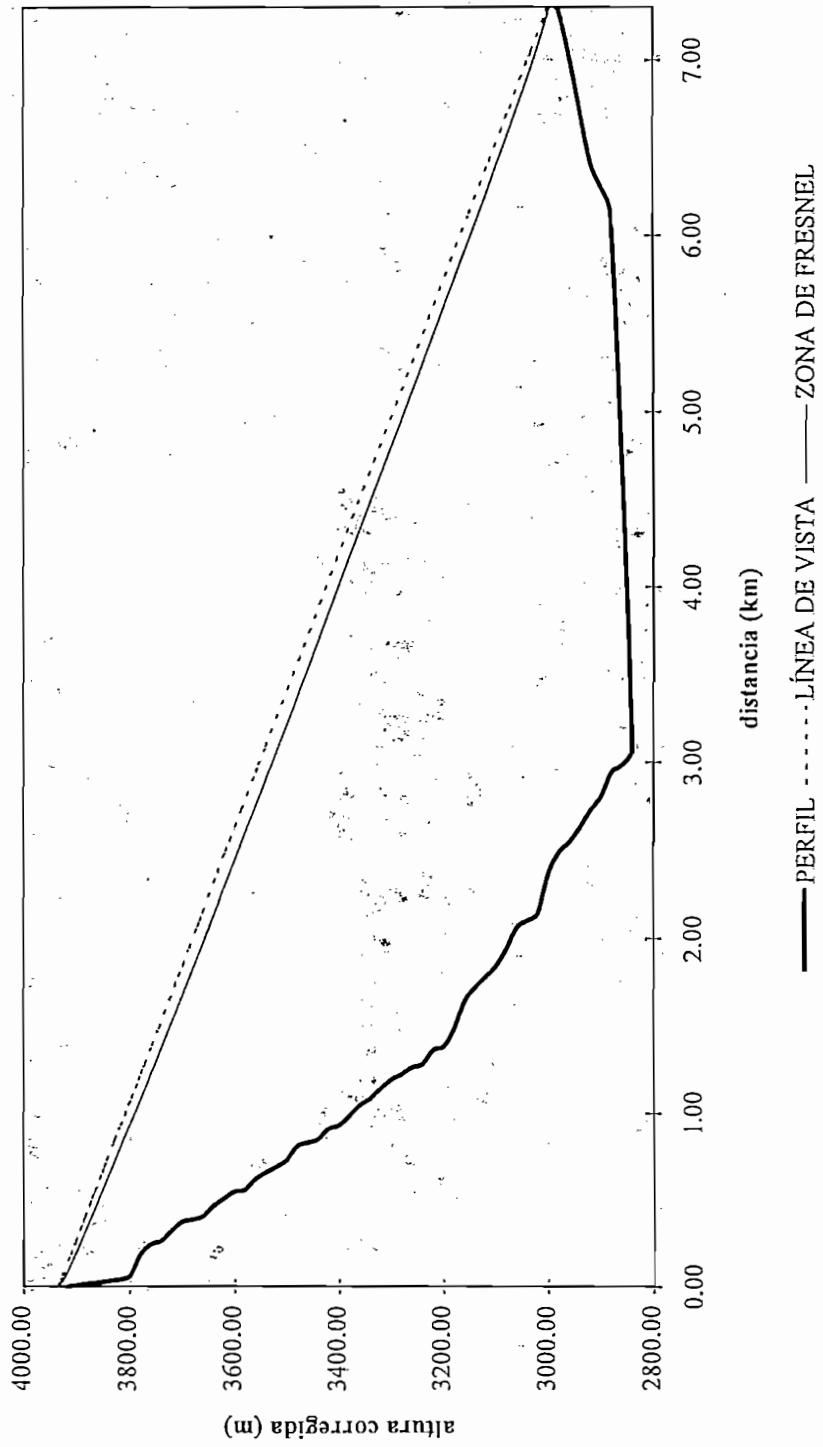
se verán afectadas por el relieve topográfico alrededor de la estación repetidora. Por este motivo la Superintendencia de Telecomunicaciones recomienda trazar perfiles con radiales de 30°, para realizar el estudio del enlace de propagación.

En las Figuras 5.1 a 5.13 se presentan los perfiles mencionados, los cuales han servido de base para la obtención de los datos necesario para ingresar en el software PATHLOSS v3.0, especializado en predicciones de cobertura para enlaces de VHF y UHF. Dicho software trabaja bajo Windows 3.1 y Windows 95, el cual no requiere de usuarios especializados en sistemas de propagación pues su uso resulta sencillo. En el Anexo B se presentan características generales de este paquete.

Adicionalmente, el programa requiere el ingreso de datos de potencia de transmisión de los equipos, ganancia de antenas, características técnicas de conectores y cables coaxiales, etc.

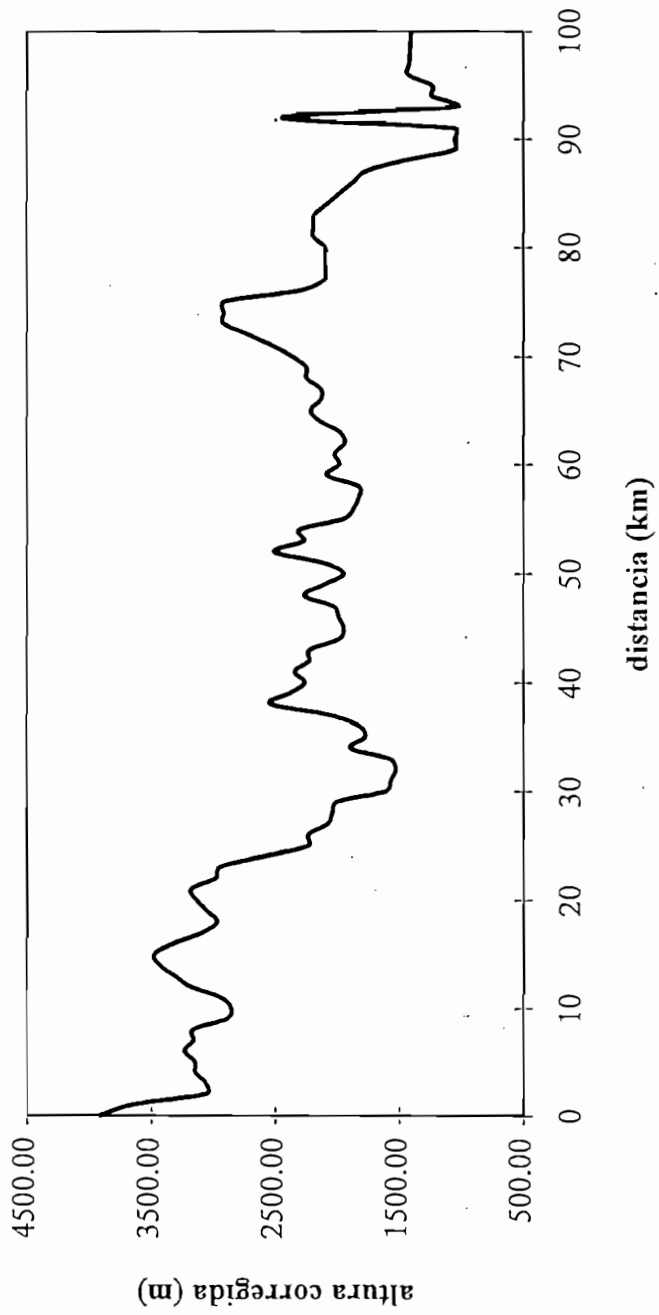
En la Tabla V.1 se indican los parámetros para el cálculo de predicción del área de cobertura, en base a los cuales es posible determinar la intensidad de campo eléctrico en el espacio libre (Tabla V.2). La Tabla V.3 indica las atenuaciones totales, calculadas por el programa, en base a los datos establecidos en los perfiles. Estos datos de atenuación permiten la determinación de la potencia de recepción y cuyos resultados se adjuntan en las Tablas V.4.

**PERFIL TOPOGRÁFICO PARA EL ENLACE  
ESTACIÓN CENTRAL - REPETIDORA**



**Figura 5.1**

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 0°**



**Figura 5.2**

PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 60°

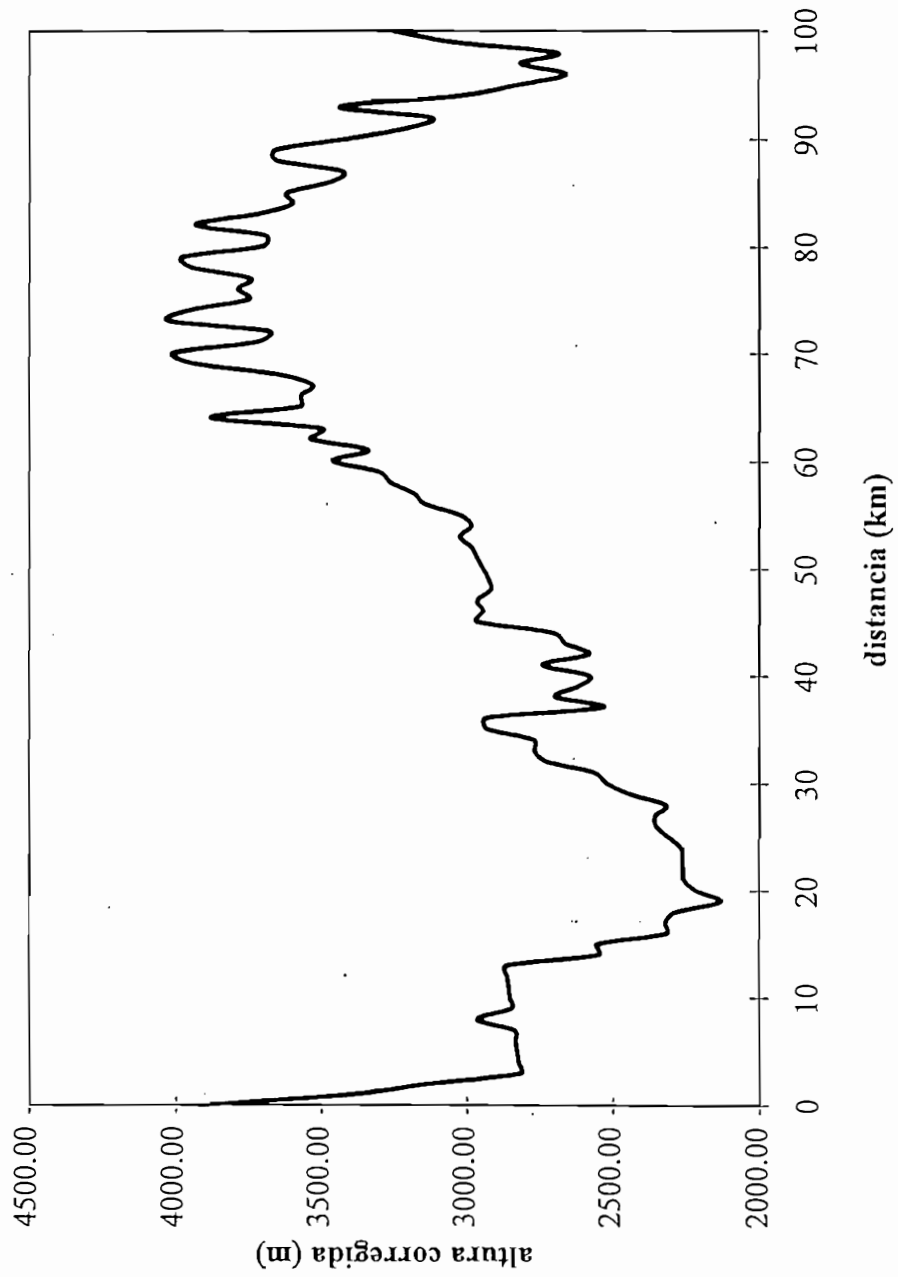
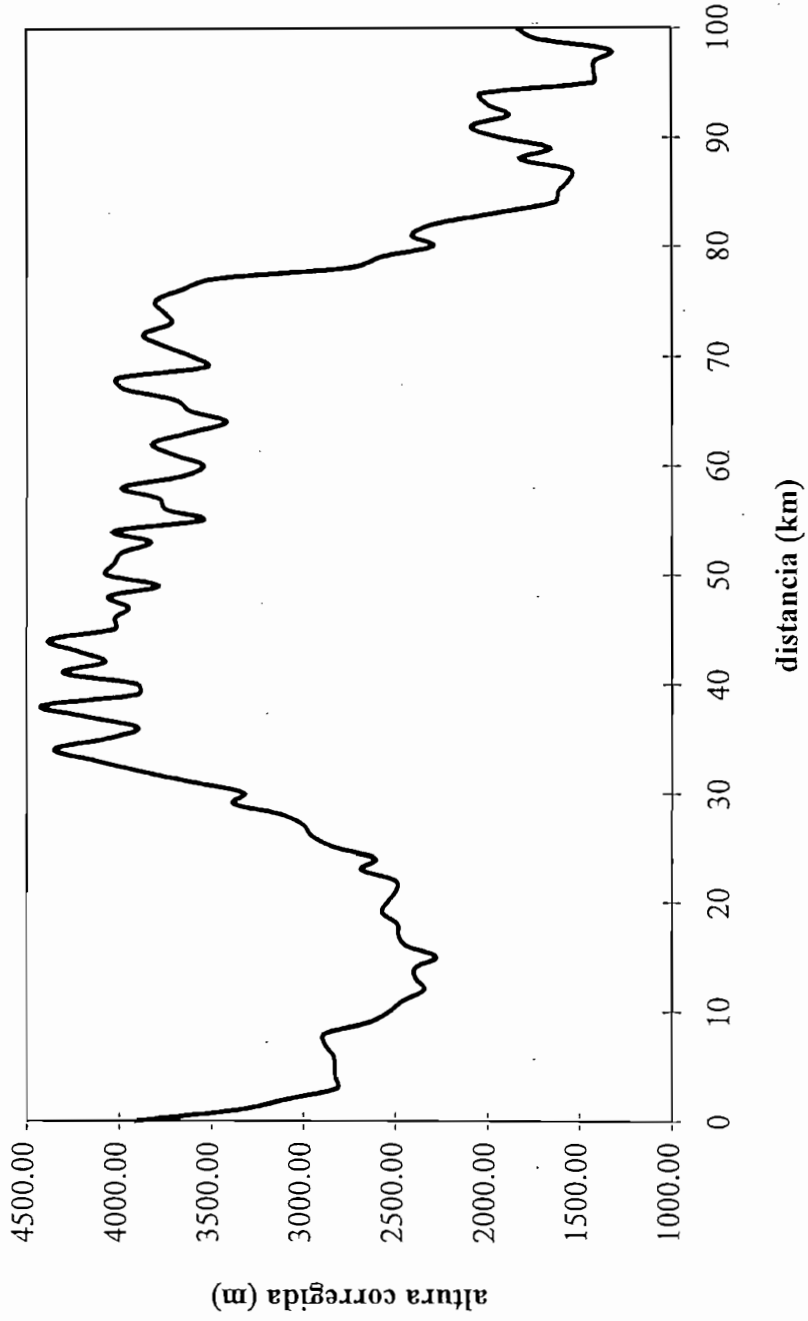


Figura 5.4

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT 90°**



**Figura 5.5**

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 120°**

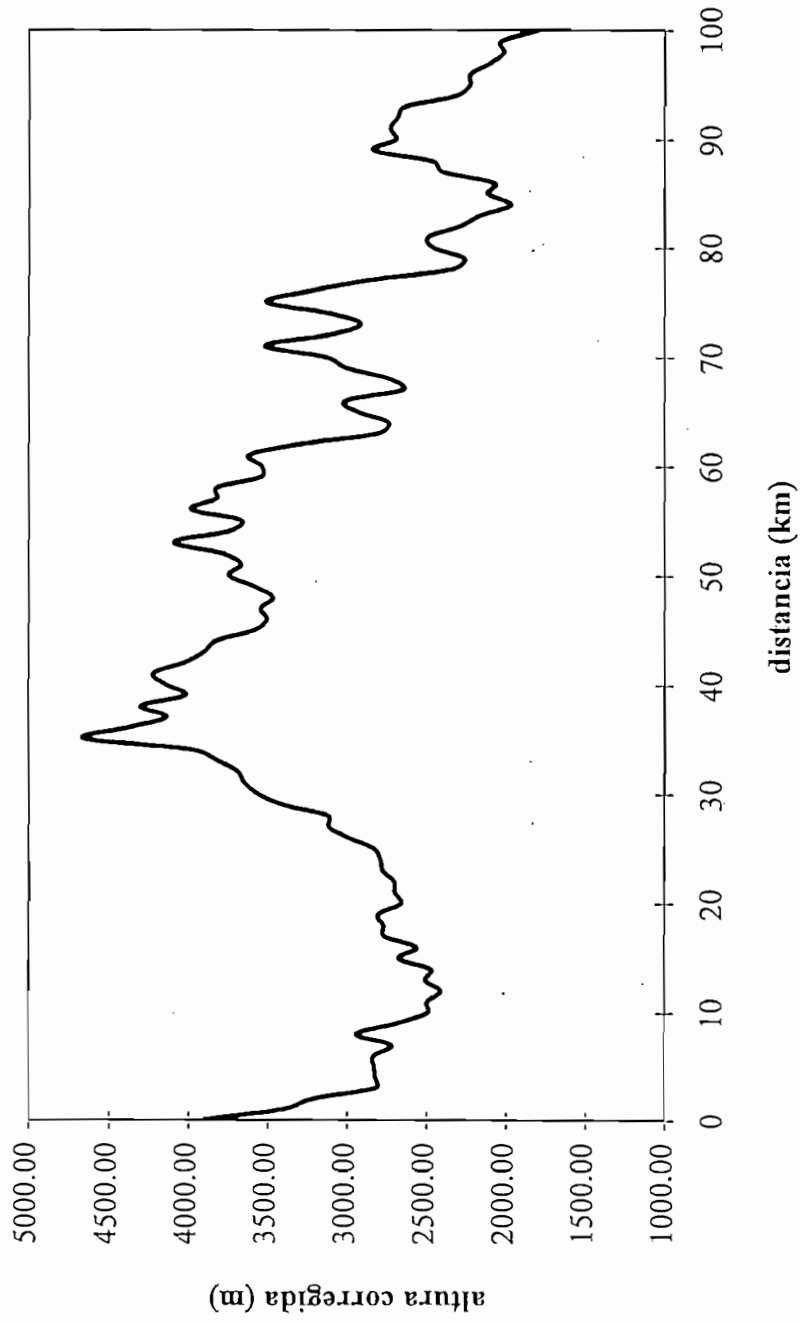
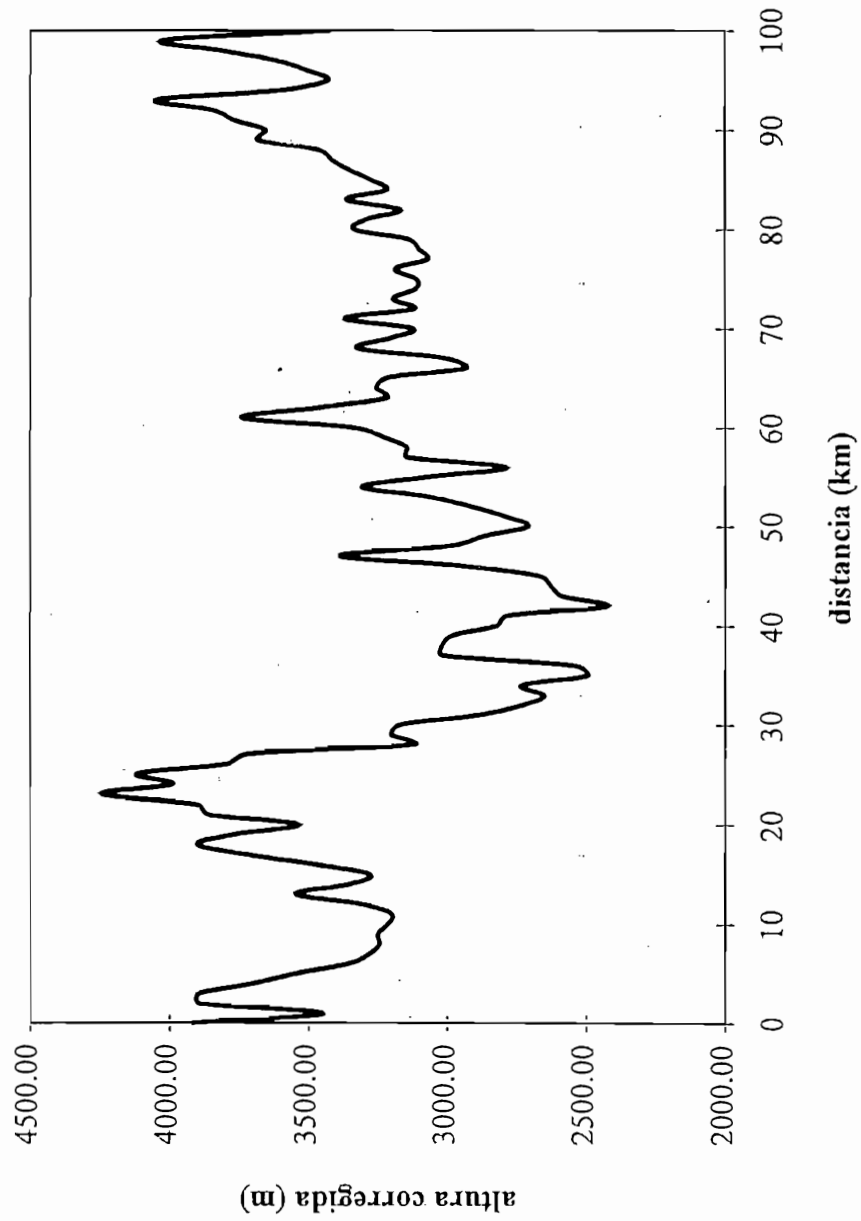


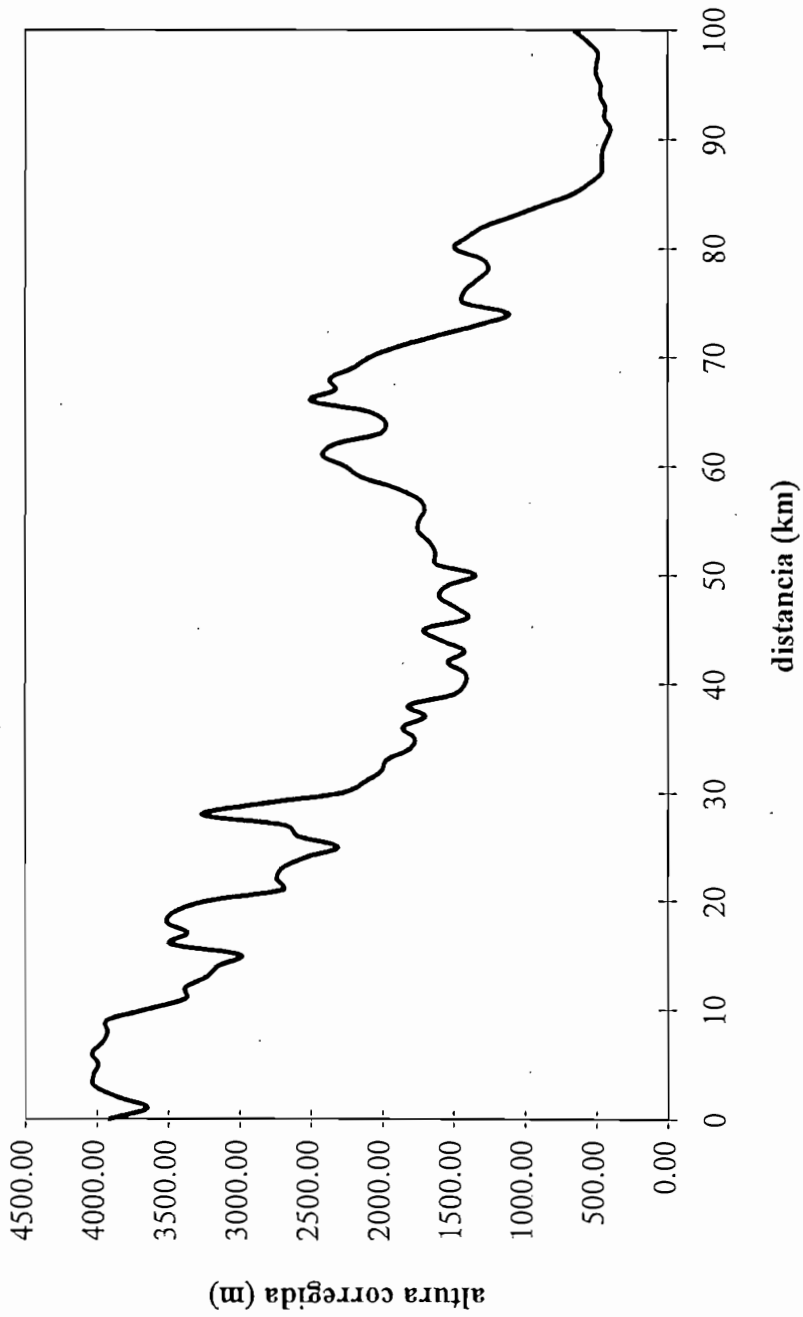
Figura 5.6

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 210°**



**Figura 5.9**

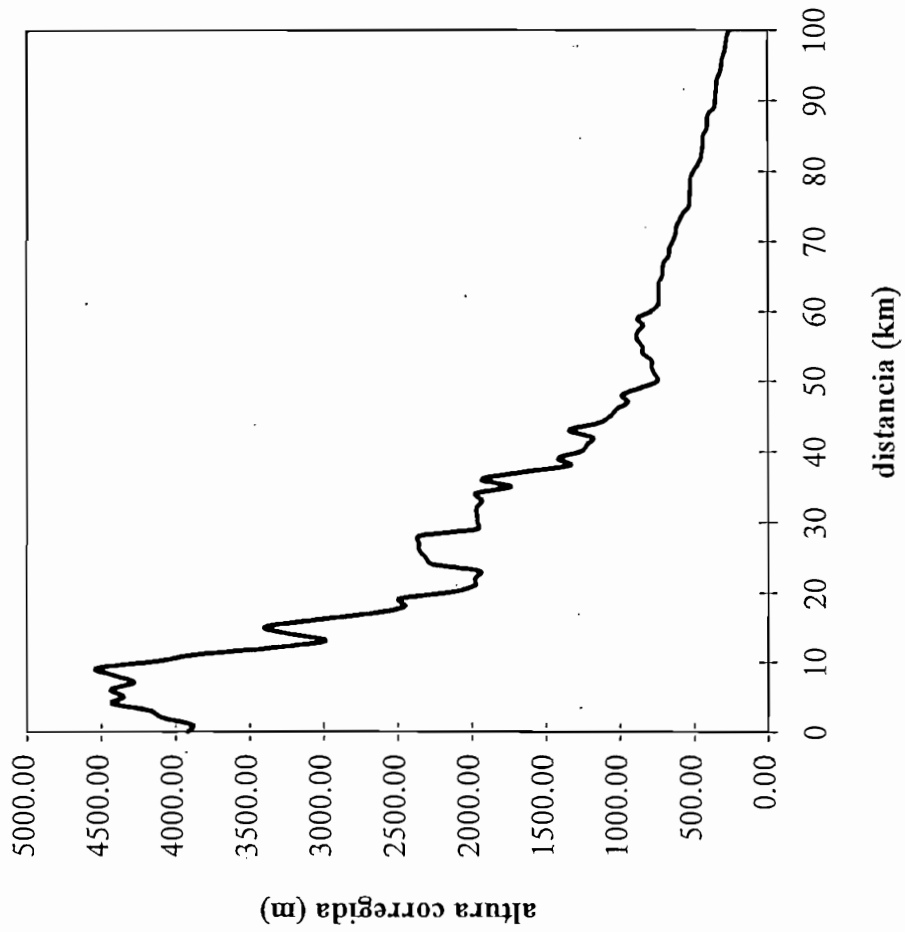
**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 240°**



**Figura 5.10**

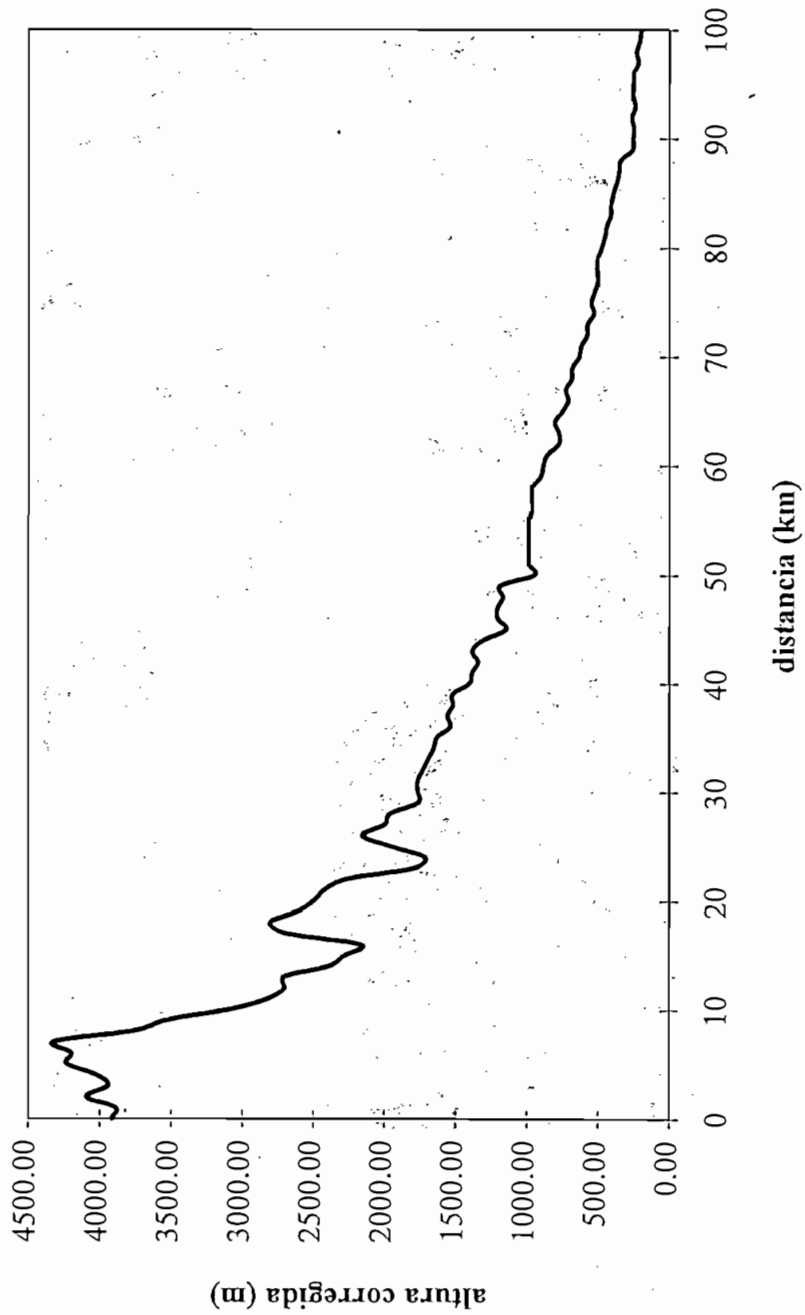


**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 270°**



**Figura 5.11**

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 300°**



**Figura 5.12**

**PERFIL TOPOGRÁFICO  
AZIMUT DE 330°**

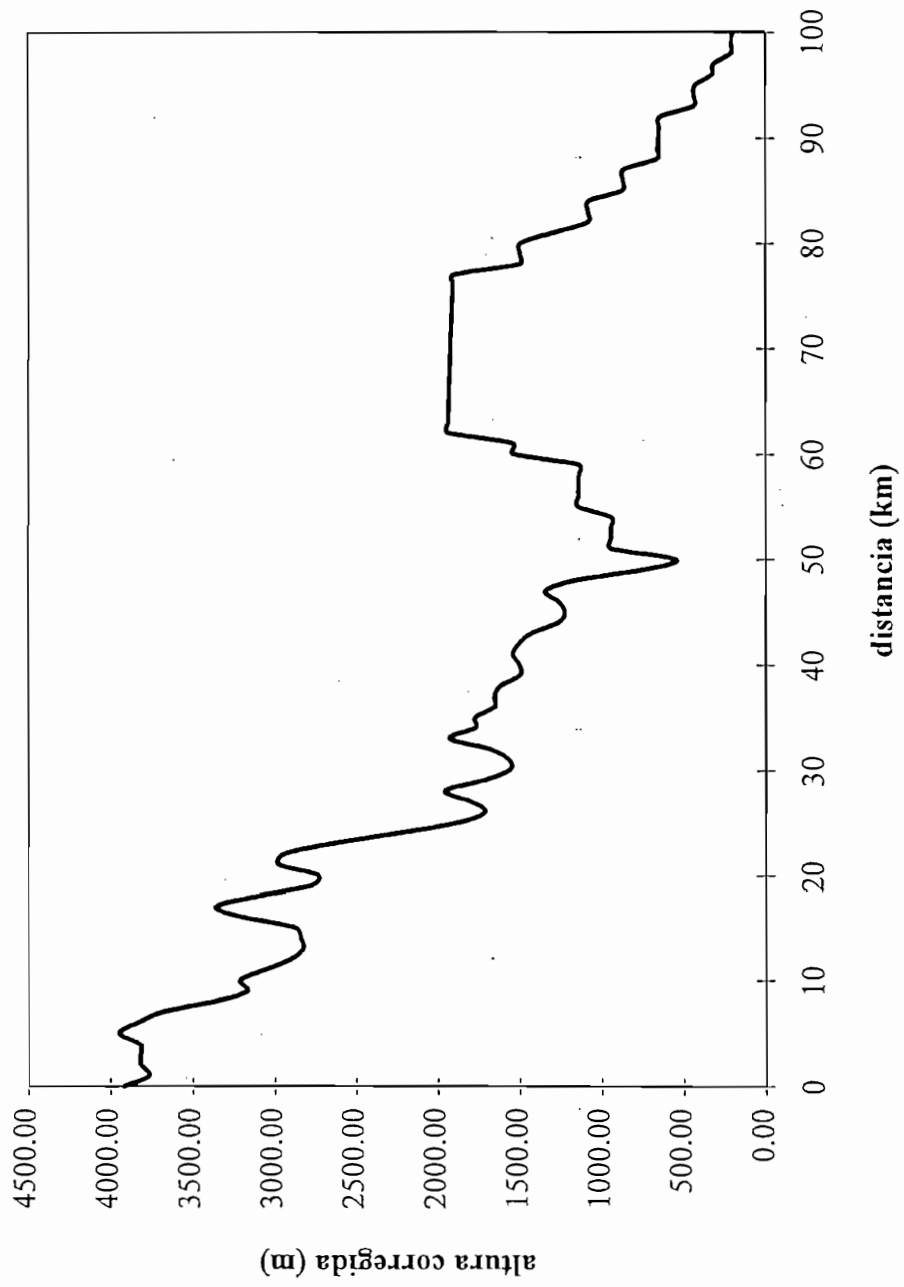


Figura 5.13

## LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

### CÁLCULO PARA LA PREDICCIÓN DEL ÁREA DE COBERTURA

#### ESTACIÓN REPETIDORA

Potencia en el transmisor: 25.00 W 13.98 dBW  
 Frecuencia de operación: 950.00 MHz  
 Atenuación del cable alimentador: 7.51 dB/100 m  
 Altura de la torre transmisora: 15.00 m  
 Pérdidas en la línea de transmisión: 1.13 dB  
 Pérdidas en los conectores del transmisor: 0.50 dB

#### ESTACIÓN MÓVIL

Impedancia de entrada: 50.00  $\Omega$   
 Sensibilidad del receptor: 0.90  $\mu$ V -0.92 dB $\mu$ V  
 Potencia mínima de recepción: -113.93 dBm  
 Ganancia de la antena receptora: 3.00 dB  
 Atenuación del cable alimentador: 65.60 dB/100 m  
 Altura de la antena receptora: 1.50 m  
 Pérdidas en la línea de recepción: 0.98 dB  
 Pérdidas en los conectores del receptor: 0.50 dB  
 Potencia de recepción requerida: -115.44 dBm

#### POTENCIA RADIADA APARENTE (dBW)

		AZIMUT DE RADIACIÓN											
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
G <sub>T</sub> (dB):	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
PRA (dBW):	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35

Tabla V.1

INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO EN EL ESPACIO LIBRE (dB<sub>μ</sub>V/m)

distancia (km)	AZIMUT DE RADIACION												
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
10.00	70.12	0.00	70.12	70.12	70.12	0.00	70.12	70.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.00	64.10	0.00	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	0.00	0.00	0.00	0.00	64.10
30.00	0.00	60.58	60.58	60.58	0.00	60.58	60.58	60.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40.00	58.08	58.08	58.08	58.08	58.08	58.08	58.08	58.08	0.00	0.00	0.00	58.08	58.08
50.00	56.14	56.14	56.14	56.14	56.14	56.14	56.14	56.14	0.00	0.00	0.00	56.14	0.00
60.00	54.56	54.56	54.56	0.00	54.56	54.56	54.56	54.56	54.56	54.56	54.56	54.56	54.56
70.00	0.00	53.22	53.22	0.00	53.22	0.00	53.22	53.22	53.22	53.22	53.22	53.22	53.22
80.00	52.06	0.00	52.06	0.00	0.00	0.00	52.06	52.06	52.06	52.06	52.06	52.06	52.06
90.00	51.04	51.04	51.04	0.00	0.00	0.00	51.04	51.04	51.04	51.04	51.04	51.04	51.04
100.00	50.12	50.12	50.12	0.00	0.00	0.00	0.00	50.12	50.12	50.12	50.12	50.12	0.00

Tabla V.2

### ATENUACIONES TOTALES (dB)

distancia (km)	AZIMUT DE RADIACIÓN												
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
10.00	42.50	28.10	26.00	40.00	48.00	28.10	26.00	59.00	42.81	51.20	50.20	48.20	
20.00	37.00	31.90	25.50	26.00	44.50	47.00	41.00	52.71	52.00	56.50	51.00	54.10	
30.00	50.05	15.05	13.78	29.79	25.79	14.51	13.00	58.01	63.10	61.10	57.10	57.10	
40.00	46.05	39.51	32.28	56.79	48.51	14.79	15.51	49.71	64.10	64.10	51.46	47.46	
50.00	48.05	48.79	7.51	40.29	45.60	8.51	27.55	56.55	69.10	70.10	52.10	72.60	
60.00	38.51	44.68	7.51	76.10	79.10	40.60	45.71	39.10	39.10	53.60	51.10	41.96	
70.00	44.10	45.18	7.51	81.60	9.10	83.60	46.10	107.10	37.10	53.10	50.60	38.46	
80.00	48.60	83.68	46.05	93.10	93.60	82.10	43.10	68.10	53.51	52.96	50.46	75.46	
90.00	57.10	42.18	40.10	94.10	96.10	93.60	39.10	40.10	54.05	52.10	49.60	79.10	
100.00	53.10	58.68	43.10	105.10	112.10	100.60	99.10	80.10	53.46	52.46	49.46	133.10	

Tabla V.3

POTENCIA DE RECEPCIÓN (dBm)

distancia (km)	AZIMUT DE RADIACIÓN												
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
10.00	-105.34	-86.87	-88.84	-102.84	-110.84	-85.53	-88.84	-121.84	-99.63	-108.10	-109.70	-108.12	
20.00	-105.86	-95.57	-94.36	-94.86	-113.36	-115.86	-109.86	-121.57	-124.57	-120.98	-120.50	-122.96	
30.00	-122.40	-87.43	-86.16	-102.17	-92.69	-86.89	-85.38	-130.39	-129.60	-131.21	-124.81	-123.86	
40.00	-120.93	-114.39	-107.16	-131.67	-123.39	-89.67	-90.39	-124.59	-135.28	-133.24	-126.34	-122.34	
50.00	-124.87	-125.61	-84.33	-117.11	-122.42	-85.33	-104.37	-133.37	-144.11	-143.78	-128.92	-144.38	
60.00	-116.92	-123.09	-85.92	-148.52	-157.51	-119.01	-124.12	-117.51	-117.51	-132.01	-129.51	-120.37	
70.00	-120.86	-124.92	-87.25	-155.65	-88.84	-157.47	-125.84	-186.84	-116.84	-132.84	-130.34	-118.20	
80.00	-129.50	-166.76	-126.95	-168.50	-171.05	-157.14	-124.00	-149.00	-134.41	-133.86	-131.36	-156.36	
90.00	-139.03	-124.11	-122.03	-172.88	-172.13	-195.81	-121.03	-122.03	-135.98	-134.03	-131.53	-161.03	
100.00	-135.94	-141.52	-125.94	-182.49	-190.24	-183.37	-176.93	-162.94	-136.30	-135.30	-132.30	-215.48	

Tabla V.4

Finalmente, en base a los resultados obtenidos en la Tabla V.4, se presenta un mapa con la cobertura estimada del sistema.

Los resultados arrojados por el programa PATHLOSS indican que hacia el Norte, la cobertura es hasta la población de González Suárez. Al Sur hasta Machachi, al este hasta Puembo, Yaruquí, Checa: mientras que al oeste la cobertura se encuentra limitada por el volcán Pichincha.

### **5.3 ZONAS HÁBILES Y ZONAS DE BLOQUEO**

Se define como zona hábil aquella región dentro del área de cobertura que presenta un nivel de señal adecuado para la comunicación entre la Estación Central y los abonados. Los niveles de intensidad de campo o potencia son determinados de acuerdo a la sensibilidad de los equipos utilizados en el intercambio de la información.

Dentro de la zona de cobertura existen regiones que tienen un nivel de señal pobre o deficiente ya sea por bloqueo de edificios, obstáculos o debido a obstrucciones de vegetación. Esto determina que la transferencia de información sea deficiente o nula, es decir exista una zona de bloqueo.





## 5.4 LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN CENTRAL

La Estación Central puede estar ubicada en cualquier punto dentro de las zonas hábiles donde la potencia de recepción tenga el nivel adecuado para una comunicación eficiente.

Es importante considerar que no exista obstrucción alguna en el enlace de la Estación Central y la Repetidora para no añadir pérdidas adicionales al sistema tales como obstrucciones de relieve, edificios, vegetación, etc.

### 5.4.1 Enlace Estación Central - Repetidora

La ubicación de la Estación Repetidora, nos permite tener varios puntos con línea de vista, dentro de la ciudad, en los cuales puede ser localizada la estación base. Para los fines del presente proyecto se ha propuesto al sector de las lomas de Bellavista como el punto de referencia para la estación central con las siguientes coordenadas geodésicas:

latitud:	00° 10' 46" S
longitud:	78° 27' 32" O
altura:	2 985 m

## **5.5 ESPECIFICACIONES DE LA ESTACIÓN CENTRAL**

A continuación se describen las características de los equipos de comunicación que estarán presentes en la Estación Central de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante.

### **5.5.1 Antena para la Estación Central**

Tipo:	Omnidireccional
Rango de frecuencias:	900 MHz
Ganancia mínima:	3 dBd
Impedancia de entrada:	50 $\Omega$
Precio:	US \$ 600.00 - US \$ 700.00

### **5.5.2 RADIO - MODEM**

En el mercado se encuentran disponibles transceptores digitales de RF compuestos de un receptor, un transmisor y un MODEM, que provee de transmisión asincrónica en una simple tarjeta electrónica para computador operando en half duplex. Se recomienda que este equipo posea las siguientes características:

Tipo de modulación:	FSK
Velocidad de transmisión de datos:	1200 Baud
BER máximo:	$10^{-3}$
Rango de frecuencias:	900 MHz
Potencia mínima de salida:	2 W
Sensibilidad:	0.90 $\mu$ V/m
Alimentación:	12 V <sub>DC</sub>
Interfaz:	RS - 232
Precio:	US \$ 600 - US \$ 700

### 5.5.3 Software

Existen varias firmas especializadas en digitalizar mapas de ciudades, con una íntima integración en bases de datos y despliegue gráfico de resultados, dentro de las principales, es posible citar a las siguientes, las cuales representan las más importantes, y cuyas características principales se encuentran en el Anexo C:

#### a) ATLAS GIS

Esta compañía ofrece el software denominado *Sistema de Información Geográfica Atlas GIS for Windows*. El paquete contiene una digitalización completa del Distrito Metropolitano de Quito a nivel de detalle de manzanas con direcciones sobre

las vías y zonificación de barrios, con capacidad para manejar información de datos bajo diferentes formatos como dBASE, FoxPro, Lotus y QPro.

Los requerimientos básicos para este sistema son: un PC compatible AT o superior, 640 Kbytes de memoria RAM, 40 MBytes de disco duro y un monitor VGA. El costo de este software, incluido un archivo digital de Quito a nivel de manzanas, licencia Atlas GIS for Windows completo e impuestos, ha sido cotizado en US \$ 9 690.00.

b) **MapInfo™**

Presenta un software desarrollado para computadores IBM o PC compatibles que literalmente "permiten mirar la información" desplegando los datos en mapas o dibujos creados por firmas especializadas en digitalizar la cartografía de una determinada ciudad.

Este software trabaja con información geográfica creada en dBASE, FoxBASE o archivos con formato DBF (Data Base Format) en PC-DOS o MS-DOS 2.0. El paquete opera en un computador IBM XT, AT, PS/2 compatibles, con 640 Kbytes de memoria RAM, con tarjeta para gráficos.

Un mapa digital para cualquier ciudad con estas características está cotizado en

el alrededor de US \$ 10 000.

#### 5.5.4 Computador

El servidor de la red debe poseer las siguientes características, considerando las funciones que este realiza:

Procesador:	486DX4
Disco Duro:	1 GByte
Memoria RAM:	32 MBytes
Velocidad:	100 MHz
Pórticos:	1 paralelo 2 seriales RS-232 1 para Mouse
Pantalla:	VGA monocromática 14"
Precio:	US \$ 2 500 - US \$ 3 000

El terminal encargado del despliegue gráfico de los datos sobre el mapa digitalizado, de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas por las firmas que desarrollan el software tendrá las siguientes características:

Tipo:	IBM compatible
Procesador:	486DX4
Disco Duro:	420 MBytes
Memoria RAM:	32 MBytes
Velocidad:	100 MHz
Pórticos:	1 paralelo
	1 para Mouse
Pantalla:	SVGA color 15"
Tarjeta para gráficos	
Precio:	US \$ 2 500 - US \$ 3 000

Finalmente, el terminales que estarán destinados al manejo de la base de datos y para el ingreso de nuevos abonados tendrá las siguientes características:

Tipo:	IBM compatible
Procesador:	486DX4
Disco Duro:	240 MBytes
Memoria RAM:	16 MBytes
Velocidad:	100 MHz
Pórticos:	1 paralelo
	2 seriales RS-232
	1 para Mouse

Pantalla: VGA color 14"

Precio: US \$ 2 000

## 5.6 ESPECIFICACIONES DEL TERMINAL MÓVIL

A continuación se presentan las características técnicas de los distintos componentes del sistema disponibles en el mercado que cumplen con las especificaciones consideradas en el numeral 5.2.

### 5.6.1 Antena GPS

Antenas GPS			
Comat Industries	TSO C129	61 x 60	75.00
NovaTel Communications	501 HP	114 x 57	63.00
NovaTel Communications	511	89 x 14	80.00
Magellan Systems Corp.	Meridian	70 x 19	60.00
Magellan Systems Corp.	Traiblazer	70 x 30	60.00

**Tabla V.6: Cuadro de los principales fabricantes de antenas GPS**

De estas opciones, los tipos de antena más económicas son aquellas fabricadas por Magellan Systems Corp. Para este proyecto se elige el modelo Meridian por su



tamaño reducido, permitiendo que el sistema sea más discreto.

### 5.6.2 Receptor GPS

En la Tabla V.7 se indican los principales fabricantes y características de receptores GPS. Para esta primera selección se han considerado aquellos receptores en forma de tarjeta para computador en un sólo módulo.

De estos, se ha seleccionado, en base al número de canales, exactitud, dimensiones y precio a Nav Core V de Rockwell International pues este tipo de receptores ideal para aplicaciones de seguridad en un sistema de Localización Automática de Vehículos donde se pretende una buena aproximación de posición a un bajo costo.

### 5.6.3 Unidad de Control

#### a) Trimble Navigation

Trimble Navigation ha desarrollado sistemas de Localización Automática de Vehículos con GPS. Esta compañía ha diseñado un *Controlador Inteligente de Comunicaciones ICC* que realiza las funciones básicas de un MODEM y una variedad de funciones que incluyen el procesamiento de datos, manejo de comunicaciones y

RECEPTORES GPS

FABRICANTE	MODELO	CARACTERÍSTICAS	CANAL EXTERIOR (Hz)	SEÑALES	VELOCIDAD (km/h)	INTERFAZ	DIMENSIONES (cm)	VALOR (U.S.)
Ashtech, Inc.	OEM Sensor	Tarjeta OEM para computador	12	L1 - C/A	300 - 38 400	RS - 232C	122 x 102 x 64	3 000.00
JRC	CCA - 73	Tarjeta para computador	8	L1 - C/A	1 200 - 38 400	RS - 232	124 x 99 x 26	1 999.00
Magellan Systems Corp.	GPS Brian	Tarjeta OEM para computador	5	L1 - C/A	N/D	N/D	188 x 79 x 15	599.00
Navstar Electronics Inc.	XR4 - C	Tarjeta OEM para computador	2	L1 - C/A	N/D	N/D	337 x 95 x 19	425.00
NovaTcl Communication	2121/2121R	Tarjeta OEM para computador	10	L1 - C/A	300 - 38 400	RS - 232	167 x 110 x 15	1 255.00
Rockwell International	NavCard	Sensor GPS PCMCIA	5	L1 - C/A	N/D	PCMCIA	137 x 54 x 5	595.00
Rockwell International	NavCore V	Tarjeta OEM para computador	5	L1 - C/A	N/D	N/D	102 x 64 x 5	570.00
Siemford Telecom	STEL-5920 GP	Tarjeta OEM para computador	2	L1 - C/A	N/D	N/D	140 x 140 x 51	450.00
Trimble Navigation	Mobile GPS	Sensor GPS PCMCIA	6	L1 - C/A	N/D	PCMCIA	86 x 54 x 5	795.00
Trimble Navigation	Placer GPS 300	Receptor y antena exterior sin displa	6	L1 - C/A	300 - 9 600	RS - 232	165 x 114 x 40	2 000.00
Trimble Navigation	Placer GPS 400	Receptor y antena exterior sin displa	6	L1 - C/A	300 - 9 600	RS - 232	127 x 102 x 28	2 300.00

Tabla V.7: Cuadro de los principales fabricantes de receptores GPS

control del transceptor.

Función:	Procesamiento de comunicaciones y MODEM para los Terminales Móviles y la Estación Base
Tasa de reporte de posición:	Hasta 5 veces por segundo
Protocolo:	Encuestamiento
Velocidad de transmisión:	Hasta 1 200 Baud
Interfaz:	3 puertos RS-232
Equipo de datos:	Familia Placer GPS Sensor de Trimble o terminal de datos portátil
Equipo de radio:	Radio convencional de dos vías (half-duplex)
Dimensiones:	227 x 159 x 35 mm
Peso:	0.45 kg
Alimentación:	8 - 32 V <sub>DC</sub>
Costo:	US \$ 1 200.00

Este equipo, al tener incluido en una misma unidad, el controlador de comunicaciones y el MODEM presenta una gran ventaja pues se garantiza la compatibilidad del sistema y el ahorro en desarrollo de un sistema similar.

## b) **Pulsearch Navigation Systems**

Pulsearch Navigation Systems presenta una unidad de control que incluye un GPS Magnavox de 6 canales y controla el proceso de muestreo de los vehículos, así como la actualización de la información en el Terminal Móvil.

Función:	Procesamiento de comunicaciones y adquisición de los datos de posicionamiento
Tasa de reporte de posición:	Hasta 5 veces por segundo
Equipo de datos:	Receptor GPS Magnavox de 6 canales
Equipo de radio:	Radio convencional de dos vías (half-duplex) para UHF
Puertos:	Antena GPS exterior 2 puertos RS-232
Dimensiones:	200 x 130 x 68.5 mm
Peso:	0.9 kg
Alimentación:	8 - 32 V <sub>DC</sub>
Costo:	US \$ 1 000.00

### 5.6.4 **RADIO - MODEM**

Las características del RADIO - MODEM para los Terminales Móviles serán las mismas que aquellas consideradas para la Estación Central en la que se utilizan equipos

con las siguientes características:

Tipo de modulación:	FSK
Velocidad de transmisión de datos:	1200 Baud
BER máximo:	$10^{-3}$
Rango de frecuencias:	900 MHz
Potencia mínima de salida:	2 W
Sensibilidad:	0.90 $\mu$ V/m
Alimentación:	12 V <sub>DC</sub>
Interfaz:	RS - 232
Precio:	US \$ 600 - US \$ 700

#### 5.6.5 Antena para el Terminal Móvil<sup>4</sup>

Tipo:	Omnidireccional
Rango de frecuencias:	900 MHz
Ganancia:	3 dB
Impedancia de entrada:	50 $\Omega$
Longitud:	36 cm
Conector:	Tipo N macho para cable RG-58A/U
Precio:	US \$ 6.00

---

<sup>4</sup> Antenna Systems, 1993 *Professional Communications Catalog No.40*, p.37

## **5.7 REPETIDORAS**

Dependiendo de la cobertura que se pretenda dar al sistema y considerando los niveles de penetración que se desee establecer en zonas urbanas densas como el centro de la ciudad y periféricos de importancia como El Valle de los Chillos, Cumbayá y Tumbaco, por ejemplo, es posible que se requiera la utilización de dos o más repetidoras ubicadas en distintas localidades de la ciudad para mejorar los niveles de señal y reducir en lo posible las zonas de bloqueo.

Por otro lado, para evitar la saturación del sistema por un excesivo tráfico generado por un elevado número de móviles que utilizan el mismo canal de comunicación, se recomienda la ampliación del sistema, colocando otra repetidora que opere a otra frecuencia, ampliando así la capacidad del sistema, limitando el número de usuarios por frecuencia.

Dentro del presente proyecto, se ha considerado una repetidora con el fin de establecer los requerimientos más importantes de un sistema básico.

### **5.7.1 Características Técnicas de las Repetidoras**

Para este tipo de aplicaciones se requiere de una estación de transmisión simultánea en la frecuencia de 900 MHz.

Potencia de salida:	Variable hasta 150 W
Frecuencia de operación:	900 MHz
Voltaje CA de entrada:	110 - 120 V, 60 Hz
Impedancia de salida:	50 $\Omega$
Sensibilidad :	0.5 - 0.9 $\mu\text{V/m}$
Conector:	Tipo N hembra para cable RG-58A/U
Precio:	US \$ 13 000.00

## 5.8 CONFIGURACIÓN FINAL DEL SISTEMA

Para la configuración final del sistema, se deja a criterio de la empresa operadora la selección de los proveedores.

En los numerales anteriores se establecieron características técnicas básicas de los distintos componentes que deben servir como referencia para la selección apropiada de los mismos, así como precios referenciales basados en la realidad del mercado.

Para finalizar, a continuación se procede al cálculo del número máximo de vehículos que pueden ser encuestados para cada canal de transmisión. Para esto es importante, en primer lugar, establecer el formato del mensaje AVL.

### 5.8.1 Formato del mensaje AVL

La información transmitida desde la Estación Base hacia el Terminal Móvil, contiene el código del vehículo a ser encuestado y lo compone una palabra de 11 bits, teniendo un tiempo de transmisión de 9 ms. Este mensaje tiene el formato indicado en la Tabla V.8, considerando que se trata de una transmisión asincrónica.

PALABRA	# BITS	POSICIÓN MSB	FUNCIÓN
1	1	1	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	2	Código del móvil
X	1	10	Bit de paridad
0	1	11	Bit de parada

**Tabla V.8: Formato del mensaje de encuestamiento**

Una vez que el Terminal Móvil recibe esta información, se inicia el proceso de transmisión de los datos de posición hacia la Estación Central, bajo el formato que se indica en la Tabla V.9. Estos datos están compuestos de 7 palabras de 11 bits cada una, teniendo un tiempo de transmisión de 64 ms.

PALABRA	# BITS	POSICIÓN MSB	FUNCIÓN
1	1	1	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	2	Código del móvil
X	1	10	Bit de paridad
0	1	11	Bit de parada



PALABRA	# BITS	POSICIÓN MSB	FUNCIÓN
1	1	12	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	13	Latitud (grados)
X	1	21	Bit de paridad
0	1	22	Bit de parada
1	1	23	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	25	Latitud (minutos)
X	1	33	Bit de paridad
0	1	34	Bit de parada
1	1	36	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	37	Latitud (segundos)
X	1	45	Bit de paridad
0	1	46	Bit de parada
1	1	48	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	49	Longitud (grados)
X	1	57	Bit de paridad
0	1	58	Bit de parada
1	1	60	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	61	Longitud (minutos)
X	1	69	Bit de paridad
0	1	70	Bit de parada
1	1	72	Bit de inicio
XXXXXXXXXX	8	73	Longitud (segundos)
X	1	81	Bit de paridad
0	1	82	Bit de parada

**Tabla V.9: Formato del mensaje de posición**

# CAPÍTULO VI

## ESTUDIO DE COSTOS

### 6.1 DEFINICIONES

#### 6.1.1 Ingreso

En contabilidad un ingreso representa un flujo efectivo registrado a favor de una persona natural o jurídica. En el caso de una empresa, están dados por las ventas de sus productos o servicios. La producción viene a ser el flujo real con el que aporta la empresa, siendo su contrapartida el flujo monetario o ingreso recibido.

#### 6.1.2 Egreso

Es el flujo monetario que una persona natural o jurídica entrega a cambio de un flujo real de bienes y servicios. Contablemente representa un valor monetario en contra de quien adquiere dichos productos.

### **6.1.3 Costos**

Representan todos los egresos que realiza una empresa con el fin de adquirir activos fijos y capital de trabajo para el cumplimiento de su objetivo social. Estos egresos, pueden ser una inversión o constituir pagos por concepto de materiales e insumos que se destinan al proceso productivo exclusivamente.

### **6.1.4 Costo Marginal**

Es el costo de producción en que se incurre por la utilización de una unidad adicional de un determinado factor de producción (capital o trabajo).

### **6.1.5 Gastos**

Son todos aquellos egresos que no representan una inversión o capital de trabajo para la empresa; es decir, son todos los que no se recuperan como activos.

### **6.1.6 Insumo**

Es todo aquel bien o servicio complementario al proceso productivo. Es decir, son los materiales y servicios públicos necesarios para poder elaborar el producto.

## **6.2 CONCEPTOS GENERALES**

Un estudio de costos comprende la determinación de la estructura de los elementos de una empresa que conforman todo tipo de egreso que no constituye un gasto. Esto es, todo aquello que viene a ser una inversión en infraestructura y equipos que han de ser utilizados en la operación de la empresa, así como, los materiales e implementos que son necesarios para el proceso productivo.

Los estudios de costos se efectúan con el fin de determinar la rentabilidad de una empresa en el tiempo, es así que este tipo de análisis es fundamental para efectuar los denominados flujos de caja, que son proyecciones de los ingresos y egresos totales en su período de vida útil. Al efectuar un flujo de caja es posible establecer si la operadora va a ser exitosa, así como la factibilidad económica de realización del proyecto. En las Tablas VI.1, VI.2 y VI.3 se presentan los equipos y materiales a utilizarse en la Estación Central, Repetidora y Terminales Móviles, en el presente proyecto, posteriormente cada uno de ellos representará un rubro en el flujo de caja.

## **6.3 DETERMINACIÓN DE COSTOS**

La estructura de costos de una empresa se divide en:

- Costos fijos
- Costos variables

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INVERSIÓN EN LA ESTACIÓN CENTRAL

(en US \$)

PRECIOS UNITARIOS

Antena	450.00
Torre autosoportada de 15 metros	10 000.00
Multiplexor 1/4	2 000.00
Cables y conectores	150.00
Radio - MODEM	650.00
Software	10 000.00
Servidor 486DX4	2 800.00
Terminal 486DX4 para despliegue gráfico	2 800.00
Terminal 486DX4 para manejo de datos	2 000.00
Generador Automático	10 000.00

Unidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Antena	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torre autosoportada de 15 metros	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Multiplexor 1/4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cables y conectores	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Radio - MODEM	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Software	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Servidor 486DX4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terminal 486DX4 para despliegue gráfico	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Terminal 486DX4 para manejo de datos	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Generador Automático	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PRECIO TOTAL</b>										
Antena	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Torre autosoportada de 15 metros	10 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Multiplexor 1/4	2 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cables y conectores	150.00	150.00	150.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Radio - MODEM	1 300.00	1 300.00	1 300.00	1 300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Software	10 000.00	0.00	10 000.00	0.00	10 000.00	0.00	10 000.00	0.00	10 000.00	0.00
Servidor 486DX4	2 800.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Terminal 486DX4 para despliegue gráfico	5 600.00	5 600.00	5 600.00	5 600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Terminal 486DX4 para manejo de datos	4 000.00	4 000.00	4 000.00	4 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generador Automático	10 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>	<b>46 300.00</b>	<b>11 050.00</b>	<b>21 050.00</b>	<b>11 050.00</b>	<b>10 000.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10 000.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10 000.00</b>	<b>0.00</b>

Tabla VI.1

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INVERSIÓN EN LA ESTACIÓN REPETIDORA  
(en US \$)

PRECIOS UNITARIOS

Antena	450.00
Torre autosoportada de 15 metros	10 000.00
Multiplexor 1/4	2 000.00
Repetidora de datos	13 000.00
Cables y conectores	150.00
Shelter	5 000.00
Generador Automático	10 000.00

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>UNIDADES</b>										
Antena	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torre autosoportada de 15 metros	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Multiplexor 1/4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetidora de datos	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Cables y conectores	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Shelter	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Generador Automático	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PRECIO TOTAL</b>										
Antena	450.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Torre autosoportada de 15 metros	10 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Multiplexor 1/4	2 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Repetidora de datos	26 000.00	26 000.00	26 000.00	26 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cables y conectores	150.00	150.00	150.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Shelter	5 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generador Automático	10 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>	<b>43 600.00</b>	<b>26 150.00</b>	<b>26 150.00</b>	<b>26 150.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Tabla Y1.2

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INVERSIÓN EN EQUIPO DEL TERMINAL MÓVIL  
(en US \$)

PRECIOS UNITARIOS

Antena GPS	60,00
Receptor GPS	480,00
Unidad de control	1 000,00
Radio - MODEM	650,00
Antena	6,00

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>UNIDADES</b>										
Antena GPS	500	500	500	500	0	0	0	0	0	0
Receptor GPS	500	500	500	500	0	0	0	0	0	0
Unidad de control	500	500	500	500	0	0	0	0	0	0
Radio - MODEM	500	500	500	500	0	0	0	0	0	0
Antena	500	500	500	500	0	0	0	0	0	0
<b>PRECIO TOTAL</b>										
Antena GPS	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receptor GPS	240 000,00	240 000,00	240 000,00	240 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Unidad de control	500 000,00	500 000,00	500 000,00	500 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radio - MODEM	325 000,00	325 000,00	325 000,00	325 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Antena	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>										
	1' 098 000,00	1' 098 000,00	1' 098 000,00	1' 098 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla V1.3

- Costos totales que constituye la suma de los anteriores

### **6.3.1 Costos Fijos Presupuestados**

Los costos fijos presupuestados son aquellos que no varían de acuerdo al nivel de producción de la empresa. Es decir, son independientes de la escala productiva de la operadora. Usualmente están determinados por la infraestructura necesaria para la operación del sistema, así como por cierto tipo de maquinaria.

Dentro de los costos fijos también se incluyen los gastos administrativos, puesto que este personal no está necesariamente en el nivel de producción. En la Tabla VI.4 se presenta un desglose de los gastos administrativos y de personal analizando sueldos vigentes en las empresas, también se ha considerado el incremento de personal técnico proporcional al número de vehículos en monitoreo. El mobiliario y equipo de oficina también se incluye dentro de este costo.

Para el presente proyecto, uno de los principales elementos que determina los costos fijos, son las amortizaciones del equipo permanente; es decir, aquel que se mantiene a lo largo de toda la vida útil de la empresa. Las amortizaciones se han calculado considerando que, para la adquisición de tal equipo se ha recurrido a crédito bancario como medio de financiamiento, lo que implica el realizar pagos periódicos para cubrir el servicio de dicha deuda.



## LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

### GASTOS ADMINISTRATIVOS Y DE PERSONAL (en US \$)

PERSONAL	CANTIDAD	SUELDO UNITARIO	TOTAL MENSUAL	TOTAL ANUAL
<b>ADMINISTRACIÓN</b>				
Gerente Técnico	1.00	1 500.00	1 500.00	18 000.00
Secretaria Gerencia	1.00	300.00	300.00	3 600.00
Mensajero	1.00	100.00	100.00	1 200.00
<b>INGENIERÍA</b>				
Jefe de Sistemas	2.00	500.00	1 000.00	12 000.00
*Técnicos e instaladores	2.00	400.00	800.00	9 600.00
<b>VENTAS</b>				
Gerente Ventas	1.00	600.00	600.00	7 200.00
Vendedores	2.00	200.00	400.00	4 800.00
<b>OPERADORES</b>				
*Operadores	4.00	150.00	600.00	7 200.00
<b>TOTAL</b>	<b>14.00</b>		<b>4 700.00</b>	<b>56 400.00</b>

\* Cantidad considerada para 500 vehículos en monitoreo

La tasa de interés que se utilizó fue del 25%, en dólares. Esta representa una de las tasas más altas, tomando en cuenta los plazos de depreciación que son relativamente largos, además es una política conservadora para una proyección de utilidades futuras. Si el proyecto es factible con este supuesto, se asegura un grado de confiabilidad de las proyecciones muy aceptable.

Debido a la debilidad de la moneda nacional, se ha seleccionado al dólar como la moneda a utilizarse en las proyecciones descartando así el efecto de la inflación.

Las amortizaciones comprenden tanto costos fijos como costos variables, y se han establecido pagos iguales durante la vida útil del proyecto con el fin que la curva de costos fijos permanezca constante. Para ello se ha utilizado la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$P = C \frac{i}{1 - (1 + i)^{-t}} \quad (6.1)$$

donde:

P = pago anual

C = capital adeudado total

i = tasa de interés

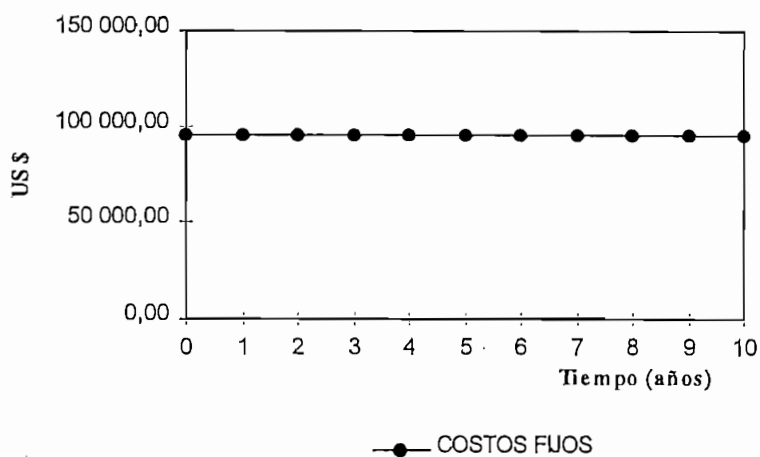
---

<sup>1</sup> Lehmann, C., *Álgebra*, p. 412.

$t$  = tiempo de depreciación del equipo

De este modo se ha obtenido una cantidad que es igual para todos los años y permite servir a la deuda cubriendo tanto intereses como capital. En la Tabla VI.5 se pueden apreciar estos resultados.

Para la determinación de los costos fijos, en la tabla de amortizaciones (Tabla VI.5) se pueden apreciar los pagos anuales iguales desglosados en pagos por capital y pagos por intereses, así como los saldos finales de la deuda a la terminación de cada período.



**Figura 6.1: Costos Fijos**

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

TABLA DE AMORTIZACIONES  
(en US \$)

(606325) 26

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ANTENAS</b>											
Saldo deuda	900.00	872.93	839.10	796.81	743.95	677.87	595.28	492.03	362.97	201.65	0.00
Pago capital	0.00	27.07	33.83	42.29	52.86	66.08	82.60	103.25	129.06	161.32	201.65
Pago intereses	0.00	225.00	218.23	209.78	199.20	185.99	169.47	148.82	123.01	90.74	50.41
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>	<b>252.07</b>
<b>TORRES AUTOSOPORTADAS DE 15 m.</b>											
Saldo deuda	20 000.00	19 398.55	18 646.73	17 706.97	16 532.26	15 063.87	13 228.39	10 934.03	8 066.09	4 481.16	0.00
Pago capital	0.00	601.45	751.81	939.77	1 174.71	1 468.39	1 835.48	2 294.35	2 867.94	3 584.93	4 481.16
Pago intereses	0.00	5 000.00	4 849.64	4 661.68	4 426.74	4 133.06	3 765.97	3 307.10	2 733.51	2 016.52	1 120.29
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>
<b>MULTIPLEXORES 1/4</b>											
Saldo deuda	4 000.00	3 879.71	3 729.35	3 541.39	3 306.45	3 012.77	2 645.68	2 186.81	1 613.22	896.23	0.00
Pago capital	0.00	120.29	150.36	187.95	234.94	293.68	367.10	458.87	573.59	716.99	896.23
Pago intereses	0.00	1 000.00	969.93	932.34	885.35	826.61	753.19	661.42	546.70	403.30	224.06
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>	<b>1 120.29</b>

Tabla VI.5

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>RADIO - MODEM</b>											
Saldo deuda	1 300.00	959.02	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	340.98	426.23	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	325.00	239.75	133.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>RADIO - MODEM</b>											
Saldo deuda	0.00	1 300.00	959.02	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	340.98	426.23	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	325.00	239.75	133.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>RADIO - MODEM</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	1 300.00	959.02	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	340.98	426.23	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	325.00	239.75	133.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>RADIO - MODEM</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	0.00	0.00	1 300.00	959.02	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	0.00	340.98	426.23	532.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	0.00	325.00	239.75	133.20	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>665.98</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Tabla VI.5

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>SOFTWARE</b>											
Saldo deuda	10 000.00	7 377.05	4 098.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	2 622.95	3 278.69	4 098.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	2 500.00	1 844.26	1 024.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>5 122.95</b>	<b>5 122.95</b>	<b>5 122.95</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>SOFTWARE</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	0.00	10 000.00	7 377.05	4 098.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	0.00	2 622.95	3 278.69	4 098.36	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	0.00	2 500.00	1 844.26	1 024.59	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5 122.95</b>	<b>5 122.95</b>	<b>5 122.95</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>SERVIDOR 486DX4</b>											
Saldo deuda	2 800.00	2 065.57	1 147.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	734.43	918.03	1 147.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	700.00	516.39	286.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>1 434.43</b>	<b>1 434.43</b>	<b>1 434.43</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL 486DX4 PARA DESPLIEGUE GRÁFICO</b>											
Saldo deuda	5 600.00	4 131.15	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	1 468.85	1 836.07	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	1 400.00	1 032.79	573.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Tabla VI.5

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>TERMINAL 486DX4 PARA DESPLIEGUE GRÁFICO</b>											
Saldo deuda	0.00	5 600.00	4 131.15	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	1 468.85	1 836.07	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	1 400.00	1 032.79	573.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL 486DX4 PARA DESPLIEGUE GRÁFICO</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	5 600.00	4 131.15	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	1 468.85	1 836.07	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	1 400.00	1 032.79	573.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL 486DX4 PARA DESPLIEGUE GRÁFICO</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	0.00	0.00	5 600.00	4 131.15	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	0.00	1 468.85	1 836.07	2 295.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	0.00	1 400.00	1 032.79	573.77	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>2 868.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL 486DX4 PARA MANEJO DE DATOS</b>											
Saldo deuda	4 000.00	2 950.82	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	1 049.18	1 311.48	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	1 000.00	737.70	409.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Tabla VI.5

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>TERMINAL-486DX4 PARA MANEJO DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	4 000.00	2 950.82	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	1 049.18	1 311.48	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	1 000.00	737.70	409.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL-486DX4 PARA MANEJO DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	4 000.00	2 950.82	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	1 049.18	1 311.48	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	1 000.00	737.70	409.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TERMINAL-486DX4 PARA MANEJO DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	0.00	4 000.00	2 950.82	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital	0.00	0.00	0.00	0.00	1 049.18	1 311.48	1 639.34	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	0.00	1 000.00	737.70	409.84	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>2 049.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>REPETIDORA DE DATOS</b>											
Saldo deuda	26 000.00	25 218.11	24 240.76	23 019.06	21 491.93	19 583.03	17 196.90	14 214.24	10 485.92	5 825.51	0.00
Pago capital	0.00	781.89	977.36	1 221.70	1 527.12	1 908.90	2 386.13	2 982.66	3 728.33	4 660.41	5 825.51
Pago intereses	0.00	6 500.00	6 304.53	6 060.19	5 754.76	5 372.98	4 895.76	4 299.23	3 553.56	2 621.48	1 456.38
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>

Tabla VI.5



ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>REPETIDORA DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	26 000.00	25 218.11	24 240.76	23 019.06	21 491.93	19 583.03	17 196.90	14 214.24	10 485.92	5 825.51
Pago capital	0.00	0.00	781.89	977.36	1 221.70	1 527.12	1 908.90	2 386.13	2 982.66	3 728.33	4 660.41
Pago intereses	0.00	0.00	6 500.00	6 304.53	6 060.19	5 754.76	5 372.98	4 895.76	4 299.23	3 553.56	2 621.48
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>
<b>REPETIDORA DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	26 000.00	25 218.11	24 240.76	23 019.06	21 491.93	19 583.03	17 196.90	14 214.24	10 485.92
Pago capital	0.00	0.00	0.00	781.89	977.36	1 221.70	1 527.12	1 908.90	2 386.13	2 982.66	3 728.33
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	6 500.00	6 304.53	6 060.19	5 754.76	5 372.98	4 895.76	4 299.23	3 553.56
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>
<b>REPETIDORA DE DATOS</b>											
Saldo deuda	0.00	0.00	0.00	26 000.00	25 218.11	24 240.76	23 019.06	21 491.93	19 583.03	17 196.90	14 214.24
Pago capital	0.00	0.00	0.00	0.00	781.89	977.36	1 221.70	1 527.12	1 908.90	2 386.13	2 982.66
Pago intereses	0.00	0.00	0.00	0.00	6 500.00	6 304.53	6 060.19	5 754.76	5 372.98	4 895.76	4 299.23
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>	<b>7 281.89</b>
<b>GENERADOR AUTOMÁTICO</b>											
Saldo deuda	20 000.00	19 398.55	18 646.73	17 706.97	16 532.26	15 063.87	13 228.39	10 934.03	8 066.09	4 481.16	0.00
Pago capital	0.00	601.45	751.81	939.77	1 174.71	1 468.39	1 835.48	2 294.35	2 867.94	3 584.93	4 481.16
Pago intereses	0.00	5 000.00	4 849.64	4 661.68	4 426.74	4 133.06	3 765.97	3 307.10	2 733.51	2 016.52	1 120.29
<b>PAGO ANUAL</b>	<b>0.00</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>	<b>5 601.45</b>

Tabla VI.5

	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>SHELTER</b>												
Saldo deuda		5 000.00	4 849.64	4 661.68	4 426.74	4 133.06	3 765.97	3 307.10	2 733.51	2 016.52	1 120.29	0.00
Pago capital		0.00	150.36	187.95	234.94	293.68	367.10	458.87	573.59	716.99	896.23	1 120.29
Pago intereses		0.00	1 250.00	1 212.41	1 165.42	1 106.69	1 033.27	941.49	826.77	683.38	504.13	280.07
<b>PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>	<b>1 400.36</b>
<b>EQUIPO DE LABORATORIO Y MANTENIMIENTO</b>												
Saldo deuda		1 000.00	878.15	725.84	535.46	297.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital		0.00	121.85	152.31	190.39	237.98	297.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses		0.00	250.00	219.54	181.46	133.86	74.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>EQUIPO DE LABORATORIO Y MANTENIMIENTO</b>												
Saldo deuda		0.00	1 000.00	878.15	725.84	535.46	297.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital		0.00	0.00	121.85	152.31	190.39	237.98	297.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago intereses		0.00	0.00	250.00	219.54	181.46	133.86	74.37	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>EQUIPO DE LABORATORIO Y MANTENIMIENTO</b>												
Saldo deuda		0.00	0.00	1 000.00	878.15	725.84	535.46	297.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Pago capital		0.00	0.00	0.00	121.85	152.31	190.39	237.98	297.48	0.00	0.00	0.00
Pago intereses		0.00	0.00	0.00	250.00	219.54	181.46	133.86	74.37	0.00	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>EQUIPO DE LABORATORIO Y MANTENIMIENTO</b>												
Saldo deuda		0.00	0.00	0.00	1 000.00	878.15	725.84	535.46	297.48	0.00	0.00	0.00
Pago capital		0.00	0.00	0.00	0.00	121.85	152.31	190.39	237.98	297.48	0.00	0.00
Pago intereses		0.00	0.00	0.00	0.00	250.00	219.54	181.46	133.86	74.37	0.00	0.00
<b>PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>371.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>TOTAL PAGO ANUAL</b>		<b>0.00</b>	<b>33 770.75</b>	<b>47 006.50</b>	<b>60 146.25</b>	<b>66 465.55</b>	<b>60 881.54</b>	<b>54 975.67</b>	<b>43 846.86</b>	<b>43 475.01</b>	<b>33 103.17</b>	<b>43 103.17</b>

Tabla VI.5

### 6.3.2 Costos Variables Presupuestados

Los costos variables son los que están directamente determinados por el nivel de producción; es decir, que una unidad adicional incide en un incremento del costo.

Por lo tanto los costos variables son aquellos que vienen dados por la materia prima y los insumos utilizados en el producto. En el caso de este proyecto, vienen a ser fundamentalmente los costos en que se incurren en la compra del equipo del Terminal Móvil y expansiones en la Estación Central.

Los costos fijos y variables han sido determinandos bajo ciertas consideraciones, en vista de que un Sistema de Localización Automática de Vehículos consiste básicamente en un servicio, aunque también se combina con ciertas características propias de un proceso productivo de bienes.

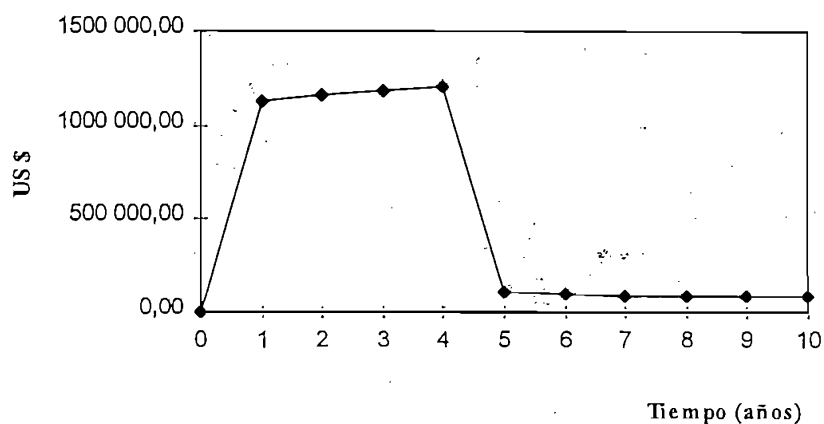


Figura 6.2: Costos Variables

## **6.4 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO**

Dentro de todo análisis de factibilidad para una empresa, es necesario realizar un estudio del punto de equilibrio entre los costos totales y los ingresos, para establecer el nivel mínimo de ventas que debe realizar la empresa para obtener una utilidad nula; es decir, que a partir de este punto, toda venta adicional representa una utilidad positiva.

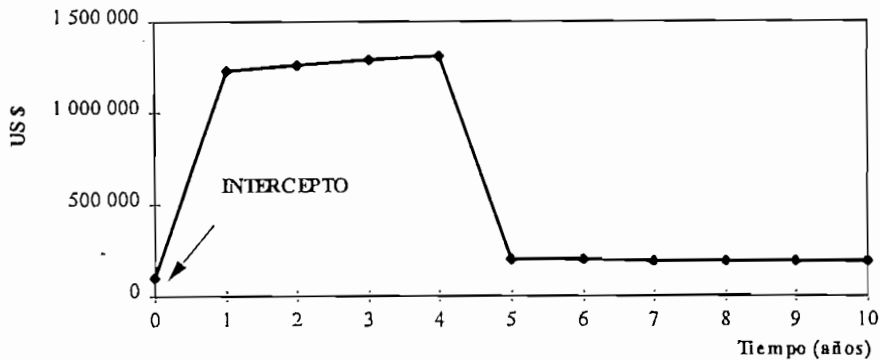
La importancia en la determinación del punto de equilibrio radica en que se establecen los parámetros dentro de los cuales se evaluará posteriormente si el desempeño de la empresa se halla dentro de un marco de seguridad y solvencia apropiadas.

### **6.4.1 Cálculo del Punto de Equilibrio**

El punto de equilibrio se determina en función de las curvas de costos fijos, costos variables, y como consecuencia de las anteriores, la curva de costo total. Estos se han calculado sobre la base del flujo de caja para los años de vida útil del proyecto, el cual está determinado por el tipo de tecnología, y limitado por la capacidad del sistema.

La función de costo total es una curva creciente cuya pendiente viene dada por el incremento anual de las ventas del equipo del Terminal Móvil; es decir, por la misma

pendiente que determina la curva de los costos variables. Su intercepto estará dado por los costos fijos, función con pendiente cero.



**Figura 6.3: Costos Totales**

Seguidamente se determina la curva de ingresos totales a partir de los ingresos por consumo y por venta de equipos realizada en el flujo de caja. En las Tablas VI.6 a VI.10 se pueden apreciar de manera detallada los rubros de ingresos por consumo en los cinco primeros años del proyecto.

La curva de ingresos es creciente, con pendiente dada por el incremento de las ventas para cada año de la misma manera que la pendiente de la curva de costos variables. Adicionalmente incluye el margen de ganancias, que en este caso es del 5 %, según criterio de la operadora, más aquellos ingresos obtenidos por la prestación del servicio, es decir, la tarifa mensual que deben pagar los abonados. El intercepto de la curva de ingresos totales es cero pues al no existir ventas, tampoco existen beneficios.

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INGRESOS POR CONSUMO

AÑO 1

TARIFA MENSUAL (US \$): 40.00

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Nuevos clientes	41	39	47	42	45	42	41	39	38	40	38	48	500
Total clientes	41	80	127	169	214	256	297	336	374	414	452	500	500
FACTURACIÓN MENSUAL (US \$)	1 640.00	3 200.00	5 080.00	6 760.00	8 560.00	10 240.00	11 880.00	13 440.00	14 960.00	16 560.00	18 080.00	20 000.00	130 400.00
Precio unitario del equipo vendido (US \$)	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	
TOTAL DE VENTAS DEL EQUIPO (US \$)	94 537.80	89 926.20	108 372.60	96 843.60	103 761.00	96 843.60	94 537.80	89 926.20	87 620.40	92 232.00	87 620.40	110 678.40	1 152 900.00
TOTAL DE INGRESOS (US \$)	96 177.80	93 126.20	113 452.60	103 603.60	112 321.00	107 083.60	106 417.80	103 366.20	102 580.40	108 792.00	105 700.40	130 678.40	1 283 300.00

Tabla VI.6

LÓCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INGRESOS POR CONSUMO  
(US \$)

AÑO 2

TARIFA MENSUAL (US \$): 42.00

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Nuevos clientes	41	39	47	42	45	42	41	39	38	40	38	48	500
Total clientes	541	580	627	669	714	756	797	836	874	914	952	1000	1000
FACTURACION MENSUAL (US \$)	22 722.00	24 360.00	26 334.00	28 098.00	29 988.00	31 752.00	33 474.00	35 112.00	36 708.00	38 388.00	39 984.00	42 000.00	388 920.00
Precio unitario del equipo vendido (US \$)	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	
TOTAL DE VENTAS DEL EQUIPO (US \$)	94 537.80	89 976.20	108 372.60	96 843.60	103 761.00	96 843.60	94 537.80	89 926.20	87 620.40	92 232.00	87 620.40	110 678.40	1 152 900.00
TOTAL DE INGRESOS (US \$)	117 259.80	114 286.20	134 706.60	124 941.60	133 749.00	128 595.60	128 011.80	125 038.20	124 328.40	130 620.00	127 604.40	152 678.40	1 541 820.00

Tabla VI.7

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INGRESOS POR CONSUMO  
(US \$)

AÑO 3

TARIFA MENSUAL (US \$) : 44.00

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Nuevos clientes	41	39	47	42	45	42	41	39	38	40	38	48	500
Total clientes	1 041	1 080	1 127	1 169	1 214	1 256	1 297	1 336	1 374	1 414	1 452	1 500	1 500
FACTURACIÓN MENSUAL (US \$)	45 804.00	47 520.00	49 588.00	51 436.00	53 416.00	55 264.00	57 068.00	58 784.00	60 456.00	62 216.00	63 888.00	66 000.00	671 440.00
Precio unitario del equipo vendido (US \$)	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	
TOTAL DE VENTAS DEL EQUIPO (US \$)	94 537.80	89 926.20	108 372.60	96 843.60	103 761.00	96 843.60	94 537.80	89 926.20	87 620.40	92 232.00	87 620.40	110 678.40	1' 152 900.00
TOTAL DE INGRESOS (US \$)	140 341.80	137 446.20	157 960.60	148 279.60	157 177.00	152 107.60	151 605.80	148 710.20	148 076.40	154 448.00	151 508.40	176 678.40	1' 824 340.00

Tabla V1.8



LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INGRESOS POR CONSUMO  
(US \$)

AÑO 4

TARIFA MENSUAL (US \$): 46.00

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Nuevos clientes	41	39	47	42	45	42	41	39	38	40	38	48	500
Total clientes	1 541	1 580	1 627	1 669	1 714	1 756	1 797	1 836	1 874	1 914	1 952	2 000	2 000
FACTURACIÓN MENSUAL (US \$)	70 886.00	72 680.00	74 842.00	76 774.00	78 844.00	80 776.00	82 662.00	84 456.00	86 204.00	88 044.00	89 792.00	92 000.00	977 960.00
precio unitario del equipo vendido (US \$)	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	2 305.80	
TOTAL DE VENTAS DEL EQUIPO (US \$)	94 537.80	89 926.20	108 372.60	96 843.60	103 761.00	96 843.60	94 537.80	89 926.20	87 620.40	92 232.00	87 620.40	110 678.40	1' 152 900.00
TOTAL DE INGRESOS (US \$)	165 423.80	162 606.20	183 214.60	173 617.60	182 605.00	177 619.60	177 199.80	174 382.20	173 824.40	180 276.00	177 412.40	202 678.40	2' 130 860.00

Tabla V1.9

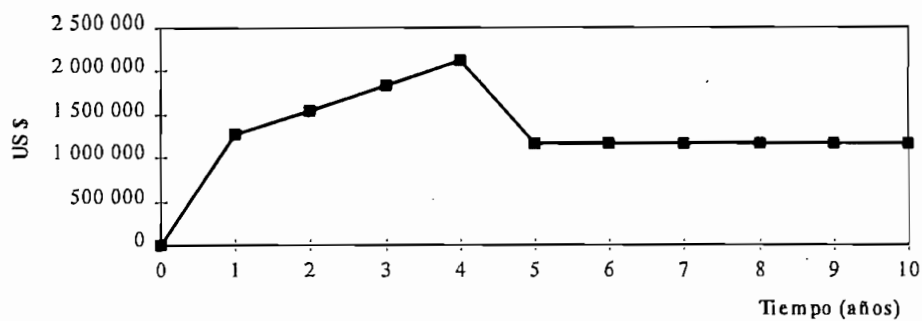
LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

INGRESOS POR CONSUMO  
(US \$)

AÑO 5

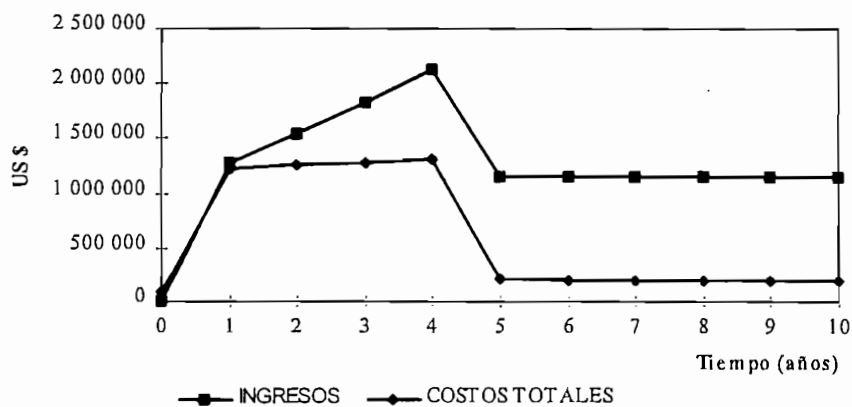
TARIFA MENSUAL (US \$): 48.00

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Nuevos clientes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total clientes	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00
FACTURACIÓN MENSUAL (US \$)	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	1 152 000.00
TOTAL DE INGRESOS (US \$)	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	96 000.00	1 152 000.00

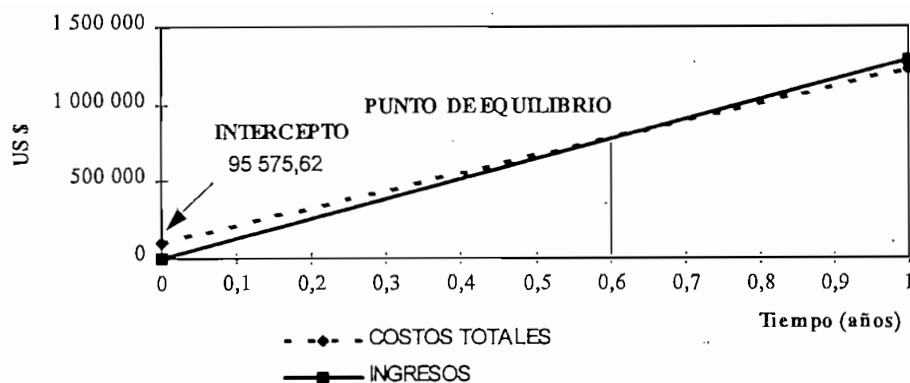


**Figura 6.4: Ingresos**

El punto de equilibrio se determina por la intersección de la curva de los costos totales con la curva de ingresos, y su proyección al eje que representa a las unidades totales vendidas determina el nivel mínimo de equipos que se debe alcanzar para cubrir todos los costos, tal como se puede apreciar en la Figura 6.6.



**Figura 6.5: Costo - Ingreso**



**Figura 6.6: Punto de Equilibrio**

Adicionalmente, se consideran como costos variables aquellos que efectivamente dependen del nivel de ventas de la empresa; es decir, los que se devengan por concepto de la adquisición de los equipos del Teminal Móvil, que posteriormente serán comercializados.

En lo que respecta a la curva de los costos fijos, existen equipos que se adquieren una sola vez al inicio de la operación de la empresa; sin embargo, algunos deben ser adquiridos periódicamente ya sea por reposición o por expansión de la red. El equipo de reposición será amortizado en los años iniciales y no volverá a representar un costo cuando haya sido pagado en su totalidad, mientras que el equipo de expansión representará una inversión adicional, por lo que la función de costos fijos estará representada por una curva de pendiente cero que se traslada en aquellos períodos en los que se haya concluido con el pago de los equipos no renovables, así como en los períodos en los que se efectuen las nuevas inversiones.

Se ha fijado como política de la empresa vender 2 000 equipos del Terminal Móvil hasta finales del cuarto año, puesto que en este período de tiempo se considera que el mercado estaría saturado en el Distrito Metropolitano de Quito. Por lo tanto, a partir de esta fecha no se incurrirá en costo alguno por venta de equipos. En consecuencia los costos totales disminuirán al nivel que estará dado por el pago de los demás rubros que lo componen. En la Tabla VI.11 se presentan las proyecciones de demanda mensual para los vehículos asegurados en el Distrito Metropolitano de Quito, esta información se la ha obtenido realizando un sondeo en las principales aseguradoras de la capital.

## **6.5 DETERMINACIÓN DE PRECIOS**

Generalmente los estudios de mercado proveen la información suficiente para poder establecer un cálculo apropiado de los precios que las empresas han de cobrar por sus productos o servicios. Usualmente se caracterizan por haberse efectuado sobre datos históricos y experiencia previa de otras empresas participantes en el mercado.

Para el presente caso, no se dispone de tal información, puesto que un Sistema de Localización Automática de Vehículos para seguridad será utilizado por primera vez en el Ecuador. Por ello, la determinación del precio no puede efectuarse en base a experiencia previa alguna, es así que, el método aplicado difiere de lo convencional.

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

PROYECCIONES DE DEMANDA MENSUAL DE VEHÍCULOS ASEGURADOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1992	1 670	1 760	2 109	2 008	2 113	2 076	2 398	1 903	1 941	1 971	1 722	2 403
1993	2 175	2 016	2 240	1 983	2 425	1 859	1 778	1 672	1 756	2 163	1 835	2 391
1994	1 721	2 097	2 427	1 985	1 878	2 471	1 828	1 898	1 937	1 980	1 795	2 248
1995	2 343	1 763	2 389	2 236	2 307	1 681	1 864	1 946	1 820	1 697	1 944	2 231
<b>PROMEDIO MENSUAL NACIONAL</b>	1 977	1 909	2 291	2 053	2 181	2 022	1 967	1 855	1 864	1 953	1 824	2 318
<b>PROMEDIO MENSUAL POR ASEGURADORA</b>	66	64	76	68	73	67	66	62	62	65	61	77
<b>PROMEDIO MENSUAL DE VEHÍCULOS CON GPS</b>	41	39	47	42	45	42	41	39	38	40	38	48

Tabla VI.11

Por lo tanto, se ha establecido un precio que considere un margen de ganancia apropiado sobre el costo unitario del equipo del Terminal Móvil adoptando como margen de utilidad el 5 % sobre dicho costo.

## **6.6 DETERMINACIÓN DE TARIFAS**

Su cálculo presenta las mismas dificultades que en el caso anterior, pero su determinación ha sido efectuada de otra manera.

Dada la falta de experiencia histórica de otras empresas en Ecuador para este campo, es imposible determinar una tarifa de mercado para el servicio. Es así que, se procedió a estudiar la situación de otros mercados con servicios similares donde ha existido competencia hace algún tiempo, considerando que este método es el que mejor determina las tarifas en base a las leyes de la oferta y la demanda para ser aplicada en el presente proyecto.

Se ha proyectado un incremento en las tarifas de US \$ 2 por año, en base a los niveles de inflación promedio de los Estados Unidos, equivalente a un promedio del 5%.

## **6.6 UTILIDADES**

La determinación de las utilidades en el flujo de caja está dada por la diferencia

entre los ingresos y los gastos proyectados.

La utilidad obtenida para cada período del análisis, constituye la variable principal ya que permite establecer la conveniencia o no del proyecto.

Para el efecto se utiliza la fórmula de descuentos con interés compuesto, que consiste en la relación entre el resultado del flujo de caja para el descuento, elevado al tiempo  $t$ , correspondiente al respectivo año de análisis, esto es<sup>2</sup>:

$$C = S ( 1 + i )^{-t} \quad (6.2)$$

donde:

$S$  = utilidad proyectada al año  $t$

$C$  = valor actual

$i$  = tasa de descuento

$t$  = tiempo en años

La suma de los valores actuales de las utilidades proyectadas representa la rentabilidad actual consolidada del proyecto y la relación de esta con la inversión actualizada determina la tasa de rentabilidad del capital.

Para determinar el valor actual neto de las utilidades se utiliza una tasa de

---

<sup>2</sup> Lehmann, C., *Álgebra*, p. 402.



descuento que represente el costo de oportunidad promedio en caso de que los inversionistas destinaran sus recursos a otro tipo de inversiones financieras y no en el proyecto. Para el efecto se ha considerado como tasa de descuento una tasa de interés internacional que refleje el promedio de los rendimientos de los activos financieros de los principales mercados del mundo. Es así que se aplicó la tasa LIBOR (Mercado de Londres) correspondiente al segundo trimestre de 1995 y es del 6 %.

Para este proyecto se han descartado otras tasas con las que también se realizan negocios internacionales como son aquellas determinadas por los Bancos Centrales de Alemania y Japón, así como de otras economías importantes, puesto que el nivel de transacciones realizadas con estas tasas está muy por debajo que aquellas efectuadas con la tasa LIBOR.

## **6.8 RESULTADOS**

A efectos de establecer con precisión la conveniencia del proyecto en términos económicos es indispensable realizar un estudio minucioso del comportamiento consolidado de las variables proyectadas a futuro. Para ello se desarrolla un análisis de tendencias, tanto de los costos fijos, variables, como de los totales proyectados a diez años a partir de la fecha de inicio del proyecto. Para este análisis se han agrupado a todas las variables en la Tabla VI.12.

LOCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE VEHÍCULOS

FLUJO DE CAJA  
(en US \$)

TASA DE DESCUENTO (%) 6

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>COSTOS FIJOS</b>											
Gastos administrativos y de personal	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00	56 400.00
Gastos generales de operación	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00	25 200.00
Amortizaciones de equipo permanente	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62	13 975.62
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>	<b>95 575.62</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>											
Gastos generales de operación	0.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00	12 000.00
Incremento de personal	0.00	0.00	16 800.00	33 600.00	50 400.00	50 400.00	50 400.00	50 400.00	50 400.00	50 400.00	50 400.00
Amortización de equipo adquirido anualmente	0.00	19 795.13	33 032.88	46 270.63	52 489.93	46 905.92	40 950.05	29 871.24	29 499.39	29 127.55	29 127.55
Equipo del Terminal Móvil	0.00	1' 098 000.00	1' 098 000.00	1' 098 000.00	1' 098 000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>0.00</b>	<b>1' 129 795.13</b>	<b>1' 159 832.88</b>	<b>1' 189 870.63</b>	<b>1' 212 889.93</b>	<b>109 305.92</b>	<b>103 350.05</b>	<b>92 271.24</b>	<b>91 899.39</b>	<b>91 527.55</b>	<b>91 527.55</b>
<b>TOTAL DE GASTOS E INVERSIONES</b>	<b>95 575.62</b>	<b>1' 225 370.75</b>	<b>1' 255 408.50</b>	<b>1' 285 446.25</b>	<b>1' 308 465.55</b>	<b>204 881.54</b>	<b>198 925.67</b>	<b>187 846.86</b>	<b>187 475.01</b>	<b>187 103.17</b>	<b>187 103.17</b>
<b>INGRESOS</b>											
Ingresos por consumo	0.00	130 400.00	388 920.00	671 440.00	977 960.00	1' 152 000.00	1' 152 000.00	1' 152 000.00	1' 152 000.00	1' 152 000.00	1' 152 000.00
Ingresos por venta de equipos	0.00	1' 152 900.00	1' 152 900.00	1' 152 900.00	1' 152 900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>0.00</b>	<b>1' 283 300.00</b>	<b>1' 541 820.00</b>	<b>1' 824 340.00</b>	<b>2' 130 860.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>	<b>1' 152 000.00</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>0.00</b>	<b>57 929.25</b>	<b>286 411.50</b>	<b>538 893.75</b>	<b>822 394.45</b>	<b>947 118.46</b>	<b>953 074.33</b>	<b>964 533.14</b>	<b>964 524.99</b>	<b>964 896.83</b>	<b>964 896.83</b>
<b>UTILIDAD BRUTA MENUS VALOR AGUAS</b>	<b>0.00</b>	<b>57 929.25</b>	<b>286 411.50</b>	<b>538 893.75</b>	<b>822 394.45</b>	<b>947 118.46</b>	<b>953 074.33</b>	<b>964 533.14</b>	<b>964 524.99</b>	<b>964 896.83</b>	<b>964 896.83</b>

En lo referente a los costos variables, se observa en la Figura 6.2, una pendiente muy marcada entre el punto cero y el punto uno, el que representa el nivel de costos alcanzado durante el primer año de operación, y es cuando se realizan los desembolsos iniciales para la compra del equipo del Terminal Móvil, a niveles que satisfagan la demanda proyectada.

Para el segundo año, la pendiente de los costos variables se reduce considerablemente ya que el incremento de los costos variables esta dado por la variación de la compra del equipo del Terminal Móvil en función de la variación de la demanda proyectada de los mismos ya que existe un saldo inicial que fue cubierto en el momento inicial.

Hasta el cuarto año, la pendiente se mantiene constante puesto que los incrementos de la demanda a satisfacerse son también constantes. Desde el quinto año la política de la empresa determina la venta del servicio a los usuarios que ya hayan convertido en abonados del sistema, ya que en este momento se ha considerado que el mercado estará saturado.

A partir del quinto año los costos variables se limitan a los gastos en personal, gastos generales de operación y amortizaciones de aquellos equipos que han sido adquiridos para satisfacer la demanda del servicio. Por lo tanto, la trayectoria de la curva de costos variables tiene una pendiente negativa muy marcada en el quinto intervalo del

gráfico para luego estabilizarse con una tendencia decreciente mínima por el resto de períodos de análisis.

En cuanto a los costos fijos, en la Figura 6.1, se aprecia un nivel constante a lo largo del período de vida del proyecto, ubicándose alrededor de los US \$100 000 y comprende los gastos administrativos y de personal que no dependen del nivel de producción, gastos generales de operación y las amortizaciones del equipo permanente.

La curva de costos totales, de la Figura 6.3, describe la misma trayectoria que la de costos variables, pero a un nivel más alto, dado por los costos fijos. Es así que el intercepto de la curva es positivo y no cero como en el caso de los costos variables, ya que aún sin existir un nivel de producción en el momento inicial, la empresa ya incurre en costos por la misma incorporación al proceso productivo.

En la Figura 6.4 se aprecia la trayectoria ascendente de la curva de ingresos que, a partir del primer año de operación, manifiesta una pendiente constante determinada por el precio del equipo del Terminal Móvil, que incluye el correspondiente margen de utilidad. Esta tendencia se manifiesta hasta el cuarto año. Posteriormente no se venderán equipos adicionales por la política ya mencionada anteriormente estando los ingresos estarán determinados únicamente por la venta del servicio.

Para la determinación del punto de equilibrio, como se puede apreciar en la

Figura 6.6, donde se interseca la curva de ingresos con la de costos totales. Se han representado ambas funciones durante el primer año de operación del proyecto. Esta situación es necesaria puesto que durante este período se da el corte entre las dos curvas, estableciéndose el nivel de ventas mínimo que se necesita para poder cubrir los costos, así como el momento en el cual se da esta condición.

El punto de equilibrio se alcanza aproximadamente al séptimo mes de operación y corresponde a un nivel de ventas estimado en US \$ 750 000, equivalente a 297 clientes facturados.

Los resultados arrojados por este análisis son muy alentadores ya que es usual que las empresas registren pérdidas durante su primer año de operación, mientras que el presente proyecto alcanza el punto de equilibrio casi en la mitad de su primer año de funcionamiento. Por otra parte, el nivel de ventas requerido para cubrir los costos no es muy alto, lo que demuestra la factibilidad del proyecto como una inversión y garantiza a la vez su rentabilidad.

La estructura de costos y la determinación del punto de equilibrio han demostrado la factibilidad para la instalación de un Sistema de Localización Automática de Vehículos utilizando el Sistema Global de Posicionamiento en el mercado nacional.

# CAPÍTULO VII

## ESTUDIO DE MERCADO

### 7.1 GENERALIDADES

A partir de la década de los 70, el parque automotriz ecuatoriano, empezó a crecer a un ritmo mucho más acelerado que aquel que venía experimentando en años anteriores. Esta situación fue el resultado directo del auge económico que enfrentó el país durante esos años debido al inicio de las exportaciones petroleras, lo que permitió que los niveles de importaciones de vehículos se incrementen, tanto por el exceso de divisas petroleras, como por el creciente poder adquisitivo de la clase media ecuatoriana.

A mediados de la década de los 80, se inicia la industria automotriz nacional, que años antes había surgido con procesos de ensamblaje casi artesanales limitandose a la fabricación de carrocerías metálicas para vehículos de servicio pesado, así como proyectos de construcción en pequeña escala de vehículos livianos, principalmente destinados para propietarios de escasos recursos.

Sin embargo, el excedente de recursos para la producción y el interés particular de ciertos sectores, especialmente las Fuerzas Armadas, determinaron un alto flujo de

capital hacia el sector automotriz nacional con lo que se logró, no solo un incremento de las escalas de producción, sino un notable mejoramiento en la calidad de los productos; además de variedad en los modelos de automotores que empezaron a elaborarse localmente.

En el año de 1986 la industria automotriz de ensamblaje se hallaba concentrada casi exclusivamente en una empresa (AYMESA), pero una política gubernamental que pretendía favorecer a las clases de menores recursos, para que estas puedan acceder a la compra de automotores, permitió nuevas inversiones en el sector, así como el surgimiento de ensambladoras destinadas a la producción de vehículos económicos denominados *carros populares*. De esta manera se logró un notable incremento de la producción automotriz nacional, así como la incorporación de tecnología en el ensamblaje de los automotores.

Desafortunadamente el intento de proporcionar vehículos de bajo costo que sean más accesibles a los estratos medios de la población ecuatoriana no fue conseguido, puesto que dichos automotores terminaron como segundos y hasta terceros vehículos de los hogares pudientes.

Para los años 90, la variedad de autos producidos en Ecuador, así como su calidad se había incrementado considerablemente. El número de ensambladoras nacionales también aumentó, generándose así una competencia en precios y calidad.

Cabe destacar que durante casi toda la década de los 80 y hasta 1992, las importaciones de vehículos estuvieron limitadas por políticas de restricción económica. Esta situación favoreció el auge de la industria automotriz local, pero es a partir de esta fecha que el Gobierno liberó la importación de automotores y redujo los aranceles, originando un nuevo auge en la compra de vehículos del exterior, que sumado a la sólida demanda de automotores nacionales vino a incrementar notablemente el parque automotriz ecuatoriano.

Por otro lado, la concentración de vehículos se manifestó en las dos ciudades más grandes del país, Quito y Guayaquil, las que a la fecha abarcan las 2/3 partes del parque automotriz nacional. Así mismo, la edad promedio de los vehículos ha venido disminuyendo paulatinamente y actualmente esta no sobrepasa los 7 años.

Los años 80 también representaron una época difícil para la economía nacional, situación que se vio reflejada en un incremento de la pobreza incidiendo directamente en la proliferación de la delincuencia.

El sector automotriz no fue la excepción al ser uno de los principales objetivos de los delincuentes, quienes aprovechándose de la relativa facilidad de comercialización de partes y repuestos, así como de automóviles completos, desarrollaron una industria del delito, alcanzando cifras alarmantes que han ido incrementándose con los años llegando a niveles de hasta 3 a 5 vehículos sustraídos por día, según estadísticas de la



Policía Nacional para el año de 1994<sup>1</sup>.

Es así que las pérdidas económicas ocasionadas a los propietarios de los vehículos, han sido cada vez mayores, por lo que estos han recurrido a diversos mecanismos de seguridad. Uno de los principales recursos ha consistido en la compra de seguros contra robo de vehículos, así como también sofisticadas alarmas y artefactos de bloqueo.

La creciente demanda de seguros contra robos ha permitido que las empresas aseguradoras diseñen diversas alternativas y productos, como pólizas, para ajustarse a todo tipo de necesidad. Pero las crecientes pérdidas por resitución del valor de los vehículos robados y no recuperados han encarecido los costos de las pólizas, primas y franquicias ya que el riesgo de no recuperar los vehículos robados ha ido en aumento.

Debido al creciente número de autos robados dentro de las principales ciudades en nuestro país, las compañías aseguradoras representan el mercado potencial para un Sistema de Localización Automática de Vehículos. Por lo tanto el sistema diseñado actualmente constituye la mejor alternativa para suplir esta deficiencia ya que se trata de un proyecto confiable, flexible y exacto.

---

<sup>1</sup> *El Comercio*, Domingo 24 de Mayo de 1994, A-2.

## 7.2 ESTUDIO DE DEMANDA

Para desarrollar un estudio de mercado que permita establecer los parámetros bajo los cuales se desenvolverá la empresa, es necesario realizar un estudio de demanda el que básicamente consiste en la elaboración de un esquema que permita generar proyecciones de los niveles de demanda a los que pueda verse enfrentada la empresa, bajo supuestos determinados. De este modo, es posible generar la serie proyectada de las ventas futuras para determinar la factibilidad del proyecto.

La importancia, tanto de un estudio de demanda como de un estudio de mercado, está en la determinación del tipo y número de abonados potenciales que una empresa pueda tener, proyectados en el tiempo estimado de vida útil del proyecto. Por este motivo, generalmente, un estudio de mercado se lo realiza en forma previa o paralela a un estudio de costos con el fin de establecer la conveniencia del proyecto.

Usualmente, los estudios de demanda para la instalación de nuevas empresas en mercados ya existentes, se fundamentan sobre datos recopilados del funcionamiento de dichos mercados. Es así que se elaboran encuestas tendientes a determinar los niveles de demanda de los productos y/o servicios ofrecidos así como su calidad y el nivel de satisfacción de los compradores. También se establecen los supuestos del crecimiento anual de la demanda, generalmente tomando datos e información sobre las variables demográficas.

Por último, se estudia la factibilidad de los proyectos comparando sus niveles de producción; es decir, la oferta, con los niveles de demanda ya analizados, para llegar a los niveles de equilibrio donde también se consideran los precios que permitan a las nuevas empresas competir en los mercados. Luego de este análisis se puede generar las proyecciones de ingresos y gastos que conforman el estudio de costos.

Para el presente proyecto, no es posible desarrollar un estudio de mercado ni de demanda de la manera usual, puesto que se trata de un nuevo producto y servicio que se introduce en el país sin antecedentes de la existencia de empresas que oferten lo mismo o productos y/o servicios similares. Es necesario indicar que existe un sistema de localización para el área urbana de la ciudad de Guayaquil, empresa que opera de manera similar en cuanto a su prestación de servicio, pero técnicamente muy distinto y con una cobertura muy limitada, por lo que no puede considerarse como un parámetro válido para realizar una comparación con una operadora ya existente.

Es así que el presente estudio de demanda se ha desarrollado de una manera fuera de lo convencional. Primeramente, se analizó la posibilidad de elaborar encuestas de sondeo, pero dada la inexistencia del mercado no es posible aplicar este método. Por otra parte, debido a que se trata de un sistema innovador, se ha supuesto un lógico desconocimiento del mismo por parte de la colectividad, por lo que una encuesta dirigida a determinar la voluntad de las personas en cuanto a la adquisición del servicio no produciría resultados válidos para un estudio de demanda confiable.

En vista de estas dificultades se ha desarrollado el estudio de demanda en base a las necesidades potenciales a las que se verían enfrentados los propietarios de automotores. El principal elemento tomado en cuenta consiste en el servicio de protección alternativo y existente en el Ecuador desde hace ya mucho tiempo: los seguros contra robo de vehículos.

Se ha considerado como supuesto básico: la demanda a la que se enfrentará el proyecto se comportará de manera similar a aquella de las aseguradoras privadas. Se ha partido de este punto, entendiendo que la Localización Automática de Vehículos brinda similares y hasta mejores características que un seguro convencional, sin apartarse de su accesibilidad económica.

También se ha considerado que el Sistema de Localización Automática de Vehículos puede convertirse en un sustituto de los seguros convencionales, previa una etapa en que las mismas aseguradoras lo puedan exigir, como complemento a los productos que ellas venden, ya que este sistema minimiza su riesgo de no recuperación de los vehículos sustraídos.

### **7.3 PROYECCIÓN DE DEMANDA**

Según datos proporcionados por el Departamento de Indicadores Financieros del Banco Central del Ecuador, la tasa de incremento mensual de vehículos asegurados en

el Distrito Metropolitano de Quito es de 2 000, existiendo alrededor de 33 aseguradoras.

Para construir la serie de demanda proyectada para los 10 años de operación del proyecto, se ha procedido a realizar una estimación basada en una serie histórica, a partir del mes de Enero de 1992 hasta Julio de 1995. Es así que para Enero de 1992, se registró un nivel de 1 670 automóviles asegurados por las 33 empresas, registrando un promedio de 6 automóviles diarios por cada una.

Los cálculos y estimaciones para el Estudio de Demanda se han desarrollado en base a una sola aseguradora que solicita los servicios de Localización Automática para un promedio anual de 809 vehículos, que representa la trigésimo tercera parte de los automotores asegurados en un año, suponiendo que cada una de estas abarca porciones iguales de mercado.

Este supuesto es coherente, ya que al existir grandes y pequeñas empresas aseguradoras, el valor medio de la prima es superior al pago de la suscripción anual por el servicio de Localización Automática de Vehículos. Es así que este sistema viene a ser en una primera instancia, un complemento de los seguros convencionales, y luego un sustituto, ya que el nivel de demanda al que se puede acceder es consistente con el de las aseguradoras medianas.

Puesto que se parte de un análisis conservador, se ha considerado solamente un

# VEHÍCULOS ASEGURADOS EN 1992

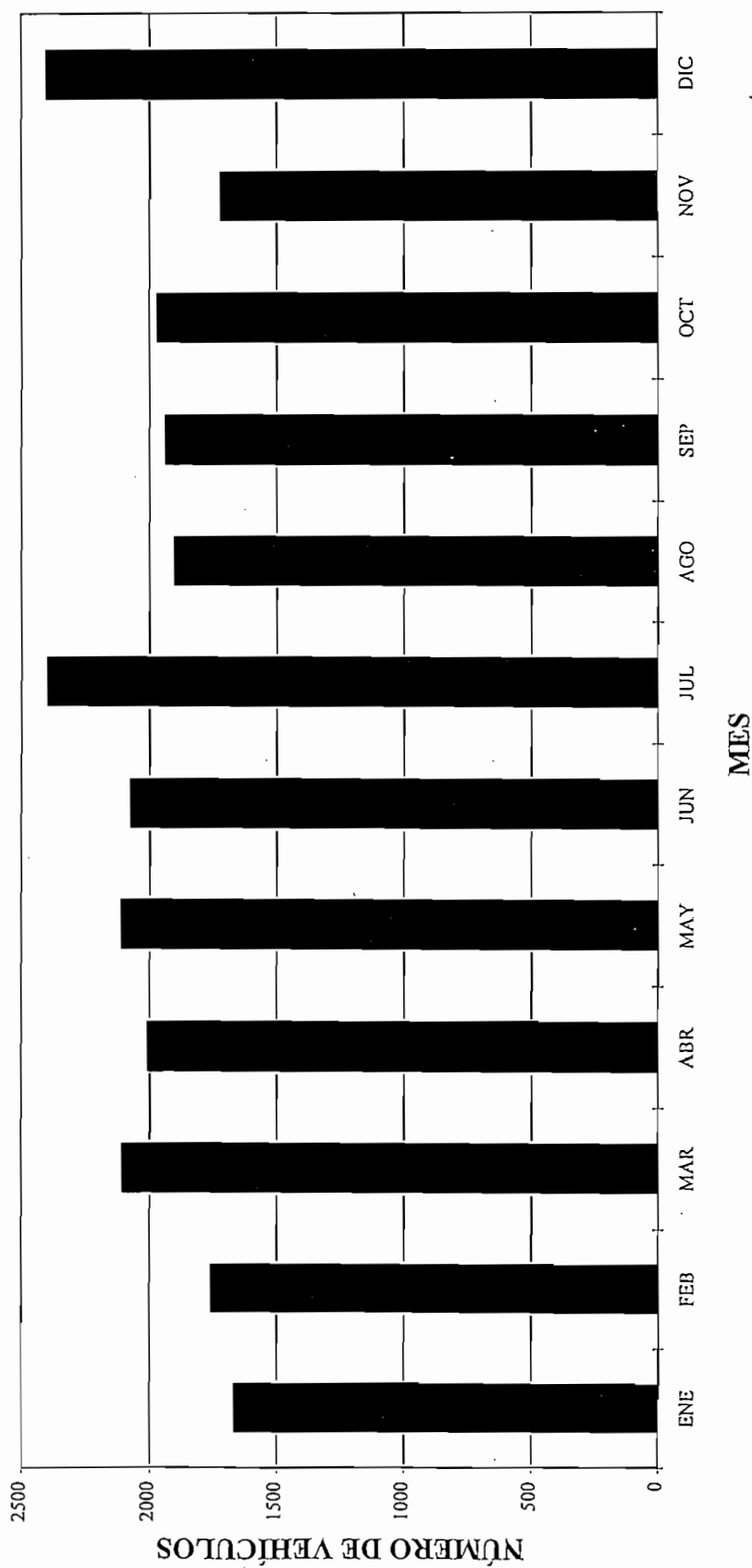


Figura 7.1

# VEHÍCULOS ASEGURADOS EN 1993

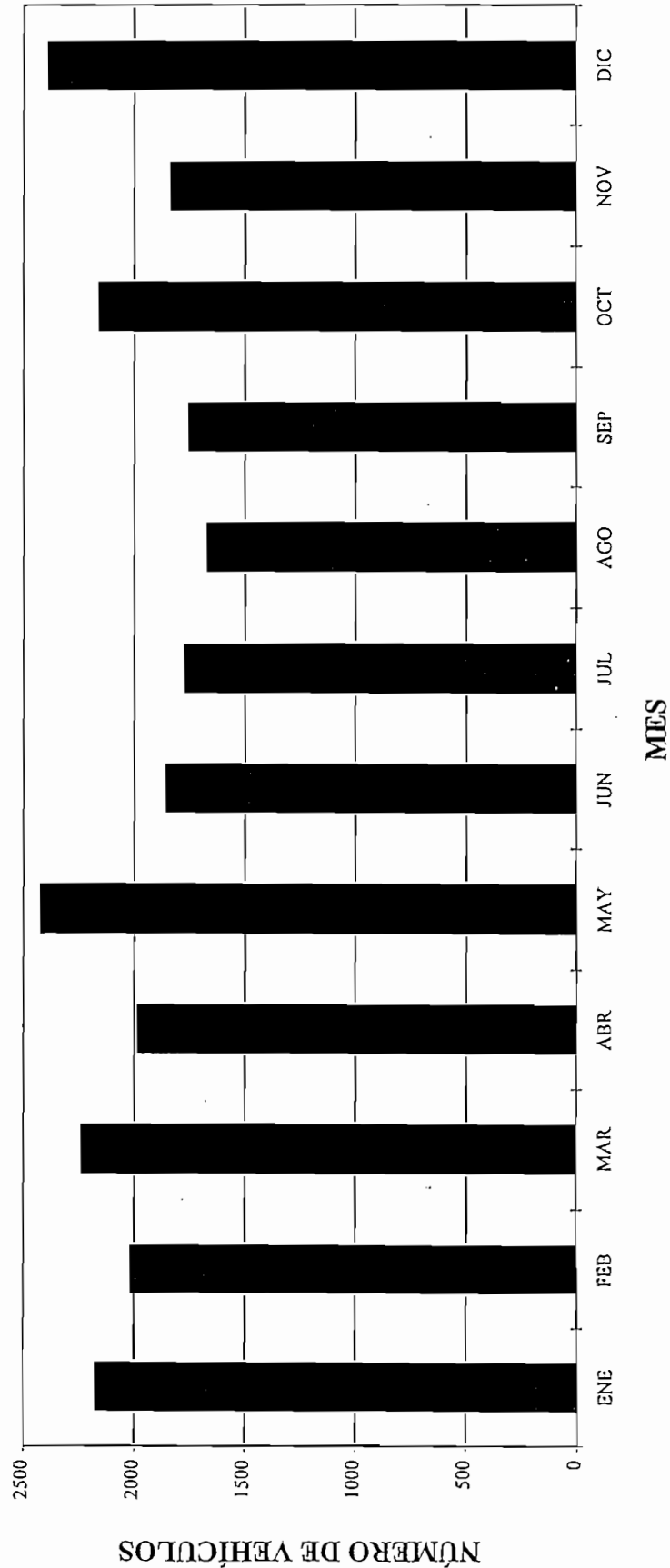


Figura 7.2

# VEHÍCULOS ASEGURADOS EN 1994

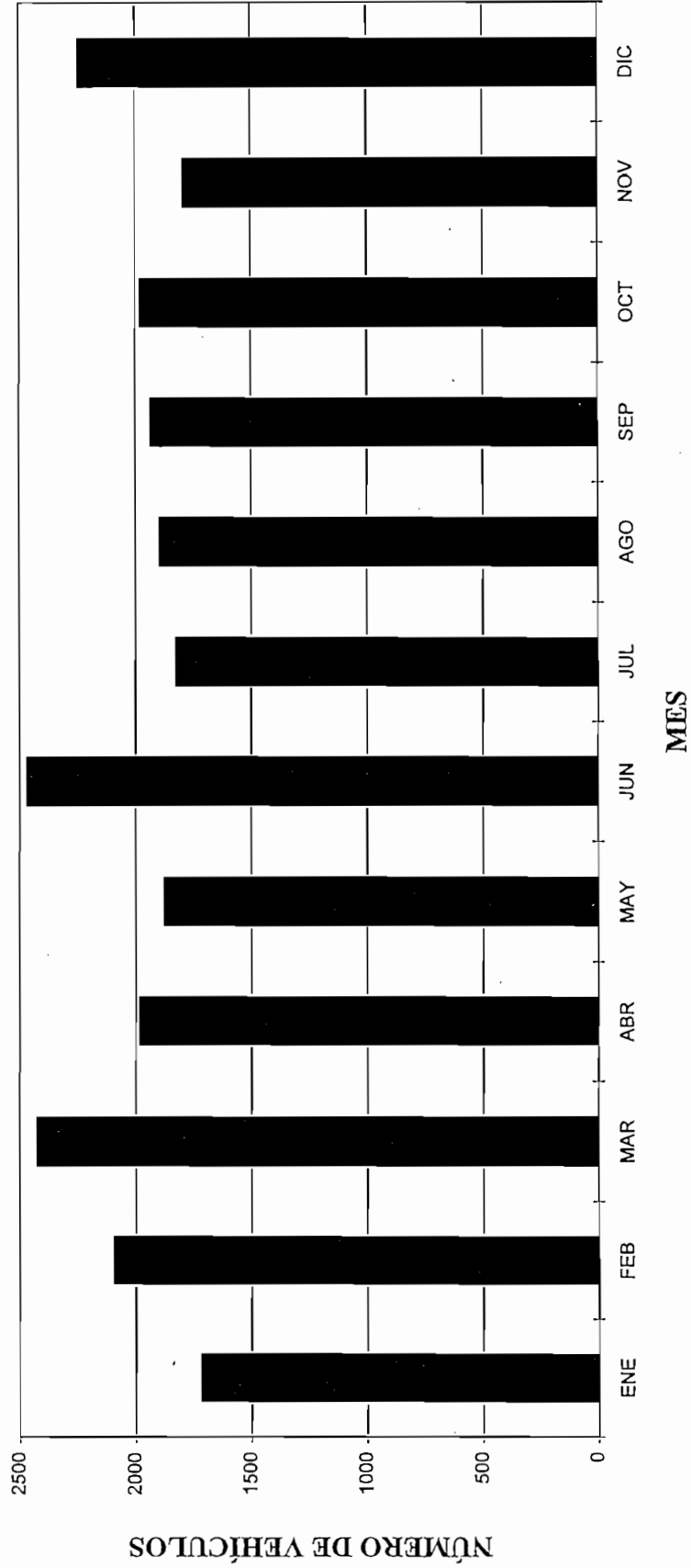


Figura 7.3



# VEHÍCULOS ASEGURADOS EN 1995

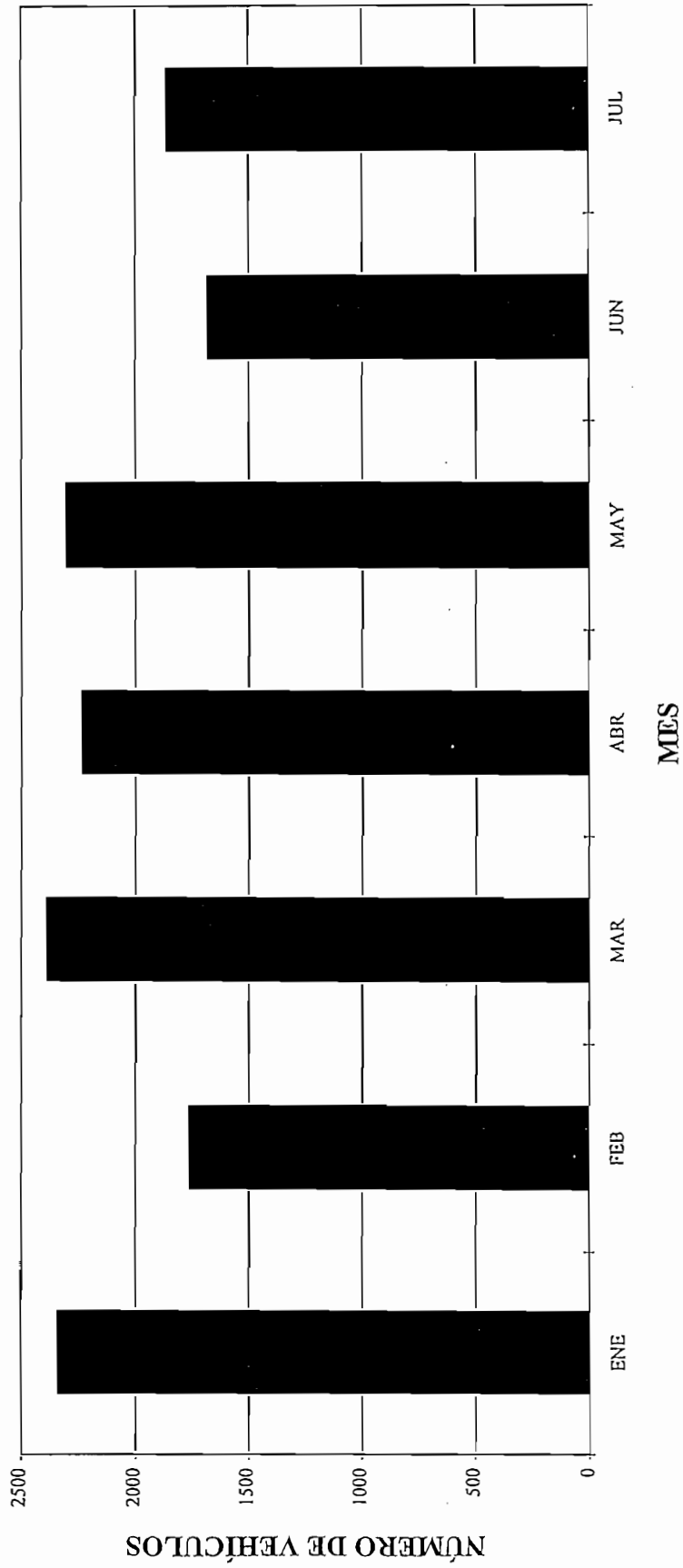


Figura 7.4

incremento anual de 500 abonados, con lo cual se desarrolló una estimación del nivel de demanda durante los próximos 10 años con intervalos mensuales.

Tal como se mencionó en el apartado anterior como un mercado potencial del sistema representan 809 vehículos anualmente; sin embargo, es necesario reducir este número a una cantidad que esté de acuerdo con el dimensionamiento técnico.

Se establece un máximo de 250 usuarios por canal de transmisión, tal como se desprende del análisis realizado en el Capítulo VI. Por lo tanto se ha fijado una demanda anual de 500 usuarios, lo que implicaría la inversión del equipo necesario para operar, utilizando dos canales de transmisión.

Una compañía aseguradora será la encargada de comercializar al público los equipos como parte del costo de la prima; mientras que la empresa operadora se dedicará específicamente de la instalación, control y mantenimiento del sistema, así como de fijar las tarifas de consumo mensual que por el uso del mismo se establezcan.

### **7.3.1 Planteamiento del Modelo Económico a Utilizarse**

Como se expuso en el capítulo anterior el Sistema de Localización Automática es un proyecto nuevo en el país, por lo que ajustar éste a un modelo económico predeterminado es imposible. Se establecen criterios prácticos para estimar la demanda

basándose en el incremento del parque automotriz.

Los valores que se utilizarán en las proyecciones de demanda futura del sistema, se determinaron por medio de un modelo econométrico. Para el efecto se procedió a elaborar las series históricas de vehículos asegurados en el Ecuador desde Enero de 1992, hasta la fecha de realización de este proyecto, aplicando una regresión lineal sobre las series históricas. En las siguientes curvas se pueden apreciar estos valores.

### 7.3.2 Características del Modelo Econométrico

El modelo de regresión lineal simple, o de mínimos cuadrados ordinarios, consiste en la generación de una función lineal que se ajuste al diagrama de puntos de las series históricas minimizando la distancia entre estos y la recta estimada.

Para efectos de cálculo, se utilizó un sistema de matrices, representado por la siguiente ecuación<sup>2</sup>:

$$\beta = (X' X)^{-1} (X' Y) \quad (7.1)$$

donde:

$\beta$  = vector de estimadores

---

<sup>2</sup> Johnston, J., *Econometric Methods*, p. 104.

$X$  = vector de variables independientes observadas

$Y$  = vector de variables dependientes observadas

## 7.4 CURVA DE DEMANDA

Los estudios de mercado usualmente introducen el desarrollo de una curva de demanda del producto. Para esto se deben establecer los distintos niveles de equilibrio entre precios y cantidades demandadas, los mismos que son determinados por la participación de las empresas ya existentes.

Es necesario determinar este equilibrio para establecer los requerimientos de la empresa en cuanto al nivel de precios al que se verá enfrentada si quiere competir satisfactoriamente.

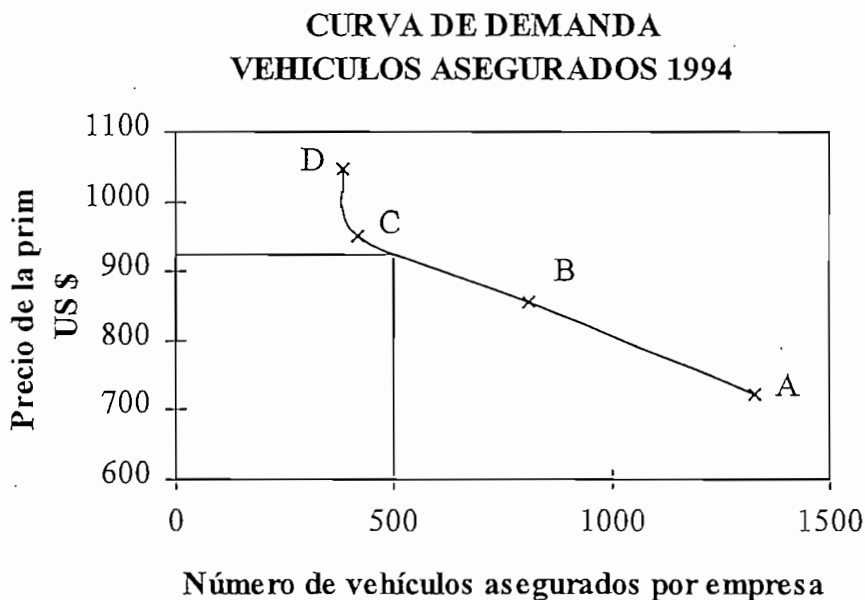
Para el efecto se utiliza información estadística de los niveles de ventas de las empresas participantes en el mercado y sus respectivos precios durante un período de tiempo que se determina en función de la clase de producto, servicio o de las necesidades del análisis del estudio de mercado.

Sin embargo el presente proyecto tiene la particularidad de iniciar un servicio que anteriormente no existía en Ecuador, por lo que no se puede disponer de información sobre ventas y precios. Es así que para la construcción de la curva de

demanda se ha tomado información de las aseguradoras privadas ya que la venta de sus pólizas que cubren robos de vehículos representa un servicio de características similares.

#### 7.4.1 Construcción de la Curva de Demanda

Para la construcción de la curva de demanda se consideró cuatro empresas aseguradoras: una grande, una mediana y dos pequeñas. La primera (A) registró 1 327 vehículos asegurados durante 1994 y el valor de la prima aplicado por esta empresa fue del 3.8 % del avalúo del mismo; la segunda (B), aseguró 810 vehiculos en el mismo período y su prima fue de 4.5 %; la tercera (C) alcanzó un nivel de 415 vehículos asegurados con una prima de 5.0 %; y, la última (D), aseguró 384 vehículos con un 5.5 % de su valor como prima.



Para la elaboración de la curva de demanda las cantidades demandadas se representan en el eje de las abscisas, mientras que los precios en el de las ordenadas, pero como valores nominales en US dólares y no como porcentajes.

Como resultado se construyó la curva de demanda para las aseguradoras privadas en el año de 1994, siendo este el parámetro a utilizarse para comparar el precio de equilibrio que alcanzaría una aseguradora que otorgue el servicio a un número igual de vehículos por año al que pretende alcanzar el Sistema de Localización.

#### **7.4.2 Resultados Exclusivos de Demanda**

La curva de demanda obtenida está representada por una pendiente negativa, que refleja la relación inversa entre cantidad y precio.

Se observa que desde el punto C hasta el punto A la pendiente es casi constante, demostrando la coherencia de los datos y de la curva.

El objetivo de construir esta curva está en establecer el precio de equilibrio para un nivel de vehículos asegurados igual al que se pretende cubrir con el sistema de Localización Automática de Vehículos y se ha establecido que para los 500 vehículos asegurados corresponde un precio de la prima de US \$ 930 para cada año. Este resultado confirma la factibilidad del presente proyecto puesto que cada equipo en el Terminal

Móvil con receptor GPS costará al usuario/aseguradora US \$ 2 305.80 que los pagará por una sola vez, mientras que el servicio tendrá un costo anual que oscila en los US \$ 500. Al amortizar estos costos, en cinco años se alcanzará un valor anual de US \$ 961, cantidad muy similar a la de un seguro convencional.

## CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el proyecto demuestran que sí es factible la instalación de un Sistema de Localización Automática de Vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito utilizando el Sistema Global de Posicionamiento GPS.
- El área de aplicación apropiada para un Sistema de Localización Automática de Vehículos en nuestro medio, está conformada en su mayoría por las compañías aseguradoras, debido al volumen de clientes anuales. De estos, más del 50% reportan daños y pérdidas totales en sus autos por robo representando a los clientes potenciales del sistema.
- La Empresa Operadora está en capacidad de percibir utilidades desde el primer año de operación, con un mercado reducido a dos mil usuarios en el Distrito Metropolitano de Quito. La capacidad de abonados se ve limitada por la existencia de vehículos de lujo considerados como el principal mercado, así como el posible surgimiento de empresas dedicadas a brindar el mismo servicio.
- Las cantidades consideradas para el estudio de demanda son conservadoras en



comparación con estudios realizados para servicios nuevos, sin embargo los resultados obtenidos en el flujo de caja arrojan cifras positivas para todo el período estimado de operación de la empresa.

- Para el cálculo de radioenlaces existen varios métodos, cada uno con distintas consideraciones, pero ninguno tiene una buena aproximación a la realidad. Los resultados así obtenidos dan una idea general de la cobertura, confiabilidad y niveles de señal del sistema dentro de ciertos rangos de aproximación, por lo que es importante que en el momento de la instalación el Ingeniero considere estos márgenes.
  
- El Sistema Universal de posicionamiento permite unificar mundialmente las distintas referencias geoidales con el fin de establecer un único punto hacia el cual referir los análisis geodésicos, topográficos, astronómicos, etc.

## RECOMENDACIONES

- En el mercado nacional, específicamente en el área de ingeniería existe una deficiencia de un método para el cálculo de enlaces de propagación y predicción de áreas de cobertura para sistemas de comunicación analógicos y digitales.
- La Superintendencia de Telecomunicaciones, organismo regulador en nuestro país, establece ciertas normas para la concesión de frecuencias, las cuales varían con el sistema solicitado. Sin embargo, el método de cálculo para cada uno de estos depende del criterio del Ingeniero encargado del diseño. Por lo tanto sería conveniente establecer una norma general que abarque a todos los sistemas de comunicación.
- Alrededor del Sistema Global de Posicionamiento GPS se pueden desarrollar varias aplicaciones como levantamientos topográficos, medición de áreas de cobertura en sistemas celulares, optimización de rutas en la aviación, etc. por lo que este trabajo pretende establecer una base para estudios futuros en una o varias de estas áreas.
- El analizar una tecnología que originalmente fue concebida para uso estrictamente militar presenta ciertas limitaciones, dependiendo del grado de

profundidad que se pretenda dar al estudio.

- El estudio del posicionamiento electrónico es una ciencia que involucra conocimientos no solo de Ingeniería sino de Astronomía, Geodesia y Geofísica. Se sugiere que otras facultades desarrollen proyectos en base del Sistema Global de Posicionamiento GPS, ya que el campo de aplicación de este solo se ve limitado por la imaginación .
- Inicialmente el Sistema de Localización fue concebido para comunicación sobre canales de radio convencionales. Actualmente con el desarrollo de la telefonía celular en nuestro país se pretende establecer transmisión de datos á través de la red celular con la tecnología CDPD (Cellular Digital Package Data), por lo que se propone un análisis de factibilidad para estudiar la ampliación de este sistema sobre nuevas vías de comunicación móvil.
- Desarrollar en la Facultad de Sistemas el protocolo que permita el manejo de la transmisión el mensaje AVL y además el interfaz adecuado para el trabajo con una base de datos específica, teniendo como característica un tiempo de respuesta óptimo para que el manejo y procesamiento de estos sean transparentes al usuario.
- Dentro de la Facultad de sistemas desarrollar un sistema de información gráfica

GIS, que permita visualizar la distribución geográfica y topográfica de la ciudad adaptable a la tecnología y recursos disponibles en nuestro país.

- Diseñar, dentro de proyectos futuros, una red de GPS Diferencial en nuestro medio con el fin de mejorar la exactitud en la región.
  
- Diseñar sistemas electrónicos alternativos que permitan compensar las pérdidas de la señal GPS debido a obstrucción de edificios, vegetación y zonas urbanas densas. En este sentido se intenta aprovechar el mismo mensaje GPS transmitido por los satélites y retransmitirlo, por medio de un repetidor, reforzando la señal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Antenna Systems, *1993 Professional Communications Catalog No. 40*, Cleveland, 1993.
2. Ares, R., *Redes y Servicios Digitales*, Recopilación de Documentos-1992.
3. ARINC Research Corporation, *GPS Navstar User's Overview*, ARINC Research Corporation, Los Angeles, 1991.
4. ARINC Research Corporation, *Interface Control Document GPS (200)*, ARINC Research Corporation, Fountain Valley, 1992.
5. Ayres, F., *Matemáticas Financieras*, McGraw-Hill, México, 1990, p. 97.
6. Bagley, L., *NAVSTAR GPS Space Segment/Navigation User Interfaces*, ARINC Research Corporation, Fountain Valley, 1991.
7. Barnes, G., *Radio Resource Magazine*, "Understanding Spread Spectrum", Quarter 2, Vol.8, Num.2, p. 26-31.

8. Belove, Ch., *Enciclopedia de la Electrónica. Ingeniería Técnica*, Tomo VII, Cap.54, "Navegación por Satélite", Ed. John Painter, p.1793.
9. Berruti, J., *Curso de Sistemas de Telefonía Móvil Celular*, Incaitel, Quito, 1993.
10. Blitzkow, D., *Posicionamento por Satélite. NAVSTAR/GPS*, Universidad de São Paulo, São Paulo, 1993.
11. CYLINK, *Radio Products Training Manual*, Cylink Corporation, Sunnyvale, 1990.
12. Decibel, *Decibel Products Catalog 23*, Catalog Number 23, Dallas, 1993.
13. Egas, C., *Teoría de Información y Codificación*, EPN, Quito, 1992.
14. Fink, D. & Christiansen, D., *Electronics Engineers' Handbook*, 3th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1989.
15. Fitzgibbon, K. & Walter, F., *Atividades de P&D EnCNS No ITA*, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Paulo, 1994.
16. Fitzgibbon, K. & Walter, F., *Position Measurements Near A Power Transmission*

*Line*, Instituto de Aeronáutica, São Paulo, 1994.

17. Fitzgibbon, K. & Walter, F., *Pesquisa Em Comunicação, Navegação e Vigilância No ITA*, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Paulo, 1994.
18. Fitzgibbon, K. & Walter, F., *The Brazilian ADS And DGPS Trials*, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Paulo, 1994.
19. Getting, I., *IEEE Spectrum*, "The Global Positioning System", December 1993, p.36-47.
20. *GNSS Sensor*. ARINC Characteristic 743A-1, Aeronautical Radio Inc., Maryland, 1993.
21. Goldberg, R., *Mecânica Popular*, "Guía Por Computadora", Ed. Perú-Ecuador, Vol. 46-5, Mayo, 1994, p.58-59.
22. *GPS Instruction Manual*, ICOM, Osaka, 1993.
23. Gupta, S., *Institute of Navigation*, "Test and Evaluation Procedures for the GPS User Equipment", ION, Alexandria, 1980, p.119-124.

24. Ha, T., *Digital Satellite Communications*, 2th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1990.
25. Hayt, W., *Engineering Electromagnetics*, 5th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1989.
26. Hidalgo, P., *Comunicación Digital*, EPN, Quito, 1993.
27. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, & Collins, J., *Global Positioning System Theory and Practice*, 2th. Ed., Springer-Verlang Wien, New York, 1993.
28. Hoversten, P. & Sharn, L., *USA Today*, "Using Satellites To Find Your Way", Monday, May 24, 1993.
29. *Informes del CCIR, 1990*, Anexo al Volumen V, "Propagación en Medios No Ionizados", Ginebra, 1990.
30. *Informes del CCIR, 1990*, Anexo al Volumen VI, "Propagación en Medios Ionizados", Ginebra, 1990.
31. *Informes del CCIR, 1990*, Anexo 1 al Volumen VIII, "Servicio Móvil Terrestre, Servicio de aficionados, Servicio de aficionados por Satélite", Ginebra, 1990.



32. *Informes del CCIR, 1990*, Anexo 3 al Volumen VIII, "Servicios Móviles por Satélite (Aeronáutico, Terrestre, Marítimo, Móvil) y Radiodeterminación", Ginebra, 1990.
33. Japan International Cooperation Agency & Nippon Telegraph and Telephone Corporation, *Radiocomunicaciones en las bandas de VHF y UHF*.
34. Johnson, R., *Antenna Engineering Handbook*, 3th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1993.
35. Johnston, J., *Econometric Methods*, 3th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1984.
36. Jorgensen, P.S., *Navstar/Global Positioning System*, ION, p. 1 - 12.
37. Kolman, B., *Álgebra Lineal*, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá, 1981, p.29 - 32, 76 - 81.
38. Kraus, J., *Antennas*, 2th. Ed., McGraw-Hill, New York, 1988.
39. Langley, R., *GPS World*, "The GPS Receiver: An Introduction", January 1991, p.31-37.

40. Langley, R., *GPS World*, "The Mathematics of GPS", July/August 1991, p.22-30.
41. Langley, R., *GPS World*, "The GPS Observables", April 1993, p.52-59.
42. Lee, W., *Mobile Cellular Telecommunications Systems*, McGraw-Hill, New York, 1989.
43. Lehmann, C., *Álgebra*, Cap. 17, "Interés y Anualidades", Ed. Limusa, Bogotá, 1980, p. 399 - 414.
44. Mannes, G., *Mecánica Popular*, "Localítese Usted Mismo", Ed. Perú-Ecuador, Vol.47-5, p.60-74.
45. Martin, E., *Institute of Navigation*, "GPS User equipment Error Models", ION, Alexandria, 1980, p.109-118.
46. Noe, P. S., *A Navigation Algorithm for the Low - Cost GPS Receiver*, ION, p. 166 - 172.
47. Paige, E., *Global Positioning System. Standard Positioning Service. Signal Specification*, Secretary of Defense, Washington, 1993.

48. Rothblatt, M., *Satellite Communications*, "Talking Stars and Talking Cars", June 1990, p.12-20.
49. SIDNAP, *SIDNAP Electronic Parts & Components*, Catalog Number 14, Lachine, 1994.
50. Steen, R., *Mobile Radio Technology*, "GPS-Based Vehicle Location Boosts Productivity & Safety", August 1993, p.10-22.
51. Steen, R., *Cellular & Mobile International*, "Automatic Vehicle Location", November/December 1993, p.30-33.
52. Soad, C., Sims, M. & Young, L., *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, "A Comparison Of Four Precise Global Positioning System Geodetic Receivers", Vol.GE-23, No.4, July 1985, p.458-466.
53. Spilker, J., *Institute of Navigation*, "GPS Signal Structure and Performance Characteristics", ION, Alexandria, 1980, p. 29-54.
54. Taylor, Ch., *Cellular & Mobile International*, "Data Communications On A Vehicle-Locating", November / December 1993, p.40-45.

55. Tierra, A., *Sistema Navstar*, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, 1995.
56. Van Dierendonck, A., Russell, S., Kopske, E., & Birnbaum, M., *Institute Of Navigation*, "The GPS Navigation Message", ION, Alexandria, 1980, p.55 - 80.
57. Wells, D., *Guide to GPS Positioning*, 2th. Print, Canadian GPS Associates, Toronto, May 1987.
58. White, J., *Satellite Communications*, "GPS In The Driver's Seat", Sept. 1993, p.2A-7A.
59. William, S., *Data and Computer Communications*, 4th. Ed., Mamillan Publishing Company, New York, 1994.
60. Yamane, T., *Estadística*, 3ra. Ed., Harla, Buenos Aires, 1974.

**ANEXO A**

**INFORME 904-2**

**CCIR**

## INFORME 904-2

LOCALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN AUTOMÁTICAS DE VEHÍCULOS  
EN EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE

(Cuestión 51/8)

(1982-1986-1990)

## 1. Resumen

En un sistema de Localización Automática de Vehículos (LAV), la posición de un móvil de la flota queda automáticamente determinada cuando éste se desplaza dentro de una determinada zona geográfica.

Un sistema de LAV comprende el subsistema de localización, el subsistema de transmisión de datos y el subsistema de control y manipulación de datos. En los sistemas de despacho (que incluyen servicios de policía, bomberos, transportes públicos, taxis, etc.) un gran porcentaje de las comunicaciones de tipo telefónico transmitidas por los canales radioeléctricos del servicio móvil está compuesto por información de rutina, la mayor parte de la cual se refiere a la posición de los vehículos.

Las técnicas de LAV que pueden satisfacer las necesidades operacionales de los usuarios del servicio móvil terrestre, pueden clasificarse en cinco categorías principales, a saber, determinación de posición por proximidad, por estimación, hiperbólica, por satélite y combinaciones de dos o más de dichas técnicas, cada una con sus ventajas e inconvenientes. La selección de la técnica más eficaz depende del tipo de usuario y de las aplicaciones [Hansen, 1977].

En los últimos años, se han introducido sistemas especializados de LAV en el servicio móvil terrestre, en muchos países. Estos sistemas, conjuntamente con los satélites de radiodeterminación que deben estar plenamente desplegados en los años 90, y los sistemas de navegación actualmente operacionales, proporcionarán una amplia gama de sistemas a disposición del usuario. Recientemente ha entrado en explotación en el Reino Unido un sistema de LAV y de la determinación de la posición en el Reino Unido. En el Anexo I se presentan los resultados de las pruebas realizadas con este sistema.

En los Anexos II y III se describen respectivamente los sistemas de LAV operacionales en Japón y en Australia.

Junto con el desarrollo de sistemas de LAV, se han realizado numerosas investigaciones y se han elaborado proyectos sobre navegación y orientación de vehículos. El funcionamiento de estos sistemas está basado en las técnicas utilizadas en los sistemas de LAV, pero la diferencia significativa radica en que en los sistemas de navegación y orientación, los usuarios reciben indicación sobre cómo dirigirse al destino elegido. Los sistemas de navegación y orientación de vehículos han sido estudiados en numerosos países. Se han iniciado proyectos de colaboración europeos tales como el "Drive and Prometheus". En el Anexo IV se presenta una descripción de estos sistemas.

## 2. Introducción

En los últimos años, la policía y las empresas de transporte público de todo el mundo han adquirido conciencia de las ventajas que podrían derivarse del conocimiento de la posición de los vehículos. Algunas empresas de Europa, Japón y América del Norte han instalado ya sistemas de LAV.

El constante aumento de costos en los sistemas de despacho del servicio móvil terrestre, resultante del aumento global de los costos de explotación y mantenimiento, y la creciente demanda de mejores servicios, hacen más importante la necesidad de reducir los costos.

Uno de los elementos más críticos de los servicios de despacho es el conocimiento de la posición precisa actual de cada vehículo de la flota en servicio.

Un sistema de LAV dotado de equipo de reducción de datos, puede proporcionar la información necesaria para controlar y ajustar la explotación de una flota de vehículos en servicio en tiempo real, lo que conduce a una utilización más eficaz y productiva del personal y del equipo.

## 3. Consideraciones operacionales

No hay ningún órgano competente para definir los requisitos operacionales de las muy diversas clases de utilización de la LAV. Los siguientes requisitos generales fueron formulados por usuarios potenciales.

### 3.1 Precisión de posición

De 100 a 200 m en el caso de muchos servicios. Algunos exigen una precisión de 10 m; para otros (por ejemplo los sistemas de despacho del transporte en grandes zonas) bastan precisiones cercanas a 1 km.

### 3.2 Frecuencia de actualización

Idealmente, una vez por minuto, aproximadamente, en aquellos vehículos que es necesario desplegar rápidamente en zonas limitadas (por ejemplo, policía, bomberos, ambulancias), pero menos frecuentemente para las operaciones de despacho en zonas más grandes o rutas definidas.

En la práctica los intervalos de actualización que pueden conseguirse pueden estar gobernados por el ritmo al que se presentan a cada vehículo las elecciones de ruta. Estos ritmos son proporcionales a la aparición de intersecciones en la zona de recorrido y a la velocidad del vehículo.

### 3.3 Zona de cobertura

En muchos sistemas (por ejemplo, servicios de policía, bomberos, ambulancias, autobuses de pasajeros, taxis) son comunes las zonas operacionales de hasta 100 km × 100 km. Algunas operaciones se limitan a zonas mucho menores, de hasta 10 km<sup>2</sup>. Otras pueden exigir una cobertura continental.

## 4. Consideraciones de costo/beneficio

En los puntos siguientes se exponen las posibles ventajas [Wilson, 1977] que pueden derivarse de los dos tipos de funcionamiento: de recorrido fijo, como en el transporte público, y de recorrido variable, como ocurre con los servicios de policía y taxis.

### 4.1 Posibles ventajas en régimen de recorrido fijo

- Reducción del personal de inspección y control.
- Distribución más uniforme de los pasajeros entre los vehículos.
- Reducción de tiempos (muertos) como resultado de la reducción del número de autobuses y del personal.
- Más tiempo útil de servicio.
- Mayor eficacia de la respuesta durante las emergencias y respecto del envío de un vehículo de sustitución.
- Mejora del número de pasajeros, debido a que la información sobre localización se facilita en forma más conveniente y actualizada.

Los requisitos de la LAV de muchos sistemas de recorrido fijo pueden satisfacerse con medios no radioeléctricos.

### 4.2 Ventajas potenciales en régimen de recorrido aleatorio

- Reducción del tiempo de respuesta a llamadas de urgencia y de servicio.
- Reducción del número de vehículos, manteniendo la misma zona de cobertura.
- Reducción de los viajes innecesarios.

#### 4.3 *Relación beneficio/costo de la LAV*

Los resultados basados en un modelo por computador para el cálculo de la relación beneficio/costo de la LAV [Symes, 1979] han revelado que pueden obtenerse relaciones de hasta 7 a 1 en el servicio de transporte público y de hasta 13 a 1 en servicios de policía.

Aunque todas las ventajas antes expuestas pueden reducir los costos de explotación del servicio de despacho, los sistemas de LAV que se han instalado hasta ahora en Europa y América del Norte tienen por objeto mejorar la fiabilidad del servicio en general y reducir el tiempo de respuesta a llamadas de urgencia y de servicio, en particular, en los servicios de policía.

En algunos sistemas europeos de transporte público se ha experimentado, como consecuencia de la instalación de sistemas de LAV, una reducción del número necesario de autobuses, si bien se mantuvieron los efectivos para hacer frente a la expansión del servicio [Herrman y Zimmerman, 1974].

En Canadá se ha realizado un análisis costo/beneficio en el que se demuestra la existencia de un beneficio seguro que alcanza una relación de 2 a 1 [Fujaros, 1976].

#### 5. *Eficacia de la utilización del espectro*

Con la instalación de un sistema de LAV, la información de posición, que representa un porcentaje considerable de las comunicaciones vocales [Fujaros, 1976], se transmite automáticamente desde los vehículos hasta los centros de control en forma de datos. Esta posibilidad a bordo facilita igualmente la transmisión de otros mensajes de rutina, lo que puede traducirse en un aumento de la eficacia de utilización del espectro en el servicio móvil terrestre. Se ha estimado [Cortland, 1986] que puede conseguirse una reducción del 20 al 25% en las comunicaciones vocales entre vehículos y puestos de control.

Algunos sistemas no requieren atribuciones adicionales en el espectro. Estos sistemas utilizan las transmisiones actuales de los sistemas de ayuda a la radionavegación, diseñados para barcos y aeronaves, a fin de determinar su posición. Ejemplos de ello son los sistemas Loran-C y Decca. No obstante, algunos de estos sistemas sólo proporcionan una cobertura limitada, particularmente en tierra.

Los sistemas por satélite, tales como el NAVSTAR GPS, descrito más adelante, y los dos sistemas antes mencionados son fundamentalmente sistemas de radiodifusión que pueden atender a un número ilimitado de usuarios.

Los sistemas de LAV pueden aplicarse para mejorar la eficacia de utilización del espectro de otros servicios móviles tal como se indica en los ejemplos siguientes.

##### 5.1 Aplicación a los sistemas celulares

Se ha demostrado que la LAV puede ser una forma muy útil de medida [Meeck, 1988], proporcionando datos de cobertura precisos para optimizar las redes de telefonía celular. Además, la información sobre la localización precisa de las estaciones móviles podría suponer una mejora del control del sistema en términos de llamadas originadas en la estación de base correspondiente y de transferencia del control de la llamada. Convendría examinar estos aspectos en función de la mayor complejidad del sistema.

##### 5.2 Control de sistemas microcelulares

Se están desarrollando numerosas técnicas de banda ancha y banda estrecha para mejorar la utilización del espectro. Un posible enfoque consiste en utilizar sistemas microcelulares. La zona de cobertura de un sistema microcelular es pequeña, por lo que requiere frecuentes transferencias de llamadas. Con un sistema de LAV, la frecuencia de la portadora del canal puede



conmutarse conforme el móvil se desplaza de una microcélula a otra [Towaij, 1983]. En la explotación de un sistema microcelular, el sistema de control de la red debe conocer la posición de todos los móviles. Se ha utilizado una técnica de proximidad para determinar la posición de cada móvil conforme pasa de una estación de base a otra. Cada estación de base se identifica con un código propio de identificación (ID). Desde cada estación de base se emiten señales de corta duración y baja potencia cada dos segundos. Cada ráfaga contiene una bandera, el ID de la estación base y unas señales de control.

## 6. Técnicas de LAV

Las técnicas de LAV que pueden satisfacer las necesidades operacionales de los usuarios del servicio móvil terrestre, pueden clasificarse en cinco categorías, a saber, determinación de posición por proximidad, por estimación, hiperbólicos, por satélite y por combinaciones de dos o más de dichas técnicas.

### 6.1 Técnicas de determinación de la posición por proximidad

La determinación de la posición de un vehículo se realiza cuando éste pasa junto a postes indicadores situados al borde de la carretera, denominados en algunas ocasiones balizas de carretera, cuya ubicación se conoce con precisión. Se ha utilizado una amplia gama de técnicas para el intercambio de información entre los postes indicadores de carretera y los vehículos que circulan junto a ellos incluyendo bucles inductivos, transmisión radioeléctrica en ondas decimétricas, transmisión por microondas y transmisión por rayos infrarrojos. Existen dos tipos diferentes de postes indicadores dependiendo del sentido en que se transmite la información:

- Postes indicadores activos: las señales de posición se transmiten desde el poste indicador a los vehículos.
- Postes indicadores pasivos: las señales se transmiten desde el vehículo al poste indicador.

Existen dos métodos para evaluar la proximidad, que se caracterizan por utilizar uno de los siguientes procedimientos:

- Proximidad directa: el poste indicador activo transmite su posición al vehículo, que a su vez transmite sus datos mediante un enlace radioeléctrico al computador central.
- Proximidad inversa: el vehículo transmite sus datos al poste indicador pasivo que a su vez transmite los datos al computador central mediante una conexión por cable o radioeléctrica.

La precisión de las técnicas de proximidad es directamente proporcional a la separación entre postes indicadores.

### 6.2 Técnicas de determinación mediante cálculo

Estas técnicas utilizan sensores de rumbo y desplazados a distancia (odómetros) para calcular la situación de los vehículos en relación con referencias de localización fijas conocidas. Los cálculos se pueden hacer a bordo del vehículo o en un ordenador del sistema. Las exactitudes de la localización dependen de los dispositivos sensores, la frecuencia de referencia actualizada y la severidad de los factores externos tales como las variaciones del campo magnético, el patinamiento de las ruedas y la combadura de la carretera, etc.

### 6.3 Técnicas de determinación de posición por radiofrecuencia

La localización de los vehículos se determina a partir de distancias distintas de los vehículos desde tres emplazamientos fijos o más. Estas diferencias se pueden expresar como diferencias de fase entre las señales recibidas (multilaterización de fase) o diferencias en el tiempo de llegada de los frentes anteriores de las señales de impulso sincronizadas (multilaterización de impulsos), lo que produce líneas hiperbólicas de diferencias de fase ó de tiempo constantes. La localización de los vehículos se puede determinar por la intersección de estas líneas. Las técnicas de determinación de posición pueden emplear sistemas especializados para su aplicación en el servicio móvil terrestre o utilizar los sistemas existentes de navegación como, por ejemplo, el Loran-C o el Decca.

### 6.4 Técnicas de determinación de la posición utilizando satélites

La posición de un móvil se determina mediante medidas muy precisas de las distancias entre el receptor y los satélites en un instante de tiempo dado. Se necesitan cuatro satélites para fijar la posición en modo tridimensional. Las posiciones de éstos deben conocerse con exactitud y deben estar disponibles en el momento de la medida, a fin de mantener la precisión global del sistema. Debe señalarse que la posición de un satélite puede no ser la prevista, en base a la información orbital reciente, debido a la deriva provocada por vientos solares anormales en periodos de perturbación solar. Las correcciones no pueden aplicarse hasta pasadas algunas horas después de producirse dichas desviaciones.

En general, existen dos tipos de sistemas con equipos de usuarios móviles de diferentes características:

- Equipos activos: los satélites permiten las comunicaciones bidireccionales entre el móvil y la estación terrena de control. Los cálculos de posición se realizan en la estación terrena y los datos de la posición resultante se retransmiten al móvil.
- Equipos pasivos: las señales de navegación son difundidas al móvil. El equipo del móvil determina la posición del vehículo.

### 6.5 Combinación de varias técnicas

Pueden combinarse dos o más técnicas para mejorar las características propias de una sola de ellas, dando lugar a un sistema integrado.

## 7. Sistemas de LAV aplicables

### 7.1 Sistemas hiperbólicos en ondas kilométricas

Dentro de la zona de cobertura de los transmisores existentes, pueden proporcionarse datos de posición para un gran número de usuarios móviles. Los resultados de las pruebas que se indican en el Anexo I fueron obtenidas utilizando este sistema en Londres.

### 7.2 Sistema hiperbólico en ondas decimétricas que utiliza ensanchamiento del espectro

Se ha desarrollado e instalado en Australia un sistema terrenal de LAV que utiliza radiobalizas de búsqueda con técnicas de ensanchamiento del espectro en aquellos vehículos que deben ser localizados. El sistema, que fue especialmente desarrollado para ambientes urbanos, ha logrado precisiones en la determinación de la posición del orden de 30 m tanto para vehículos en movimiento como estacionarios, con un tiempo de medición de 1 segundo. Un esquema singular de multiplaje por distribución en frecuencia permite al sistema cursar un elevado número de localizaciones (véase el Anexo III).

### 7.3 Sistemas de determinación de la posición por estimación/postes indicadores

Un sistema piloto instalado en Londres consta de unos 700 postes indicadores de carretera en ondas decimétricas. El equipo a bordo del vehículo se inicializa cuando entra por primera vez en la zona de cobertura de un poste indicador. La posición del vehículo entre postes indicadores se establece en base a estimaciones sobre la última inicialización. Cuando el vehículo se aproxima a otro poste indicador, el equipo de a bordo se reinicializa en base a las señales de referencia transmitidas continuamente desde el poste indicador, de manera que se eliminan los errores acumulados. La posición del vehículo es almacenada automáticamente en la memoria de a bordo de éste, incluso cuando el motor está parado. Este sistema puede proporcionar una información de posición útil dentro de la red. Este sistema puede resultar costoso debido a la necesidad de disponer de un número considerable de postes indicadores para conseguir una elevada precisión.

### 7.4 Omega

El sistema internacional de ayuda a la radionavegación en ondas miriámétricas OMEGA, está disponible sin coste alguno y su continuidad está asegurada hasta el próximo siglo.

Un amplio programa de pruebas en condiciones reales realizadas sobre el sistema OMEGA, con funcionamiento diferencial, han demostrado que sobre una amplia gama de entornos, incluyendo entornos montañosos y el centro de las ciudades, se puede obtener en la práctica una precisión de 300 m para  $2\sigma$  rms (probabilidad del 95-98%) o incluso mejor [Stratton, 1987].

La precisión del sistema diferencial OMEGA puede disminuir conforme la distancia entre el sistema de control diferencial y el móvil aumenta por encima de los 100 km; los errores pueden asimismo aumentar sustancialmente durante la noche. Las causas son las variaciones diurnas en la velocidad y dirección de propagación locales con respecto a los valores normalizados utilizados para convertir las medidas diferenciales de fase en posiciones. Las variaciones en velocidad y acimut pueden medirse continuamente y aplicarse las correcciones oportunas mediante los datos procedentes de tres o cuatro estaciones de control [Stratton, 1988].

En el Oriente Medio existe un sistema operacional de LAV que utiliza el sistema OMEGA diferencial.

### 7.5 Sistemas de radiodeterminación por satélite

A partir de 1990 estarán en servicio varios sistemas de radiodeterminación por satélite que se describen brevemente en los párrafos siguientes.

El sistema TRANSIT [Blanchard, 1983] es un sistema de radionavegación por satélite actualmente operativo cuya utilización para vehículos terrestres queda muy limitada dado el prolongado tiempo que precisa para realizar las medidas. En 1996, el sistema TRANSIT será sustituido por el sistema NAVSTAR GPS.

El sistema NAVSTAR GPS, que se espera esté completamente desplegado después de 1992, proporcionará información tridimensional de velocidad y posición. Las características técnicas del sistema NAVSTAR GPS se describen en el Anexo I del Informe 766-1.

El sistema GLONASS [IMO, 1989] es un sistema por satélite que proporcionará información de posición y velocidad a usuarios civiles cuando esté completamente desplegado entre 1991 y 1995. El diseño de este sistema es muy similar al del GPS.

Actualmente se está desarrollando en los Estados Unidos de América un sistema de radiodeterminación por satélite que empezará a funcionar en 1991-1993 y en el que se han previsto dos funciones: localización y comunicaciones. Se podrán conseguir precisiones tridimensionales del orden de 30 - 40 m, con un tiempo de medición menor de 1 segundo. El sistema, que utilizará satélites geostacionarios del servicio de radiodeterminación por satélite, se describe en el Informe 1050. Actualmente se está desarrollando un sistema semejante de radiodeterminación por satélite para dar cobertura a la Región 1 [Hernández, 1987].

#### 8. Sistemas de orientación

Los sistemas de orientación utilizan las mismas técnicas básicas de localización que las utilizadas por los sistemas de LAV añadiendo información que se pasa al vehículo en movimiento.

#### 9. Conclusiones

La Localización Automática de Vehículos (LAV) debe considerarse como una tecnología que podría tener una influencia importante en la efectividad y productividad de un servicio de despacho, así como en la eficacia de utilización del espectro.

Los sistemas por satélite pueden proporcionar una cobertura global que beneficiará a los usuarios de los servicios aeronáutico, marítimo y terrestre y que, por tanto, tendrá una repercusión significativa en cuanto a economía del espectro. Sin embargo, sus características de funcionamiento pueden degradarse en zonas urbanas, debido al bloqueo de la señal. Para evitar este problema, es posible que el equipo móvil tenga que incluir dispositivos de determinación de la posición por estimación de manera que pueda mantenerse un seguimiento continuo. En un próximo futuro se dispondrá de varios sistemas autónomos por satélite; hay que seguir estudiando la interferencia mutua potencial entre dichos sistemas y la interferencia con otros servicios.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCHARD, W. F. [1983] The continuing development of «Transit». IEE Conf. Publ. N.º 222, Satellite systems for mobile communications and navigation.
- CORTLAND, L. y RILEY, B. [1986] Vehicle tracking system for Salem, Oregon Police Department, Proc. of the National Technical Meeting of the Institute of Navigation, California, Estados Unidos de América.
- FUJAROS, R. [septiembre de 1976] State-of-the-art of mobile radio data systems for police users, Proc. of «Telimove» Automated Vehicle Monitoring Conference, Toronto, Ontario, Canadá.
- HANSEN, G. R. [1977] AVM - Is there a system for your city. Carnaham Crime Counter Measures.
- HERNANDEZ, D. [1987] The Locstar radio - determination satellite system, Alta Freq. (Italia) Vol. 56, No. 10.
- HERRMAN, F. y ZIMMERMAN, W. [junio de 1974] The radio control system of the City of Zurich Transportation Authority. Rev. Brown Boveri, Vol. 61, 270-274.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANISATION [1989] 35th Session-Sub committee on Safety of Navigation.

MEEK, R.L. y RUBIN, H.J. [1988] Cellular mobile telephone field measurement tools and techniques, 38th IEEE Vehicular Technology Conf.

STRATTON, A. [1987] Omega in the land environment, the Journal of Navigation Vol. 40, No. 3, Londres, Reino Unido.

STRATTON, A. [1988] Reducing the errors and extending the coverage of Differential Omega, Proc. of the 12th Annual Meeting of the International Omega Association, Honolulu, Virginia, Estados Unidos de América.

SYMES, D.J. [marzo de 1979] Advanced area-coverage automatic vehicle monitoring program. Proc. of the 29th IEEE Vehic. Tech. Conf., Illinois, Estados Unidos de América.

TOWAIJ, S.J. y LILLEMARCK, A. [1983] The microcell land mobile radio system, 33rd IEEE Vehicular Technology Conf., Toronto, Canadá.

WILSON, G.D. [junio de 1977] The benefits of automatic vehicle location in the urban community. IEEE International Conference on Communications (ICC '77) Chicago, Illinois, Estados Unidos de América.

#### BIBLIOGRAFÍA

LAST, D. J. [1983] Radio spectrum requirements of monitoring and location systems for land vehicles. IEE Conf. Publ. N.º 224, Radio spectrum conservation techniques.

**ANEXO B**

**PATHLOSS**



# CONTRACT TELECOMMUNICATION ENGINEERING

2007 CAPE HORN AVENUE, COQUITLAM, BRITISH COLUMBIA, CANADA V3K 1J2

TEL: (604) 522-0660 • FAX: (604) 522-0624

August 13, 1995

Conecell S.A.  
Av. Amazonas 6017 Y Rio Coca  
Centro de Negocios Eteco-Promelsa  
Quito, Ecuador

Attention Mario Ortiz-Technical Manager

Enclosed is Program Disk #1 for the latest release (August 11, 1995) of the Pathloss program. This release includes the utility Map Grid which allows you to create overall system diagrams and changes to correct operation on networks and Windows 95.

Following the steps below to update your current version. The description assumes that the Pathloss program was originally installed in the directory C:\PLW30 and the update will be installed from drive A.

- Run the Pathloss Setup program using the setup disk that was originally used to install the program.
- Select Maintenance Update from the Install menu.
- If required, enter "C:\PLW30" in the "Update Pathloss Program in Directory" field.
- If required enter "A" in the "Update from Drive-Directory" field.
- Click OK and follow the prompts. The maintenance update will create duplicate icons in the Pathloss program group. These should be deleted.
- Verify the operation of the Pathloss program.

Note that the maintenance update procedure will automatically remove and restore your hard disk lock. Do not remove the hard disk lock before running the maintenance update.

On August 1, 1995, we started operating a bulletin board to support the Pathloss program. Attached are details of the operation.

Regards

Forrest Gullett

## PATHLOSS MAINTENANCE

Changes and additions to the Pathloss program will be carried out over the next year. The file, PLW.TXT, provides a history of all revisions since the initial release. Also included in this file is a list of the planned changes and known problems. You can read this file for your current version by double clicking on the Notepad icon in the Pathloss program group.

To keep you advised of these changes, we will be operating a bulletin board beginning on August 1, 1995. You will be able to read the current revision status of the Pathloss program and download the latest release as a maintenance update. This file is about one megabyte in size. If you wish to have a disk mailed out instead, you can leave a message to this effect. There will be a \$25.00 charge for mailing out a disk.

A Pathloss maintenance update consists of a new Program Disk 1. This disk contains the executable files, the dynamic link libraries (DLL's) and the help files. Program Disk 2 contains other DLL's, example and lookup files. This disk is only required for the initial installation and is not used in a maintenance update.

### CONNECTING TO THE CTE BULLETIN BOARD

A minimal security system has been implemented on the bulletin board. In order to gain immediate access to all features, logon as CTE GUEST and enter PATHLOSS for the password, or use the short cut logon CTE GUEST;PATHLOSS. If you logon as a new user, you cannot access the Pathloss maintenance files area.

Phone Number	604 522 0661	Baud Rate	2,400 - 28,800
Parity	None	Data bits	8
Stop bits	1	Duplex	Full
Terminal	ANSI		

If you plan to use the bulletin board frequently, you should complete the Register questionnaire. This is located in the Register menu and will allow you to use your own name and password. Please allow 48 hours for your request to be processed.

### READING THE REVISION STATUS (PLW.TXT)

- o Select Bulletins from the Main Menu
- o Select Revision Status

The file PLW.TXT will be displayed on your screen.

### DOWNLOADING THE PATHLOSS Version 3.0 MAINTENANCE UPDATE

Follow the steps below to download the maintenance update:

- o Press 'F' to access the files menu. The default file area is Pathloss 3.0 Maintenance.
- o Press 'L' to list the files and then 'T' for This Area to display the Pathloss 3.0 Maintenance files.
- o Press 'F' to Flag Files and then press 'A' to flag PLW\_MU.EXE
- o Press 'D' for download and follow the prompts to complete the download.

Alternately you can press 'F' for Files and then 'D' for Download. Type in the file name "PLW\_MU.EXE" and press the Enter key twice to begin the download.



## INSTALLING THE MAINTENANCE UPDATE

The file PLW\_MU.EXE is a self extracting file which contains new versions of the compressed files found on Program Disk 1 of your original shipment. The following procedure assumes that the Pathloss program was originally installed in the directory C:\PLW30 and the maintenance update was down loaded to the directory C:\DOWNLOAD.

- o change to the directory C:\DOWNLOAD and type PLW\_MU.EXE. This will extract all of the compressed files.
- o Run the Pathloss Setup program with the setup disk that was originally used to install the program.
- o Select Maintenance Update from the Install menu.
- o If required, enter "C:\PLW30" in the "Update Pathloss Program in Directory" field.
- o Enter "C:\DOWNLOAD" in the "Update from Drive-Directory" field.
- o Click OK and follow the prompts. The maintenance update will create duplicate icons in the Pathloss program group which should be deleted.
- o Verify the operation of the Pathloss program.
- o Copy the compressed files in C:\DOWNLOAD onto your Program Disk 1 to update your original disk.

Note that the maintenance update procedure will automatically remove and restore your hard disk lock. Do not remove the hard disk lock before running the maintenance update.

## CONTENTS OF SELF EXTRACTING FILE PLW\_MU.EXE

DISK_1.LST	List of the files on Program Disk 1. This file is essential to install the program.
PLW.EX_	Pathloss executable file
PLW_DBSE.DL_	Data base dynamic link library
PLW_LIB.DL_	Pathloss dynamic link library
PLW.VE_	Pathloss program version
PLW.TX_	Revision status
PLW.HL_	Pathloss general help file
ENTR_DTA.HL_	Terrain Data help file
ANT_CALC.HL_	Antenna heights help file
MCRO_WKS.HL_	Microwave Worksheet help file
VUHF_WKS.HL_	VHF-UHF Worksheet help file
DIF_CALC.HL_	Diffraction help file
REF_CALC.HL_	Reflections help file
MUL_PATH.HL_	Multipath help file
AREA_CVG.HL_	Coverage help file
PATH_PRF.HL_	Print profile help file
MAP_GRID.EX_	Map Grid executable file
MAP_GRID.VE_	Map Grid program version
MAP_GRID.HL_	Map Grid help file

## Pathloss Program Changes - September 17, 1995

The following new fields have been added to the microwave worksheet:

- Emission designator
- Transmit frequency assignments
- Maximum receive signal

At this time, all of these new fields are for reference purposes only. A future release will calculate the probability of an upfade which exceeds the maximum receive signal.

When a microwave worksheet is printed, the site names are used in the worksheet column headers. You can now add two additional lines to this header in each column. These may be useful to display additional information such as the station call sign and address.

If you use any of these features, previous releases of the Pathloss program will not be able to read the data file. If you intend to exchange files with other Pathloss program users, ensure that they are using the September 17, 1995 release or later. You can make a copy of your Program Disk #1 and send it to other users to update their program. Alternately, they can obtain a copy of Program Disk #1 directly from CTE or download it from the CTE bulletin board.

The microwave radio lookup tables have also been expanded to include the emission designator and the maximum receive signal. In addition a frequency field has been added. When a specific microwave radio is selected into the worksheet, both the global frequency and the worksheet frequency are changed to the value in the lookup table entry.

## INSTALLING PATHLOSS ON WINDOWS 95

Several changes to the Setup program are required to install the Pathloss program on Windows 95. These changes were determined using Windows 95 Pre-Release 2, June 95. All of the required changes to the actual Pathloss program are included in the July 23, 1995 release.

The enclosed disk labelled "Pathloss Setup Update" contains the files SETUP.EXE and INST\_MOD.BIN. Copy these two files to both of your original setup disks. Do not erase any of the existing files.

The next time you run the setup program, the message "Updating Installation Program" will initially appear. This message will only occur once. Make a backup copy of both setup disks once the installation program has been updated.

Note that the time required to start up the installation program is significantly longer under Windows 95 than on Windows 3.x.

## Installing Pathloss on a Windows for Workgroups Network

The following procedure describes the Pathloss installation procedure on a Windows for Workgroups network. These instructions apply to the August 11, 1995 or later release of Pathloss program

If the program is currently installed and does not meet the requirements given below, you must first uninstall the hard disk lock; otherwise, you can carry out a maintenance update.

**DO NOT ATTEMPT TO MOVE THE FILE PLW.EXE TO ANOTHER DIRECTORY OR ANOTHER NETWORK DRIVE. YOU WILL LOSE THE HARD DISK LOCK.**

Create a shared directory on the computer that the program will be installed on. The Access Type must be set to Full to allow read and write privileges to the file PLW\_FILE.CHK. This file manages file access on the network. The Pathloss program will be installed in a sub directory under this shared directory. The following description assumes that the name of this shared directory is C:\PATHCALC. Note that the directory can be several levels below the root directory.

Run the Pathloss Setup program and select the Network Installation option. Set the Install to Directory to C:\PATHCALC\PLW30. The PLW30 sub directory is a default name and can be changed as desired. All other options and settings are described in the manual.

Proceed with the installation and verify that the program operates on this computer.

On a remote computer, establish a connection to the shared directory and create the required program group and items for the file PLW.EXE and MAP\_GRID.EXE.

Although the above description applies to Windows for Workgroups 3.11, the same concepts apply to other networks.

## NOTICE

The Pathloss program and the program documentation are intended for experienced personnel in the fields of transmission engineering and communication system design. Additional reference material, in particular, Technical Note 101<sup>1</sup> may be required for a complete understanding of some aspects of the program. Familiarity with the operation of IBM personal computers and the Windows operating system is required to install and operate the programs.

## PROGRAM REVISIONS

All changes to the Pathloss programs since the initial release are contained in the file PLW.DOC. Revisions are identified by the release date. This date appears on the caption of the About dialog box. The version number (3.0) will not change.

## LANGUAGE SUPPORT

The Pathloss program is supplied with Spanish and French language modules for the program screen displays and reports. The language can be changed at any time without leaving the program. There is no special configuration required. The language modules are embedded in the program resources and cannot be edited by the user.

The Spanish and French language modules may not conform to the best technical usage and terminology. If you require any changes to the terminology, fax the changes and these will be incorporated into the program.

## LIMITED WARRANTY

Use of the Pathloss Program acknowledges this statement of limited warranty. With respect to the physical disks and physical documentation, Contract Telecommunication Engineering warrants these to be free of defects in materials and workmanship for a period of 90 days from the date of purchase. Contract Telecommunication Engineering Ltd. disclaims all other warranties, expressed or implied including the fitness of the program for any purpose. Contract Telecommunication Engineering assumes no liability for damages, direct or consequential, loss of profit or other similar claims.

---

<sup>1</sup> Transmission Loss Predictions for Tropospheric Communication Circuits  
Technical Note 101  
Reference AD 687 820  
National Technical Information Service  
US Department of Commerce  
Springfield, Virginia, USA 22151

## COPY PROTECTION NOTICE

The Pathloss program is copy protected using a key disk with a permanent physical fingerprint technique. Two serialized key disks are supplied with the program. These are the disks labelled SETUP. The serial numbers on the key disks are different and the key disks are not interchangeable.

Key disks are warranted for two years and will be replaced free of charge on return of the original defective disk.

## REGISTRATION

Please complete and return the attached user registration card. This will ensure that you are notified of revisions and new features as they become available. This is important if you purchased the program through a distributor or your company's purchasing department. In these cases, a record of the end user will not be available unless you return the registration card.

## TECHNICAL SUPPORT

If you encounter problems with the operation of the program or any of the results, contact:

Contract Telecommunication Engineering Ltd.  
2007 Cape Horn Avenue  
Coquitlam British Columbia  
Canada V3K 1J2

Telephone 604-522-0660  
Fax 604-522-0624  
BBS 604-522-0661

If the problem is related to a path profile, please FAX a copy of the Terrain Data Report and be sure to include all relevant parameters (frequency, antenna heights etc.)

## BACKUP COPIES

Backup copies of all disks should be made on receipt of the program. This is important as the installation program is not transferred to the hard disk during installation. It is not possible to install the PLW.EXE file without the installation program.

## SOFTWARE USED IN THIS PROGRAM

- The Pathloss program was developed with Borland C++ version 3.1.
- The manual was written in WordPerfect 5.1.

## VHF-UHF TRANSMISSION WORKSHEET

First determine the parameters of your application. The worksheet data entry forms include a generalized set of data entries, not all of which may apply to your configuration. For example, if the transmitter power and receiver sensitivity are defined at the antenna port, then it will not be necessary to enter any data for the duplexers. Refer to the basic block diagram of the VHF-UHF loss gain components in the reference section. Calculated parameters are shown in the table at the bottom of the display. The calculations are automatically updated as data entry proceeds. If a parameter has not been calculated, then one or more data items required for the calculation are missing.

### PATH PROFILE DATA ENTRY FORM

When a worksheet is first created, the data entries for frequency, path length and the diffraction loss are set to their corresponding global values. If any of these values are changed, the value is shown in red. To reset the value, place the hilited bar on the cell and press the F9 key.

Path Profile Data	
Close	Help
Frequency (MHz)	425.00
Path Length (km)	56.95
Field Margin (dB)	
Diffraction Loss (dB)	
Frequency (MHz) :	

#### Field Margin

This is an optional safety factor to account for the degradation of antennas and connectors. A typical value for the field margin is 1 to 3 dB.

### ANTENNA DATA ENTRY FORM

When a worksheet is first created, the antenna heights are set to their corresponding global values. If an antenna height is changed in the data entry form, the value will be shown in red. To reset the value, place the hilited bar on the cell and press the F9 key.

Antenna Data		
Close	Lookup	Help
	Moose Hills	Meridan Lake Border
Antenna Type	SRL-310C4	SRL-307
Antenna Height (m)	91.40	7.60
Antenna Gain (dBi)	7.15	12.15
Antenna Gain (dBd)	5.00	10.00
Moose Hills Antenna Type :		

- The antenna gains can be entered in either dBi (isotropic radiator) or dBd (dipole). The other gain format is automatically calculated. Most antenna specifications below 900 MHz assume dBd.
- The antenna type is a descriptive term and is an optional entry.

### TRANSMISSION LINE DATA ENTRY FORM

Note that the associated antenna heights are displayed on the caption to help determine the required transmission line lengths.

- The transmission line type is a descriptive term and is an optional entry.

- The transmission line loss can be entered directly or will be automatically calculated if the line length and unit loss have been entered.
- Connector loss is an optional entry.

### RADIO EQUIPMENT DATA ENTRY FORM

TX - RX Data		
<u>C</u> lose <u>L</u> ookup <u>H</u> elp		
	Moose Hills	Meridan Lake Border
Radio Type Model		
TX Power (watts)	15.00	2.00
TX Power (dBW)	11.76	3.01
RX Sensitivity Criteria	12 dB SINAD	12 dB SINAD
RX Sensitivity Level (uv)	0.25	0.50
RX Sensitivity Level (dBW)	-149.03	-143.01
Moose Hills RX Sensitivity Level (uv) :		

Both the transmit power and the receive sensitivity level must be entered in order to calculate the fade margin. Transmit power can be entered in dBW or in watts. Receiver sensitivity can be entered in dBW or microvolts. The other formats are automatically calculated in both cases.

The radio type model and the receive sensitivity criteria are descriptive terms and are optional.

### RF COUPLING DATA ENTRY FORM

RF Coupling Data		
<u>C</u> lose <u>H</u> elp		
	Moose Hills	Meridan Lake Border
Duplexer Loss (dB)	0.80	
Miscellaneous Loss (dB)		0.75
TX Combiner Loss (dB)	4.20	
TX Filter Loss (dB)		
Other TX Loss (dB)		
RX Multicoupler Loss (dB)	-3.50	
RX Filter Loss (dB)		
Other RX Loss (dB)		
Meridan Lake Border Miscellaneous Loss (dB) :		

The entries in this form depend on the specific equipment configuration and on the definition of transmit power and receiver sensitivity. If these are defined at the antenna port, then this form is not required.

- The duplexer and miscellaneous loss entries are common losses.
- The TX combiner, TX filter and other TX loss are in the transmit line.



- The RX multicoupler, RX filter and other RX loss are located in the receive line. Refer to the technical reference section for an overall block diagram of the components.

Note that all entries default to a loss. The RX multicoupler usually has a gain. This must be entered as a negative number.

## BUTTONS



(Alt M) switch to the main Pathloss window



switch to Pathloss notes



(F9) Resets antenna heights, frequency, path length and diffraction loss to their global values

## KEYBOARD CONTROL

The up and down, Home, End, PgUp and PgDn cursor keys are used to display the calculation table. In most cases, these will not be required as the complete calculation table can be displayed on a maximized screen.

The F9 key resets antenna heights, frequency, path length and diffraction loss to their corresponding global values.

accuracy. Typical values are from 1 to 2 dB.

## VHF-UHF NET PATH LOSS COMPONENTS

Figure 19 shows the net path loss components used in the VHF-UHF worksheet. As in the case of the microwave worksheet, this is a general diagram and not all of these components may apply to your configuration. Enter values for the applicable components and the basic path parameters to produce a value net path loss in the worksheet. As a minimum the following parameters are required:

Path length                      Frequency  
Site 1 antenna gain      Site 2 antenna gain

Other components are optional and will depend on the specific equipment configuration.

The net path loss at Site 1 is the total loss from the transmitter port at Site 2 to the receiver port at Site 1.

The net path loss at Site 2 is the total loss from the transmitter port at Site 1 to the receiver port at Site 2.

Receiver multicouplers are usually active devices and have a gain. Positive values are interpreted as a loss. To enter a gain, loss, you must enter a negative sign in front of the value.

### Effective Radiated Power

In VHF-UHF applications, the effective radiated power expressed in dBW is the power at the antenna terminals expressed in dBW plus the antenna gain expressed in dBd.

### Field Strength

Define the term  $P_{s1}$  as the sum of the following worksheet parameters shown in Figure 19 at Site #1:

Transmit power (dBW)	Other TX loss
TX filter loss	TX combiner loss
Duplexer loss	Miscellaneous loss

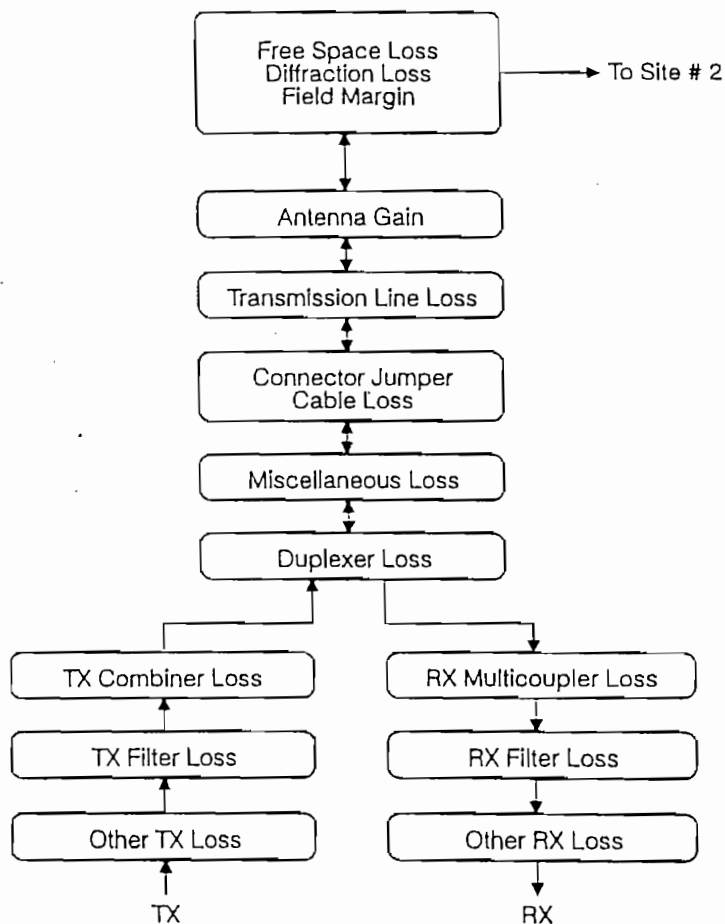


Figure 19 VHF /UHF Net Path Loss Components

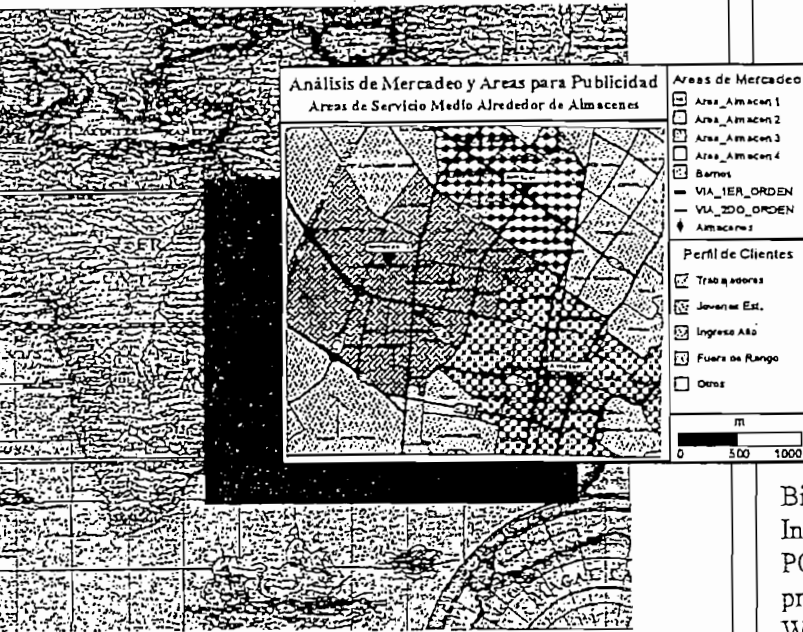
## **ANEXO C**

### **SOFTWARE PARA LA ESTACIÓN CENTRAL**

# ATLAS GIS

## FOR WINDOWS

El Sistema de  
Información Geográfica  
para Windows



Bienvenidos a la nueva tecnología de Sistemas de Información Geográfica para su trabajo de escritorio en PCs, compatibles o portátiles. Atlas GIS no requiere ni programas ni sistemas operativos adicionales diferentes a Windows. Con la interfase más fácil diseñada para el usuario final y con las bases de datos de mapas digitales más completas del mercado.

Sin importar su profesión o campo de acción, Atlas GIS le ayudará a entender situaciones y tomar mejores decisiones ya que usted ha entrado a una nueva tecnología de relacionar información geográficamente, tecnología que muchas organizaciones y empresas actualmente ignoran. Lo mejor de todo es que se puede hacer rápido y a un costo efectivo.

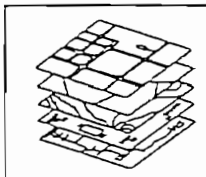
- Disfrute del ambiente más agradable jamás implementado para el usuario final.
- Vea su información en múltiples ventanas de datos.
- Accese datos desde archivos tipo SQL, DBASE, 123, QUATRO PRO y/o ASCII.
- Cree múltiples mapas o insertos en una sola página.
- Construya hasta 250 niveles de información geográfica en forma separada.
- Realice preguntas geográficas o a las bases de datos en forma simultánea.
- Construya y presente fácilmente mapas temáticos de alta calidad.
- Aplicaciones en: Mercadeo, Ventas, Seguridad, Salud, Agrología, Recursos Naturales y Turismo.
- Mapas Digitales
  - Colombia
  - Principales ciudades del país a nivel de manzanas con sectorización de barrios.

- Profesionales en Mercadeo en todo el mundo respaldan sus campañas con precisión y credibilidad empleando Atlas GIS for Windows.
- Gerentes de Ventas dependen de Atlas GIS para crear territorios de ventas eficientes y balanceados, basándose en la disponibilidad de mercados potenciales.
- Gerentes de Operaciones utilizan el poder de Atlas GIS for Windows para localizar rápidamente recursos en donde tendrán el máximo de efecto.

**PONGA SU COMPANIA  
SOBRE UN MAPA**

**CONTACTE HOY A UNO  
DE NUESTROS ESPECIALISTAS**

**Lo Esperamos en Compuexpo 94  
Pabellon 2, Piso 2,  
Salon del Software, Stand 408**



Sistemas de Información Geográfica Ltda.  
Tels. (Phns): 208 44 51 - 277 94 50 - Fax: 208 44 51  
Apartado Aéreo 13782 Bogotá, Colombia

## PROPUESTA TECNICA Y ECONOMICA

### ✓ Alternativa I :

. Digitalización completa de la ciudad de Quito, Ecuador según las muestras de los planos suministrados por Conecell a un nivel de detalle de Manzanas con Direcciones sobre las vías y zonificación de Barrios.

\* Archivo digital de Quito a nivel de Manzanas US\$ 5.000

. Digitalización de Ecuador por Provincias a nivel de áreas con los ríos, vías y sitios más importantes a un nivel de aproximación de 1:1.000.000.

\* Archivo digital de Ecuador a nivel de zonas US \$ 0

. Programa para manejo de la información digitalizada (ver documento enviado por correo), Sistema de Información Geográfica Atlas GIS for Windows con todos sus modulos completos de Captura, Edición, Consulta, Análisis y Reportes de todo tipo de información Geográfica con información alfanumerica asociada. Atlas GIS permite hacer preguntas de una base de datos en cualquier formato directamente sobre el o los mapas digitalizados y directamente bajo na misma pantalla.

\* Una Licencia Atlas GIS for Windows completo US \$ 3.500

Atlas GIS for Windows Incluye soporte técnico vía fax durante un año (año adicional US\$250), una semana de entrenamiento en nuestras oficinas en Bogotá y/o de un Ingeniero de nuestra firma directamente en Quito (Gastos de estadia y viaje por cuenta de Conecell)

----- fin Alternativa I

### Alternativa II :

. Digitalización completa de la ciudad de Quito, Ecuador según las muestras de los planos suministrados por Conecell a un nivel de detalle de Manzanas con Direcciones sobre las vías y zonificación de Barrios.

\* Archivo digital de Quito a nivel de Manzanas US\$ 18.000

Programa para manejo de la información digitalizada (ver documento enviado por correo), Sistema de Información Geográfica Atlas GIS for Windows con todos sus módulos completos de Captura, Edición, Consulta, Análisis y Reportes de todo tipo de información Geográfica con información alfanumérica asociada. Atlas GIS permite hacer preguntas de una base de datos en cualquier formato directamente sobre el o los mapas digitalizados y directamente bajo la misma pantalla.

\* Una licencia Atlas GIS for Windows completo US \$ 3.500

Atlas GIS for Windows Incluye soporte técnico vía fax durante un año (año adicional US\$250), una semana de entrenamiento en nuestras oficinas en Bogotá y/o de un Ingeniero de nuestra firma directamente en Quito (Gastos de estadia y viaje por cuenta de Conecell)

----- fin Alternativa II

**ALTERNATIVA I :**

Los derechos de la información de los mapas digitalizados son de propiedad de Sistemas de Información Geografica Ltda. Podrán ser ofrecidos a firmas con un perfil diferente a Conecell, firmas que no representen algún tipo de competencia para Conecell.

SUBTOTAL US \$ 8.500

MAS IMPUESTOS 14% US \$ 1.190

**VALOR TOTAL DE LA COTIZACION ...US \$ 9.690**

**ALTERNATIVA II :**

Los derechos de la información de los mapas digitalizados son de propiedad de Conecell

SUBTOTAL US \$ 21.500

MAS IMPUESTOS 14% US \$ 3.010

**VALOR TOTAL DE LA COTIZACION ...US \$ 24.510**

VALOR EN DOLARES AMERICANOS

### **VALIDEZ DE LA OFERTA**

Esta oferta es valida hasta el día 14 de febrero de 1995.

### **FORMA DE PAGO**

La forma de pago es del 50 % como anticipo y el 50 % restante una vez sean entregados e instalados los sistemas ofrecidos por el proponente.

### **TIEMPO DE ENTREGA Y FUNCIONAMIENTO**

Todos los sistemas serán instalados en funcionamiento en un tiempo no mayor a 60 días hábiles, una vez sea recibido el respectivo anticipo.

Se realizará una primera entrega del sistema Atlas GIS for windows en su licencia completa a los primeros 15 días y entregas parciales del Mapa digital de Quito a nivel de manzanas, cada 15 días hasta su terminación en una duración aproximada de 3 1/2 meses.

### **Mapas Digitales**

El mapa digital de Bogotá contiene 51 Niveles de información con datos asociados por temas, los cuales pueden ser objeto de consultas según sean las necesidades del usuario.

#### **Niveles de Información del Mapa de Bogotá**

- 1 Aeropuertos
- 2 Alcaldías
- 3 Almacenes
- 4 Autopista
- 5 Bancos y Cajeros Automáticos
- 6 Barrios
- 7 Base Militar
- 8 Biblioteca
- 9 Cais
- 10 Caminos
- 11 Canales
- 12 Cárceles
- 13 Centro Servi. Común
- 14 Centro Comercial
- 15 Colegios

- 16 Comunas
- 17 Construcciones
- 18 Cuadrícula
- 19 Escuela
- 20 Estaciones de Policía
- 21 Hospitales
- 22 Hoteles
- 23 Iglesias
- 24 Inspecciones de Policía
- 25 Laguna
- 26 Línea Férrea
- 27 Manzanas
- 28 Monumentos
- 29 Museo
- 30 Nombre Barrio
- 31 Nombre Sitio
- 32 Pantano
- 33 Parque
- 34 Puente Peatonal
- 35 Puente Vehicular
- 36 Pulpito Vial
- 37 Quebrada
- 38 Ríos
- 39 Río Bogotá, Cali, Medellín, Magdalena
- 40 Sitio Deportivo
- 41 Subestaciones de Policía
- 42 Puestos de Votación
- 43 Teatros
- 44 Terminal Transporte
- 45 Universidades
- 46 Vía\_1r\_orden
- 47 Vía\_2do\_orden
- 48 Vía Peatonal
- 49 Zonas Verdes
- 50 Zonas de Estaciones de Policía

51 \_\_\_\_\_ y los niveles que el usuario desee adicionar ....



## LA SOLUCION COMPLETA

*Atlas Gis* es la herramienta más novedosa y completa de Sistemas de Información Geográfica con la posibilidad de unir hasta 250 layers o niveles de información geográfica a un sistema manejador de Base de Datos, haciendo posible análisis geográficos sofisticados en un ambiente fácil y a través de su PC o compatible.

### *Una nueva dimensión en el análisis de la información*

Uno de los aspectos que convierten a *Atlas Gis* en un sistema tan importante, es su habilidad para realizar análisis geográficos. A diferencia de una Base de Datos convencional *Atlas Gis* le permite hacer preguntas tales como Qué pasara si.. o Muestre en donde ocurre cierta condición... , preguntas que se pueden ver geográficamente. Este hecho permite realizar cientos de aplicaciones que de otra forma serían difíciles o imposibles de realizar.

*Muchas herramientas soportan las tareas de toma de decisiones críticas, pero los métodos tradicionales solo ofrecen una parte de la solución.*

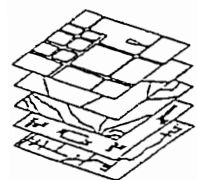
*Atlas Gis le permite poner su información en un mapa con la posibilidad de ver patrones, responder preguntas, en donde la localización es un factor importante.*

*No interesa su campo de acción o profesión, Atlas Gis le ayudará a entender situaciones y a tomar mejores decisiones debido a que usted ha entrado a una nueva tecnología de relacionar geográficamente información, tecnología que muchas organizaciones y empresas actualmente ignoran. Lo mejor de todo, es que se puede hacer rápido y a un costo efectivo.*

### Beneficios Claves

*Atlas Gis* le ayuda a:

- Enfocar y maximizar esfuerzos.
- Entender los aspectos geográficos de localización.
- Analizar mercados.
- Localizar recursos.
- Presentar información eficientemente.



**Sistemas de Información Geográfica Ltda**

Carrera 37 B No. 4 -57 Bogotá, Colombia - Sth Am.

Tels. (Phns): 2 08 44 51 2 77 94 50 2 17 20 19 Fax: 2 08 44 51

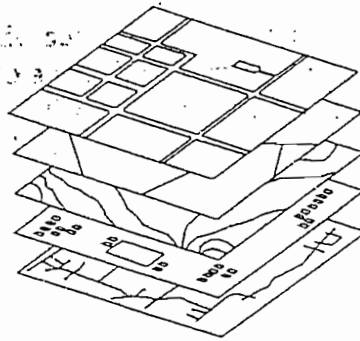
Apartado Telefónico 5 05 14 40 Apartado Aereo 13782 de Bogotá

## Construyendo Bases de Datos Georeferenciadas

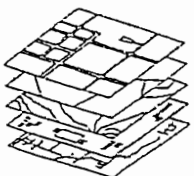
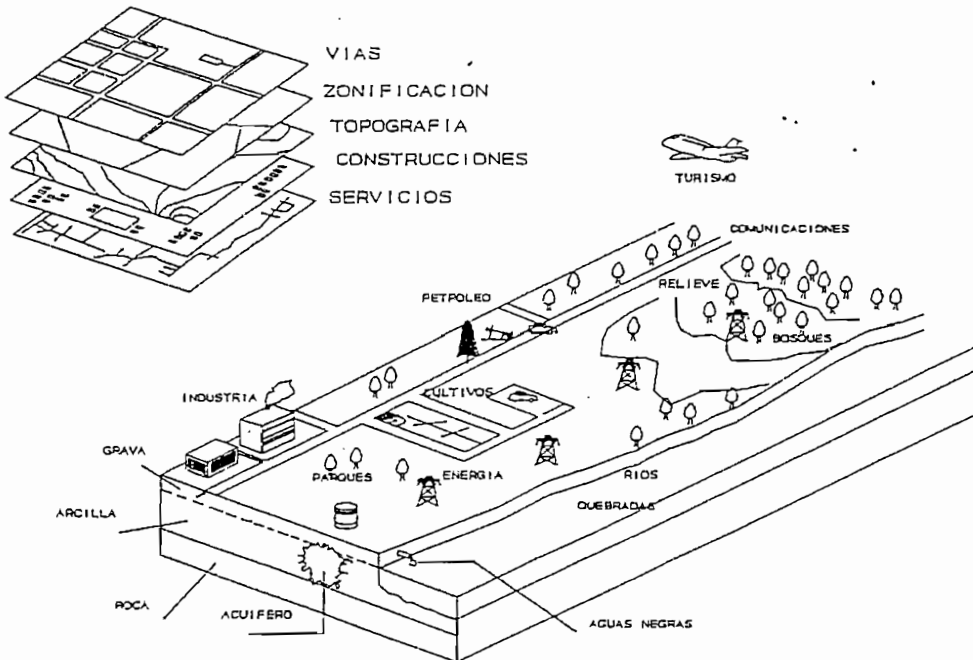
*Atlas Gis* posee la habilidad de manejar información de Bases de Datos en diferentes formatos : Dbase, Foxpro, SQL, ASCII, Lotus, Qpro, etc., integrada a los mapas e información ya disponibles para un inicio rápido y eficaz.

### Los Niveles o Layers

- LINEAS  
Vías, Ríos, etc
- PUNTOS  
Localización de Sitios
- AREAS  
Barrios, etc



*Atlas Gis* maneja todo el tipo de información geográfica : Líneas, puntos y áreas, permitiendo gerenciar y analizar cualquier combinación de este tipo de información asociada a cualquier Bases de Datos.



### Sistemas de Información Geográfica Ltda

Carrera 37 B No. 4 -57 Bogotá, Colombia - Sth Am.

Tels. (Phns): 2 08 44 51 2 77 94 50 2 17 20 19 Fax: 2 08 44 51

Apartado Telefónico 5 05 14 40 Apartado Aereo 13782 de Bogotá

## New information from your data

MapInfo software for your IBM PC or compatible gives you the power to literally *see* new information that may lie hidden in your database. When you run your database or spreadsheet through MapInfo, you're adding a whole new dimension to the rows and columns—a spatial dimension that lets you view and analyze your data in exciting and meaningful ways.

Select your customers, prospects, constituents, demographics, real estate prices, utility lines, crimes—any records that include a location. Street addresses, ZIP Codes, states, counties, area codes, MSAs, and Census tracts all can be mapped. Pick the map or drawing onto which you want to project your data—from a map of the world, to a street map of your town, or a map you create. MapInfo does the rest, taking each record you select and accurately placing it at the right location.

Thousands of professionals are currently using MapInfo in hundreds of unique applications to manage resources better, make better decisions, save time and money, and spot new trends and opportunities.

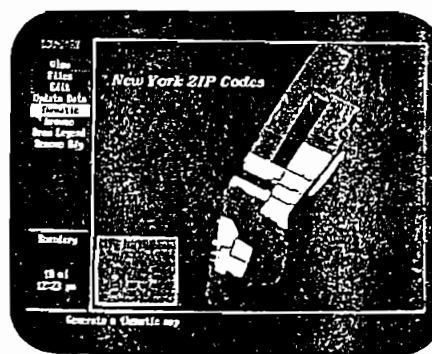
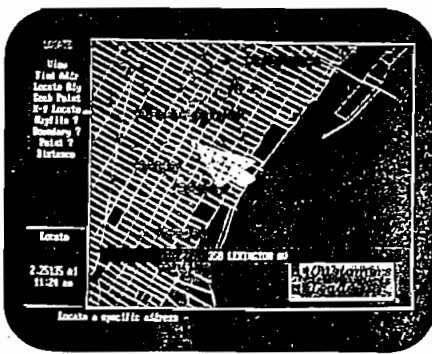
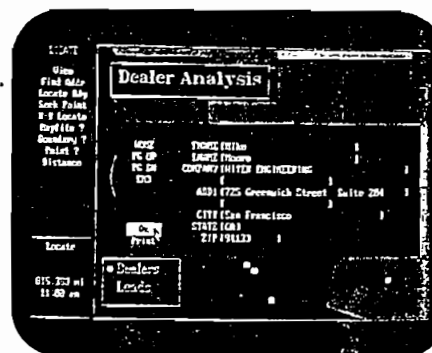
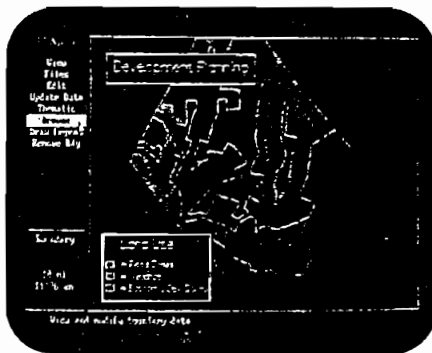
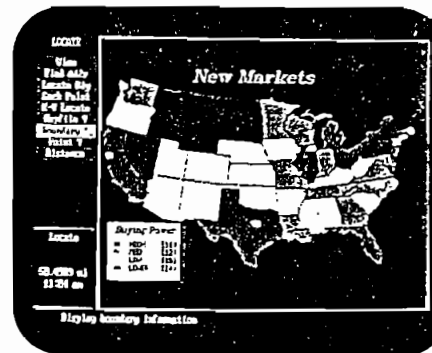
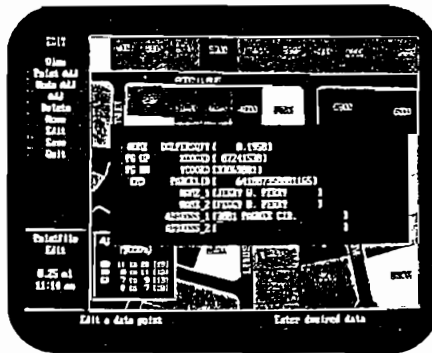
Utilities use MapInfo to route cables, locate trouble areas, even call-before-you-dig operations. They use MapInfo to overlay data and automatically find addresses on street maps available for the entire U.S.

Governments use MapInfo to plan land use, manage resources, and assess properties. They can see the location of their data in relation to fixed points, boundaries, or other data records.

Sales and marketing executives use MapInfo to create territories, locate prospects, identify new markets, and track the competition. MapInfo gives them the actual distance between customers and sales offices.

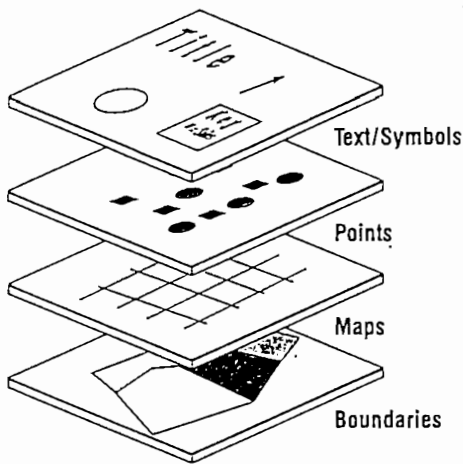
Police and fire departments use MapInfo to help uncover crime trends, inventory hazardous materials, and dispatch.

Consultants and resellers use MapInfo's programming language — MapCode™ — to create "mapplications" for resale.



# See your data with MapInfo

MapInfo Desktop Mapping software for the IBM PC displays your data on maps or drawings that you create, or on those we supply. The powerful combination of merging your data with maps lets you perform geographic analyses and data manipulation like never before. With MapInfo, you can *visually* manage all of your data.



You can overlay up to 55 layers of data such as land-use maps, soil maps, streets, parcels and utilities.

## MapInfo™



MapInfo is not an Autodesk product. Autodesk takes no responsibility with regard to the selection, performance or use of non-Autodesk products. All understandings, agreements or warranties must take place directly between MapInfo and prospective users. AUTODESK SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

The Autodesk logo is registered in the U.S. Patent and Trademark Office by Autodesk, Inc.

dBASE is a trademark of Ashton-Tate

FoxBASE is a trademark of Fox Software Inc.

MapInfo and MapCode are trademarks of Mapping Information Systems Corporation, Troy, NY

Prices subject to change without notice.

### Graphic Data Overlay.

MapInfo works with your text databases—geographically displaying data existing in dBASE, FoxBASE or other DBF format files without importing. You can easily import data from other packages through an ASCII file if your data resides in another format. Either way, MapInfo protects your database investment.

### Quick Data Location

MapInfo finds the records in your database by any geographic data such as ZIP Codes, counties, or street addresses. Depending upon which map you use, you can enter a ZIP Code and MapInfo pinpoints it on the map. Type an address in an urban area, and MapInfo locates it to the correct block and side of the street.

### Visual Data Search and Query

MapInfo's powerful analytic features allow you to search for points within a given radius or within any boundary. You can display the records found in the search or send them to a printer, an ASCII file, or a database. Filters allow you to display only the points that meet your specific criteria.

### Thematic Analysis

Use boundaries we supply, create your own, or merge boundaries together. MapInfo determines which database records are within a boundary, and counts, sums or averages values from a specified field. Color or shade boundaries based on these data, create a thematic map. MapInfo can locate, attach data to, or find the area and perimeter of boundaries.

### A World of Maps

MapInfo comes with a map of the world and a map of the U.S. with all states boundaries and ZIP Code centroids. You can also buy any of MapInfo Corp.'s thousands of digital street maps. Or, import maps and drawings from AutoCAD™, other CAD or GIS packages for use in MapInfo. Use MapInfo software to update maps from any source.

### Quality Output

MapInfo creates high-quality output from laser, PostScript, color, or dot-matrix printers, and pen plotters. You can also send the output to a file—such as CGM—to use in a Desktop Publishing package or slide-making service. Output devices can be shared by many users by using the Network version of MapInfo.

### Application Development

An optional programming language, called MapCode, allows you to customize MapInfo. You can streamline MapInfo, incorporate specific terminology, automate repetitive tasks, and create new menus and pop-ups. MapInfo also supplies a runtime module that lets you create applications for resale or internal use.

### System Requirements

IBM XT, AT, PS/2 or compatible, with 640KBytes of memory, a hard disk, and graphics capability. PC-DOS or MS-DOS 2.0 or higher. MapInfo also supports over 30 printers, 15 plotters, 5 digitizers, and 5 mouse products. Call for details.

## **ANEXO D**

### **UNIDAD DE CONTROL**

# ICC™

## Intelligent Communication Controller

**Vehicle  
Tracking  
Products**

*Versatile modem and  
intelligent data controller for AVL  
and messaging applications.*

The ICC™ performs basic mobile radio modem functions plus a variety of data management functions for the Trimble GPS/AVL Subsystem including I/O processing, applications processing, data communications management, and radio control. System integrators will find it simple to integrate with the communication system and easy to use both at the base station and in the vehicle for a wide variety of applications. And end users will benefit from this and the long list of other features the ICC offers.

To support AVL and messaging functions, the ICC has three RS-232 serial data interfaces compatible with any of the Trimble Placer™ family of vehicle tracking GPS sensors, a status head or MDT, and various other peripheral devices. In addition, it manages discrete signal lines for status

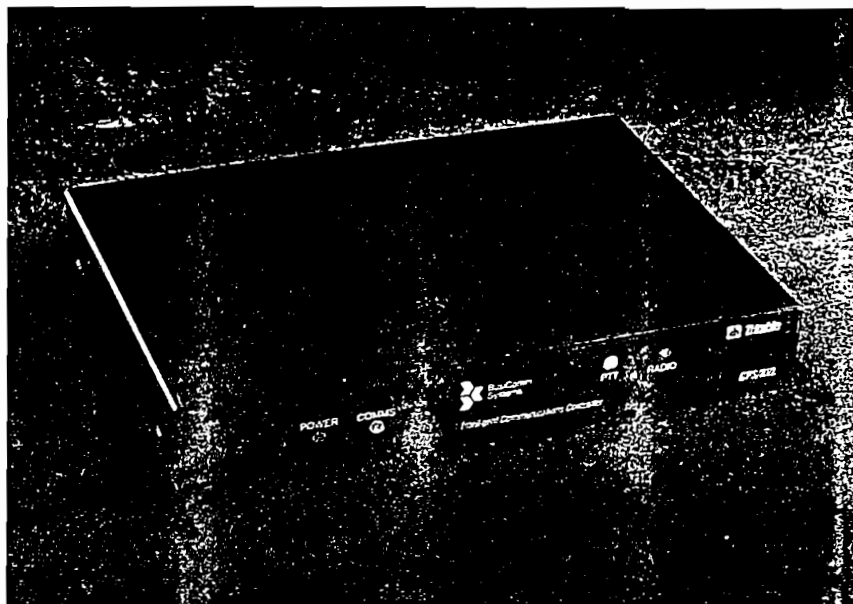
reporting such as monitoring odometer readings, ignition or battery switches, lights, siren, or other vehicle operational parameters.

For capability that extends well beyond that of traditional radio modems, the ICC utilizes an onboard applications microprocessor and special firmware that supports time-delayed radio turn-off (for saving batteries), vehicle parameter monitoring, and odometer pulse processing so that measured mileage can be calculated and supplied with other vehicle status. When used with an MDT or status head, the applications processor is used for status message formatting such that vehicle location reports include time-tagged status information.

The ICC utilizes specialized data exchange protocols and end-to-end data integrity protocols for reliable

data transmission in a moving mobile radio environment. This makes it ideal for managing dispatch messaging or providing AVL fleet updates at up to 5 per second. The ICC is compatible with several common conventional radio types. It manages the radio interface and can be configured to channel-switch the radio via a remote control-head interface, requiring no manual intervention in the vehicle or at the base station.

Housed in a low profile metal package with integral mounting points, the ICC is easy to install from above or below. Trimble provides compatible power, interface and radio cables necessary for operation within the GPS/AVL Subsystem. And for maintenance, the four status lights on the front panel can be used for diagnosing the ICC and connected equipment.



**Trimble**

# ICC™

## Intelligent Communication Controller

### General Description

**Function:** Modem and communications processing at base and in mobile units

**AVL Report Rate:** Up to 5 per second, depending on radio type and use of DGPS, messaging, etc.  
(minimum)

**Protocol:** Status driven bit map polling protocol

### Technical Specifications

**Computer Spec:** M38002 Processor, 32KB RAM, 32KB ROM

**Link Speed:** 1200 Baud (adjustable, network dependent)

**Terminal Speed:** Up to 9600 Baud

**Data Throughput:** Up to 180 c.p.s.

**Equip Interface:** Three RS-232 lines  
Three Discrete I/O (0 or > +3VDC)  
Odometer Pulse input and transducer output (if required)

**Data Equipment:** Placer GPS sensor family, status/message head, printer, or portable data terminal

**Radio Equipment:** Various conventional two-way radios

### Environmental Specifications

**Operating Temp:** -20°C to + 70°C

**Non-operating Temp:** -40°C to +85°C

**Shock:** 70g for 6 milliseconds

**Vibration:** Endurance: 3.05g RMS, 5-1000 Hz

### Physical Characteristics

**Size:** 8.8" W x 6.3" D x 1.4" H  
(22.7cm W x 15.9cm D x 3.5cm H)

**Weight:** 1lbs. (.45kg)

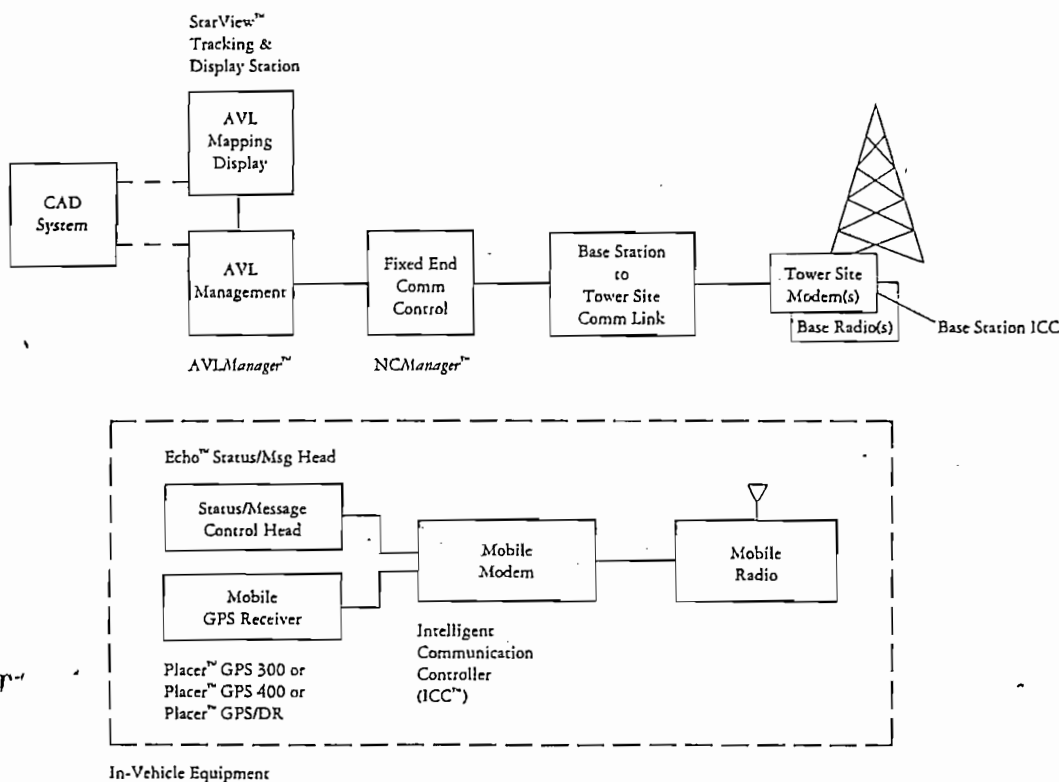
**Voltage:** 8 to 32 VDC

**Power:** 1 watt typical at 12 VDC

### Accessories

**Interface Cable:** P/D/J Cable, P/N 22736

### GPS/AVL Subsystem Functional Block Diagram



**Trimble**  
The Leader in GPS Solutions

Vehicle Tracking Products Division  
645 North Mary Avenue  
Post Office Box 3642  
Sunnyvale, CA 94088-3642  
Tel: 1-800-827-8000 In U.S.  
+1 (408) 481-8000 outside U.S.  
Fax: +1 (408) 481-7717

Trimble Navigation Europe Ltd.  
Trimble House  
Meridian Office Park  
Osborn Way, Hook  
Hampshire, RG27 9HX U.K.  
Tel: +44 256-760150  
Fax: +44 256-760148

# NE-2 Navigation Controller



The NE - 2 Navigation Controller Unit is the central component of the PULSEARCH mobile navigation system. Within the NE - 2 is an intelligent programmable controller board that connects directly to and provides power and control functions to the MAGNAVOX GPS engine board within the NE - 2. The Magnavox GPS engine board is a six-channel, high performance L1 band C/A code receiver capable of using real-time RTCM differential correction data to increase measurement accuracy.

The NE - 2 is intended for use in any of several applications including surveying, aircraft applications, mobile data acquisition and fleet management.

With respect to fleet management applications, the NE - 2 can be used in conjunction with a radio communication system to provide position

information to a dispatch site. Also vehicle sensors such as odometers, compasses, and rate gyros can be interfaced to the NE - 2 to aid in vehicle positioning using these dead reckoning sensors.

There are a total of four serial ports in the NE - 2, one or two are used for communication with the internal GPS receiver, the remainder are typically used for a PC or terminal, a modem and if configured an external RS232 device that can be used as an external source of data and included in the NE - 2's data output. Three high speed inputs can be used to count or time tag an external event to within one (1) millisecond. The NE - 2 can be powered from a wide variety of sources, including batteries, vehicle power, or any source from 10.5 to 32 volts DC.

The following are various models of the NAV Controller that can be configured for various applications.

Model	Description
NE-2	is the base model incorporating a 6 channel GPS receiver and four external serial ports.
NE-2A	includes NE-2 features and adds inputs for an external altimeter, odometer and two high speed inputs.
NE-2B	is similar to the NE-2A but also incorporates an additional DC to DC converter that supplies a 12 Volt output for powering external devices.
NE-2C	includes the NE-2A features and adds analog inputs for analog sensor channels.



## NE-2 Specifications

### PHYSICAL:

Physical Dimensions	68.5 x 130 x 200 mm 100 mm clearance for Front Panel connections 60 mm clearance for Rear Panel connections (NE-2A, B, C)
Weight	Approximately 900 grams

### POWER SUPPLY: (NE-2, NE-2A, NE-2C)

Supply Voltage Range:	10.5 to 32 VDC
Power Consumption:	approx. 4 Watts

### POWER SUPPLY: (NE-2B)

Supply Voltage Range:	18 to 32 VDC
Power Consumption:	approx. 5 watts + (PWR OUT load / 83%)

### ENVIRONMENTAL:

Operating Temperature Range:	-20 to +60 C
Storage Temperature Range:	-40 to +70 C
Humidity Range:	5% to 95% RH

Note: The NE-2 should not be subject to extreme changes in temperature over short periods, as this may affect or damage the GPS receiver's crystal. For example, a temperature change from -20 C to +70 C requires that the temperature shock be dampened with a thermal time constant of 2350 seconds.

### EXTERNAL CONNECTIONS

PWR IN: (Main and Auxiliary)	Power supply to NE-2. Switched via centre-off toggle switch. Refer to Power Supply section for input specifications. Fused at 1.5 amp.
Ignition Sense Input:	10 to 32 VDC. Fused at 0.25 amp.
Power Out pin: (on PWR IN connector)	Turned ON when Ignition Sense detected. Power taken from PWR IN or Ignition Sense inputs (whichever is higher). Voltage approximately 1 volt less than PWR IN or Ignition Sense input.
PC, Auxiliary Serial Ports:	RS232C standard levels No Handshaking

## **ANEXO E**

### **ANTENAS Y RECEPTORES GPS**

# Magellan

## Meridian™

- Detachable antenna (no cable included)
- Carrying case with belt loop and lanyard
- User's guide and reference manual

### Meridian™ Options:

- External antenna kit with 30' cable and mounting hardware \$193
- Receiver and antenna mounting kit with power/data cable, cigarette lighter adapter, connecting hardware, 6' coax cable, suction cup mount for detachable antenna, U-bracket holder and knobs \$87
- Magnetic mount for external antenna \$60
- Power/data cable with cig. lighter adaptor \$46
- Suction cup antenna mount \$5.00
- 6' coax cable (for detachable antenna) \$30

## Trailblazer™ and Trailblazer M™

- Detachable antenna (no cable included)
- Carrying case with belt loop and lanyard
- User's guide and reference manual

### Trailblazer™ and

### Trailblazer M™ options:

- External antenna kit with 30' cable and mounting hardware \$193
- Receiver and antenna mounting kit with power/data cable, cig. lighter adapter, connecting hardware, 6' coax cable, suction cup mount for detachable antenna, U-bracket holder and knobs \$87
- Magnetic mount for external antenna \$60
- Power/data cable with cig. lighter adaptor \$46
- Suction cup antenna mount \$5.00
- 6' coax cable (for detachable antenna) \$30

## GPS Map 7000™

- Internal U.S. Jeppesen data base or internal international Jeppesen data base
- 13 datums plus one custom
- Power cable with cigarette lighter adaptor
- Detachable antenna with suction cup mount
- 6' coax cable • Yoke mount • User's guide

### GPS Map 7000™ options:

- AC adaptor \$30 • NiCad battery pack \$70
- NiCad battery charger (110VAC=\$30, 220/240VAC=\$40, 12VDC=\$58)
- To change your Jeppesen data base by sending to the factory \$99
- Holder, U-bracket and screws \$30
- Spare battery clip \$7.50 • Carrying case \$30
- AC Adaptor (regulated) (110VAC, 220VAC, 240VAC) \$30 each
- PC interface cable \$40
- Power data junction box \$40

## Nav 5000 DX™

- Differential ready\* (see the DBR™)
- Power/data cable for NMEA
- Lanyard, batteries, user's guide
- Navtech provides copy of DOS software - BBS updates available

### Nav 5000 DX™ options:

- PC download cable: call for price
- Quick release bracket with external antenna includes holder, U-bracket with screws, external antenna, 50' RG58U cable; DC/antenna interface box (amplifier), GPS antenna coupler \$295
- Holder, U-bracket and screws \$30
- AC Adaptor (regulated)

# Trimble

## Ensign™

- Internal antenna • Chart table mount with mt. plate
- 7 languages (Engl., Span., Fren., Ger., Ital., Japan., Norw.)
- Carry case, lanyard, batteries, user's guide

## Ensign XL™

- Differential ready\*
- Internal antenna • ASCII • I/O cable
- Battery eliminator (cig. lighter adapt.)
- Chart table mount
- 7 languages (Engl., Span., Fren., Ger., Ital., Japan., Norw.)
- Carry case, lanyard, user's guide, batteries

### Ensign™ and Ensign XL™ options:

- Ensign™ Antenna Kit is \$195 and includes
  - External antenna with 30' cable
  - Power cable/cig. lighter adaptor
  - Cable jumper for battery eliminator
  - Antenna coupler - Pole mt. and flush mount
- Ensign™ Accessory Kit at \$295 includes all of the above plus battery eliminator, chart table mount, mount adaptor plate and bracket mount
- Battery Eliminator Kit with power cable \$90
- Replacement External Antenna only \$145
- Bracket mount \$20

## Flightmate Pro™

- Download/upload cable • Yoke mount
- External antenna with mounts
- Battery eliminator (cig. lighter adaptor)
- MultiNav™ • Access to 12,000 airports
- Many other aviation features

### Flightmate Pro™ options:

- 12VDC gel cell battery by AKI works on units which can be used in conjunction with cigarette lighter adapter.
- Receiver case only \$30
- Receiver case & accessories \$50
- Gel Cell battery kit including battery charger \$50
- With leather carry case \$90

## Scout GPS™

- Over and up feature (7.5 min. TOPO interpolation)
- Carry case, lanyard, batteries, user's guide
- 7 languages (Engl., Span., Fren., Ger., Ital., Japan., Norw.)
- Sun and moon calculations, HAM address
- Target Track™ (estimation feature)
- OSGB, UTM

### Scout™ options:

- Scout Accessory Kit Magnetic is \$225.00
  - External GPS antenna with magnetic mt
  - 5 meter antenna cable
  - Pole mount and suction cup kit
  - Battery eliminator with cig. lighter adaptor
- Waterproof bag - 10 for \$10
- Trimble Road Atlas \$25

## Scout M™

### Scout M (is olive green)

- MGRS, UTM, OSGB datums additionally
- 7 languages (Engl., Span., Fren., Ger., Ital., Japan., Norw.)
- Black leather carry case, lanyard, batteries, user's guide

Scout M™ options: call for information

# Trimble (co

## Scoutmaster™

- Differential ready\*
- UTM, USGS 7.5 min., OSGB, L.
- TOPO GPST™ (2.5 min.)
- Maidenhead and Trimble Grid L
- Thomas Brothers \*page and Grid
- Over and Up™ calculations
- Target Track™: nav function distance, direction, speed and time of arrival (ETA)
- 7 languages (Engl., Span., Fren., Ger., Ital.)
- SA Filter™
- Acu-Lock™ (averaging) (avail. C)
- Apple Newton™ and Mac comp
- SMPTE time code generator/reader
- Library Transfer Utility™ software
- ASCII • Estimation function
- Trimble Atlas, nylon carry case, I/O cables, batteries, user's manual

### Scoutmaster™ Field Kit

- is \$1395.00 and includes the following:
  - The Scoutmaster™ receiver - (D)
  - All standard features as listed above
  - I/O cable • Pizazz Plus Graphics
  - Scout It Out™: mapping and data
  - Carry case, lanyard, batteries, user's manual
  - Trimble Atlas

### Scoutmaster™ Options:

- I/O cable \$25 (specify DOS or Mac)
- External magnetic ant. accessory, - 6 meter cable
  - 12 VDC cig. lighter adaptor cable
  - 2 suction cups, pole mount attachment (For non-magnetic use, use the suction cups instead of the magnet.)
- Gel cell which works with your external magnetic antenna kit \$50
- Pizazz Plus Graphics Utility \$99
- Scout-It-Out Mapping Software \$99
- Chart table mount \$40

## \*NavBeacon XL™

For receiving USCG signal, usable with Trimble differential ready receivers, Flightmate Pro™, Ensign XL™, and Scoutmaster™. Call for description of robust and reliable marine differential receiver.

Price: List is \$3000. Navtech price

# Techsonic

## Traxar™

- Batteries
- Carrying case and lanyard
- User's guide

### Traxar Options:

- Remote antenna, \$115
- Smart Bracket™ \$139
- Smart Bracket™ with remote antenna
- Quick release bracket for antenna
- Power pack/cigarette lighter adaptor
- Spare battery pack \$34

# Differential Correction Services for US & Canada

To reduce the effects of S/A (intentional degradation of accuracy by the DoD), you need a differential capable GPS receiver and a DGPS correction signal receiver.

# NavCard®

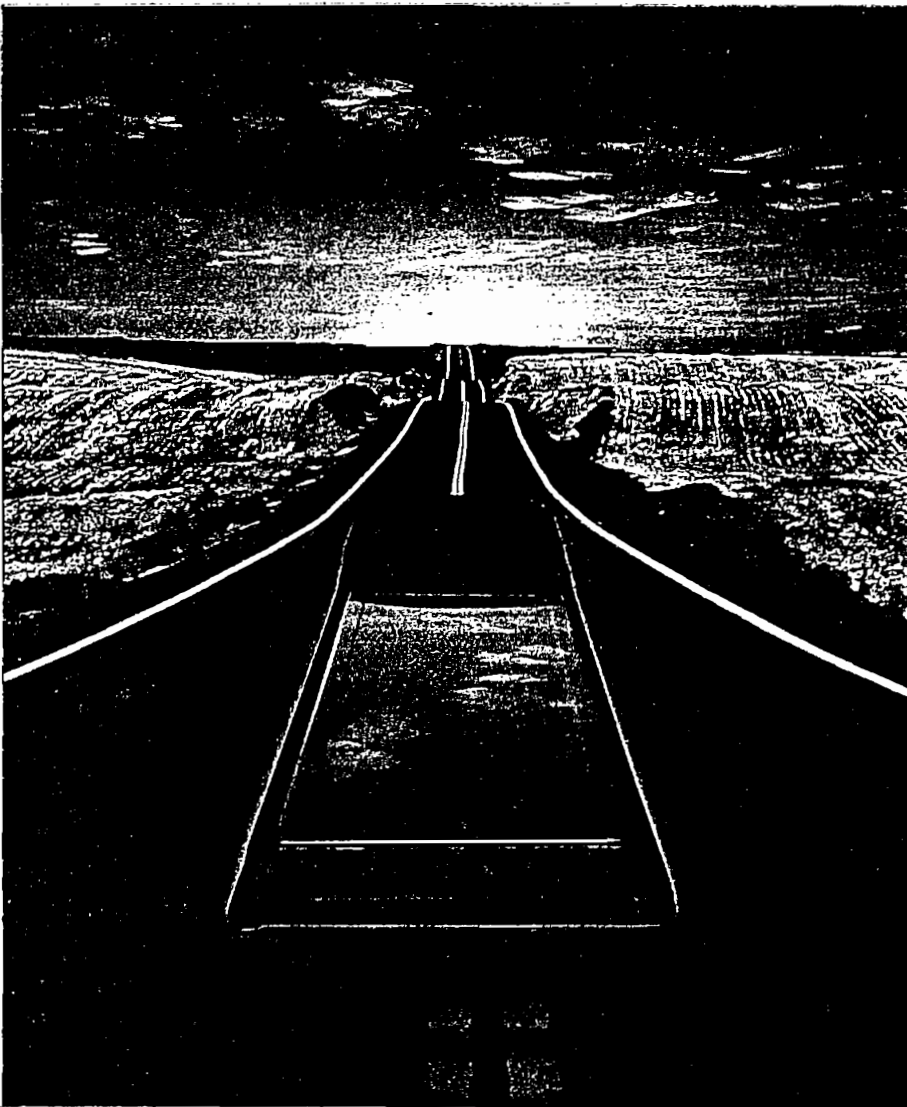
World's First GPS Receiver in a PCMCIA Type II Format

*Rockwell Brings Its PCMCIA  
Technology Leadership to  
Global Positioning System Products:  
PCMCIA GPS Leads Market  
Towards an Embedded Product*

## The World's First GPS Receiver

Rockwell has applied its world leading PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) technology to its GPS NavCore® product family to produce the world's first OEM GPS Receiver completely contained in a PCMCIA Type II format, the NavCard™. This technology breakthrough enables the ever-increasing array of lightweight, PCMCIA-equipped portable personal computers, personal digital assistants and personal information communicators to utilize the \$10 billion Global Positioning System for obtaining exact location information. The NavCard extends the functionality of these tools to include information on their position, direction and speed. It interprets signals received from the series of GPS satellites that circle the earth to provide users with their exact location.

The ready mobility of portable computers brings with it uncertainty of location. Companies often need to locate their mobile employees at a moment's notice. Tracking one's location is equally important in emergencies, in avoiding potential danger when in unfamiliar areas, for automatic vehicle location, and for marine, aviation and industrial applications. The NavCard from Rockwell is designed to integrate easily and efficiently with the wide range of mapping, navigation and location software available for the mobile computer user. Its complete location-finding function makes it suitable both for integration and use in a variety of OEM products, and for significantly reducing time-to-market for these products.



## Versatile Features

The NavCard is compatible with Release 2.1 host socket interface. The five-channel receiver incorporates Rockwell's unique power management option that can reduce the receiver's average power consumption to less than 750 mW. The basic unit comes complete with an integrated antenna that may be easily removed to use one of the optional antenna extension accessory kits. These kits provide a variety of mounting and cable configurations allowing the user to easily position the antenna for optimum satellite visibility.

The outstanding performance of the NavCore® family of products continues to be offered with the NavCard Receiver, including:

- Rapid time-to-first-fix
- Position, velocity and time presented in user-friendly messages
- Fully equipped and supported software developer kit
- Power management features
- Worldwide, world-class product support

## Specific NavCard Features

Features specific to the NavCard GPS Receiver are:

- PCMCIA Type II extended format
- Complete with Developer software, including API (Applications Programming Interface)
- With Power Management Option, the NavCard requires less than 750 mW of average power to operate, resulting in low system power requirements and longer battery life

- Offers optional differential capability, dramatically improving positioning from 100 meters to 5 meters or less
- With five channels to receive and interpret satellite data, the NavCard has one of the shortest initialization times (TTFF) of any commercial GPS receiver – 20 to 30 seconds from a warm start
- State-of-the-art dynamic tracking, both in foliage and urban environments, and under conditions where severe vibration and shock may be present

## Worldwide Development Support

To reduce the manufacturer's design costs and time to market, Rockwell provides comprehensive coverage to its customers by offering product development support through its worldwide Technical Support Centers.

### Technical Specifications

Channels 5 Channels tracking up to 9 satellites

Signal Acquisition Performance Table A

Navigation Accuracies Table B

Interface PCMCIA Release 2.1 Type II extended format

#### Electrical

- **Power Consumption** 750 mW average with Power Management <2W peak

#### Physical

- **Dimensions** 13.7 cm x 5.4 cm
- **Weight** 90 Grams

#### Environmental

- **Operating**
  - Temp. 0 deg. C to +55 deg. C
  - Humidity Up to 95% noncondensing

- Shock & Vibration PCMCIA Release 2.1 compliant

#### Storage

- Temp. -20 deg. C to +65 deg. C.
- Humidity Up to 95% noncondensing
- Shock & Vibration PCMCIA Release 2.1 compliant

**Table A**

Time-To-First-Fix		Initial Error Uncertainties (3 Sigma)			Maximum Almanac Age	Maximum Ephemeris Age
Typical (min.)	90% Probable (min.)	Position (km)	Velocity (m/s)	Time (min.)	(Weeks)	(Hours)
0.5	0.7	100	75	5	1	4
1.5	1.9	100	75	5	1	U/A
15.0	15.0	U/A	U/A	U/A	U/A	U/A

**Table B**

	Navigation Accuracies			
	Positions (meters)			Velocity (meters/sec) 3-Dimension 2 Sigma
	Horizontal	Vertical 2 Sigma	3-Dimension 2 Sigma	
Full Accuracy C/A	25 CEP, 50 2dRMS	78	93	0.5
Standard Positioning Service (SPS)	50 CEP, 100 2dRMS	158	188	**

\*\* Velocity and Time accuracies for SPS are not specified for the GPS System

## REGIONAL SALES OFFICES

Headquarters: Digital Communications Division, Rockwell International, 4311 Jamboree Road, Newport Beach, CA 92660-3095

For More Information:  
Call 1-800-854-8099

For Literature Only:  
Call 1-800-436-9988  
Fax: (818) 365-5426

### Regional Sales Offices

**USA - Southwest**  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
5000 Birch Street  
Suite 200  
Newport Beach, CA 92660-3095  
Tel: (714) 833-4655  
Fax: (714) 833-6898

**USA - Southeast**  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
One Copley Parkway  
Suite 210  
Morrisville, NC 27560  
Tel: (919) 467-7703  
Fax: (919) 467-6096

**USA - South Central**  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
2001 N. Collins Blvd.  
Suite 103  
Richardson, TX 75080  
Tel: (214) 479-9310  
Fax: (214) 479-9317

**USA - Northeast**  
(and Canada East)  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
239 Littleton Road  
Suite 1B  
Westford, MA 01886  
Tel: (508) 692-7660  
Fax: (508) 692-8185

**USA - North Central**  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
3158 South River Road  
Suite 204  
Des Plaines, IL 60018  
Tel: (708) 297-8875  
Fax: (708) 297-3230

**USA - Northwest**  
(and Canada West)  
Digital Communications Division  
Rockwell International  
3600 Pruneridge Avenue  
Suite 100  
Santa Clara, CA 95051  
Tel: (408) 249-9696  
Fax: (408) 249-7113

**Australia**  
Digital Communications  
c/o Rockwell Systems Australia  
Pty., Ltd.  
3 Thomas Holt Drive  
P.O. Box 165  
North Ryde, NSW 2113  
Australia  
Tel: (61-2) 805-5555  
Fax: (61-2) 805-5599

**France**  
Digital Communications  
c/o Rockwell International S.A.  
Tour GAN, 16 Place de l'Iris  
Cedex 13  
92082 Paris La Defense 2  
France  
Tel: (33-1) 49-06-3980  
Fax: (33-1) 49-06-3990

**Germany**  
Rockwell Telecommunications  
GmbH  
Rockwell International GmbH  
Paul-Gerhardt-Allee 50 A  
81245 München 60  
Germany  
Tel: (49-89) 829-1320  
Fax: (49-89) 834-2734

**Hong Kong**  
Digital Communications  
c/o Rockwell International  
(Asia Pacific), Ltd.  
13th Floor,  
Suites 8-10, Harbour Centre  
25 Harbour Road  
Wanchai, Hong Kong  
Tel: (852) 827-0181  
Fax: (852) 827-6488

**Italy**  
Rockwell International  
Digital Communications  
c/o Allen Bradley Italia S.r.l.  
Viale de Gasperi, 126  
20017 Mazzo di Rho  
Milano (MI), Italy  
Tel: (39-2) 93972-360  
Fax: (39-2) 93972-366

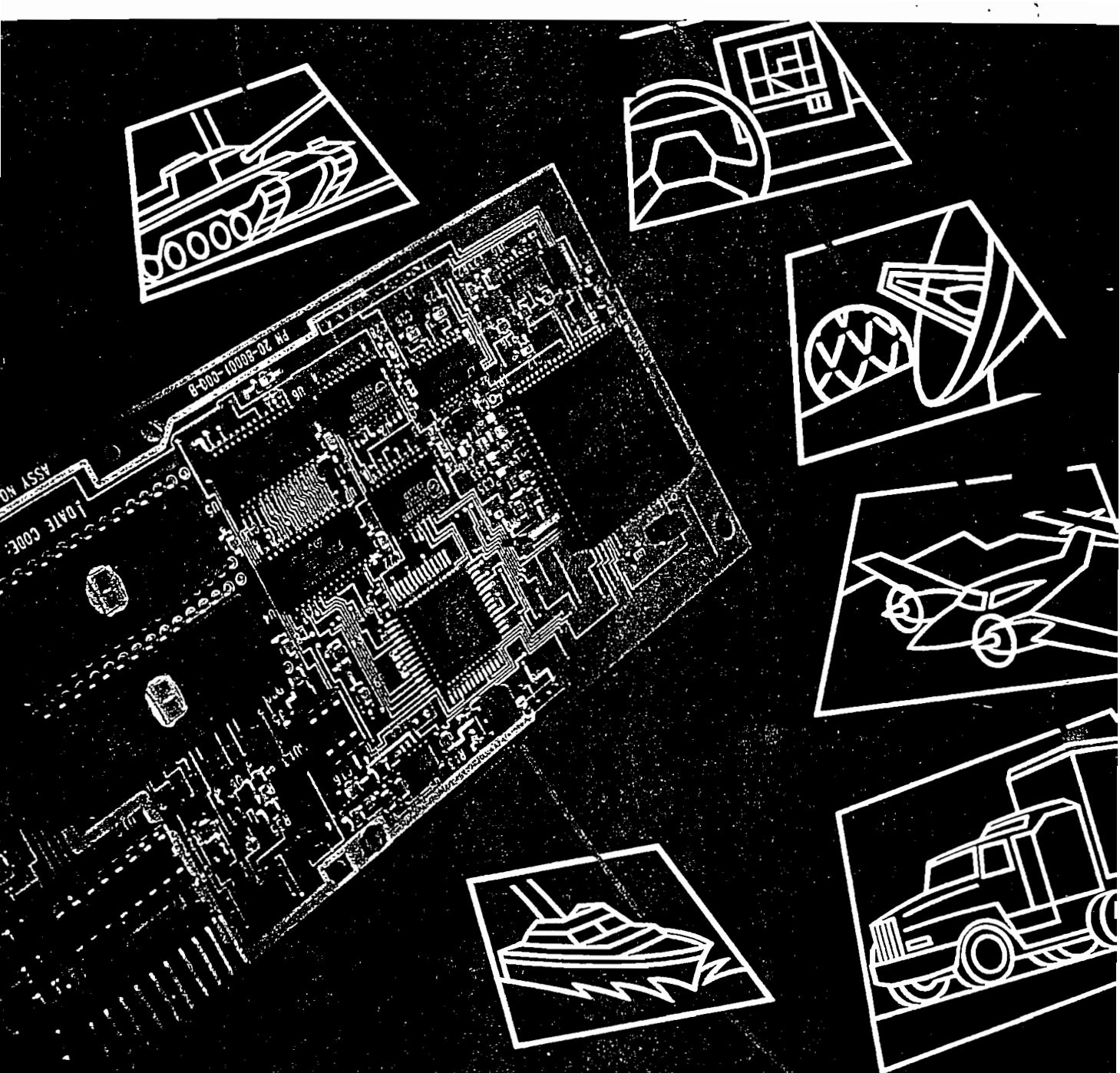
**Japan**  
Rockwell International Japan Co., Ltd.  
Digital Communications Division  
Shimomoto Building  
1-46-3 Hattusuda, Shibuya-ku  
Tokyo, Japan 151  
Tel: (81-3) 5371-1543  
Fax: (81-3) 5371-1501

**Korea**  
Digital Communications  
c/o Rockwell-Collins International, Inc.  
Rm. 1508  
Korea Textile Building  
944-31, Daechi-3dong  
Kangnam P.O. Box 2037  
Kangnam-ku  
Seoul, Korea  
Tel: (82-2) 565-2880  
Fax: (82-2) 565-1440

 **Rockwell Telecommunications**

**Taiwan**  
Rockwell Int'l Taiwan Co., Ltd.  
Digital Communications Division  
Room 2808  
International Trade Building  
333 Keelung Road, Section 1  
Taipei, Taiwan 10548, R.O.C.  
Tel: (886-2) 720-0282  
Fax: (886-2) 757-6760

**United Kingdom**  
Digital Communications  
c/o Rockwell International, Ltd.  
Central House  
3, Lampton Road  
Hounslow, Middlesex  
TW3 1HY England  
Tel: (44-81) 751-6779  
Fax (44-81) 570-0758



## MAGELLAN 5-CHANNEL GPS TECHNOLOGY. A UNIVERSE OF APPLICATIONS AT A DOWN-TO-EARTH PRICE.

The Global Positioning System (GPS), the most accurate, worldwide navigation and positioning system available, is more accessible than ever. Magellan announces a highly affordable, five discrete channel OEM GPS receiver module to meet all your GPS integration needs. Five continuous tracking channels provide:

- Uninterrupted one-second position updates • Superior tracking in high-dynamic environments and areas of obstructed satellite visibility • No degradation in RF sensitivity (unlike multiplexed receivers).

Magellan's five-channel OEM receiver module is still the most affordable on the market, and is plug-, form- and software-compatible with its single-channel OEM module.

The use of Magellan's exclusive gallium arsenide/MMIC technology and digital signal processing allows this C/A code

module to easily accommodate a vast array of applications, including: • vehicle tracking • avionics • military • vehicle navigation • marine • scientific.

### Custom-tailored to your needs.

To help you move into these rapidly expanding markets, Magellan offers the added flexibility of customized hardware and software configurations to meet your specific needs.

Leading the field in advanced GPS technology, Magellan components have been integrated into a wide variety of applications for customers in diverse markets throughout the world, and have proven to be exceptional in quality and reliability. Whatever your GPS application, look to Magellan for low-cost, high-technology solutions.



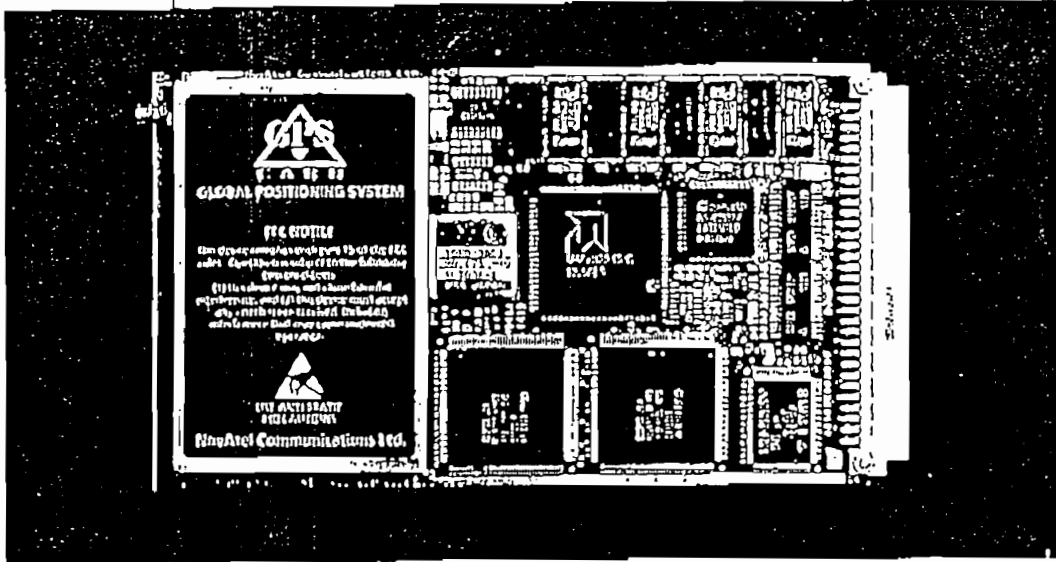
**MAGELLAN**  
WE BRING GPS DOWN TO EARTH™

For more information, contact: Magellan Systems Corporation, 260 E. Huntington Dr., Monrovia, CA 91016. Phone: (818) 358-2363 Fax: (818) 359-4455.  
Magellan™ is a trademark of Magellan Systems Corporation.



# GPSCard™

## OEM Performance Series



The NovAtel GPSCard OEM Performance Series family of parallel channel GPS receivers incorporate our patented narrow correlation technology and are designed for use within an integrated system with a standard Eurocard size format (160 x 100 mm). A complete range of models are available to meet your specific application requirements. The GPSCard supports a host of unique functions and capabilities as standard features. Designed to minimize the development effort required by the OEM user, a simple but comprehensive operator interface provides many selectable functions and operations. Custom form factors and circuit board layout for specific OEM applications are available.

### SUPERIOR PERFORMANCE

The 10 dedicated channels of the GPSCard independently track the code and carrier phase of 10 GPS satellites. The wide bandwidth RF front end, high rate multi-bit sampling, and digital signal processing features yield precise code phase tracking capability with improved interference immunity. The dual serial data ports and the assorted input/output strobes provide support for integration with external systems, real time differential positioning, remote receiver control, data logging, and time transfer.

The optional GPS antenna unit with integrated LNA provides excellent RF signal reception with improved multipath rejection. These features, along with an assortment of available options, allow the user to meet even the most demanding application requirements.

### COMMITMENT TO QUALITY

A customer oriented company, NovAtel is committed ensuring and maintaining customer satisfaction through quality products and technical support. NovAtel's fully integrated and computerized manufacturing environment and advanced engineering design capabilities result in quality products suitable for OEM and end-user customers.

### FEATURES

- High performance code tracking (<10 cm, 1  $\sigma$ , 1 sec)
- Up to 5 position solutions and 10 raw data sets per second on 10 parallel tracking channels
- INSTALOCK™ satellite tracking algorithm (cold start Time To First Fix < 120 sec)
- Input trigger for GPS data synchronization and 1PPS output for GPS time synchronization
- NMEA 0183 Version 2.0 GPS ASCII output & RTCM 104 Release 2.0 differential GPS data output/input
- Full featured internal software with support for 10 datums, waypoint navigation, velocity, and height w respect to mean sea level.



GPS Products Group

**GPSCard™ OEM Performance Series**

NovAtel Communications Ltd.

**PRODUCT DESCRIPTION**

The GPSCard OEM Performance Series features include:

- Position Output
- Fixed Height/Position Input
- 62 Built-In Datums
- User Defined Datum
- Waypoint Navigation
- Raw Satellite Data
- NMEA 0183 Output
- Velocity Output/Input
- Worldwide Geoid Table<sup>1</sup>
- Full Dilution Of Precision Output
- Receiver Serial Port Control
- Satellite Tracking Control
- Receiver Channel Control
- Data Logging in ASCII and Binary

Model*	Features
2111/2111R	Position Data Output
2121/2121R	Position and Clock Data Output, Variable Frequency and 1PPS Output
2131/2131R	Position, Clock and Pseudo Range Data Output Variable Frequency and 1PPS Output
2151/2151R	Position, Clock, Pseudo Range and Carrier Phase Data Output, Variable Frequency and 1PPS Output

\*R indicates RTCM Real Time Differential Capability (Monitor and Remote)

**TECHNICAL SPECIFICATIONS**

<b>GPS Receiver</b>	
Frequency	L1, 1575.42 MHz, C/A code (SPS)
Channels	10 channels dedicated tracking
Correlation Spacing	Narrow, Dynamic <sup>2</sup>
<b>Input/Output Strobes and Connectors</b>	
Variable Frequency Out	Software Sel (150 Hz - 10.23 MHz) <sup>3</sup>
Time Sync	1 PPS Output <sup>3</sup>
Mark Input	External Pulse Input For Data Output <sup>4</sup>
Mark Output	Synchronized To Measurements
Status	GPS Position Valid Indication
Antenna/LNA	SMB Jack (4.5 VDC, 25 mA) <sup>4</sup>
<b>Input/Output Data Interfaces</b>	
Dual Serial	Baud Rates: Default 9600 Baud, Software Selectable 300 to 38400
Electrical Format	RS232 EIA ( $\pm 12$ VDC) RS422 (5 VDC Differential) NMEA 0183 Ground Isolated
<b>Environmental</b>	
Operating Temp.	0°C to +70°C (-40°C to +85°C Optional)
Storage Temp.	-40°C to +85°C
Humidity	95% non-condensing
Altitude	5,000 meters

**Power Requirements**

- Voltage:  $\pm 12$  VDC & +5 VDC For Card
- Optional Antenna LNA Power Input Pin: 5 watts
- Power: 5 watts

**Physical Characteristics**

- Dimensions: 167 x 100 x 15 mm - Eurocard<sup>5</sup>
- Power/Data Connector: 64 pin DIN 41612
- Weight: 175 grams

**OPERATING SPECIFICATIONS<sup>6</sup>**

<b>Position Accuracy</b>	15 meters CEP (SA off)
	40 meters CEP (SA on)
	1 meter SEP differential with GPSCard Performance Series Monitor
<b>Velocity Accuracy</b>	0.05 meters per second (SA off)
	0.20 meters per second (SA on)
<b>Time Accuracy</b>	50 nanoseconds (SA off)
	250 nanoseconds (SA on)
<b>Measurement Accuracy</b>	
C/A Code Phase	10 cm RMS accuracy
Carrier Phase	
Single Channel	3 mm RMS accuracy
Differential Channel	0.75 mm RMS accuracy (1 sec)
<b>Velocity</b>	1000 meters per second
<b>Acceleration</b>	4g (sustained tracking)
<b>Position Update Rate</b>	5 solutions per second
<b>Raw Data Output Rate</b>	10 sets per sec (Models 2131 & 2151)
<b>Time To First Fix</b>	2 minutes (cold - no time or position)
<b>Re-Acquisition</b>	5 seconds to valid position (warm)

**OPTIONAL ANTENNA AND ACCESSORIES**

**GPSAntenna™ Model 501 High Performance**

- Type: Land & Marine, Active
- Size: 114 x 57 mm
- Connector: TNC Jack

**GPSAntenna™ Model 511**

- Type: Aircraft, Active
- Size: 89 x 14 mm
- Connector: TNC Jack

**Accessories**

- A005 NGPS Menu Driven Graphical User Interface Program
- A030 Choke Ring Ground Plane (85 x 369 mm)
- C005/C015/C030 Antenna Cables 5, 15 and 30 Meter Lengths

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A Digital Device, pursuant to Part 15 of the FCC rules.

**Notes:**

1. Single Value Entry Or Internal Worktable Underneath Table (OSU - 88E - 17x17)
2. Patented
3. Available Only With The Model 2121, 2131 and 2151 OEM GPSCard Receivers
4. Provision For External Power Input Available
5. Standard Eurocard format of 180 mm length is achieved by shearing off a 7 mm mounting flange
6. Subject To OPE System Characteristics
7. FAA TSO-C115a, DO-160C, FCC STD 595B, MIL-STD-883C, MIL-C-8841, MIL-E-88001

©1993 NovAtel Communications Ltd. All Rights Reserved.

For More Information Call Or Write To The GPS Products Group:



**NovAtel Communications Ltd.**

1020 - 64th Ave N.E.  
Calgary, Alberta  
Canada T2E 7V8

Tel: 1-800-NOVATEL  
Hotline: 403-295-5053  
Fax: 403-295-5000

Specifications subject to change without notice. 01/93

Printed in C





# Placer™ GPS 300

## Compact 6-Channel GPS Sensor & Antenna

*Easy-to-integrate GPS sensor and antenna in a single vehicle-mount package*

Placer™ GPS 300 is a low-cost, high-performance GPS receiver and antenna that provides dependable and accurate vehicle position, velocity, and time in all weather conditions.

Rugged, lightweight and weather-proof, the Placer GPS 300 combines Trimble's high-performance GPS receiver and antenna technology in a single maintenance-free package. The unit mounts on any flat or slightly curved surface. This combined receiver/antenna

is easily integrated with your existing mobile data system. It is easily installed and configured for your application, and once installed, the Placer GPS 300 requires no operator intervention at power up or during normal operation.

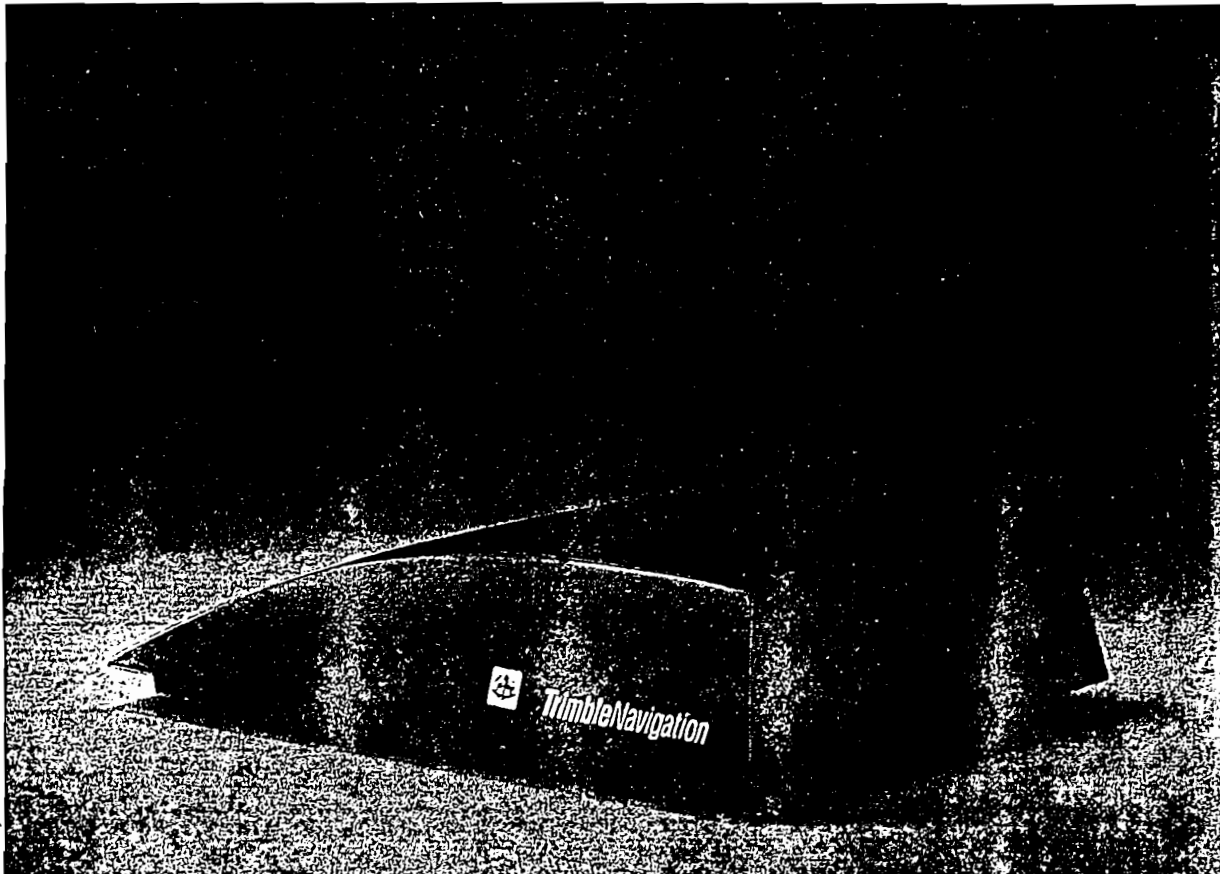
Placer GPS 300 uses a standard RS-232 serial interface that outputs convenient vehicle location messages in streams of printable ASCII characters. As a result, OEMs and system integrators can easily use the unit with personal computers, laptops, mobile data terminals, modems, and data radios.

Placer GPS 300 is a 6-channel GPS receiver that automatically uses the optimum satellite combination to ensure

the most dependable and accurate position solution. For applications requiring enhanced position accuracy, differential-ready version allows the Placer GPS 300 to apply RTCM differential GPS corrections.

Placer GPS 300 can be integrated with Computer Aided Dispatch (CAD), Digital Messaging, and tracking systems to provide a cost-effective Automatic Vehicle Location (AVL) system.

Easy to install and use, the Placer GPS 300 with ASCII message format and RS-232 interface is the ideal GPS sensor for fleet owners, system integrators, and OEM suppliers.



# Placer™ GPS 300

## Compact 6-Channel GPS Sensor & Antenna

### General Specifications

<b>Receiver:</b>	L1 frequency, C/A code (SPS), 6-channel, continuous tracking
<b>Antenna:</b>	Integral GPS antenna
<b>Output data:</b>	Latitude, longitude, speed, time, direction of travel
<b>GPS acquisition time:</b>	2 to 4 min. (cold start) <30 sec. (typical, with external battery backup) 2 sec. (typical reacquisition)
<b>Position update rate:</b>	Once per sec. (minimum time between reports) programmable up to 9,999 sec.
<b>Baud rate:</b>	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600; selectable

### Technical Specifications

<b>Accuracy*:</b>	Position: 2-5 meters (1 Sigma) steady state conditions (with differential); 15 meters (SEP), non SA conditions (without differential) Velocity: 0.1 meters/second (1 Sigma), non SA conditions Time: Universal coordinated time (UTC) to the nearest microsecond with 1 PPS available at interface cable
<b>Interface:</b>	Single 26' interface cable includes one RS-232 port (TAIP†); one pulse per second signal, power, ground, and battery backup. Differential ready option includes one RS-232 input signal for RTCM data
<b>Reporting format:</b>	Trimble ASCII interface protocol (TAIP)†
<b>Power:</b>	2 W, 9-28 VDC, operating; 500 microwatt, 3.5-32 VDC, battery backup

### Environmental Specifications

<b>Operating temp:</b>	-40°C to +70°C
<b>Non-operating temp:</b>	-55°C to +85°C
<b>Shock:</b>	30g for 6 milliseconds
<b>Vibration:</b>	Operating: 1.5g RMS, 5-150 Hz Endurance: 8g RMS, 100 to 1,100 Hz
<b>Humidity:</b>	98%/66°C profile per SAE J1211
<b>Altitude:</b>	-400 to +5,000 meters
<b>Packaging:</b>	Weather-proof, dust-proof

### Physical Characteristics

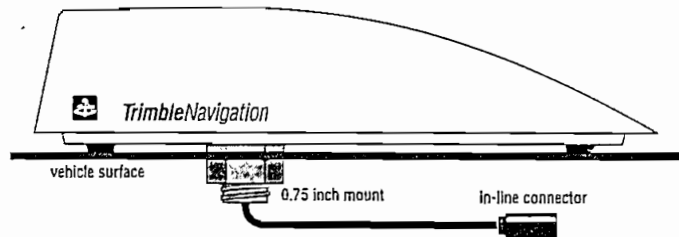
<b>Size:</b>	4.5"W x 6.4"L x 1.6"H (114mm x 165mm x 40mm)
<b>Weight:</b>	1 lb. (0.45kg)

### Differential GPS

Includes second RS-232 port for receiving RTCM-104 differential corrections. Also accepts TAIP formatted corrections through primary port, allowing one-port DGPS operation.

### GPSSK Software

Optional GPS Starter Kit (GPSSK) software for TAIP. DOS-compatible command interface for easy set-up and display of TAIP messages. Includes on-screen plot of position reports and sample TAIP driver source files delivered on one 3.5" diskette. Requires 640K memory and one serial port. Supports all Placer family sensors including differential units.



Typical Placer GPS 300 installation

### Ordering Information

	Part numbers	
<b>GPSSK</b>	22443-01	
<b>Placer GPS 300</b>	<b>Standard GPS</b>	<b>Differential GPS</b>
Gray	19000-00	19000-05
White	19000-10	19000-15

\* Note: All GPS receivers are subject to degradation of position and velocity accuracies under Department of Defense imposed SA (Selective Availability). Position will be degraded up to 100 meters 2D RMS. The effect on velocity and time is yet to be determined.

† Trimble ASCII interface protocol (TAIP) refers to a Trimble-specific digital communication interface, based upon printable ASCII characters. Messages are defined for system set-up, scheduled reporting, differential corrections, and polled responses.

Specifications subject to change without notice.



**TrimbleNavigation**

Vehicle Tracking Products Division  
645 North Mary Avenue  
Post Office Box 3642  
Sunnyvale, CA 94088-3642  
Tel: 1-800-827-8000 in U.S.  
+1 (408) 481-8000 outside U.S.  
Fax: +1 (408) 481-7744

Trimble Navigation Europe Ltd.  
Trimble House,  
Meridian Office Park  
Osborn Way, Hook  
Hampshire, RG27 9HX U.K.  
Tel: +44 256-760150  
Fax: +44 256-760148

Trimble Navigation New Zealand Ltd.  
76 Chester Street East  
P.O. 13-547, Armagh  
Christchurch, New Zealand  
Tel: +64 3-371-3400  
Fax: +64 371-3417

# Placer™ GPS 400

*6-channel GPS Receiver  
with Low-profile Vehicle Antenna*

*Versatile, off-the-shelf GPS sensor for  
mobile applications*

**P**lacer™ GPS 400 is a low-cost, high-performance GPS receiver that provides accurate vehicle position, velocity, and time in all weather conditions.

Placer GPS 400 features a "two-piece" construction: the receiver is placed inside the vehicle while the "low-profile" antenna is mounted on the outside. This construction provides added security for vehicles that are exposed to vandalism or physical damage. Placer GPS 400 is also suited to vehicles that need to use positioning discreetly.

Placer GPS 400 is a 6-channel GPS receiver that automatically uses the optimum satellite combination to ensure the most accurate position solution. For applications requiring enhanced position accuracy, a differential-ready version allows the

Placer GPS 400 to process RTCM differential GPS corrections. An optional new all-weather antenna is designed for superior snow and ice performance.

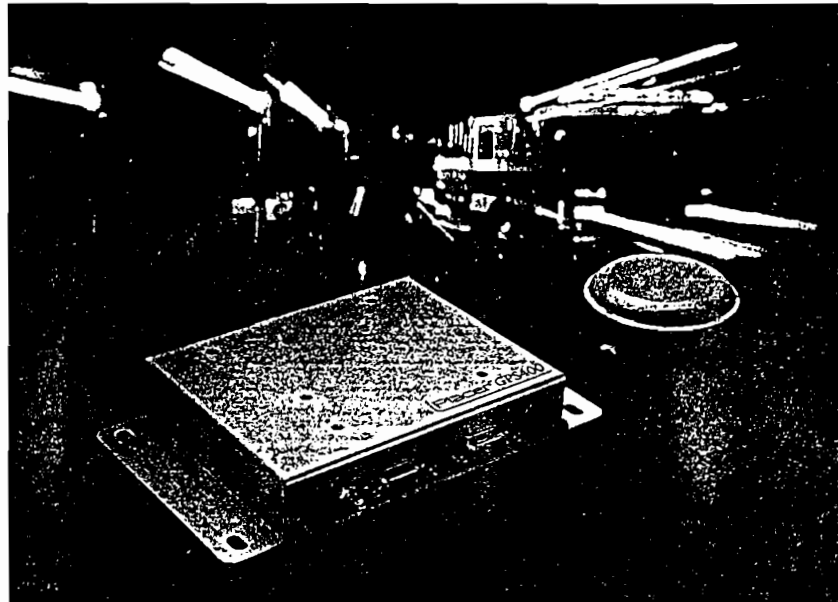
Placer GPS 400 is easily integrated with existing mobile data systems. It uses a standard RS-232 serial interface that outputs vehicle location in streams of printable ASCII characters compatible with personal computers, laptops, mobile data terminals, modems, and data radios. Once installed, the system requires no operator intervention during either power up or normal operation.

GPSSK software, optionally available with Placer GPS 400, allows you to connect to a DOS computer and communicate with your Placer GPS 400 right out of the

box. With GPSSK you can send and receive Placer GPS 400 messages, configure the unit for your application, or plot location in real time on a computer screen.

Placer GPS 400 is a member of Trimble's "Placer" family of vehicle location sensors, a product line including unitized "antenna/receivers" and high-performance, integrated GPS/dead reckoning units. All Placer family sensors use the same TAIP protocol, allowing you to select a mix of Placer sensors to meet your application needs. All Placer sensors feature advanced algorithms optimized for vehicle applications.

Easy to install and use, the Placer GPS 400 is the ideal GPS sensor for fleet owners, system integrators, and OEM suppliers.



**Trimble**

# Placer™ GPS 400

## 6-channel GPS Receiver with Low-profile Antenna

### General Specifications

Receiver:	L1 frequency, C/A code (SPS), 6-channel, continuous tracking
Antenna:	Low-profile microstrip patch or all-weather air dielectric wedge
Output data:	Latitude, longitude, speed, time, direction of travel
GPS acquisition time:	2 to 4 min. (cold start) <30 sec. (typical, with external battery backup); 2 sec. (typical reacquisition)
Position update rate:	Once per sec. (minimum time between reports) programmable to 9,999 sec.
Baud rate:	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600; selectable

### Technical Specifications

Accuracy:	Position: 2-5 meters (1 Sigma) steady state conditions (with differential); 15 meters (SEP), steady state conditions (without differential). Velocity: 0.1 meters/sec. (1 Sigma), steady state conditions Time: Universal Coordinated Time (UTC) to the nearest microsecond with 1 PPS available at interface cable
Interface:	One RS-232 female port standard; Second RS-232 port available in differential GPS version
Reporting format:	Trimble ASCII interface protocol (TAIP) <sup>†</sup>
Power:	2 W, 9-28 VDC, operating; 500 microwatt, 3.5-32 VDC, battery backup

### Environmental Specifications

Operating temp:	-40°C to +85°C
Non-operating temp:	-55°C to +85°C
Shock:	30g for 6 milliseconds
Vibration:	Operating: 1.5g RMS, 5-150 Hz Endurance: 8g RMS, 100 to 1,100 Hz
Humidity:	98%/66°C profile per SAE J1211
Altitude:	-400 to +5,000 meters
Packaging:	Weatherproof, dustproof

\* Note: All GPS receivers are subject to degradation of position and velocity accuracies under Department of Defense imposed SA (Selective Availability). Position will be degraded up to 100 meters 2D RMS. The effect on velocity and time is yet to be determined.

† Trimble ASCII interface protocol (TAIP) refers to a Trimble-specific digital communication interface, based upon printable ASCII characters. Includes messages for system set-up, scheduled reporting, differential corrections, and polled responses.

### Physical Characteristics

Receiver size:	4.97"W x 4.03"L x 1.1"H (127mm x 102mm x 28mm) (not including mounting flange)
Mounting flange size:	6.81"W x 4.03"D x 0.062"H (173mm x 102mm x 2mm)
Receiver weight:	0.57 lbs. (0.26kg)

### Upgrades and Accessories

Differential GPS:	Includes second RS-232 port for RTCM-104 differential corrections; Also accepts TAIP formatted corrections through primary port
Wedge antenna:	All-weather air dielectric in compact 4.5" x 6.4" x 1.6" wedge package; Superior performance in snow and ice; 6-meter cable available separately
Micropatch antenna:	Low-profile micropatch; Available in permanent or magnetic mount; 2.63"D x 0.76"H. 5-meter cable included with magnetic mount or separate 6-meter cable for permanent bulkhead mount
Antenna cable:	Separate 6-meter cable is required for wedge and permanent mount bulkhead antennas.
GPSSK software:	Optional GPS Starter Kit (GPSSK) software for TAIP; DOS-compatible command interface for easy set-up and display of TAIP messages; Includes on-screen plot of position reports and sample TAIP driver source files; Requires 640K memory and one serial port; One 3.5" diskette



### Ordering Information

Placer GPS 400 Receiver	
Standard GPS	22442-01
Differential GPS	22442-02
GPS Antennas	
Wedge	20163-10
Wedge antenna cable (6m)	22446
Bulkhead Mount Micropatch	18334-10
Bulkhead Mount cable (6m)	21425
Magnetic Mount Micropatch (5m cable included)	21423-01
Placer GPS 400 Starter Kit	22441-00
(Includes DGPS receiver, magnetic micropatch antenna, GPSSK software, power cable assembly with cigarette lighter adapter, PC cable and manual)	
Accessories	
GPSSK Software	22443-01
Placer GPS 400 Manual	22444-00

Specifications subject to change without notice.



## Trimble

The Leader in GPS Solutions

Vehicle Tracking Products Division  
645 North Mary Avenue  
Post Office Box 3642  
Sunnyvale, CA 94088-3642  
Tel: 1-800-827-8000 in U.S.  
+1 (408) 481-8000 outside U.S.  
Fax: +1 (408) 481-7744

Trimble Navigation New Zealand Ltd.  
76 Chester Street East  
P.O. 13-547, Armagh  
Christchurch, New Zealand  
Tel: +64 3-371-3400  
Fax: +64 371-3417

Trimble Navigation Europe Ltd.  
Trimble House,  
Meridian Office Park  
Osborn Way, Hook  
Hampshire, RG27 9HX U.K.  
Tel: +44 256-760150  
Fax: +44 256-760148



# Mobile GPS™

## PCMCIA GPS Sensor

*Giving mobile computing a sense of direction.*

Introducing Mobile GPS™, the first GPS sensor designed exclusively for mobile computing. Simply slide the Mobile GPS Credit Card interface into one of the Personal Memory Card International (PCMCIA) slots on your portable computer. Your applications will then have access to your exact position and the current time — 24 hours a day, anywhere in the world, in any weather.

GPS stands for the Global Positioning System, a \$13 billion satellite-based positioning and navigation system sponsored by the U.S. Department of Defense. Free to all users, the system's positioning and timing data are revolutionizing a host of applications, including air, land,

and sea navigation, vehicle and vessel tracking, surveying and mapping, asset and natural resource management, and network synchronization.

Armed with Mobile GPS, you can create your own PC-based applications without developing any custom hardware — not even a cable! Power to the GPS is supplied from the host computer, eliminating the need for a separate power source and providing a true plug-and-play solution.

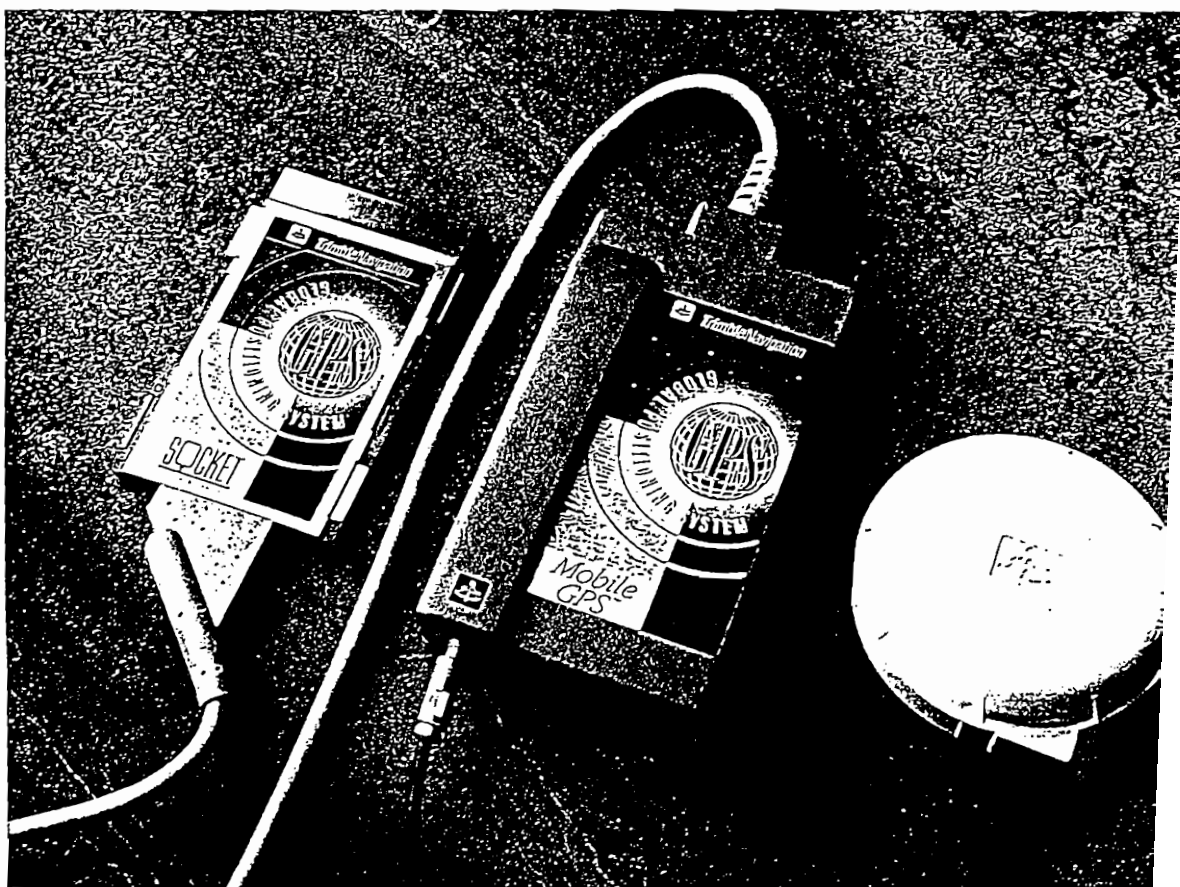
Mobile GPS features a platform-independent design that will function on virtually any laptop or pen-based computer compliant with PCMCIA Release 2.0. This flexibility protects your development investment and helps you take full advantage of the mobile computing revolution.

Mobile GPS comes complete with a

magnetic-mount antenna, a user's manual, installation software, and easy-to-use GPS demonstration program for MS-DOS systems. Mobile GPS is available as a Developer's Toolkit, includes all of the above as well as powerful C-language programming software that makes developing custom applications fast and painless.

The recognized leader in the GPS industry, Trimble Navigation offers OEMs, VARs, and system integrators a complete line of GPS products. Trimble developed Mobile GPS in alliance with Socket Communications, a leading developer of PCMCIA Credit Card products.

Order Mobile GPS today and start providing your system with a sense of direction.



# Mobile GPS<sup>TM</sup>

## PCMCIA GPS Sensor

### General

---

#### Physical Characteristics:

I/O PC card (size): 3.37" x 2.13" x 0.197"  
(85.6mm x 54.0mm x 5.0mm)

Receiver module (size): 4.25" x 2.5" x 0.95"  
(108mm x 63.5mm x 24.1mm)

Antenna (size): 2.36" diameter x 0.76" height  
(60mm x 19.3mm)

Combined weight: 0.7 lbs. (330 g)

#### Environmental Conditions:

Operating temperature: 0°C to +55°C

Storage temperature: -20°C to +65°C

Relative humidity: 10% to 90% non-condensing

I/O PC card interface: PCMCIA Release 2.0, Type II, JEIDA 4.1

Power consumption: 300 mA nominal;  
(supplied by host) 50 mA standby

### GPS Receiver

---

Channels: 6 channels, tracking up to 8 satellites

Position accuracy: 25 meters spherical error probability (SEP);  
100 meters (2D RMS) if Selective Availability  
(SA) is enabled

Velocity accuracy: Steady-state conditions without SA: 0.002 m/sec.

Datum: WGS-84 standard

Acquisition rate: Less than 30 secs.

Velocity: Max 400 m/sec.

### Antenna

---

Type: Low-profile microstrip patch type

Cable: Coaxial SMB (2-meter integrated cable);  
extension cable available

Mounting: Magnetic-mount; other configurations  
available

### PC Card

---

PC card interface: PCMCIA Release 2.0, Type II, JEIDA 4.1  
Compliant

Host controllers supported: ASCII, Cirrus Logic, Darabook, Intel, Sharp,  
Texas Instruments, Toshiba

Interface: I/O and Memory Mapped

### GPS Demonstration Program

---

Features and benefits: Formatted display of GPS information;  
straightforward menu interface; automatic  
power management and initialization;  
annotated position log file for export to spread  
sheet

Compatibility: DOS 3.0 and above

### Developer's Software Toolkit

---

Included: GPS library; include files; sample source code;  
GPS diagnostic utility

Features and benefits: Convenient high-level access to data struc-  
tures; automatic refresh of key data; callbacks  
and event waits for multi-task environments;  
chainable pulse-per-second interrupt; power  
management functions; separate platform-  
specific library for portability

Developer's environment: C-language (Borland 3.1);  
DOS 3.0 and above (including Windows 3.0  
and 3.1);  
other environments available



**Trimble**Navigation

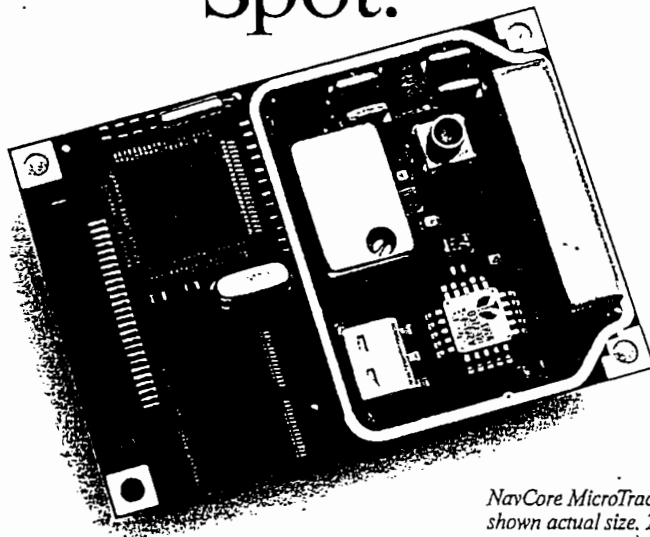
OEM Sales  
645 North Mary Avenue  
Post Office Box 3642  
Sunnyvale, CA 94088-3642  
Tel: 1-800-827-8000 in U.S.  
+1 (408) 481-8000 outside U.S.  
FAX: +1 (408) 481-7744

Trimble Navigation Europe Ltd.  
Trimble House, Meridian Office Park  
Osborn Way, Hook  
Hampshire RG27 9HX U.K.  
Tel: +44 256-760150  
FAX: +44 256-760148

Trimble Navigation New Zealand Ltd.  
75 Chester Street East  
P.O. 13-547, Armagh  
Christchurch, New Zealand  
Tel: +64 3-371-3400  
Fax: +64 3-371-3417

Specifications subject to change without notice.

# We Can Get You Into A Tight Spot.



*NavCore MicroTracker,  
shown actual size, 2.0" x 2.8" x 0.53"*

Rockwell's new NavCore® MicroTracker™ GPS receiver has the smallest footprint in the world. So now you can design like you've always wanted to, in tighter spaces and on tighter budgets. • The MicroTracker is not only the smallest 5-channel board available, it also requires the least amount of power to operate, thanks to our new built-in power management system. And with an optional RTCM SC-104 differential capability, the MicroTracker provides dramatically improved positioning, from 100 meters to 5 meters or less. Add the best "time-to-first-fix" in its class, rapid satellite reacquisition and state-of-the-art dynamics, and you have a perfect fit for almost any commercial product where exact positioning, lower power and size are critical. The MicroTracker is ideal for handheld, recreational, marine, aviation, AVL or personal computer applications. • So check with Rockwell before buying. Because good things now come in even smaller packages.



**Rockwell International**

Rockwell International Corporation • Commercial GPS Business, 4311 Jamboree Road • P.O. Box C, Newport Beach, CA 92658-8902  
International Customer Service 1-800-436-9988 or FAX: 1-818-365-1876

Circle 13

*Rockwell International. The Leading Supplier of GPS in the World.*

NOW  
SHIPPING

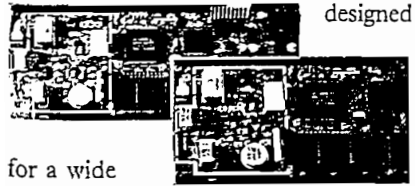
# The GPS Brain™ from Magellan. We give serious thought to your GPS needs.

Magellan, pioneer of affordable GPS technology, understands the need to provide its customers with more than just hardware. As a GPS-dedicated company, Magellan offers its expertise and the capability of customizing hardware and software configurations to help you move into rapidly expanding GPS markets. At Magellan, responsiveness and flexibility in working with customers, no matter how large or small, is an on-going commitment.

## PRODUCTS THAT RESPOND TO YOUR NEEDS

Magellan's responsiveness to its customers' diverse GPS needs is exemplified by the Magellan GPS Brain™, a five

channel OEM GPS receiver module designed for a wide variety of integration needs. Available in two configurations, the Magellan GPS Brain easily accommodates such



applications as *marine, military, vehicle tracking, vehicle navigation, avionic and scientific*. The GPS Brain has the largest array of standard features available in a low-cost GPS module and accepts real-time differential input for maximum accuracy.

A leader in the field of advanced,

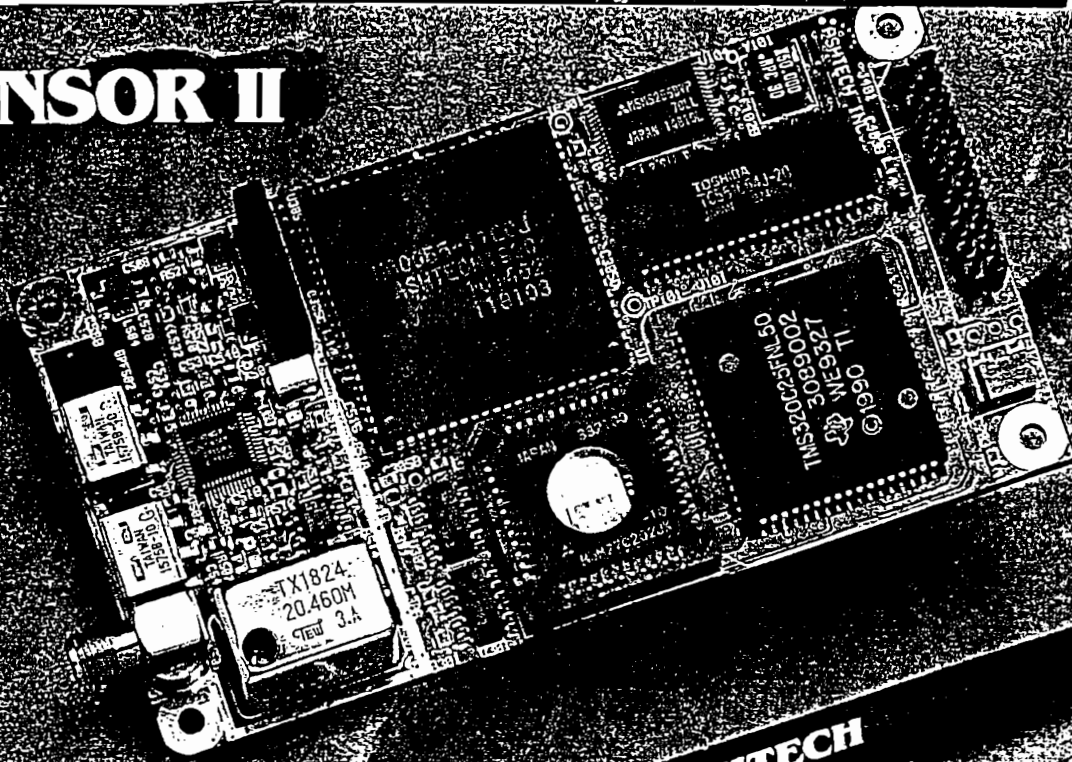
affordable GPS technology, Magellan has earned a reputation for exceptional quality and long-term reliability throughout the world. Whatever your GPS needs, look to Magellan to respond with serious, thoughtful solutions.



All trademarks are those of Magellan Systems Corp., 960 Overland Ct., San Dimas, CA 91773, Phone: (714) 394-5000, Fax: (714) 394-7050



# SENSOR II



**ASHTECH**  
Sunnyvale, CA

## The Smart GPS Integration Solution

The Ashtech Sensor II has been specifically designed to meet the needs of high-end systems integrators. Up to twelve satellites are tracked in high dynamic airborne operations with a "loss of lock" reacquisition time of less than two (2) seconds. The single board format is ideal for a variety of OEM marine, airborne or land navigation applications. The Sensor II provides three-dimensional position accuracy of 1-3 meters rms (PDOP  $\leq 4$ ) using the Real-Time Differential mode. Independent measurements are determined at once per second. Accurate time tags are provided with just one satellite and no knowledge of position. The Sensor II Receiver Module weighs just two (2) ounces measuring 4.25" x 2.25" x .44" and operates with a DC input of 5 volts with a connection for battery backup of "Keep Alive" memory.

The Sensor II offers the most complete package of standard features including:

- 12 Channel carrier-smoothed C/A code with "All-In-View" operation
- Real-Time Differential - receives RTCM 104 format Type 1, 2, 3, 6, 9, 16
- 1 PPS time pulse
- Raw GPS data outputs (pseudo ranges, integrated Doppler, ephemeris)
- 1 Second update rate
- NMEA 0183 outputs of position, velocity, time, command and satellite information
- Two RS-232 I/O Ports (38,400 Baud) with flow control
- 2 Second reacquisition time after temporary loss of lock

The Ashtech Sensor II GPS Receiver module provides real-time position, speed over ground, course over ground and time measurements using twelve channels of C/A code on the L1 band. Using the carrier phase, the Sensor II smooths all raw ranges for position computation and updates all data every second. The Sensor II is feature-rich, concise and priced to meet the most challenging integration requirements. Call Ashtech Navigation Sales at (800) 922-2401 for more information.

**ASHTECH**

Circle 5