

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE FLOTA  
VEHICULAR PARA PDVSA DISTRITO SOCIAL SAN TOMÉ”**

Realizado por:  
**MARTHA MARÍA HERNÁNDEZ ARISMENDI**  
C.I: 16.077.405

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito  
Parcial para optar al Título de Ingeniero Electricista**

Barcelona, Junio de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE FLOTA  
VEHICULAR PARA PDVSA DISTRITO SOCIAL SAN TOMÉ”**

**ASESORES**

---

Ing. José Bernardo Peña  
Asesor Académico

---

Ing. Julio Flores  
Asesor Industrial

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE FLOTA  
VEHICULAR PARA PDVSA DISTRITO SOCIAL SAN TOMÉ”**

**JURADO**

**El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:**

---

Ing. José Bernardo Peña  
Asesor Académico

---

Ing. Margarita Heraoui  
Jurado Principal

---

Ing. Enrique Serrano  
Jurado Principal

Barcelona, 05 de Junio de 2.009

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado de la Universidad de Oriente:

*“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Concejo Universitario”.*

## **DEDICATORIA**

Después de luchar tanto por alcanzar esta meta, puedo mirar atrás y recuerdo las muchas ocasiones en que me sentí frustrada por no estar en el camino que quería, no obstante aprendí a querer parte de mi carrera, me hubiese gustado ser una mejor estudiante, sin embargo obtuve buenos resultados.

Es por ello que dedico este trabajo de grado a todos aquellos que de una u otra forma me alentaron siempre a seguir adelante, en especial a mi familia, a mi adorado sobrino Pastor de Jesús, mi hijo, porque siempre me dió aliento para continuar, te quiero mucho mi enano.

A mi tío (+) Amilcar Marín, porque una vez me dijo que la vida nos pone pruebas duras, y siempre hay que salir de ellas sin escuchar cuanto te critique la gente.

A mis amigos, a mis compañeros, a mi gente, a todos ustedes les dedico este trabajo con todo mi cariño y aprecio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Dios Padre Todopoderoso, mi Divina Pastora, mi Santo Niño de Atocha y mi santa madre celestial por brindarme siempre su luz, bendiciones y protección.

A mis viejos Luís Emirse y Celestina, a mis hermanos Ynés, Luís José y Andrés Miguel, por todos los sacrificios realizados para brindarme la oportunidad de tener una profesión.

A mi tío José Miguel Arismendi por brindarme su casa, por siempre estar pendiente de nosotros y quererme como una hija más.

Ángela, Gaby, Héctor José, David y Pedro José, mis grandes amigos, gracias por acompañarme siempre, por ayudarme y brindarme su sincera amistad, en mucho colaboraron conmigo para el cumplimiento de esta meta.

Ayleen, María Alejandra, Alejandra, Miladis, Zailuz y Libia, chicas gracias porque sé que puedo contar con ustedes siempre, porque me soportaron en los días malos y buenos, ¡y aún siguen ahí!

Luís Alberto, Staling, Choncho, José Javier, Julio César, Eduardo, José Daniel, José Luís, Esteban Manuel, Dos Santos, Juan Francisco, Reivis, Neyfí, Nelsis, Analy, Indira, José Antonio, Daniel Indriago, Esteban, Víctor Daniel, Zaraza, Edraz, Víctor Armando, Valeria, Dianita, María José, Diana, Esteban, Karen, Rogelio, Zoraima, Sobeida, Bonice, Colina, Vecino, Colombia, Giyelis, Rubmelis, Sioly, Yanny, al resto de mis compañeros y amigos de escuela, gracias por su amistad y compañerismo, ¡los quiero!

Luís Humbert y Karen Andreína, buenos amigos, a ustedes les debo mucho, cuenten conmigo siempre.

Al Chino y al Flaco, tremendos panas, gracias por todo, siempre los querré.

Adriana gracias por apoyarme durante la pasantía, por reencontrarnos con esa amistad del colegio, la verdadera amistad nunca se pierde y somos prueba de eso.

A la Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones de AIT San Tomé, al Sr. Eligio Martínez, Ing. María Oliveros, Ing. Orlando Sánchez, Ing. María Barreto, Sr. Carlos Chávez, Ing. Orangel Rojas, Ing. Hugo Betarte.

A mi Tutor Industrial Julio Cesar Flores, gracias por recibirme como pasante, por ofrecerme todas las herramientas necesarias para cumplir con mi trabajo, por el buen humor y por la amistad.

Al Ing. Emilio López quien me facilitó toda la información para realizar mi trabajo de grado, me ofreció constantemente su asesoría y consejos, por ello le estaré eternamente agradecida!

Al Ing. Eudes Gutierrez, gracias por elegir ser mi amigo y no mi tutor, por asesorarme, y siempre estar ahí.

Al Ing. Luís Carrión, por su buen humor, sus consejos, por el compartir día a día, al Ing. Freddy Fernández por estar pendiente de mi siempre, en especial a Ney Flores, Carmelo, Yaradith, Laury, Zoraida, Edicta, Sra. Nelly, Andrys, Mery, Eilyn, Ofelia, Lorena, Carmen Bucarito, Agelvis, Julio Reyes, José Martínez, Lily, Marinés, Yarinés, Sra. Belenis, Sra. Ana Brito, Sr. Miguel Peña y los que en este momento no recuerdo, a todos ustedes gracias por su amistad y compañerismo, gracias por

hacerme sentir “parte del equipo”, fue una experiencia agradable e inolvidable, aunque seis meses se me hicieron eternos no puedo negar que los disfruté.

A mis excelentes profesores Santiago Escalante, Pedro López, Luís José Suárez, Melquiades Bermúdez, Ramón Quijada, Luís Parráquez, Luís Urdaneta, gracias por tenerme paciencia, por brindarme más allá de sus conocimientos su experiencia y amistad.

Prof. Margarita, gracias por contagiarme el cariño a la electrónica, por brindarme su amistad, por preocuparse siempre por sus estudiantes, por todo por lo que en mucho juntas luchamos.

Al Prof. Alberto Urbina, Prof. Verena Mercado, Prof. Manuel Maza, Prof. Pedro Rodríguez, les agradezco la oportunidad que me dieron de ser su preparadora docente, inolvidable experiencia de compartir junto a ustedes el reto y la responsabilidad de contribuir a la formación de los estudiantes, de nuevo gracias.

Al Prof. José Bernardo Peña, por su dedicación al rol de docente universitario, por siempre brindar asesorías acertadas, por exigirme más y más siempre, por confiar en mis habilidades y por brindar su amistad, gracias jefe, gracias.

Al Prof. Enrique Serrano, por siempre estar dispuesto a dar un buen consejo, por escuchar a sus estudiantes, por ser un buen amigo, gracias.

Al Prof. Eulogio Hernández por siempre contar con su amistad.

Al Prof. Félix García por brindarme la oportunidad de colaborarle siempre en el Postgrado, gracias por su confianza.



A los profesores Luís Alberto Rivas y Juan Hurtado, excelentes en sus cátedras, me dieron las materias que más disfruté en la universidad, gracias por todo, les debo mucho.

Al resto del personal de mi querido Departamento de Electricidad, Héctor Lárez, Mary de Luca, Zorana, Carmencita (porque siempre será de eléctrica), Mary, a mi gente de la Biblioteca y el CEDIE por los que tanto luché, a todos gracias por su amistad y buenos deseos.

A la Sra. Mercedes Elena Salazar por quererme como una hija más, gracias por todo su cariño y bendiciones.

A todos los que apostaron a mi éxito y en mucho o poco colaboraron para ello, gracias.

*Martha María*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESOLUCIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
CAPÍTULO I. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	16
1.1 Descripción de la Empresa.....	16
1.2 Ubicación Geográfica .....	17
1.3 Estructura Organizacional de la Empresa .....	19
1.3.1 Gerencia de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (AIT) .....	20
1.3.2 Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones .....	21
1.4 Planteamiento del Problema.....	22
1.5 Objetivos de la Investigación.....	24
1.5.1 Objetivo General .....	24
1.5.2 Objetivos Específicos.....	24
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	25
2.1 Sistemas de Gestión .....	25
2.2 Gestión de Flota Vehicular.....	25
2.3 Sistemas de Tiempo Real .....	26
2.4 Red Celular .....	26
2.5 GSM .....	29
2.5.1 Protocolos.....	29
2.5.2 Manejo de la Movilidad .....	32
2.5.3 Manejo de las Comunicaciones.....	33
2.5.4 Tipos de Servicios.....	34

2.5.5 Teleservicios .....	35
2.6 Plan de Transmisión.....	36
2.7 Global Positioning System.....	36
2.7.1 GPRS.....	38
2.7.2 Sistema de conexión.....	40
2.8 Sistemas Multimedia.....	41
2.9 Cobertura de los Sistemas de Telefonía Móvil .....	41
2.10 Modelos Matemáticos Empleados en el Cálculo de Propagación en Ambientes Abiertos .....	42
2.10.1 Modelo de Okumura .....	43
2.10.2 Modelo de Okumura-Hata.....	46
2.10.3 Modelo de Longley- Rice .....	48
2.10.4 Modelo de Ikegami .....	50
2.10.5 Modelo Walfisch-Bertoni .....	51
2.10.6 Modelo COST - Walfisch- Ikegami.....	52
2.10.7 Modelo del Espacio Libre.....	56
2.10.8 Modelo de Erceg.....	56
2.11 Software Radio Mobile .....	58
2.11.1 Análisis del terreno en Radio Mobile.....	59
2.11.2 Pasos que realiza Radio Mobile .....	60
2.11.3 Modelo empleado en la predicción de la propagación por Radio Mobile .....	61
2.11.4 Requerimientos necesarios para la creación de una red en Radio Mobile .....	61
2.11.5 Cobertura y Análisis de Radioenlaces.....	62
CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	63
3.1 Requerimientos a ser Cubiertos por el Sistema.....	63
3.2 Revisión de las tecnologías y servicios vinculados a los sistemas de gestión de flota vehicular existentes en Venezuela. ....	65

3.2.1 Sistema Aura .....	65
3.2.2 Sistema Movistar.....	67
3.2.3 Gestión de Flota Movilnet.....	69
3.2.4 Sistema Movilsat.....	70
3.3 Evaluación de la Oferta Tecnológica .....	72
3.4 Sistema de Gestión y Monitoreo de Flota Vehicular Propuesto para PDVSA	
Distrito Social San Tomé .....	74
3.4.1 Terminales Remotos .....	75
3.4.2 Red GSM.....	80
3.4.3 Supervisión del Sistema .....	96
CAPÍTULO IV. ESTIMACIÓN DE COSTOS .....	102
CONCLUSIONES .....	104
RECOMENDACIONES .....	105
BIBLIOGRAFÍA .....	106
ANEXOS .....	108

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza una Propuesta de un Sistema de Gestión y Monitoreo de Flota Vehicular para PDVSA Distrito Social San Tomé, cuya arquitectura emplea tecnología GPS para la localización de los vehículos, unidades remotas para medir las variables relacionadas con el funcionamiento y uso de cada uno de éstos, información que se transmitirá usando telefonía celular GSM hasta un centro de visualización y control. La investigación contempla la realización de las especificaciones técnicas del sistema requerido, la revisión de opciones de localización vehicular existentes en Venezuela y la selección de la solución para satisfacer los requerimientos de la empresa, estimación y cálculo de cobertura del sistema mediante el empleo de una herramienta computacional de última generación y un estimado de costos de implantación de la solución.

## INTRODUCCIÓN

Gestionar la administración de un flota vehicular es necesario para toda empresa, aún más si se trata de la principal representante de la industria petrolera venezolana. Contar con este tipo de sistemas permite obtener información precisa sobre la ubicación y funcionamiento de las unidades vehiculares, evaluar y mejorar la conducta de manejo de los conductores, realizar estudios estadísticos, establecer planes de mantenimiento preventivo, y disminuir las posibilidades de robo o hurto de los vehículos.

PDVSA Distrito Social San Tomé, carece de un sistema de gestionamiento de su flota vehicular, aunado además al elevado índice de pérdidas económicas a causa de mantenimiento correctivo de los vehículos, desconocimiento de la ubicación de las unidades, entre otros aspectos, se realiza una propuesta para que la empresa adquiera e instale un Sistema de Gestión para controlar y monitorear la flota vehicular del Distrito, con lo cual se permita la localización, control, seguimiento y mantenimiento de la Flota Liviana y Pesada de la empresa, mediante la combinación tecnológica GPS y celular GSM.

El presente trabajo de investigación sintetiza la propuesta realizada, la cual comprende el establecimiento de los requerimientos del sistema, una revisión detallada de los servicios de gestión de flota existentes en Venezuela, la evaluación y selección de la solución a utilizar, el diseño del sistema propuesto para lo cual se consideró el acoplamiento de las unidades de localización remotas, incluyendo la ubicación satelital, con la red GSM propia de PDVSA San Tomé, se realizaron predicciones de cobertura del sistema mediante el empleo del Software Radio Mobile 9.2.1 y se comprobaron los resultados obtenidos mediante la aplicación de métodos de modelado matemático de radio enlaces.

Además la propuesta incluye las especificaciones técnicas de una sala de visualización y control, donde se incluye todo el equipamiento necesario para su correcto funcionamiento y el software de gestión de flotas.

Finalmente se muestra un estudio de costos de inversión del sistema propuesto, aportando así una solución eficiente para la administración de gestión de flota del Distrito.

# **CAPÍTULO I. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

---

## **1.1 Descripción de la Empresa**

Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) es la corporación estatal de la República Bolivariana de Venezuela responsable de la exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos, de manera eficiente, rentable, segura, transparente y comprometida con la protección ambiental; con la finalidad de motorizar el desarrollo armónico del país, afianzar el uso soberano de los recursos, potenciar el desarrollo endógeno y propiciar una existencia digna y provechosa para el pueblo venezolano. [1]

PDVSA está subordinada al Estado Venezolano y por lo tanto actúa bajo los lineamientos trazados en los Planes de Desarrollo Nacional y de acuerdo a las políticas, directrices, planes y estrategias para el sector de los hidrocarburos, dictadas por el Ministerio de Energía y Petróleo.

La Corporación estatal, creada en 1975 por la Ley Orgánica que reserva al Estado la industria y el comercio de los hidrocarburos, cuenta con trabajadores comprometidos con la defensa de la soberanía energética y el deber de agregar el mayor valor posible al recurso petrolero, guiados por los principios de unidad de comando, trabajo en equipo, colaboración espontánea y uso eficiente de los recursos.



## 1.2 Ubicación Geográfica

Tal como se observa en la figura 1.1 PDVSA se divide en cuatro áreas geográficas para sus funciones de exploración y producción:

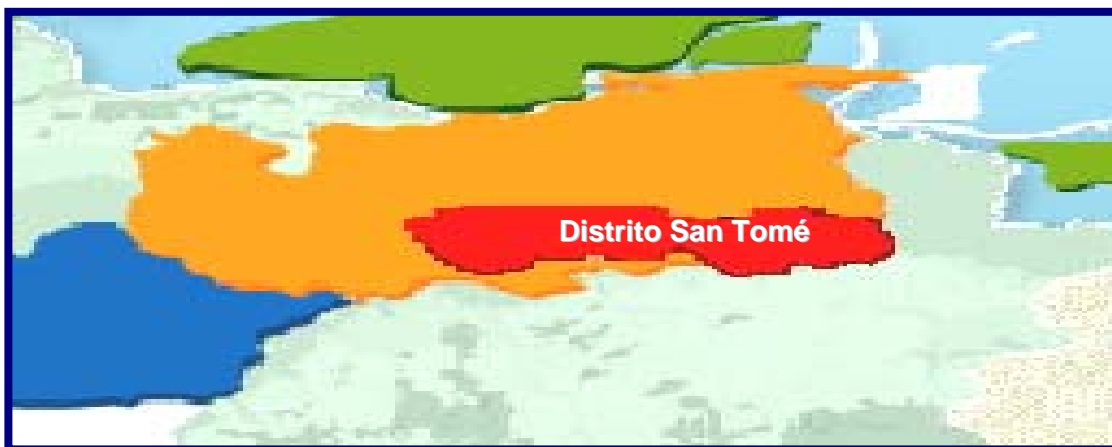
- ♦ División Oriente
- ♦ División Occidente
- ♦ División Centro Sur
- ♦ División Costa Afuera



**Figura 1.1 División Geográfica de PDVSA Exploración y Producción. [1]**

Al sur de la División Oriente se encuentra el Distrito Social San Tomé, ubicado en el Municipio Pedro María Freites del Estado Anzoátegui, dedicado a la exploración y producción del crudo, abarcando el área operacional parte de los

estados Anzoátegui, Monagas y Guárico, brindando apoyo a los requerimientos de la región de Guayana tal como se muestra en figura 1.2.



**Figura 1.2 Área operacional del Distrito Social San Tomé. [1]**

### 1.3 Estructura Organizacional de la Empresa

La organización funcional del Distrito San Tomé se indica se muestra en la figura 1.3, especificando todas las dependencias existentes.

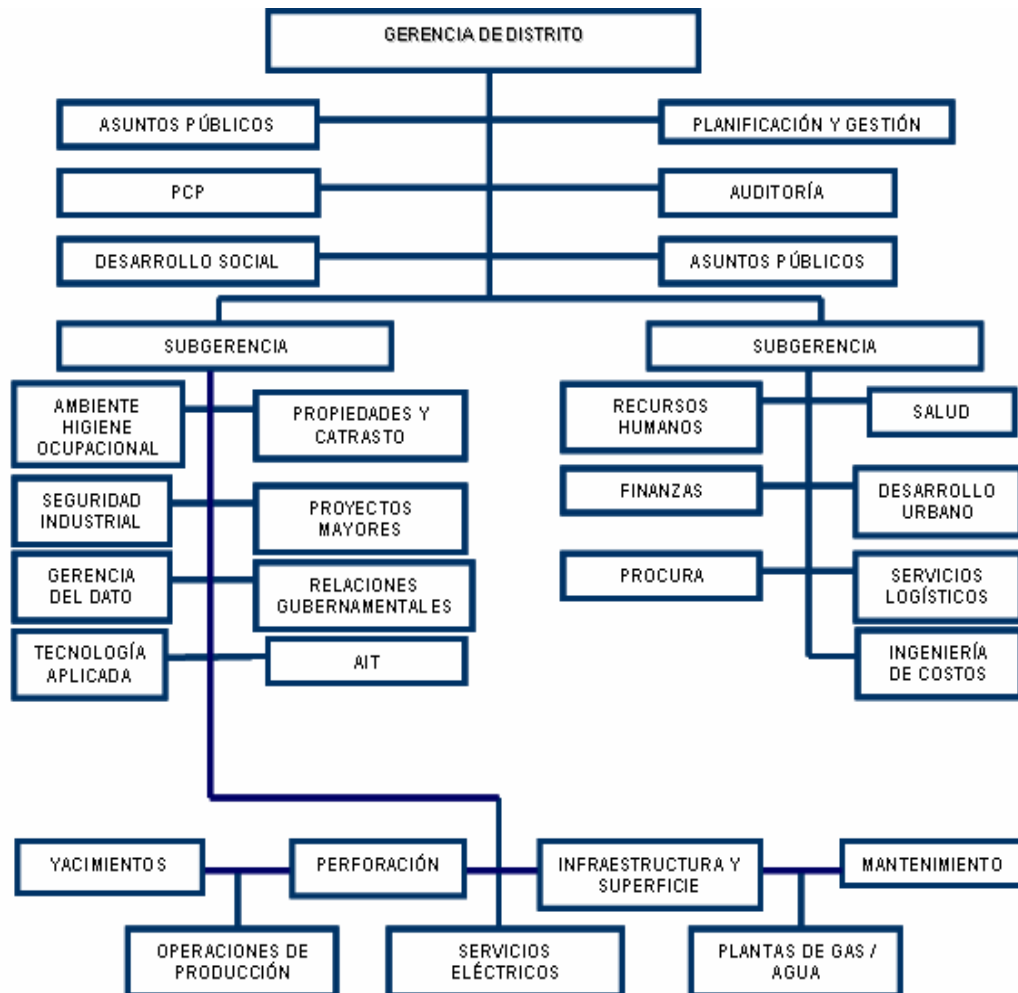


Figura 1.3 Estructura de PDVSA Distrito Social San Tomé. [1]

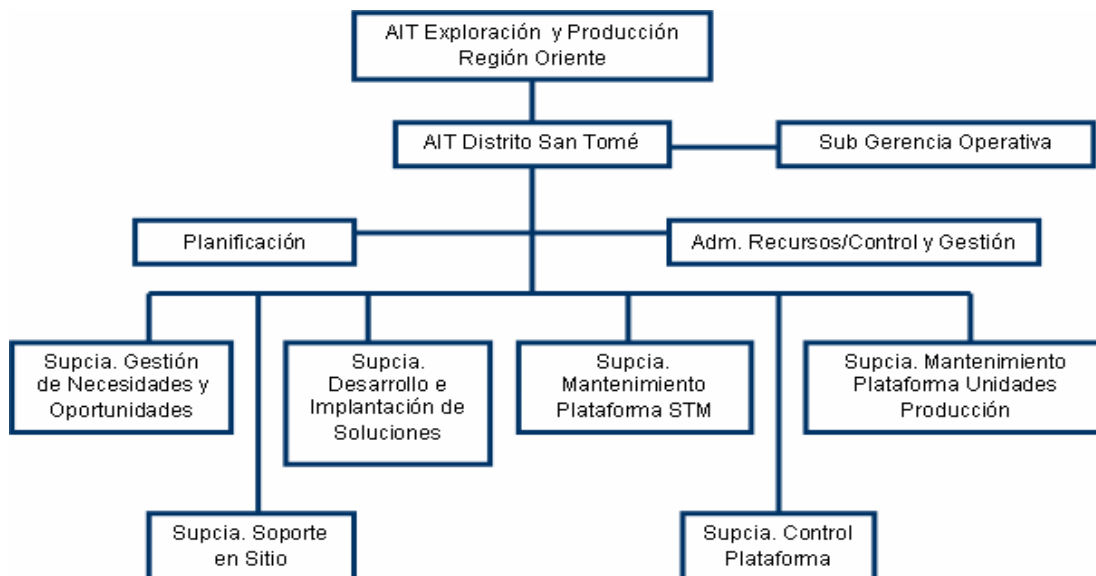
El desarrollo de este trabajo de Grado se llevó a cabo en la sección de Infraestructura, Telecomunicaciones y Energía de la Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones perteneciente a la Gerencia de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (AIT), por lo cual es necesario conocer la función de cada uno de estos elementos organizacionales.

### **1.3.1 Gerencia de Automatización, Informática y Telecomunicaciones (AIT)**

AIT es la organización que rige, provee y mantiene los servicios y soluciones integrales de tecnologías de automatización, información y comunicaciones de la Corporación; contribuyendo a mantener su continuidad operativa y a ejecutar sus planes; innovando y actuando como agentes de transformación en PDVSA y en la sociedad venezolana con corresponsabilidad social, económica y ambiental.

Potenciando además un ecosistema tecnológico que impulsa los poderes creadores del pueblo, el conocimiento libre, el desarrollo endógeno sustentable y la economía social productiva para lograr la soberanía tecnológica; alineados con la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y en coordinación con los organismos rectores.[1]

Se observa en la figura 1.4 el organigrama de la Gerencia de AIT.



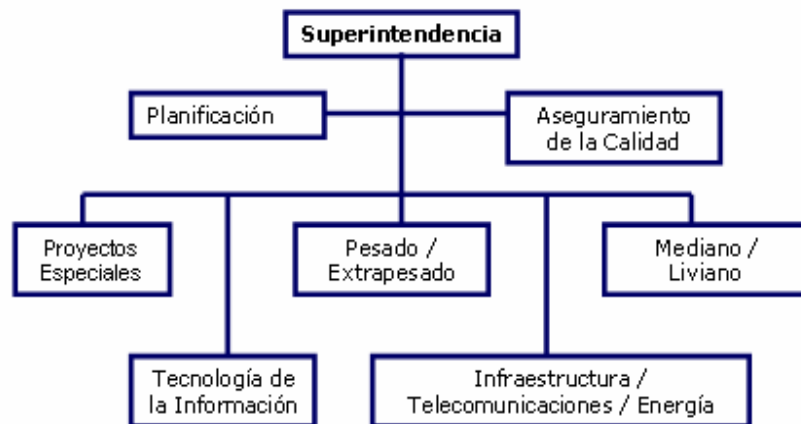
**Figura 1.4 Organigrama de la Gerencia de AIT Distrito Social San Tomé. [1]**

### 1.3.2 Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones

La Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones (DIS), define e implanta soluciones integrales de Automatización, Informática y Telecomunicaciones AIT eficientes y eficaces en términos de costo y oportunidad para satisfacer necesidades de PDVSA y la Nación, que apalanquen las metas y objetivos de PDVSA cumpliendo con lineamientos, estándares y normas nacionales e internacionales adoptadas por la Corporación.

Tal como muestra la figura 1.5, la superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones tiene como finalidad la ejecución y supervisión de proyectos, el desarrollo de ingeniería de detalles y la custodia de los sistemas de

control de las unidades de producción. En la figura 1.5 se muestra el organigrama de la organización.



**Figura 1.5 Estructura de la Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones. [1]**

#### 1.4 Planteamiento del Problema

Debido a la naturaleza de las operaciones que emprende el Distrito Social San Tomé de PDVSA en los estados Anzoátegui, Monagas, Bolívar y Guárico, se presentan anomalías como robos y hurtos de vehículos, accidentes viales, excesos de velocidad, desvío de rutas, etc., generando cuantiosas pérdidas económicas y poniendo en riesgo la integridad física de los empleados.

En el año 2006 se reunió una comisión de representantes de los Departamentos de Transporte, Prevención y Control de Pérdidas (PCP), Seguridad Industrial (SI) y Automatización, Informática y Telecomunicaciones (AIT); cada ente estableció sus

necesidades en cuanto al control y visualización de parámetros asociados a la flota vehicular, AIT se encargó de determinar y organizar estas necesidades, realizar una evaluación tecnológica de las soluciones existentes en el mercado venezolano y describir las necesidades básicas a ser cubiertas con el sistema. La propuesta planteada por AIT consistía en utilizar como medio de transmisión la tecnología CDMA1X, alquilando el servicio a una operadora de telecomunicaciones para realizar la transmisión bidireccional entre los vehículos y el centro de control. El proyecto quedó en fase de ingeniería.

En el presente trabajo se propone una solución tecnológica para monitorear y gestionar la flota vehicular de PDVSA Distrito Social San Tomé, usando tecnología GPS para determinar la ubicación de cada vehículo, empleando como medio de transmisión redes celulares GSM para el enlace hasta y desde una sala de visualización y control donde se destinarán todos los parámetros a medir en la flota, se realizará además un estudio de cobertura del sistema en las áreas operacionales, tomando como medio de transmisión los enlaces de telefonía inalámbrica GSM propios de la empresa, dado que con ello se obtendrá la máxima funcionalidad del mismo, realizando así la ingeniería básica del proyecto.

Con esta propuesta se busca incentivar el uso correcto de los vehículos, proteger la vida de los usuarios, resguardar los activos de la empresa, disminuir los gastos de mantenimiento y reposición, así como afianzar la red tecnológica de PDVSA.

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Elaborar una propuesta de un sistema de gestión y control de flota para 1200 vehículos de PDVSA Distrito Social San Tomé, empleando tecnología satelital GPS y celular GSM.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- a) Establecer los criterios de servicios y diseño del sistema de gestión de flota.
- b) Revisar las tecnologías y servicios vinculados a los sistemas de gestión de flota vehicular existentes en Venezuela para diseñar la solución idónea para la empresa.
- c) Realizar un estudio de cobertura en cada centro operativo del Distrito empleando la herramienta computacional Radio Mobile.
- d) Elaborar las especificaciones técnicas de infraestructura y comunicaciones de la sala de visualización y control.
- e) Realizar un estudio de costos de implantación de la solución.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Sistemas de Gestión

El control de gestión es un medio de recolección de información para ayudar a dirigir una organización, permite la coordinación del proceso ayuda a formular planes y a controlar decisiones. Todo ello implica un aporte sustancial para que una empresa alcance su desarrollo. [2]

Los sistemas de gestión y control son mecanismos que la gerencia utiliza para ejercer su función directriz y permitir que la organización cumpla sus objetivos en términos de eficacia y eficiencia.

Un buen sistema de control de gestión toma en cuenta el comportamiento de quienes lo utilizarán para conseguir el logro de los objetivos institucionales. No tiene como fin encontrar grados de culpabilidad ni tiene fines fiscalizadores, sino permitir que todas las dependencias de una organización cumplan con sus objetivos parciales para permitir el logro de los objetivos totales o generales. [2]

### 2.2 Gestión de Flota Vehicular

**El Servicio Gestión de Flotas es un sistema de localización y seguimiento vehicular basado en tecnología web y/o inalámbrica. Esto tiene como principal ventaja poder monitorear desde cualquier lugar con acceso a Internet o desde un centro de monitoreo según sea la magnitud del sistema y los fines para los cuales sea provisto, de manera rápida y fácil los vehículos que tenga asignados a una cuenta.**

### **2.3 Sistemas de Tiempo Real**

Los sistemas de tiempo real se utilizan principalmente en la industria y son sistemas diseñados para funcionar en entornos con limitaciones de tiempo. Un sistema de tiempo real debe tener capacidad para operar en forma fiable según limitaciones de tiempo específicas; en otras palabras, debe tener capacidad para procesar adecuadamente la información recibida a intervalos definidos claramente (regulares o de otro tipo).

Por lo regular todo Sistema Operativo de Tiempo Real (SOTR) suele tener la misma arquitectura que un Sistema Operativo convencional, pero su diferencia radica en que proporciona mayor prioridad a los elementos de control y procesamiento que son utilizados para ejecutar los procesos o tareas.

- a. Debe ser multitarea y permisible
- b. Asignar prioridades a las tareas.
- c. Proporciona medios de comunicación y sincronización entre tareas.
- d. Evita el problema de inversión de prioridades.
- e. Comportamiento temporal conocido.

### **2.4 Red Celular**

Una red celular consiste tanto de secciones basadas en radio como en tierra. A tal red se la conoce comúnmente como red pública móvil terrestre (PLMN por sus siglas en inglés - Public Land Mobile Network). La red está compuesta de las siguientes entidades:

- Estación móvil (MS por sus siglas en inglés - Mobile Station): un dispositivo usado para comunicarse en una red celular.

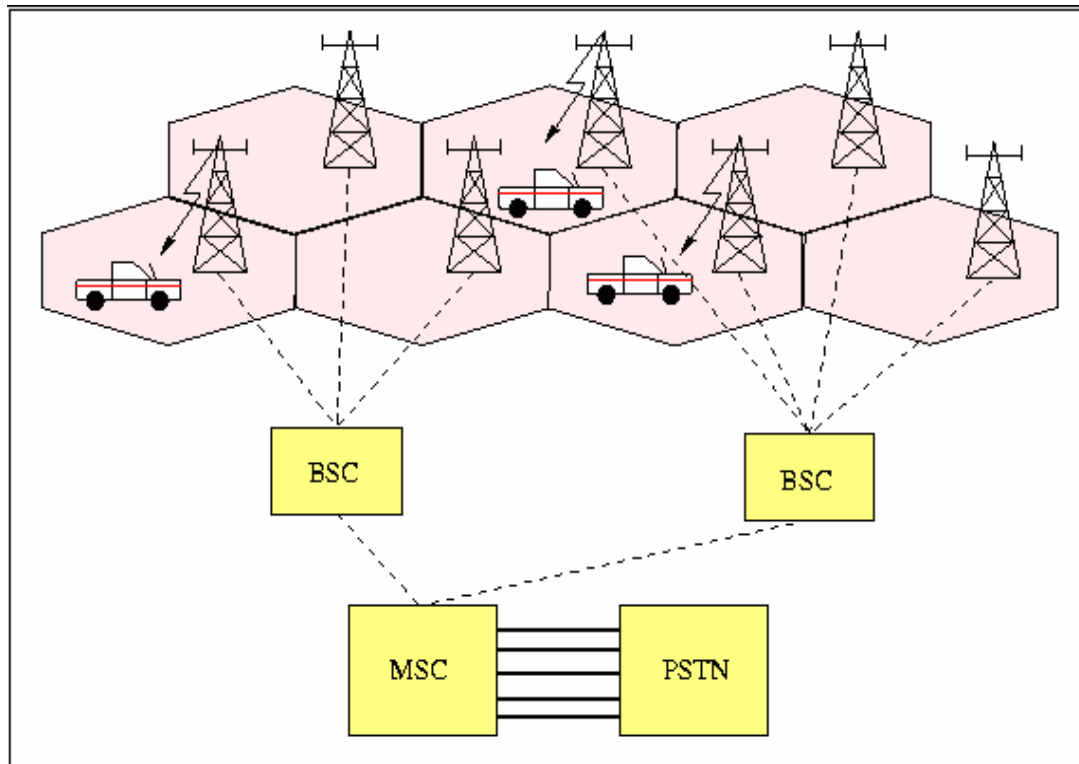
- Estación transceptora base (BST por sus siglas en inglés - Base Station Transceiver): un transmisor/receptor usado para transmitir/recibir señales de la sección de radio de la red.

- Centro conmutador móvil (MSC por sus siglas en inglés - Mobile Switching Center): El corazón de la red el cual establece y mantiene las llamadas que se hacen en la red.

- Controlador de estación base (BSC por sus siglas en inglés - Base Station Controller): controla las comunicaciones entre un grupo de BSTs y un único MSC.

- Red de telefonía pública conmutada (PSTN por sus siglas en inglés - Public switched telephone network): La sección terrestre de la red.

La Figura 2.1 ilustra como estas entidades se relacionan unas con otras dentro de la red. Las BSTs y su BSC controlante a menudo se refieren colectivamente como el subsistema estación base (BSS por sus siglas en inglés - base station subsystem).



**Figura 2.1 Sistema Celular [3]**

La topología celular de la red es un resultado del limitado espectro de radio. Para usar en forma eficiente el espectro de radio, se reutilizan las mismas frecuencias en celdas no adyacentes. Una región geográfica se divide en celdas.

Cada celda tiene una BST que transmite datos a través de un vínculo de radio a las MSs dentro de la celda. Un grupo de BSTs están conectadas a una BSC.

Un grupo de BSCs están a su vez conectadas a un centro conmutador móvil a través de vínculos de microondas o líneas telefónicas. El MSC se conecta a la red de telefonía pública conmutada, la cual deriva las llamadas a otras estaciones móviles o teléfonos terrestres.

## **2.5 GSM**

GSM son las siglas de Global System for Mobile Communications (sistema global para comunicaciones móviles). Es un sistema estándar para comunicación utilizando teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.

Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador (una PC o una PC portátil) y puede hacer, enviar y recibir e-mails, faxes, navegar por Internet, acceso seguro a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de Mensajes Cortos (SMS). [3]

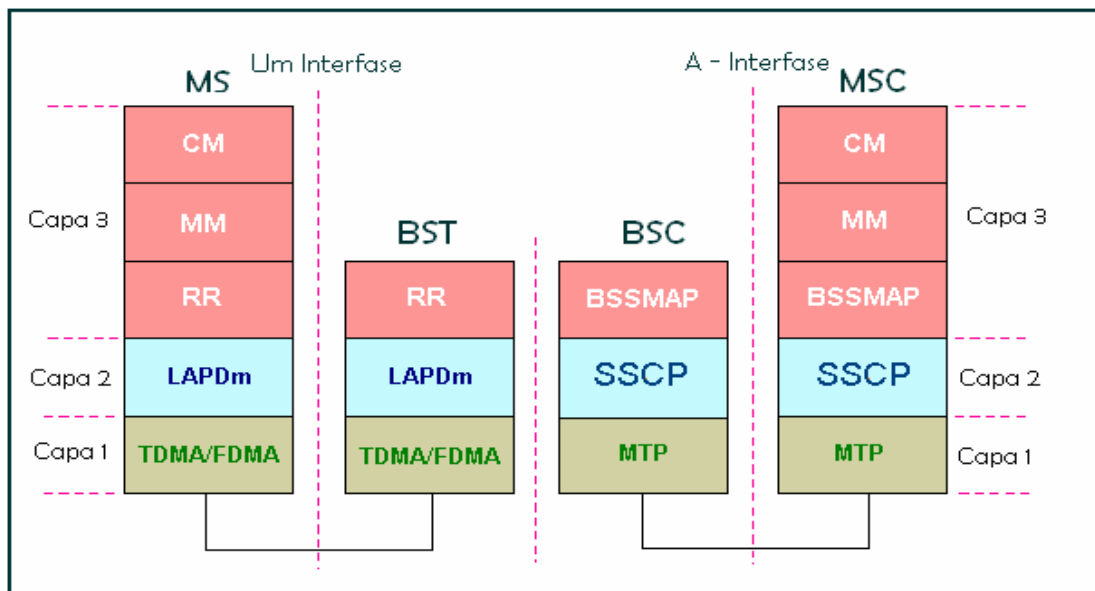
GSM es una tecnología europea que ahora se está utilizando en redes de América. La investigación y desarrollo de GSM comenzó en 1982, pero no fue sino hasta 1992 que se utilizó, es un estándar que define la red entera, no solamente la interfaz aérea, dirige señalización, control de diferentes entidades dentro de la red y administración de redes. Ofrece una solución celular completamente digital, utiliza interfaz aérea TDMA y es capaz de soportar ocho transmisiones por canal. [4]

### **2.5.1 Protocolos**

Las redes de comunicaciones hacen uso de protocolos para facilitar la comunicación entre diferentes entidades dentro de una red.

Un protocolo de comunicaciones es un conjunto de mensajes y reglas que corresponden a mensajes comunicados entre dos o más entidades de una red.

Una entidad en la red usualmente hace uso de un conjunto completo de tales protocolos, los cuales están organizados en una pila en capas. Cada una de las entidades GSM tiene tal pila de protocolos. La figura 2.2 muestra estas pilas.



**Figura 2.2 Ejemplo de Modelo OSI para GSM [4]**

Las pilas se implementan en hardware o software, dependiendo de la naturaleza de la entidad en la que residen. Para que los desarrolladores de los diferentes protocolos escriban códigos interoperables, el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI por sus siglas en inglés - European Telecommunications Standards Institute) ha producido un conjunto de especificaciones a seguir cuando se implementan protocolos GSM.

Las especificaciones describen interfaces normalizadas entre protocolos, lo cual permite que diferentes implementaciones de protocolos interoperen debido a las interfaces normalizadas entre los protocolos. Estas interfaces se muestran como líneas verticales punteadas entre las pilas de protocolos de entidades GSM en la Figura 2.

Las pilas de protocolo GSM corresponden al modelo de referencia OSI; las capas 1 y 2 del modelo GSM corresponden a la capa física y enlace como se definen en el modelo OSI. La capa física especifica como se transmiten los datos de una entidad a otra a través del medio de transporte físico. El medio físico entre el BSC y el MSC es un troncal E1 terrestre o basado en microondas, y el protocolo usado es el protocolo MTP nivel 1 del conjunto de protocolos SS7.

La capa de enlace provee un enlace entre la capa de red sobre ella y la capa física debajo de ella. Provee detección y corrección de errores de los paquetes recibidos de la capa física. Un protocolo LAPD modificado, llamado LAPDm, se usa sobre la interfaceUm. El protocolo MTP nivel 2 del conjunto de protocolos SS7 se usa sobre la interface-A.

La similitud entre la pila de protocolos GSM y el modelo OSI termina en la capa de enlace. La capa 3 de la pila de protocolos GSM no corresponde a la capa de red del modelo OSI. La capa 3 de GSM está compuesta de 3 partes, las cuales se como la capa de mensaje o señalización.

Se usa para establecer y mantener los circuitos de voz entre usuarios de una red celular móvil, lo hace al administrar recursos de radio, información sobre los usuarios e información sobre los circuitos de voz. Estas operaciones son todas específicas a una red celular de radio ya que otras redes no tienen que rastrear a los usuarios de una celda a otra. Los detalles de la capa 3 abarcan muchas especificaciones ETSI, de las cuales la especificación más larga es MAP, con más de 700 páginas, las tres subcapas de la capa 3 son:

- Capa de manejo de recursos de radio - RR
- Capa de manejo de movilidad - MM
- Manejo de comunicaciones - CM

### 2.5.2 Manejo de la Movilidad

Es necesario que la red controle la ubicación de cada estación móvil registrada para que la estación móvil se conecte a la red según el pedido, la administración de la información de la ubicación de la estación móvil se manipula con el esquema de manejo de movilidad. El esquema opera al registrarse las estaciones móviles con el BSC en que la estación móvil está actualmente ubicada, una base de datos centralizada guarda una lista de todas las estaciones móviles en la red, y los BSCs con los que están actualmente registrados. Se usa un sistema de base de datos distribuida para sincronizar la base de datos en el BSC y la base de datos centralizada como premisa del servidor del proveedor.

La Figura 2.3 muestra como trabaja el esquema. Una estación móvil llega a una celda servida por algún BSC. Envía un mensaje identificándose ante el BSC. El BSC envía este mensaje al MSC, el cual ingresa la identidad de la estación móvil en el registro de ubicación de visitas (VLR por sus siglas en inglés - Visiting Location Register).

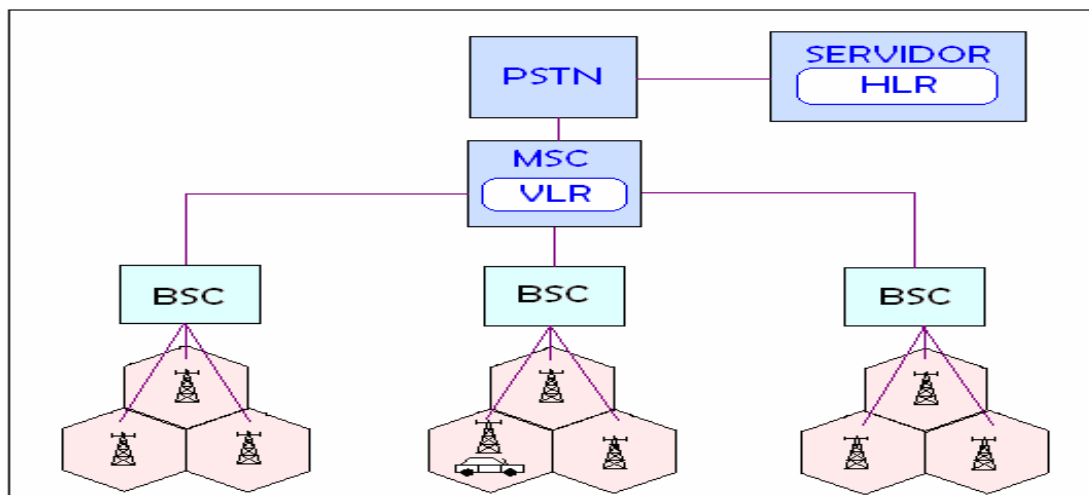


Figura 2.3. Topología red GSM [4]



El MSC notifica al servidor en los proveedores de servicio premisa que debe actualizar el registro de ubicación inicial (HLR por sus siglas en inglés - Home Location Register) con la nueva información acerca de la ubicación de la estación móvil.

El esquema de manejo de la movilidad consiste entonces de una base de datos distribuida (el VLR y HLR), y un protocolo asociado (la parte MM de la capa 3) para mantener información de la ubicación de todas las estaciones móviles en una red.

Al usar este esquema, una consulta al HLR centralizado es todo lo que se necesita para encontrar la ubicación actual de una estación móvil. Para mantener actualizado el HLR, se transmite una considerable cantidad de información a través de la red. El HLR se actualiza cada vez que una estación móvil se mueve de un BSC a otra área. Como el número de suscriptores en la red aumenta, el flujo de información de actualizaciones del HLR aumenta exponencialmente.

Las estaciones móviles que entran al área de un MSCs deben autenticarse antes de que adquieran los recursos de la red. Esto asegura que sólo clientes válidos puedan usar la red.

### **2.5.3 Manejo de las Comunicaciones**

El protocolo de manejo de comunicaciones (CM por sus siglas en inglés - Communication Management) de la capa 3 se encarga de establecer las llamadas. Aparte de estos procedimientos, el protocolo CM también se encarga de procedimientos para facilitar la movilidad (roaming) en redes celulares. La movilidad es un servicio que permite que clientes de una red de un operador en particular hagan llamadas desde áreas no cubiertas por ese operador. El operador de la red dentro del

área de iniciación de la llamada contacta a un MSC pasarela (GMSC por sus siglas en inglés - Gateway MSC), el cual vincula al usuario con su propio operador de red.

El GMSC identifica al operador de red de un llamador buscando en una tabla. Hace uso de un número ISDN de estación móvil (MSISDN por sus siglas en inglés Mobile Station ISDN Number), que identifica unívocamente a una estación móvil.

#### **2.5.4 Tipos de Servicios**

Desde el principio se concibió GSM como un sistema multiservicio. Las especificaciones se redactaron empleando conceptos de servicios ISDN, por lo que ofrece GSM se clasifican en:

- Servicios portadores.
- Teleservicios

Servicios Portadores: Se establecen entre terminaciones de red en ambos extremos y ofrecen al usuario una capacidad de transporte independiente del contenido de la información, con diversas modalidades de funcionamiento que se especifican mediante los siguientes atributos:

- 1) De transferencia de información:
  - Tipo (voz, datos).
  - Modo (conmutación de circuitos, de paquetes).
  - Velocidad de datos (300-9.600 bit/s).
  - Direccionalidad (simplex, duplex).
- 2) De acceso:
  - Protocolo.

- Tipo de interfaz.
  - Velocidad de datos en el punto de acceso.
- 3) De interfuncionamiento:
- Tipo de red de destino (PSTN, ISDN, PLMN).
  - Interfaz Terminal-red.
- 4) Generales:
- Servicios suplementarios anexos al servicio básico.
  - Calidad de servicio.

### **2.5.5 Teleservicios**

Son servicios de telecomunicación que proporcionan una capacidad completa de comunicación entre los usuarios, incluidas las funciones de terminal. Permiten también el acceso del usuario a algunas funciones de red, como el almacenamiento y tratamiento de mensajes. En GSM se ofrecen, entre otros, los siguientes:

- 1) Telefonía con voz digitalizada a velocidades de 13 kbit/s (velocidad total: calidades normal y mejorada) y 6,5 kbit/s (velocidad mitad). Se incluye aquí el servicio de llamadas de emergencia.
- 2) Mensajes cortos SMS (Short Message Service):
  - Punto a punto: con origen o destino en una MS.
  - PPPunto-multipunto: difusión desde la BS.

3) Envío y recepción de hasta 160 caracteres a través de un centro de control. Los mensajes pueden leerse en la pantalla del teléfono móvil o en un PC que disponga de programas de gestión de SMS.

4) Almacenamiento y tratamiento de mensajes. Este servicio de mensajería vocal permite el almacenamiento de los mensajes no atendidos, por estar el teléfono móvil desconectado o fuera de cobertura.

5) Facsímil: Es posible la conexión de aparatos facsímil del Grupo 3, de forma automática o alternada con la voz, para la transmisión/recepción de documentos en la estación móvil.

6) Mensajería multimedia MMS, que permite la transmisión de mensajes de voz, texto e imágenes fijas y móviles.

## **2.6 Plan de Transmisión**

Plan que establece los lineamientos en base a los cuales los medios apropiados de transmisión se pueden arreglar para lograr el envío adecuado de la información de extremo a extremo. El plan incluye límites para asegurar que la señal recibida sea lo suficientemente fuerte, clara y libre de ruido e interferencia. [5]

## **2.7 Global Positioning System**

La tecnología GPS (Sistema Global de Posicionamiento) fue desarrollada por el departamento de defensa de EEUU como un recurso global para navegación y

posicionamiento de uso militar y civil. El sistema se basa en una constelación de 24 satélites en órbita a una distancia de más de veinte mil kilómetros.

Estos satélites funcionan como puntos de referencia, con los cuales un receptor en tierra puede "triangular" su propia posición. [5]

Los satélites funcionan como puntos de referencia ya que sus órbitas son monitoreadas con gran precisión desde estaciones en tierra. Al medir el tiempo de viaje de las señales transmitidas desde los satélites, un receptor GPS en tierra puede determinar la distancia entre éste y cada satélite.

Al utilizar las mediciones de distancia de cuatro satélites distintos, y algunos cálculos matemáticos, el receptor reconocerá la latitud, longitud, altura y altura en que se encuentra, la dirección que presenta y la velocidad de movimiento. De hecho, los receptores más avanzados pueden calcular su posición en cualquier lugar del orbe con una diferencia de error menor a cien metros, en tan solo un segundo.

Los avances en el procesamiento de señales permiten que hasta las señales vagas y pobres sean captadas por receptores con antenas impresionantemente pequeñas, para lograr que dichos receptores sean totalmente portátiles. Algunos receptores son tan pequeños que caben en la palma de la mano. [6]

Una gran ventaja es que las señales GPS son accesibles para el uso del público en general, no hay cuotas, licencias o restricciones para su empleo. GPS se ha convertido en un Standard internacional para navegación y posicionamiento, por sus resultados precisos y su disponibilidad en cualquier lugar y momento. [7]

### 2.7.1 GPRS

Las siglas GPRS corresponden a General Packet Radio Services, Servicio General de Paquetes por Radio. Se basa en la conmutación de paquetes realizando la transmisión sobre la red GSM usada actualmente. [7]

GPRS permite a GSM la integración de Internet con la Red Celular. [8]

Las bases que se fijaron para el diseño de GPRS son fundamentalmente:

1. Eficiencia espectral, mediante la asignación de los recursos en el enlace de subida y en el enlace de bajada de forma separada, dadas las características asimétricas de muchos servicios de paquetes de datos.
2. Bajo coste de implantación, mediante la reutilización de todo el hardware posible ya diseñado para el sistema GSM así como la capacidad para un canal de ser asignado dinámicamente a GSM o GPRS de acuerdo con los niveles relativos de tráfico ofrecido a cada caso.
3. Mejores prestaciones en cuanto a velocidad, aumento en el caso ideal la velocidad de transmisión hasta 21.4 kbits/s por spot, lo que permite utilizar idealmente hasta 8 ranuras temporales, quedando una velocidad de transmisión de pico teórica de 171 kbits/s.
4. Calidad de servicio, con la capacidad de soportar varias clases de calidad de servicio en términos de caudal, retardos y prioridades, de manera que un conjunto grande de aplicaciones de un nivel más alto con diferentes requerimientos de funcionamiento puedan compartir el mismo medio de transmisión.

Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que usa la tecnología IP (Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de contenidos de Internet. La idea es permitir que los usuarios se conecten a redes de datos de conmutación de paquetes (IP y X.25) vía una conexión separada de la red de voz. Los dos servicios correrán en paralelo. Un usuario será capaz ingresar a una red GPRS, y ganar acceso a cualquier red IP o X.25. Cuando se conecta a la red, el usuario sólo pagará por la cantidad de datos transferidos, en oposición al tiempo conectado a la red. El usuario será capaz de aceptar llamadas entrantes durante una transmisión de datos.

En una red GSM/GPRS pueden combinarse en paralelo los servicios convencionales de circuitos con los servicios de datos asociados a GPRS. A tal efecto, se definen 3 clases de terminales:

1. Clase A, que soporta GSM y GPRS simultáneamente.
2. Clase B, que puede estar registrado simultáneamente a GSM y GPRS, pero en un momento dado sólo puede utilizar los servicios de una u otra tecnología.
3. Clase C, que puede registrarse a GSM o a GPRS, pero o de forma simultánea (excepto los SMS que se pueden enviar o recibir en cualquier momento).

GPRS se plantea como un servicio portador y no finalista; ello implica que los usuarios finales deberán tener preparadas sus aplicaciones para poder trabajar en un entorno altamente hostil como el entorno radio. Aplicaciones usuales que funcionan correctamente en el mundo Internet, no necesariamente lo harán en un entorno GPRS.

La presencia de interrupciones originadas por el canal móvil por falta de cobertura así como los errores de transmisión, bajas velocidades y las consiguientes latencias implicadas en la entrega de datos, son responsables en la práctica de un deficiente funcionamiento de los típicos protocolos de comunicaciones tal como familiar TCP usado en Internet.

### **2.7.2 Sistema de conexión**

En este tipo de técnica no se debe establecer un canal dedicado para cada usuario sino que la conexión se realiza en el momento de utilización del canal, por lo tanto se pierde el concepto de facturación por tiempo, pasando a ser por utilización del canal de emisión.

La vía de conexión es mucho más utilizada, ya que permite a los usuarios compartir el mismo medio. Se pueden recibir voz y datos simultáneamente. La velocidad de conexión puede llegar a los 115 kbps, 12 veces más que la permitida por la red actual GSM. Sin lugar a dudas GPRS permite que la tecnología WAP pueda ser mucho más potente, explotándola en una mayor proporción, despojándose de uno de los problemas más acuciantes, la velocidad de transmisión. [9]

Una red GPRS será capaz de usar todos los ocho canales TDMA, logrando velocidades de hasta 164kbps, si la red externa de la interfase a la red GPRS puede soportar esas velocidades. Para implementar GPRS, se necesita agregar un nodo extra a la arquitectura de red GSM. Este nodo, llamada nodo de soporte pasarela GPRS (GGSN - Gateway GPRS Support Node), forma la interfase entre la estación móvil y la red de conmutación de paquetes (IP o X.25). [9]



## 2.8 Sistemas Multimedia

A pesar del paso del tiempo las aplicaciones multimedia son requeridas utilizadas con una mayor frecuencia. Estas aplicaciones deben ser cooperativas (involucran varios usuarios) y sincronizadas (requieren que las tareas de los usuarios estén coordinadas). Un ejemplo de las aplicaciones multimedia es una simple videoconferencia la cual involucra dos o más usuarios, cada uno equipado con una cámara de vídeo digital, un micrófono y salida de audio y vídeo. A continuación se describirá que es un sistema multimedia y sus características.

## 2.9 Cobertura de los Sistemas de Telefonía Móvil

La cobertura del sistema se refiere a las zonas geográficas en las que se va a prestar el servicio. La tecnología más apropiada es aquella que permita una máxima cobertura con un mínimo de estaciones base, manteniendo los parámetros de calidad exigidos por las necesidades de los usuarios. La tendencia en cuanto a cobertura de la red es permitir al usuario acceso a los servicios en cualquier lugar, ya sea local, regional, nacional e incluso mundial, lo que exige acuerdos de interconexión entre diferentes operadoras para extender el servicio a otras áreas de influencia diferentes a las áreas donde cada red ha sido diseñada.

Por lo tanto, se ha establecido una estructura de capas de células, clasificándose en cinco categorías, las cuales pueden funcionar simultáneamente dentro de una misma área geográfica.

- Megaceldas: tienen radios desde 100 Km. hasta 500 Km. Ofrecen amplia cobertura para zonas con baja demanda de tráfico a través del uso de satélites

no geoestacionarios.

- Superceldas: tienen radios desde 35 Km. hasta 100 Km. Se emplean para ofrecer coberturas en lugares rurales, carreteras y poblaciones cercanas, donde la densidad de tráfico es baja.
- Macrocelas: tienen radios desde 1 Km. hasta 35 Km. Se emplean para ofrecer coberturas en lugares suburbanos, en zonas de media densidad de tráfico.
- Microcelas: tienen radios desde 50 m hasta 1 Km. Ofrecen servicio a usuarios fijos, o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico.
- Picoceldas: tienen radios menores a 50 m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores.

## **2.10 Modelos Matemáticos Empleados en el Cálculo de Propagación en Ambientes Abiertos**

Estas herramientas matemáticas están diseñadas para sistemas cuyas características están relacionadas a la casi nula existencia de obstáculos para la propagación de las ondas electromagnéticas, estos modelos surgen por la necesidad de modelar perfiles topográficos irregulares, pero con el menor número de obstáculos para así lograr la predicción de las pérdidas que se tienen en el camino hacia el receptor.

Pese a que este tipo de modelos son los más sencillos que existen, es primordial tomar en cuenta ciertos parámetros para sus cálculos entre los cuales se encuentran el modelar la zona de cobertura y tomar en cuenta la existencia de

obstáculos como árboles, edificios, montañas, entre otros.

En los sistemas de comunicación la transmisión de señales frecuentemente se lleva a cabo sobre terrenos irregulares, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta el perfil del terreno de un área para calcular las pérdidas por trayectoria, así como los obstáculos, maleza, árboles, edificios, etc.

Existen varios modelos de propagación que tratan de predecir las pérdidas por trayectoria:

- Okumura.
- Okumura-Hata.
- Longley Rice.
- Ikegami.
- Walfisch & Bertoni.
- COST-Walfisch-Ikegami.
- Espacio libre.
- Erceg.

### **2.10.1 Modelo de Okumura**

Utilizado ampliamente para la predicción dentro de ambientes urbanos, es aplicable para frecuencias que van de los 150 MHz a los 1920 MHz, por lo que se encuentra dentro de las bandas VHF y UHF, pero también se está utilizando en frecuencias superiores a los 3000 MHz y para distancias que van desde 1 Km. hasta los 100 Km. [9]

Los rangos para la altura de las antenas para telefonía celular van de los 30 m a

los 100 m.

$$L_{50} (dB) = L_F + A_{mu} + G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \quad (2.1)$$

Donde:

$L_{50}(dB)$  es la atenuación mediana por trayectoria en decibels.

$L_F$  es la atenuación por el espacio libre.

$A_{mu} (f,d)$  es la atenuación relativa promedio (curvas).

$G(h_{te})$  Ganancia de la altura de la antena de Tx.

$G(h_{re})$  Ganancia de la altura de la antena Rx.

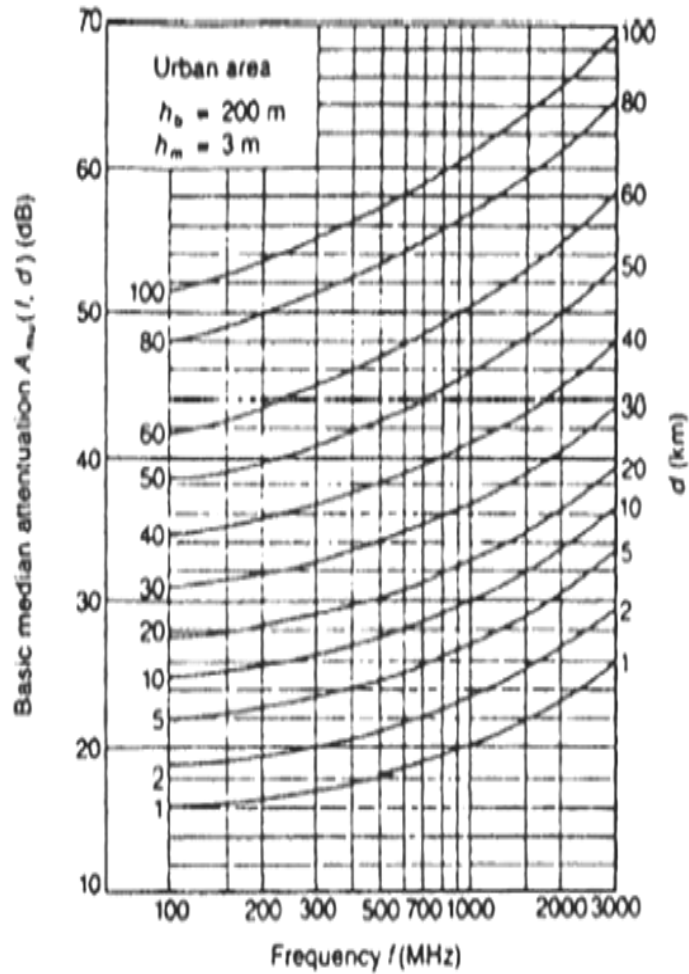
$G_{AREA}$  es la ganancia debida al tipo de ambiente.

Okumura encontró que  $G(h_{te})$  posee una variación de pérdidas de 20dB/década y que  $G(h_{re})$  tiene una variación de 10 dB/ década para alturas menores de 3 m.

$$G(h_{te}) = 20 \log(h_{te} / 200) \text{ para } 30 \text{ m} < h_{te} < 1000 \text{ m} \quad (2.2)$$

$$G(h_{re}) = 10 \log (h_{re}/3) \text{ para } h_{re} < 3 \text{ m} \quad (2.3)$$

$$G(h_{re}) = 20 \log (h_{re}/3) \text{ para } 3 \text{ m} < h_{re} < 10 \text{ m} \quad (2.4)$$



**Figura 2. 4 Curvas de Okumura. [9]**

En la figura 2.4 se muestra las gráficas de las mediciones a partir de la cual se logró concretar el modelo de Okumura, el cual no es un modelo analítico, esta es una herramienta bastante simple y además de esto adecuado para calcular las pérdidas para sistemas celulares y sistemas de radio terrestre es ambientes poblados.

### 2.10.2 Modelo de Okumura-Hata

Este es un tipo de modelo empírico basado en los datos de las pérdidas de propagación provistos por Okumura y es válido para el rango de frecuencias VHF y UHF pero dentro de los límites de los 150 MHz hasta los 1500 MHz. [6]

Las pérdidas en un área urbana fueron presentadas en una fórmula general para un ambiente urbano, sin embargo existen caracterizaciones de esta ecuación para distintos ambientes:

$$L_{50}(\text{urbano})(\text{dB})=69.55+26.16\log f_c-13.82\log h_{te}-a(h_{te})+(44.9-6.55\log h_{te})\log d \quad (2.5)$$

Para la ecuación se deben de tomar en cuenta ciertas restricciones como:

$$150 \text{ MHz} < f_c < 1500 \text{ MHz}$$

$$30\text{m} < h_{te} < 200\text{m}$$

$$1\text{m} < h_{re} < 10 \text{ m}$$

Con respecto a las variables de esta ecuación se puede notar que son las mismas que para el modelo de Okumura:

$f_c$  : frecuencia portadora en MHz

$h_{te}$ : altura de la antena transmisora en metros para un rango que va de 30m a 200m.

$h_{re}$ : altura de la antena receptora en metros para un rango que va desde 1 m a 10m.

$a(h_{te})$ : factor de corrección por la altura efectiva del móvil que es función del tipo de área de servicio.

d: distancia entre el transmisor y el receptor en kilómetros.

La única nueva variable incluida en este modelo es la del factor de corrección por altura efectiva del móvil  $a(h_{te})$ , este factor es dependiente de la zona de cobertura:

Se pueden definir diferentes valores de  $a(h_{te})$  para diferentes ambientes de propagación.

El valor de  $a(h_{te})$  para ciudades pequeñas y medianas es:

$$a(h_{te}) = (1.1 \log f_c - 0.7) a(h_{te}) - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{dB} \quad (2.6)$$

Para un ambiente suburbano la ecuación para calcular  $a(h_{te})$  es:

$$L(\text{dB}) = L_{50}(\text{urbano}) - 2[\log(f_c / 28)]^2 - 5.4 \quad (2.7)$$

Para áreas rurales se utiliza la siguiente ecuación para encontrar el valor de  $a(h_{te})$ :

$$L(\text{dB}) = L_{50}(\text{urbano}) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94 \quad (2.8)$$

Para ciudades grandes se utilizan diferentes ecuaciones dependiendo del valor de la frecuencia:

$$a(h_{te}) = 8.29(\log 1.54 h_{te})^2 - 1.1 \text{dB} \quad \text{para } f_c < 300 \text{MHz} \quad (2.9)$$

$$a(h_{te}) = 3.2(\log 11.7 h_{te})^2 - 4.97 \text{dB} \quad \text{para } f_c < 300 \text{MHz} \quad (2.10)$$

Este modelo presenta la característica de no ser adaptable a sistemas de

comunicación de telefonía celular que tengan un radio de 1 Km por célula.

### **2.10.3 Modelo de Longley- Rice**

La mejor aproximación de las pérdidas de propagación en estos enlaces se suele obtener con un tipo de modelos semi-deterministas llamados globalmente "modelos de terreno irregular", entre los que destacan el ITM (Irregular Terrain Model) o Longley Rice, y el TIREM.

El modelo de Longley-Rice o ITM [LR-68<sup>a</sup>, HL82] data de 1968 y, a pesar de que existan otros muchos más modernos, no ha sido claramente superado. Además, presenta una enorme ventaja sobre otras alternativas como el TIREM, y es la libre disponibilidad del algoritmo y de una implementación oficial del organismo programado. [6]

No obstante con la base de un modelo de terreno no se pueden hacer generalizaciones. Para una aproximación general a las pérdidas de propagación en enlaces con línea de vista, resulta razonable basarse en el modelo de propagación en el espacio libre, sabiendo que en cada lugar concreto los resultados de ese modelo se verán modificados a la alta o a la baja según el efecto del terreno y del medioambiente.

El modelo de Longley Rice [itm 1968] es válido para frecuencias entre 20 Mhz y 20 GHz y es una herramienta de propósito general basado en la teoría electromagnética y en análisis estadísticos de las características del terreno y de las medidas de radio. Predice la atenuación media de una señal de radio como función de la distancia y la variabilidad de la señal en el tiempo y en el espacio.



El modelo tiene dos métodos, el modo punto a punto y el modo de predicción. El modo punto a punto utiliza detalles del perfil del terreno en el enlace, mientras que el modo predicción utiliza estimaciones de medianas empíricas. Por lo demás ambos modos requieren información similar para computar las pérdidas de propagación:

- $d$  = distancia.
- $h_{q1}, h_{g2}$  = altura de las estructuras de soporte de las antenas.
- $k$  = Número de onda
- $\Delta h$  = Parámetro de irregularidad del terreno.
- $N_s$  = Mínima refractividad superficial mensual media.
- $\gamma_e$  = Curvatura efectiva de la tierra.
- $Z_g$  = Transimpedancia de la superficie del suelo.
- Clima de radio = Expresado cuantitativamente como uno de los climas tipificados.

Adicionalmente, el modo de predicción de área incluye un parámetro que expresa cualitativamente el cuidado que se toma cada estación para asegurar las condiciones de propagación de radio óptimas. Por su parte, el modo punto a punto incluye además las siguientes informaciones de entrada:

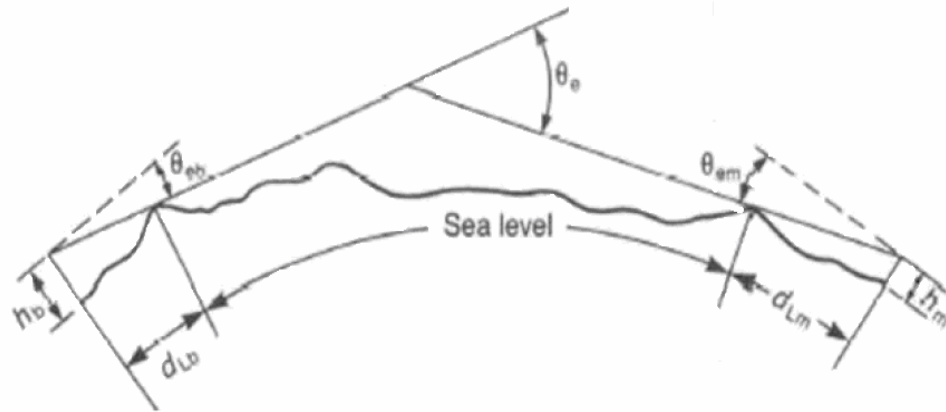
$h_{e1}, h_{e2}$  = alturas efectivas de las antenas.

$d_{L1}, d_{L2}$  = distancias de cada Terminal a su horizonte radio.

$\theta_{e1}, \theta_{e2}$  = Ángulos de elevación de los horizontes de cada Terminal a la altura de las antenas.

Estas cantidades junto con  $\Delta h$ , son geométricas y se determinan a partir del perfil del terreno.

El resultado del modelo es la atenuación media, que va asociada a una probabilidad de que esa atenuación no sea superada al menos en un % del tiempo.



**Figura 2. 5 Dibujo Referencial Para Cálculos con Longley-Rice. [6]**

#### 2.10.4 Modelo de Ikegami

Ikegami investigó los mecanismos de propagación en ambientes urbanos. Sus estudios se centraron en las pérdidas introducidas por difracción en las terrazas de los edificios. Dos ondas difractadas alcanzan la antena de un móvil, una de ellas es reflejada en un edificio y la otra es un rayo directo. La contribución de estas dos ondas es sumada y la atenuación debida difracción en terraza a la calle puede ser calculada con:

$$L_{rts} = -16.9 - 10 * \log(w) + 20 * \log(h_{roof} - h_m) + 10 * \log(f) + 10 * \log(\text{sen}(\varphi)) \quad (2.11)$$

Donde:

f: frecuencia [MHz]

hm: altura antena estación móvil (receptor) [m]

w: ancho de la calle

hroof: altura de edificios

$\varphi$ : Orientación de la calle respecto a la onda incidente [grados]

### 2.10.5 Modelo Walfisch-Bertoni

Walfisch y Bertoni también realizaron estudios teóricos en ambientes urbanos teniendo en cuenta los efectos de difracción en los techos de los edificios. Concluyeron que en la atenuación intervienen 3 factores:

- Pérdidas de espacio libre.
- Reducción del campo incidente sobre las terrazas de edificios debido a la difracción previa en varios edificios.
- Pérdidas por difracción en las terrazas de edificios hasta el nivel del piso.

La contribución de los 2 últimos términos es denotado por LEX [dB].

Walkfish y Bertoni asumieron un área con edificios de altura uniforme y con calles paralelas. Entonces reformularon la ecuación:

$$L_{gx} = 57.1 + A + \log(f) - 18 * \log(\alpha) \quad (2.12)$$

Donde:

$\alpha$ : Ángulo entre la onda incidente y tierra [rad]

f: frecuencia [MHz]

Para nivel de terreno, a está dado por:

$$\alpha = \frac{\Delta h_{base}}{d} - \frac{d}{2 * R_e} \quad (2.13)$$

Donde:

$\Delta h_{base}$  : diferencia entre altura de edificios y altura de estación base[m].

$\alpha$ : ángulo entre la onda incidente y tierra [rad] (se asume pequeño).

Re: radio efectivo de la tierra,  $8,5 \times 10^6$  Km.

d: distancia entre transmisor y receptor [m].

El término A se debe a la difracción en las terrazas:

$$A = 5 * \log \left[ \left( \frac{b}{2} \right)^2 + (h_{roof} - h_m)^2 \right] - 9 * \log(b) - 20 * \log \left\{ \arctg \left[ \frac{2(h_{roof} - h_m)}{b} \right] \right\} \quad (2.14)$$

La pérdida total según el modelo de Walkfish-Bertoni viene dada por:

$$L_{WB} = L_{gx} + L_{el} \quad (2.15)$$

### 2.10.6 Modelo COST - Walfisch- Ikegami

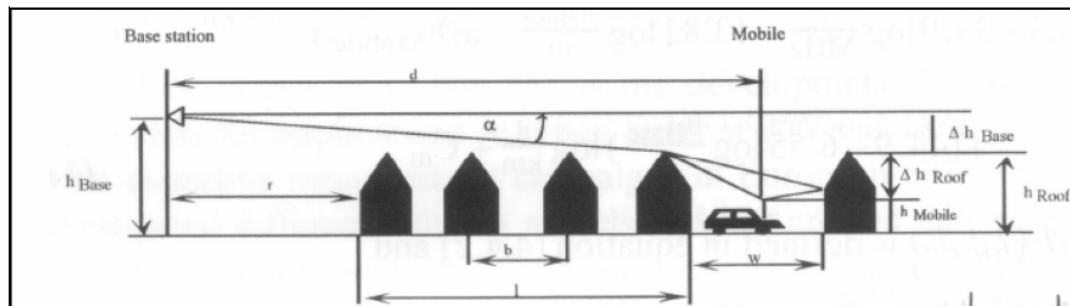
El grupo COST 231, llamado así por sus siglas en ingles Cooperation in the field of Scientific and Technical research, propuso otro modelo combinando las contribuciones de los Ikegami y Walfisch-Bertoni, para tomar en cuenta dos casos de propagación diferentes: con línea de vista (LDV) y sin línea de vista (NLDV). Es útil para ambientes urbanos y urbanos densos, está basado en varios parámetros relativos

a la morfología de las ciudades como: altura promedio de edificios, densidad y ancho de las calles. [9]

El rango de frecuencias de uso de este nuevo modelo es de 800 - 2000 MHz y también ha sido usado en las bandas UHF y SHF.

Para determinar las pérdidas de canal se definen las siguientes ecuaciones:

$$L_p = L_0 + L_{rts} + L_{msd} \quad (2.16)$$



**Figura 2. 6 Dibujo Referencial Para Cálculos con COST Walfish-Ikegami. [6]**

El término pérdida de espacio libre está dado por:

$$L_o = 32,4 + 20 \log\left(\frac{R}{Km}\right) + 20 \log\left(\frac{f}{MHz}\right) \quad (2.17)$$

Donde  $R$  está expresada en Km. y  $f$  en MHz

El término  $L_{rts}$  describe las múltiples difracciones, su determinación se basa en el modelo de Ikegami, tiene en cuenta el ancho de la calle y la orientación respecto a la onda incidente. Sin embargo, COST aplicó una función de orientación para las calles diferente a la de Ikegami:

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log\left(\frac{w}{m}\right) + 10 \log\left(\frac{f}{MHz}\right) + 20 \log\left(\frac{\Delta h_{mobile}}{m}\right) + L_{ORI} \quad (2.18)$$

$$L_{ORI} = \begin{cases} -10 + 0.354 * \varphi & \text{para } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\varphi - 35) & \text{para } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4 - 0.114(\varphi - 55) & \text{para } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases} \quad (2.19)$$

$L_{ORI}$  es un factor empírico tomado de diversas mediciones.

La determinación del factor  $L_{msd}$  fue tomada del modelo propuesto por Walfisch-Bertoni y modificada empíricamente en base a mediciones para contemplar los casos en que la altura de la antena transmisora es inferior a los edificios adyacentes, esto se refleja en el término  $k_a$ , los términos  $k_d$  y  $k_f$  modelan las pérdidas por difracción en múltiples filo de cuchillo versus la distancia y la frecuencia, respectivamente:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d * \log(d) + k_f * \log(f) - 9 * \log(b) \quad (2.20)$$

Donde:

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 * \log(1 + h_B - h_{roof}) & \text{para } h_B > h_{roof} \\ 0 & \text{para } h_B \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$K_a = \begin{cases} 54 & \text{para } h_B > h_{roof} \\ 54 - 0.8 * (h_B - h_{roof}) & \text{para } d \geq 0.5km \text{ y } h_B \leq h_{roof} \\ 54 - 0.8 * (h_B - h_{roof}) * \frac{d}{0.5} & \text{para } d < 0.5km \text{ y } h_B \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & \text{para } h_B > h_{roof} \\ 18 - 15 \frac{(h_B - h_{roof})}{h_{roof}} & \text{para } h_B \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$kf = -4 + 0,7 \left( \frac{f/MHz}{925} - 1 \right) \quad \text{para entornos suburbanos}$$

$$= -4 + 1,5 \left( \frac{f/MHz}{925} - 1 \right) \quad \text{para entornos urbanos (metropolis densa)}$$

b: separación desde el medio entre los edificios en los que se encuentra la estación móvil,  $b=20 \dots \dots 50m$

w: distancia entre las caras de los edificios en los que se encuentra la estación móvil,  $w \sim b/2$

$$\Delta h_{base} = h_{base} - h_{roof} \quad (2.21 \text{ y } 2.22)$$

$$\Delta h_{mobile} = h_{roof} - h_{mobile}$$

Para los casos de Línea de Vista (LVD) donde  $Lrts + Lm \leq 0$  las pérdidas de canal se define la siguiente ecuación:

$$L_p = 32,4 + 20 \log \left( \frac{R}{km} \right) + 20 \log \left( \frac{f}{MHz} \right) \quad (2.23)$$

### 2.10.7 Modelo del Espacio Libre

Este modelo es el más simple de todos sin sacrificar efectividad, asume que el canal de RF está libre de cualquier obstáculo que puede afectar a la propagación como absorción, difracción, reflexión o dispersión. Tiene muy poco uso para realizar predicciones para telefonía celular, dado que la mayoría de la funcionalidad de esta telefonía se aplica en centros urbanos con presencia de obstáculos. Dada su sencillez muchas veces puede usarse para realizar cálculos rápidos. Las pérdidas por trayectoria serán solamente función de la distancia entre transmisor y receptor. [6]

La pérdida de camino entre transmisor y receptor se expresa como:

$$L_{el} = 10 * \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad (2.24)$$

Donde:

d: distancia [m]

$\lambda$ : longitud de onda [m]

Escribiendo  $\lambda=c/f$  y expresando las pérdidas de dB:

$$L_{el} = -27.55 + 20 * \log(d) + 20 * \log(f) \quad (2.25)$$

Donde f se expresa en MHz

### 2.10.8 Modelo de Erceg

El modelo de propagación Erceg para enlaces sin visibilidad directa se define para tres tipos de terreno definidos como A, B Y C. El terreno tipo A se asocia a unas pérdidas de canal máximas y es el modelo apropiado para terrenos montañosos con una densidad de árboles de alta a moderada. El terreno tipo C se asocia a unas



pérdidas de canal mínimas, óptimas para terrenos llanos libre de árboles. El terreno tipo B es ideal para terrenos medios (terrenos planos o casi planos con densidad moderada de árboles).

Las pérdidas de propagación vienen determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$L_p = A + 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2.26)$$

Donde:

$$A = 20 \log\left(\frac{4\pi d_0}{\lambda}\right) \quad \text{y} \quad \gamma = \left(a - bh_b + \frac{c}{h_b}\right) \quad (2.27 \text{ y } 2.28)$$

Se aplican unos factores de corrección para frecuencias superiores a 2 GHz, y altura del receptor superior a 2 metros.

$$\Delta PL_f = 6 \log\left(\frac{f}{2000}\right) \quad (2.29)$$

Para terrenos A y B el factor a aplicar para la corrección de la altura del receptor viene determinado por la siguiente relación:

$$\Delta PL_h = -10.8 \log\left(\frac{h}{2}\right) \quad (2.30)$$

Para terrenos del tipo e el factor de corrección de altura se determina según la siguiente ecuación:

$$\Delta PL_h = -20 \log\left(\frac{h}{2}\right) \quad (2.31)$$

Aplicando todas las relaciones, la ecuación final a aplicar es:

$$L_p = 20 \log\left(\frac{4\pi d_0}{\lambda}\right) + 10\gamma \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \Delta PL_h + \Delta PL_f + s \quad (2.32)$$

Donde los factores  $a$ ,  $b$  y  $c$  toman los siguientes valores en función del tipo de terreno seleccionado, y el valor  $s$  se especifica para determinar un margen de seguridad por pérdidas de *fading*.

Valor de los parámetros en función del tipo de terreno.

Parámetro	Terreno A	Terreno B	Terreno C
a	46	4	36
b	0.0075	0,0065	0.005
c	126	17.1	20

Tabla 2. 1 Parámetros en Función del tipo de Terreno para el Modelo de Erceg. [6]

## 2.11 Software Radio Mobile

Actualmente se cuenta con diversas opciones de herramientas computacionales que realizan simulaciones de radio enlaces entre los equipos transmisores y los equipos receptores, en este trabajo de investigación se empleará el software Radio Mobile debido a las siguientes características:

- Es un programa gratuito que permite el análisis y simulación del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia (RF) y traza el perfil de las posibles trayectorias.
- Predice mediante herramientas CAD la cobertura de un sistema de radio.
- Se usan herramientas y mapas digitales (elevaciones) y sistemas GIS.

- Puede trabajar en múltiples sistemas operativos entre los que están: Windows 95, 98, ME, NT, 2000 y XP.
- Usa mapas con elevaciones de terreno en forma digital con la que calcula el área de cobertura, indicando así los niveles de potencia recibida en enlaces de radio, determina los puntos de reflexión de un enlace, y calcula el presupuesto de potencia (link budget).

### **2.11.1 Análisis del terreno en Radio Mobile**

Para el análisis del terreno el software Radio Mobile utiliza una base de datos llamada “GTOPO30” la cual tiene mapas de 30 segundos de arco (resolución aproximada de 1 km) del globo terráqueo, en el cual se pueden ubicar las radioestaciones utilizando las coordenadas geográficas del sitio. [10]

GTOPO30 es un proyecto completado en 1996, fue desarrollado en un período de 3 años con la colaboración y el esfuerzo de un grupo de profesionales del U.S. Geological Survey EROS Data Center (EDC). Esta organización participó en la fundación de un centro de datos y de imágenes que se encuentran en la National Aeronautics and Space Administration (NASA), the United Nations Environment Programme/Global Resource Information Database(UNEP/GRID), los U.S. Agency for International Development (USAID), the Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI) de Mexico, el Geographical Survey Institute(GSI) de Japón, Manaaki Whenua Landcare Research de Nueva Zelanda, y el Scientific Committee on Antarctic Research(SCAR).

### 2.11.2 Pasos que realiza Radio Mobile

El software realiza los siguientes pasos para la creación de los enlaces:

- Construye el perfil de un enlace de radio entre dos puntos conocidos de forma digital, emplea una extensa base de datos de elevaciones para determinar la existencia de LOS (LineOfSight) o línea de vista entre dos puntos.
- Ejecuta los cálculos que permiten automatizar cualquier enlace en cualquier banda de frecuencia, desde HF hasta SHF, y permite observar el efecto de cambiar la ganancia de las antenas, altura de las mismas, atenuación de los cables, etc.
- Una vez trazado el perfil, calcula el despeje del 60% de la primera zona de Fresnel que permite una buena comunicación.
- Las principales funciones del software son:
- Opera entre 20 kHz a 200 GHz.
- Traza el diagrama de perfil, lo que permite verificar la existencia de línea de vista (LOS).
- Calcula el Pathloss, pérdida en el espacio libre.
- Puede crear redes de diferentes topologías (redes Master/Slave, Point to Point PTP y Point to Multipoint PMP).
- Calcula el área cobertura de una radio base (Sólo para sistemas PMP punto – multipunto).

### **2.11.3 Modelo empleado en la predicción de la propagación por Radio Mobile**

El software Radio Mobile utiliza para la predicción de la propagación uno de los modelos mas complejos que existe, utilizado también en los EEUU por el Instituto para la Ciencia de Telecomunicaciones (ITS, por sus siglas en ingles), para el cálculo de la propagación de la onda de radio, mejor conocido como el modelo de Longley-Rice. [10]

### **2.11.4 Requerimientos necesarios para la creación de una red en Radio Mobile**

Para crear una red con el software se necesitan, las coordenadas de los puntos de interés por ejemplo de la radio base (Instituto para la Ciencia de Telecomunicaciones (ITS BS, Base Station) y del suscriptor (SU, subscriber Unit o CPE), en Longitud y latitud (en grados, minutos y segundos o en coordenadas UTM), se necesita conocer las especificaciones técnicas del sistema a instalar, es decir:

- Topología de la red (Point to Point o Point to multipoint).
- Ganancia de antenas en dBi.
- Máxima potencia de Transmisión (Watt o dBm).
- Atenuación en los medios de transmisión entre el Tx y la antenna (Pérdida de cables, conectores, etc.).
- Nivel umbral de recepción (dBm).
- Altura de las antenas.
- Frecuencia de operación.
- Polarización de las antenas (horizontal o vertical).

### **2.11.5 Cobertura y Análisis de Radioenlaces**

Para crear un Radio Enlace se deben cumplir con los siguientes pasos:

- Se debe tener al menos dos puntos ubicados en el mapa, con sus respectivas coordenadas.
- Se debe crear una red, especificando su topología, sistema y los parámetros de los equipos transmisores y receptores.

A esta altura se puede observar todos los detalles, análisis, LOS, y todos los parámetros en un sistema inalámbrico (PathLoss, y el link budget).

Otros puntos importantes del software son:

- Visual coverage: Permite tener una vista del terreno.
- Cobertura de Radio: Determine el nivel de señal recibida en las zonas que rodean la radio base.

## **CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA PROPUESTA**

---

### **3.1 Requerimientos a ser Cubiertos por el Sistema**

PDVSA Distrito Social San Tomé cuenta con una flota de 1200 vehículos, los cuales son asignados para cumplir labores operativas en diversas áreas, frecuentemente ocurren accidentes vehiculares donde no se determina a exactitud si sus causas se deben a agentes externos o a excesos e imprudencias del conductor.

Un aspecto resaltante en el actual manejo de la flota vehicular es la ausencia de un control real de parámetros operativos de los vehículos, esto debido a que en la mayoría de los casos los usuarios no presentan las unidades para la realización de mantenimientos preventivos, reduciendo así la vida útil de estos activos e incrementando los costos por reposición o mantenimiento correctivo.

El desconocimiento de la ubicación de los vehículos es un punto crítico para los encargados del resguardo de éstos, dado que en ocasiones se realizan desvíos de rutas tanto por razones operacionales como por intereses personales de los trabajadores.

PDVSA no está aislada a las acciones delictivas, se ha incrementado alarmanamente los robos y hurtos de los vehículos, con muy poco porcentaje de recuperación de éstos.

Justificado por todas estas razones expuestas vinculadas a seguridad y aprovechamiento de la flota se requiere que la solución contemple los siguientes requerimientos:

1. Obtención de Información sobre ubicación de los vehículos en tiempo real.

2. Medición constante de variables de funcionamiento del vehículo como nivel de gasolina, kilometraje recorrido, velocidad y presión de aire en los neumáticos, así como información sobre la ubicación y ruta.
3. Indicadores de una correcta cultura de manejo como son: uso de cinturones de seguridad, reporte de frenadas bruscas, violación de límites de velocidad.
4. Uso de un botón de alarma en caso de pánico para así actuar rápidamente sobre la urgencia.
5. Alarma en caso de exceso de velocidad y violación de área de acceso.
6. Toda la información procesada debe contar con respaldo en memorias de los dispositivos remotos, para ser descargada si fuese necesario.
7. Debe contar con un centro de monitoreo donde se canalice todos los datos obtenidos.
8. El sistema debe cumplir con una cobertura de al menos 70% del área operacional del Distrito.
9. Se debe manejar un software de gestión que cumpla con el Decreto Presidencial 3.390 el cual dispone que la Administración Pública Nacional empleará prioritariamente Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos en sus Sistemas, Proyectos y Servicios Informáticos. [11] Además de contar con una instalación en sitio, con lo cual PDVSA maneje y procese todos los datos sin emplear asistencia de terceros mediante un servicio web, resguardando así la confiabilidad y confidenciabilidad de la información.



10. Las unidades remotas deben ubicarse ocultas dentro de los vehículos de tal manera que se garantice que no estarán al alcance de los usuarios, para evitar la manipulación o alteración de los parámetros medidos.
11. El sistema debe adecuarse a la red de telecomunicaciones de la empresa.

### **3.2 Revisión de las tecnologías y servicios vinculados a los sistemas de gestión de flota vehicular existentes en Venezuela.**

En Venezuela son diversas las opciones de Gestión de Flotas, basándose en los equipos y medio de transmisión son cuatro los principales proveedores debido a que la mayoría son integradores de éstos. A continuación se muestran los resultados de la evaluación tecnológica realizada, donde se exponen todas las bondades que ofrecen y se indica cuales son las ventajas y desventajas de cada uno en función de los requerimientos de este trabajo de investigación.

#### **3.2.1 Sistema Aura**

**El Sistema Aura** es una solución integral para supervisar gráficamente el movimiento, recorrido, ubicación y desempeño de vehículos, personas y cargamentos, entre sus características se encuentran:

- Panel de Supervisión para la interfaz del usuario, disponible como una página web todos los días del año.
- Se puede acceder al sistema desde cualquier dispositivo con acceso a Internet.

- Presenta información sobre histórica del recorrido, excesos de velocidad, rutas y señal de pánico activada, a intervalos de 5 minutos.
- Permite la supervisión de un número ilimitado de vehículos.
- Designa números de teléfonos celulares para recibir Alertas Tempranas de desviaciones operativas de las unidades sujetas a su supervisión.
- Utilización de mapas digitales para presentar la ubicación de los vehículos.
- La unidad móvil cuenta con un módulo GPS dedicado a recibir señales de satélites de posicionamiento global, un procesador para administrar el flujo de información y un módem transmisor para recibir y transmitir mensajes y datos hasta los servidores.
- Posibilidad de adquirir la solución con Servicio Satelital Inmarsat para obtener la ubicación de los vehículos.
- Todas unidades poseen un módulo I/O (entradas/salidas) que permite conexiones a circuitos existentes o nuevos en cada vehículo, y fuentes de energía interna.
- El usuario puede utilizar la unidad como un teléfono celular limitado a llamar 3 números preprogramados.
- Operador: Digitel, Sistema de Localización Geo Tracker C.A.

Comparando las características del Sistema Aura en relación a los requerimientos ya establecidos se puede decir que cumple aceptablemente con los

servicios de gestión de flota, pero presenta la desventaja de no tener instalación de la solución en sitio.

### **3.2.2 Sistema Movistar**

El Sistema Movistar se oferta como un nuevo servicio de alta tecnología que le permite a las diferentes empresas llevar un amplio control de la operación de sus vehículos, facilitando y beneficiando notablemente la gerencia de sus activos móviles.

Entre los principales servicios q incluye este sistema se encuentran:

- Rastreo satelital en tiempo real.
- Monitoreo desde cualquier lugar a través de Internet.
- Control de variables como velocidad de desplazamiento, distancia recorrida, tiempo de operación, ubicación, entre otras múltiples variables que puedan ser medidas por un elemento digital.
- Envío de alertas a través de correo electrónico, mensaje de texto o fax, cuando ocurra variación de los parámetros preestablecidos.
- No se requiere de personal especializado para realizar el monitoreo.
- Varias personas pueden monitorear simultáneamente su flota.

- El cliente selecciona las variables que desea establecer como parámetros y lo hace a través de un sencillo software.
- Cobertura Nacional.
- Mapas digitalizados y actualizados, con detalles y referencias de todas las vías de Venezuela: autopistas, carreteras, avenidas y calles.
- Servicio de atención y asistencia técnica personalizada y altamente calificada utilizando tecnología de vanguardia para prestarle el mejor servicio.
- Servicio de seguridad y rastreo en caso de hurto.
- Control automático para abrir y cerrar puertas y compuertas.
- Monitoreo de temperatura en carga refrigerada.
- Activación de botón de pánico.
- Encendido y apagado remoto de luces y/o sirena de los vehículos.
- Plataforma tecnológica: red GSM de Movistar Telefónica y servicio satelital GLOBALSTAR.

El sistema es muy atractivo en cuanto a los servicios ofrecidos, pero cuenta con la desventaja de no tener aplicación del sistema en sitio.

### 3.2.3 Gestión de Flota Movilnet

¿Dónde estás? Empresarial, es como publicitariamente se conoce a este sistema, el cuál es el único que actualmente opera con redes CDMA.

Las principales características son:

- Registro de Velocidad, frenadas bruscas, ubicación y trayectoria del vehículo así como otras variables seleccionadas y medidas mediante sensores digitales y analógicos.
- Detección de alarmas, control de apertura y cierre de puertas, apagado remoto del vehículo y alarma de pánico.
- Ubicación satelital GPS.
- Transmisión por redes CDMA.
- Muestra la ubicación y demás datos obtenidos a través de Internet.
- Instalación en centros especializados o en localidades del cliente.
- Establecimiento de geocercas.
- Las unidades de ubicación vehicular cuentan con dispositivos de almacenamiento para guardar la información procesada para proceder a la descarga en sitio.
- Plataforma tecnológica: CANTV/ Movilnet y servicio satelital Inmarsat.

El sistema ofrece buenos servicios, con la ventaja de ser una empresa del estado al igual que PDVSA y por lo que se recibiría mayores beneficios. No obstante actualmente trabaja con tecnología CDMA, la red GSM de Movilnet está desplegada ya en varias regiones del país pero actualmente las unidades siguen ofreciéndose bajo parámetros CDMA. Otra desventaja del sistema radica en que la aplicación de gestión y monitoreo se realiza a través de Internet exclusivamente.

### **3.2.4 Sistema Movilsat**

A nivel mundial Movilsat goza de relevancia al ser catalogado como uno de los mejores sistemas de gestión de flota, debido a que está dedicado al mercado empresarial y en constante acoplamiento a los requerimientos de seguridad y utilidad establecidos por las diferentes organizaciones que soliciten su servicio, a diferencia de otros sistemas que son dedicados a actividades comerciales.

Las principales características del sistema son:

- Plataforma de gestión de flota integrada por tres componentes principales: la Unidad de Localización Vehicular (VLU), el Software de Control y Monitoreo y la plataforma de comunicaciones.
- Posibilidad de utilizar unidades de localización vehicular por red GSM o transmisión satelital.
- El sistema de posicionamiento GPS puede ser provisto por Iridium, Inmarsat u Orbcomm.

- El servidor del Software de Gestión de Flotas Movilsat puede ubicarse en el centro de datos del proveedor o del cliente, ofreciendo la adquisición de las licencias del software tanto por propiedad como por software libre.
- Las unidades de localización cuentan con fuente de poder, entradas y salidas digitales y analógicas programables, puertos seriales para la descarga de información o comunicación con sistemas periféricos como PDTs, PDAs, laptops, lectores ópticos, impresoras, etc.
- La información de posición y telemetría de los vehículos puede ser manejada por tiempo, distancia, a petición del usuario y/o por la generación de eventos predefinidos (exceso de velocidad, botón de pánico, cerco geográfico, fallas diversas, etc.).
- El software permite visualizar todos los datos relacionados con la flota (datos del vehículo, de los conductores, propietarios, etc.), además busca uno o varios vehículos por propietarios, por punto de referencia, por grupo, por conductores, por cercanía, así como direcciones o puntos de referencia.
- El sistema permite transmitir mensajes al Vehículo, y enviar mensajes a vía E-Mail, SMS y/o Beepers.
- Posibilidad de actuar sobre el Vehículo (apagarlo, sonar la corneta, subir seguros, etc.).
- Comprende una amplia gama de paquetes de mapas y opciones para su manejo (zoom, etiquetas, mediciones, rotar, seleccionar, mover, etc.), así como la posibilidad de desplegar varias pantallas con diferentes escalas, de diferentes Flotas o vehículos que se requieran monitorear.

- Generación de reportes o consultas al sistema para un control de actividades, gestión efectiva de la flota y optimización de procesos en los periodos de tiempo deseados y a la medida de las necesidades del cliente, entre las que comúnmente se encuentran: recorridos, eventos y acciones, vehículos, zonas, simulaciones (reconstrucción de rutas), estudio de tiempos y paradas, exportación de datos, reporte de zonas más visitadas, reporte de días inactivos, reporte entradas y salidas de los estacionamientos, entre otros.
- Cada VLU incluye una batería de respaldo de hasta 10 horas para transmisión continua a 10 días en modo “sleep”. Existen otras opciones como generar alarmas si el vehículo sale del estacionamiento los fines de semana o de noche, diversos niveles de límites de seguridad, entre otras.
- Plataforma tecnológica: Movilsat / Silocom.

### **3.3 Evaluación de la Oferta Tecnológica**

De los sistemas estudiados conviene evaluar la oferta de servicio referente al software para la gestión de flota, las tecnologías empleadas para la localización y transmisión de información, medición de variables entre otros aspectos básicos que deben cumplir con los requerimientos..

Para realizar la evaluación se estableció un criterio selectivo básico, determinando si los sistemas evaluados cumplen o no cumplen con los requerimientos establecidos anteriormente, la Tabla 3.1 muestra el resultado de esta evaluación.



**Tabla 3.1. Evaluación de la Oferta Tecnológica. [Fuente propia]**

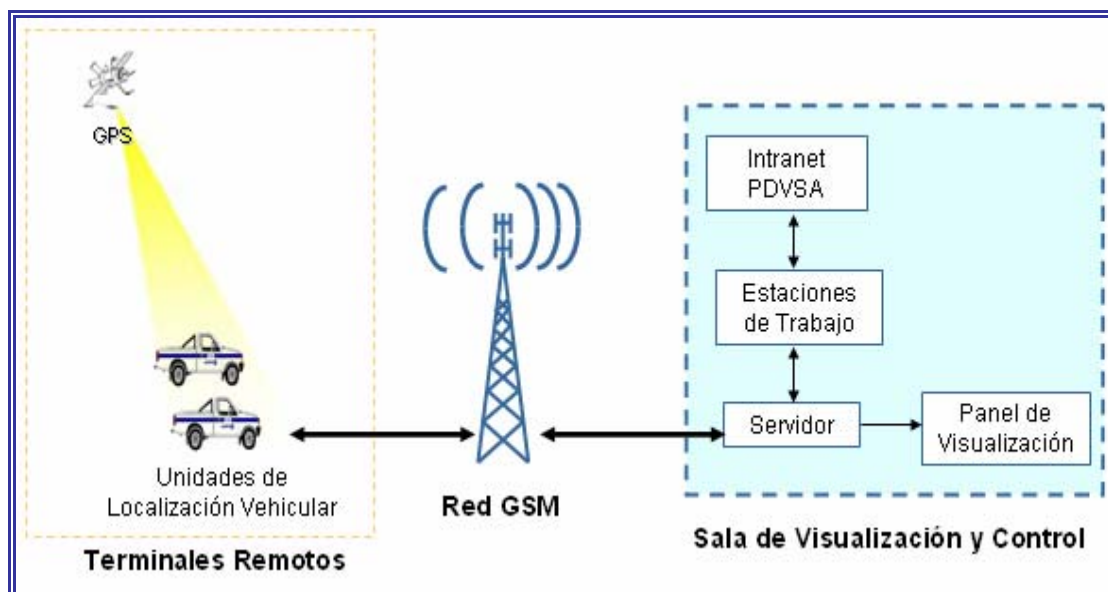
Característica a Evaluar	Cumplimiento por Sistema			
	AURA	MOVISTAR	MOVILNET	MOVILSAT
Localización GPS	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Medición constante de parámetros de funcionamiento y seguridad del vehículo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Tecnología GSM	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Instalación de aplicación en Sitio	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple
Servicio en Tiempo Real	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Uso de Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple
Alarmas	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Ejecución de comandos remotos	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Claramente se observa que el Sistema Movilsat es el único que cumple con todos los parámetros incluidos, las demás opciones no cumplen, entre otros, con un aspecto primordial en la seguridad de la información como es la instalación en sitio de la aplicación, razón por la cual se considera a Movilsat como la solución seleccionada para proporcionar la localización vehicular y el software de gestión de flota de la propuesta.

### 3.4 Sistema de Gestión y Monitoreo de Flota Vehicular Propuesto para PDVSA Distrito Social San Tomé

Se propone un sistema que integra la plataforma tecnológica de la empresa con servicios concesionados a otras, con lo cual se obtiene una solución eficiente para la gestión y supervisión de la flota vehicular de PDVSA.

Tal como muestra la Figura 3.1 el sistema propuesto emplea para la localización vehicular el sistema de posicionamiento global GPS, el cual será provisto por Inmarsat, la información de la ubicación es recibida por las unidades de localización vehicular, datos que junto a los parámetros medidos de funcionamiento y seguridad de los vehículos serán transmitidos mediante la red GSM de PDVSA Distrito Social San Tomé hasta un centro de supervisión formado por una sala de visualización ubicada en la superintendencia de transporte en Campo Sur San Tomé.



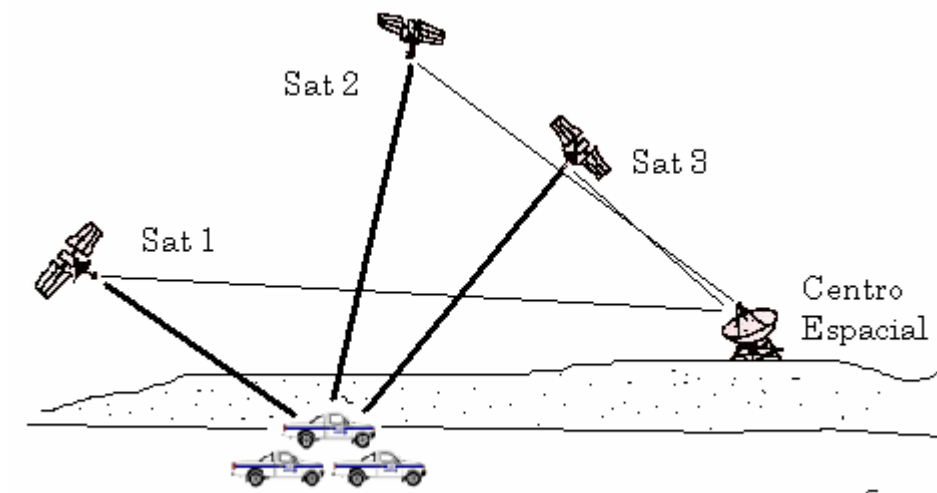
**Figura 3.1. Sistema de Gestión y Monitoreo de Flota Vehicular propuesto para PDVSA Distrito Social San Tomé. [Fuente Propia]**

Para exponer los detalles técnicos de manera detallada se dividió la propuesta en tres puntos focales del Sistema: Terminales Remotos, Red GSM y la Supervisión del Sistema.

### 3.4.1 Terminales Remotos

Comprende las unidades de localización vehicular y el sistema de posicionamiento GPS.

El Sistema GPS será provisto por Satélites Inmarsat, empleando el principio de triangulación satelital donde los satélites actúan como puntos de referencia precisos, conociendo la distancia desde tres o más satélites, el receptor (Unidad de Localización Vehicular) calculará su posición resolviendo un conjunto de ecuaciones. Se necesita la información de esos tres satélites para conocer la longitud y latitud a una elevación conocida.



**Figura 3.2. Descripción de triangulación satelital para el servicio GPS de la propuesta. [Fuente propia]**

La propuesta contempla que la empresa integradora Silocom C.A., provea el servicio GPS con Inmarsat mediante un plan de arrendamiento anual.

Los equipos de localización seleccionados son los DCT Modelo Antares GPS Quad band, los cuales disponen de cinco entradas y cuatro salidas digitales programables, una entrada analógica y un puerto serial de comunicación que pueden ser utilizados para transmisión de datos. En las figuras 3.3, 3.4 y 3.5 se puede observar las imágenes de las unidades DCT Antares GPS Quad Band.



**Figura 3.3. Equipo DCT Antares GPS Quad band. [12]**



**Figura 3.4. Perfil derecho de la DCT Antares GPS Quad Band. [12]**

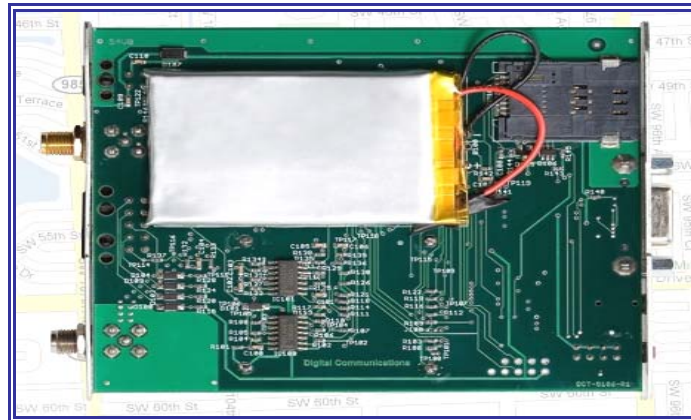


**Figura 3.5. Perfil izquierdo de la DCT Antares GPS Quad Band. [12]**

Cada unidad de localización vehicular está compuesta por:

- Un módulo de control (CPU).
- n receptor GPS de 12 canales.
- Antena GSM con Ganancia máx de antena 5 dBi.
- Un Modem GSM/GPRS de comunicaciones.
- Una fuente de poder.
- Entradas y salidas digitales y analógicas programables.
- Puertos seriales de comunicación que pueden ser utilizados para transmisión de datos.

En la figura 3.6 se observa parte del interior de la unidad de localización vehicular, donde se observa la batería del equipo. De igual forma la figura 3.7 muestra los módulos GPS y GSM de las unidades.



**Figura 3.6. Interior de las DCT Antares GPS Quad Band. [12]**



**Figura 3.7. Módulos GPS y GSM de las DCT Antares GPS Quad Band. [12]**

Adicionalmente, va conectada una antena GPS activa de 5 VDC y una antena de comunicación inalámbrica para el Módem.

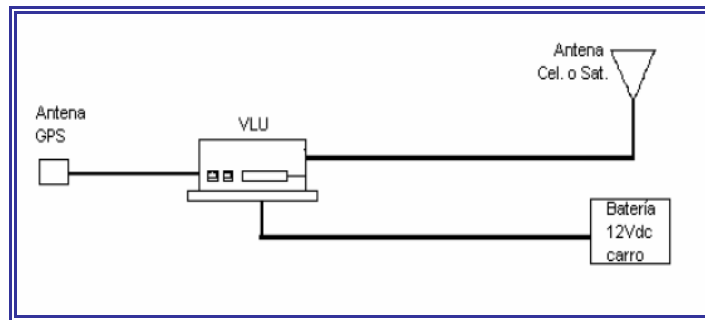
La información de posición y telemetría de los vehículos puede ser manejada por tiempo, distancia, a petición del usuario y/o por la generación de eventos predefinidos (exceso de velocidad, botón de pánico, cerco geográfico, fallas diversas, etc.).

Entre las características GPS de la unidad se tiene:

- Frecuencia: Tipo L1.
- 8 canales continuos tracking-receiver.
- 32 correladores GPS.
- Protocolos: TSIP (binario), NMEA 0183 (ASCII), TAIP (ASCII), DGPS.
- Conector de antena MCX.
- Adquisición: Cold start <130 seg. (90%), Warm Start <45 seg. (90%), hot Start <20 seg. (90%).
- Readquisición después de pérdidas de señal: <20 seg. (90% NMEA).

La transmisión en tiempo real se logra al programar cada unidad remota de localización para ejecutar el monitoreo a lapsos fijos y estableciendo las prioridades de procesamiento y transmisión de información.

En la figura 3.8 se presenta un esquema de la conexión del VLU de las unidades móviles de Localización Vehicular.

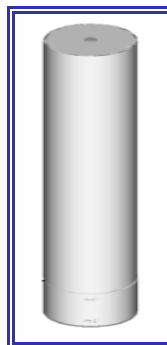


**Figura 3.8. Esquema de conexión de las unidades de localización vehicular. [13]**

### 3.4.2 Red GSM

El medio de transmisión que emplea la propuesta corresponde a una red de telefonía celular GSM que PDVSA se encuentra desarrollando en las áreas operacionales del Distrito Social San Tomé. Dicha red operará entre los 870 y 960MHz, actualmente se realizan negociaciones con la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para establecer el segmento del espectro radioeléctrico que se asignará para este fin.

Entre las características de la red GSM de PDVSA se tiene que utilizará antenas tipo Panel Triband de Telnet con ganancia máxima de 15,7 dBi, peso aproximado de 90 Kg., diámetro 450 mm y altura de 2530 mm.



**Figura 3.9. Antena tipo Panel Triband de Telnet. [14]**



Se observa en la figura 3.10 que las áreas operacionales de la empresa comprenden un amplio territorio con escasos centros urbanos, por lo cual se ausentan las redes de telefonía celular comerciales en la mayoría de las áreas de interés.

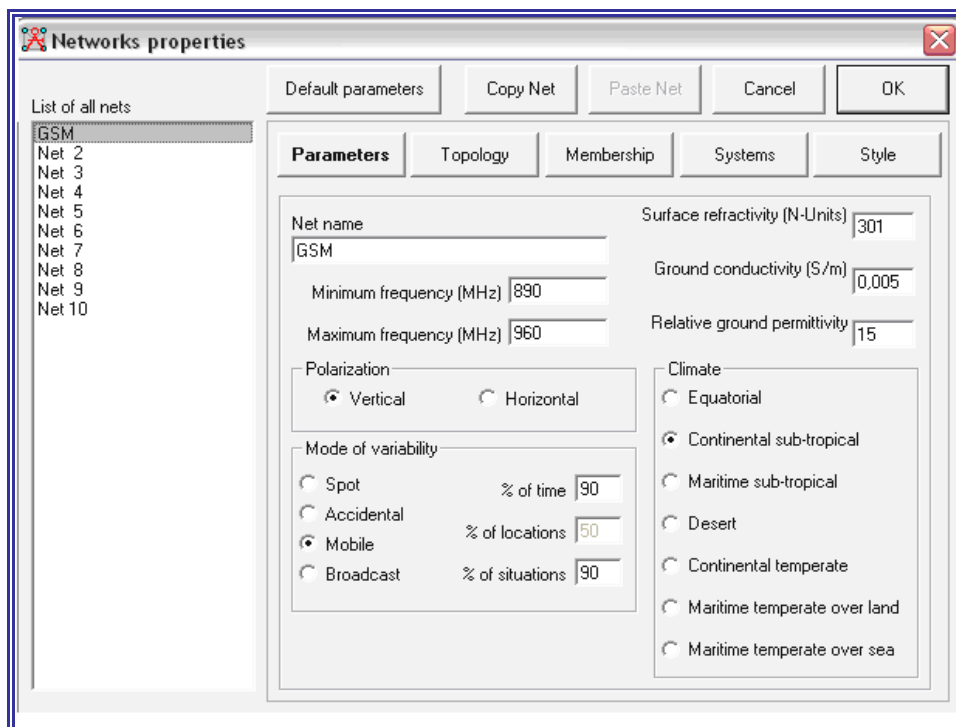


**Figura 3.10. Ubicación Geográfica de los Principales Campos Operacionales de PDVSA Distrito Social San Tomé. [Fuente: Radio Mobile]**

### 3.4.2.1 Cobertura del Sistema

Se empleó la herramienta computacional Radio Mobile versión 9.0.2 para simular el comportamiento de la red GSM de PDVSA en el sistema de gestión de flota vehicular propuesto, colocando los datos técnicos de los equipos de localización vehicular y las antenas GSM colocadas en las torres de comunicaciones de la empresa.

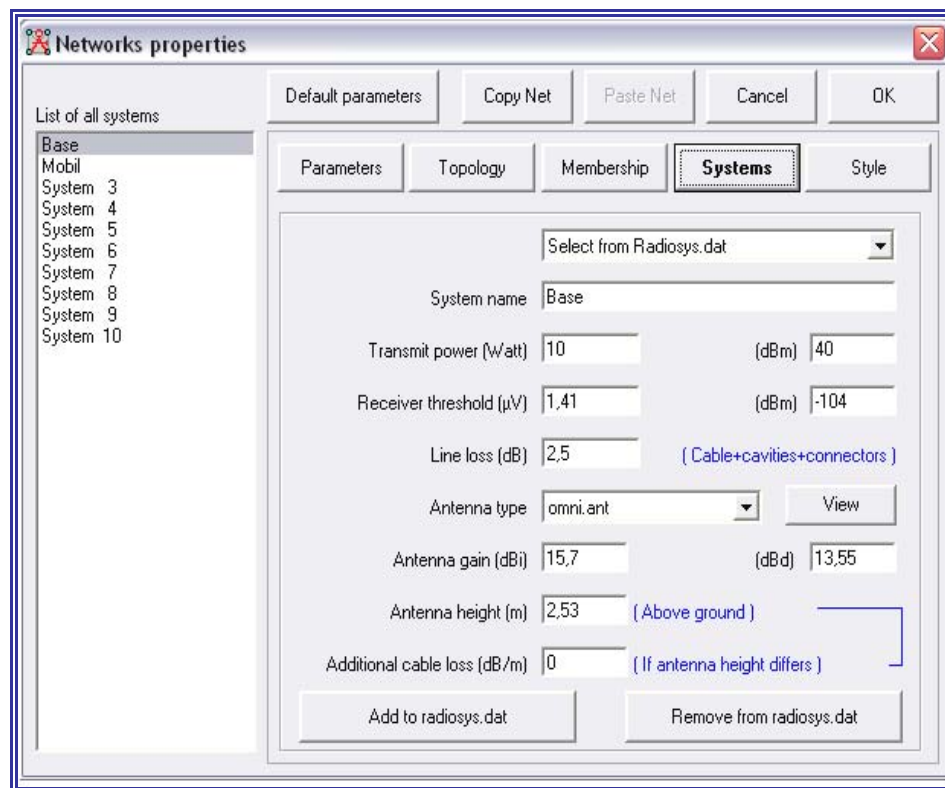
Para lograr la simulación se creó la red GSM, estableciendo las frecuencias máxima y mínima de operación, el tipo de clima de la región, tipo de polarización y demás variables tal como se muestra en la figura 3.11.



**Figura 3.11. Definición de parámetros de la red GSM en Radio Mobile.**

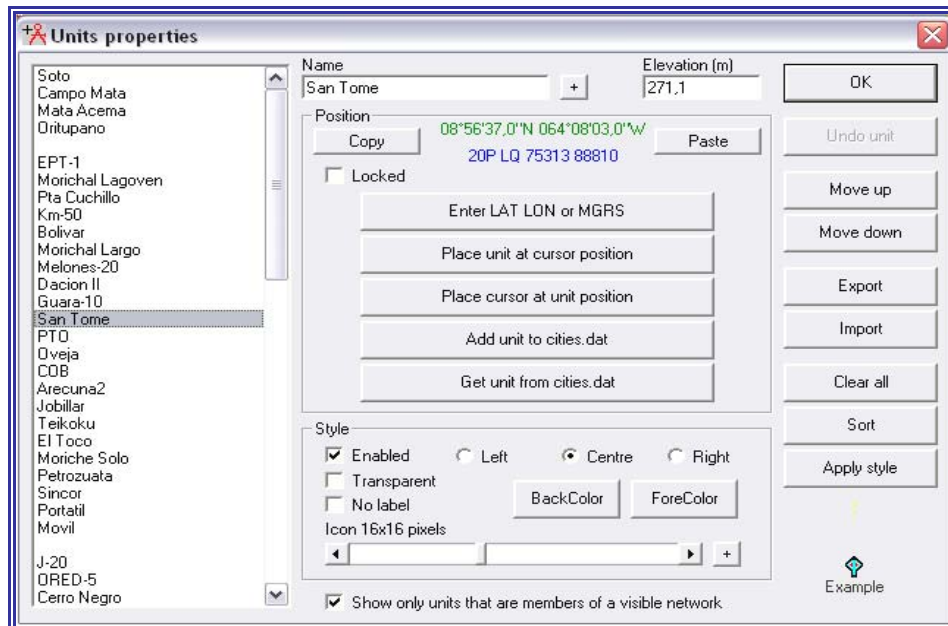
[Fuente: Radio Mobile]

Luego se colocó la información correspondiente al tipo de sistema, en este caso GSM, indicando las características de las antenas base que forma parte de la red GSM de la empresa, como se muestra en la figura 3.12.



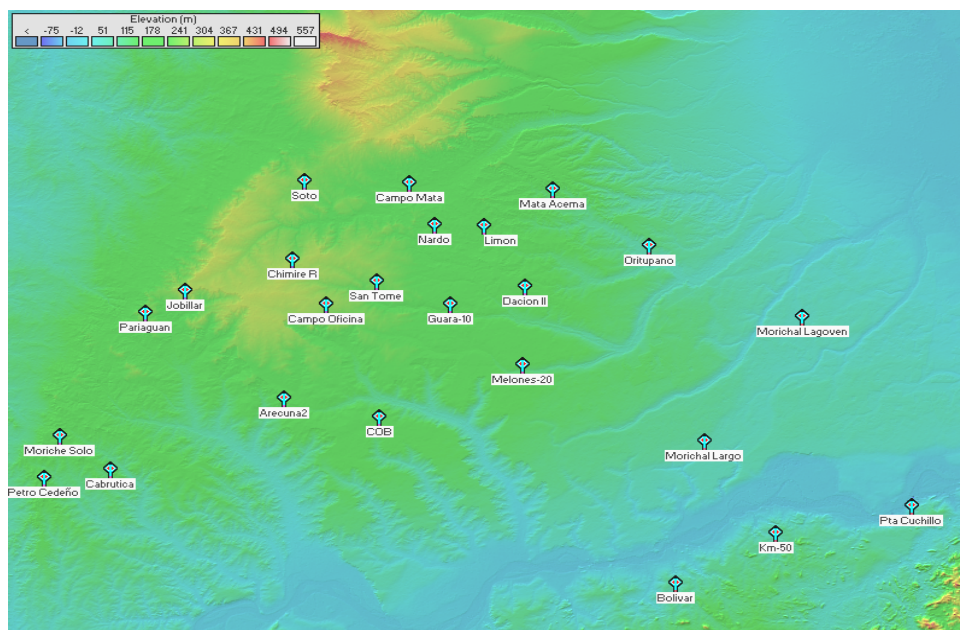
**Figura 3.12. Definición de los parámetros de las celdas de la red GSM en Radio Mobile. [Fuente: Radio Mobile]**

Para ubicar correctamente cada una de las áreas operacionales de la red se procedió a ingresar las coordenadas de cada uno, estableciendo el nombre de identificación, la elevación de la superficie, y el tipo de símbolo que se usa para la identificación. La figura 3.13 muestra como ejemplo la unidad San Tome, ubicada a 271,1 metros sobre el nivel del mar, y coordenadas 08°56'37,0''N 064°08''03,0''W.



**Figura 3.13. Creación de la radiobase San Tome.**

**[Fuente: Radio Mobile]**

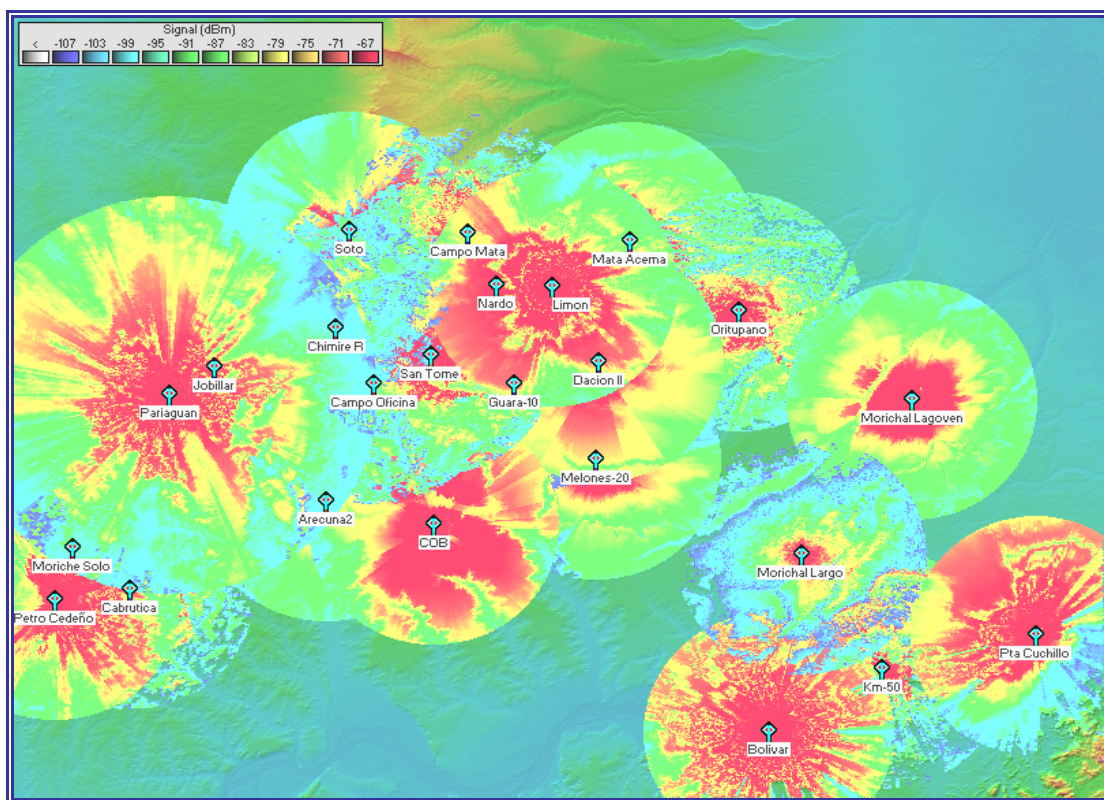


**Figura 3.14. Perfil Topográfico empleado para la predicción de cobertura.**

**[Fuente: Radio Mobile]**

En la figura 3.14 se observa el perfil topográfico utilizado para el cálculo predictivo de cobertura.

La predicción de cobertura que arrojó el software Radio Mobile una vez configurado con los parámetros de la tecnología de la propuesta, se pueden observar en la figura 3.15, donde se muestra el diagrama de radiación del sistema.

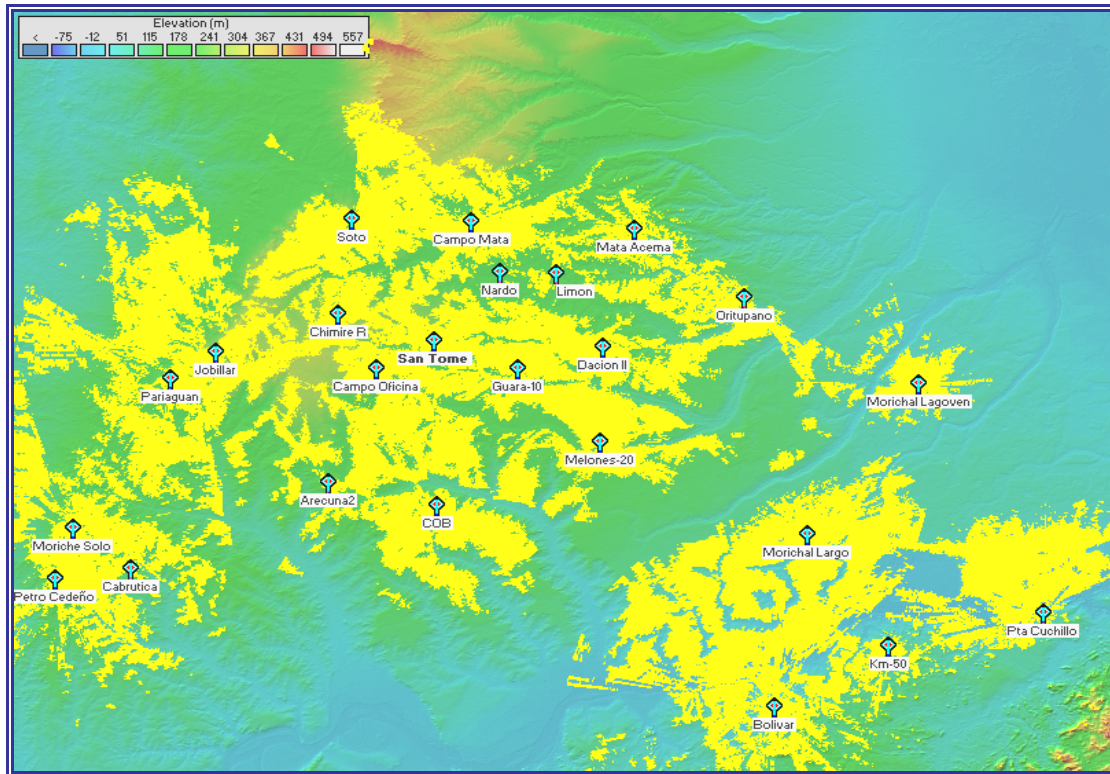


**Figura 3.15. Diagrama de radiación del sistema propuesto.**

[Fuente: Radio Mobile]

Debido al elevado número de componentes del sistema, en el diagrama de radiación quedan superpuestos los patrones, lo cual no permite apreciar toda el área de potencia efectiva, por lo que se presenta en la figura 3.16 el diagrama de cobertura

visual de la propuesta, donde se observa en color amarillo toda el área perteneciente a la potencia eficiente de operación del sistema.



**Figura 3.16. Cobertura visual del sistema. [Fuente: Radio Mobile]**

### 3.4.2.2 Comprobación de Resultados

Estudiados los modelos para los cálculos de propagación se verificó que hay tres modelos que cumplen con la mayoría de los parámetros de la tecnología GSM, son el de Longley- Rice, COST-Walfisch-Ikegami y el de Espacio Libre. Se descartó el uso del método Longley- Rice por su complejidad al utilizar un número finito de iteraciones, además de que el software lo utiliza como referencia para sus predicciones y es conveniente comprobar los resultados con otros métodos.

Se decidió utilizar el modelo de Cost-Walfisch-Ikegami porque simplifica los cálculos, y cuenta con el amparo de la recomendación P.525-2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

El modelo de Espacio Libre se aplicará debido a que carece de complejidad, y si bien no es recomendado para telefonía celular es necesario resaltar que esto solo ocurre cuando el modelo se aplica a centros urbanos, con alta densidad de obstáculos, por lo cual se empleará en este caso.

Se realizaron cálculos teóricos para tres radioenlaces seleccionados al azar para utilizarlos como ejemplo, luego se compararon con los resultados del software.

#### **a) Enlace San Tomé vs Guara-10**

Datos: Frecuencia = 960 MHz.

Distancia = 21.39 Km.

Empleando el modelo Cost-Walfisch-Ikegami se tiene que las pérdidas en el espacio libre corresponde a:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

$f$ : frecuencia (MHz).

$d$ : distancia (Km.).

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (960) + 20 \log (21,39) \text{ dB}$$

$$L_p = 32,4 + 59,6 + 26,6 \text{ dB}$$

$$\mathbf{L_p = 118,6 \text{ dB}}$$

Aplicando el modelo de Espacio Libre se obtiene que las pérdidas en el espacio están dadas por:

$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (d) + 20 \log (f) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

$d$ : distancia (m).

$f$ : frecuencia (MHz).

Sustituyendo los valores se tiene que:

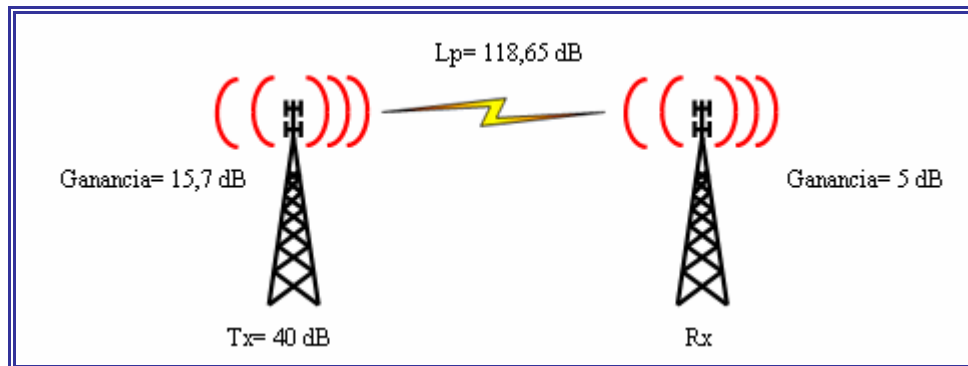
$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (21390) + 20 \log (960) \text{ dB}$$

$$L_{el} = -27,55 + 86,60 + 59,60 \text{ dB}$$

$$\mathbf{L_{el} = 118,65 \text{ dB}}$$

La potencia en el receptor debe ser mayor o igual a la sensibilidad del mismo para que exista una comunicación entre el transmisor y él, esta se puede obtener al sumar la potencia de salida del transmisor con la ganancia de la antena transmisora, a este valor se le resta las pérdidas básicas en el espacio libre y luego se le adiciona la ganancia de la antena receptora, tal como se presenta a continuación:



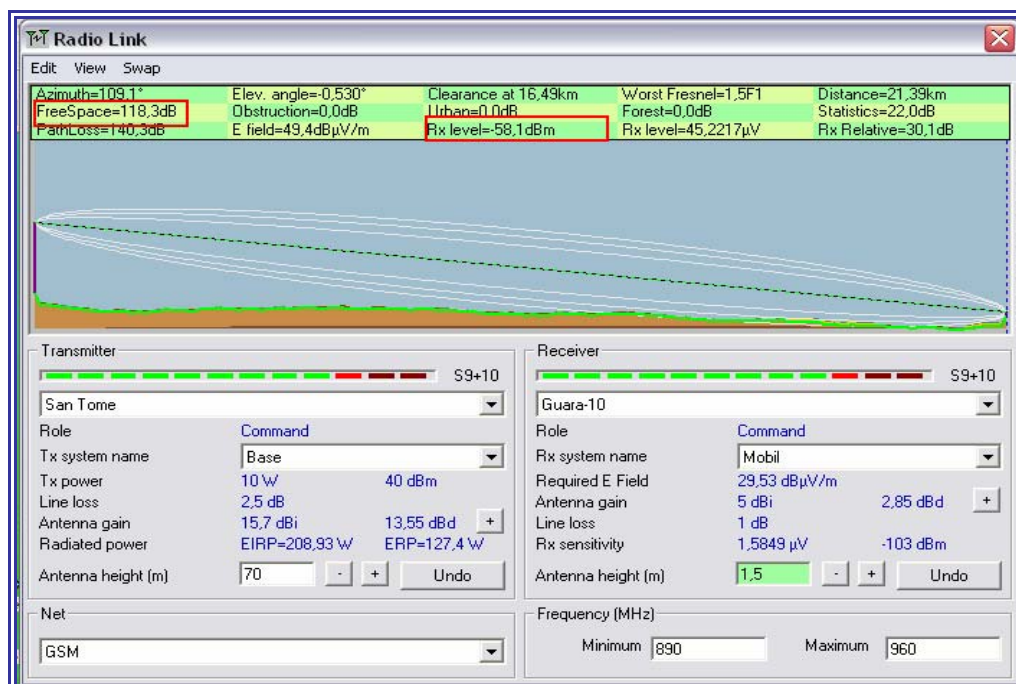


**Figura 3.17. Cálculo de Rx para el enlace San Tomé – Guara-10.**

[Fuente propia]

Donde  $Rx = 40 + 15,7 - 118,65 + 5$  dB

**Rx = -57,95 dB**



**Figura 3.18. Resultados de Radio Mobile para el enlace San Tome Guara-10.**

[Fuente: Radio Mobile]

Con el empleo de Radio Mobile se obtuvo pérdidas en el espacio libre de 118,3 dB y una potencia de receptor de -58,1 dBm tal como lo muestra la figura 3.18.

**b) Enlace COB – Arecuna2**

Datos: Frecuencia = 960 MHz.

Distancia = 26,54 Km.

Empleando el modelo Cost-Walfisch-Ikegami se tiene que las pérdidas en el espacio libre corresponde a:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

*f*: frecuencia (MHz).

*d*: distancia (Km.).

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (960) + 20 \log (26,54) \text{ dB}$$

$$L_p = 32,4 + 59,6 + 28,5 \text{ dB}$$

$$\mathbf{L_p = 120,5 \text{ dB}}$$

Aplicando el modelo de Espacio Libre se obtiene que las pérdidas en el espacio están dadas por:

$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (d) + 20 \log (f) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

$d$ : distancia (m).

$f$ : frecuencia (MHz).

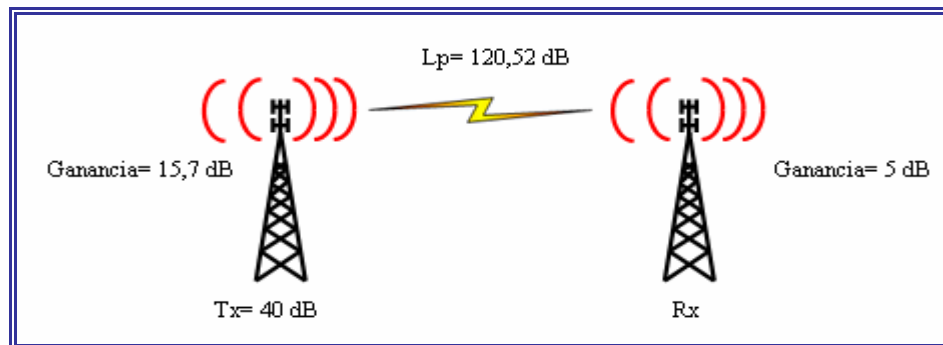
Sustituyendo los valores se tiene que:

$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (26540) + 20 \log (960) \text{ dB}$$

$$L_{el} = -27,55 + 88,47 + 59,60 \text{ dB}$$

$$L_{el} = 120,52 \text{ dB}$$

Para el cálculo de la potencia en el receptor se tiene:



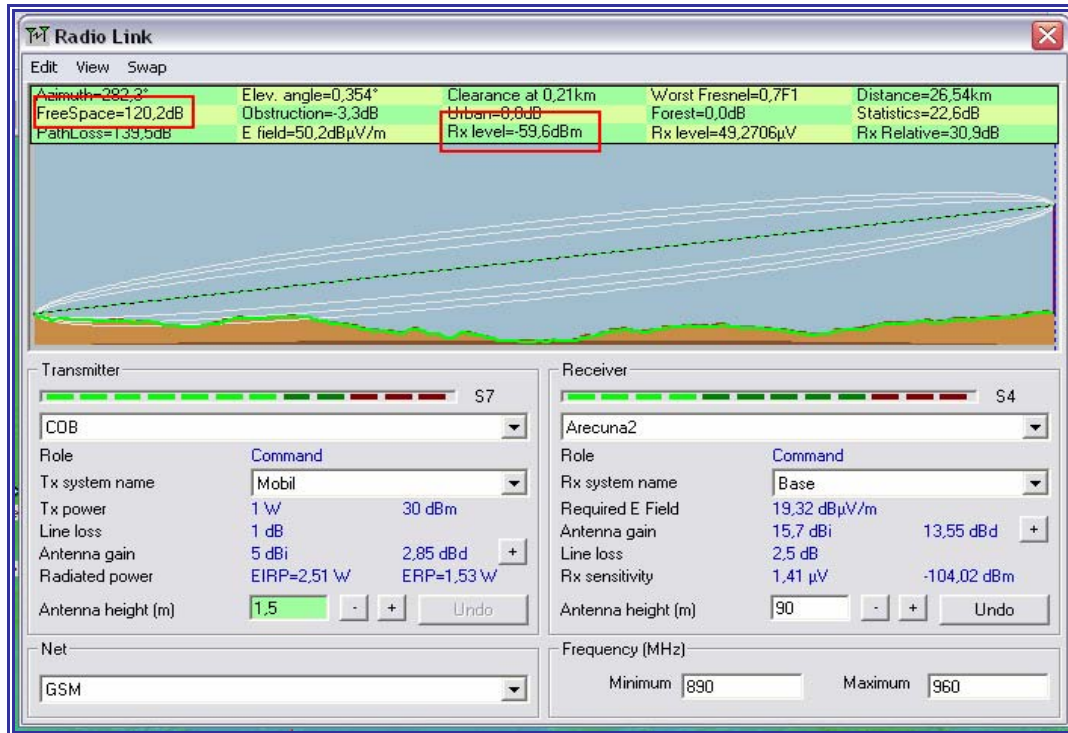
**Figura 3.19. Cálculo de Rx para el enlace COB – Arcuna2.**

[Fuente propia]

$$R_x = 40 + 15,7 - 120,52 + 5 \text{ dB}$$

$$R_x = -59,82 \text{ dB}$$

Con el empleo de Radio Mobile se obtuvo que la pérdida en el espacio libre es  $120,2 \text{ dB}$  y la potencia de receptor de  $-59,6 \text{ dBm}$  tal como lo muestra la figura 3.20.



**Figura 3.20. Resultados de Radio Mobile para el enlace COB – Arecuna2.**

[Fuente: Radio Mobile]

### c) Enlace Cabrutica – Petrocedaño

Datos: Frecuencia = 960 MHz.

Distancia = 18,36 Km.

Empleando el modelo Cost-Walfisch-Ikegami se tiene que las pérdidas en el espacio libre corresponde a:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (f) + 20 \log (d) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

$f$ : frecuencia (MHz).

$d$ : distancia (Km.).

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$L_p = 32,4 + 20 \log (960) + 20 \log (18,36) \text{ dB}$$

$$L_p = 32,4 + 59,6 + 25,2 \text{ dB}$$

$$\mathbf{L_p = 117,2 \text{ dB}}$$

Aplicando el modelo de Espacio Libre se obtiene que las pérdidas en el espacio libre están dadas por:

$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (d) + 20 \log (f) \text{ dB} \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

*d*: distancia (m).

*f*: frecuencia (MHz).

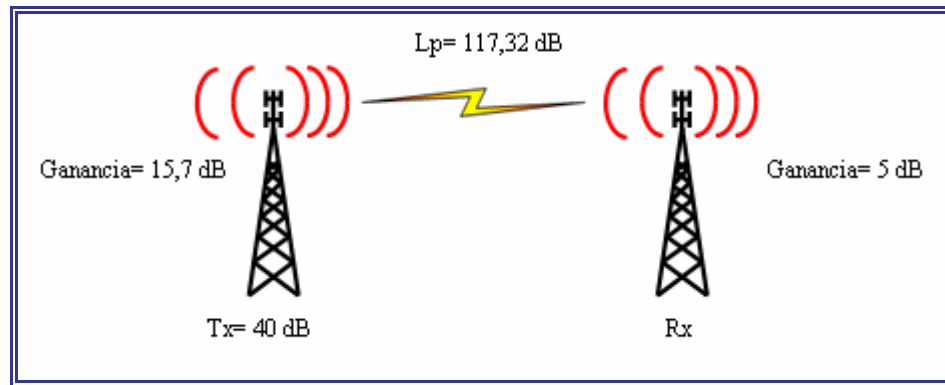
Sustituyendo los valores se tiene que:

$$L_{el} = -27,55 + 20 \log (18360) + 20 \log (960) \text{ dB}$$

$$L_{el} = -27,55 + 85,27 + 59,60 \text{ dB}$$

$$\mathbf{L_{el} = 117,32 \text{ dB}}$$

Para el cálculo de la potencia en el receptor se tiene:



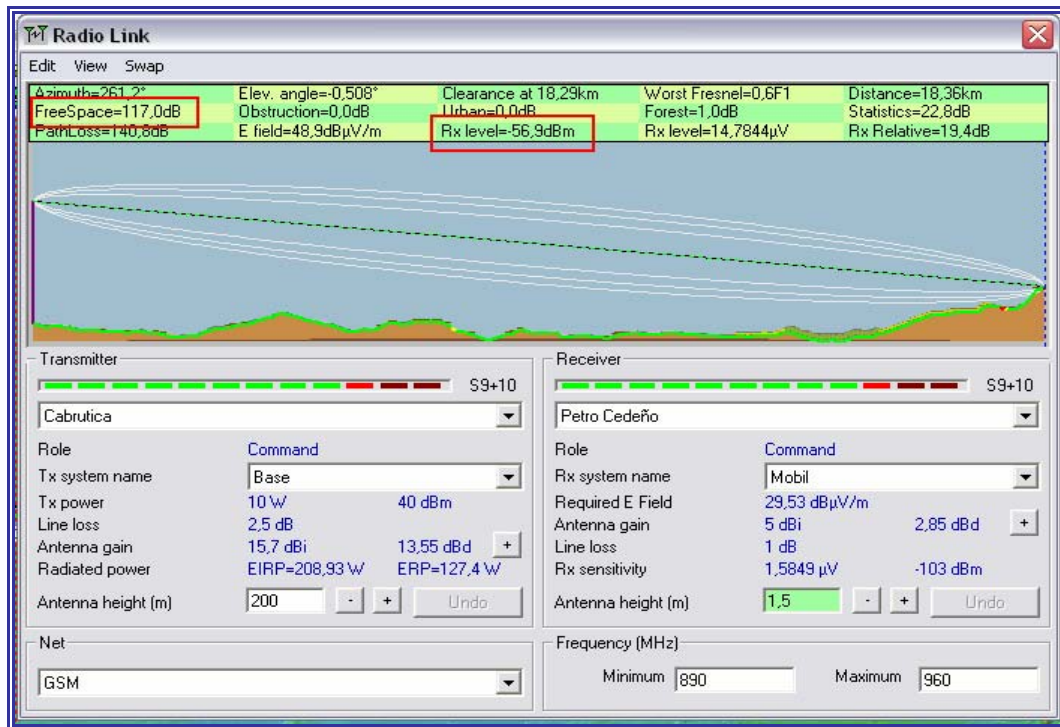
**Figura 3.21. Cálculo de Rx para el enlace Cabrutica- Petrocedaño.**

**[Fuente propia]**

$$R_x = 40 + 15,7 - 117,32 + 5 \text{ dB}$$

$$\mathbf{R_x = -56,62 \text{ dB}}$$

Con el empleo de Radio Mobile se obtuvo que la pérdida en el espacio libre es 117,0 dB y la potencia de receptor de -56,9 dBm tal como lo muestra la figura 3.22.



**Figura 3.22. Resultados de Radio Mobile para el enlace Cabrutica - Petrocedaño.**

**[Fuente: Radio Mobile]**

Los resultados obtenidos han sido tabulados para apreciar las diferencias entre ellos, tal como se observa en las Tablas 3.2 y 3.3, para las pérdidas en el espacio libre y valor de potencia del receptor respectivamente.

**Tabla 3.2. Resultados Teóricos y Simulados para las Pérdidas en el Espacio Libre. [Fuente Propia]**

Enlace	Pérdidas en el Espacio Libre		
	Cálculos Teóricos		Cálculos Radio Mobile
	Cost-Walfisch-Ikegami	Espacio Libre	
San Tome - Guara 10	118,60	118,65	118,30
COB – Arcuna2	120,50	120,52	120,20
Cabrutica-Petrocedaño	117,20	117,32	117,00

**Tabla 3.3. Resultados Teóricos y Simulados para la Potencia en el Receptor.****[Fuente Propia]**

<b>Enlace</b>	<b>Potencia en el Receptor</b>	
	<b>Cálculos Teóricos</b>	<b>Cálculos Radio Mobile</b>
San Tome - Guara 10	-57,95	-58,1
COB – Arecuna2	-59,82	-59,6
Cabrutica-Petrocedeño	-56,62	-56,90

Al comparar los valores de las tablas antes indicadas se denota que los resultados teóricos no son exactos a los arrojados por el software, pero la diferencia no sobrepasa en ningún caso, ni para las pérdidas en el espacio libre ni para la potencia en el receptor los 0,35 dB, por lo cual se comprueba que la simulación se realizó correctamente y se puede confiar en las predicciones de cobertura, ratificando así la Factibilidad Técnica del sistema a instalar.

### **3.4.3 Supervisión del Sistema**

La etapa de supervisión dentro del sistema propuesto está formado por dos aspectos cruciales, el software de gestión de flotas y una sala de monitoreo donde se visualice y controle toda la información.

#### **3.4.3.1 Software de Gestión de Flota**

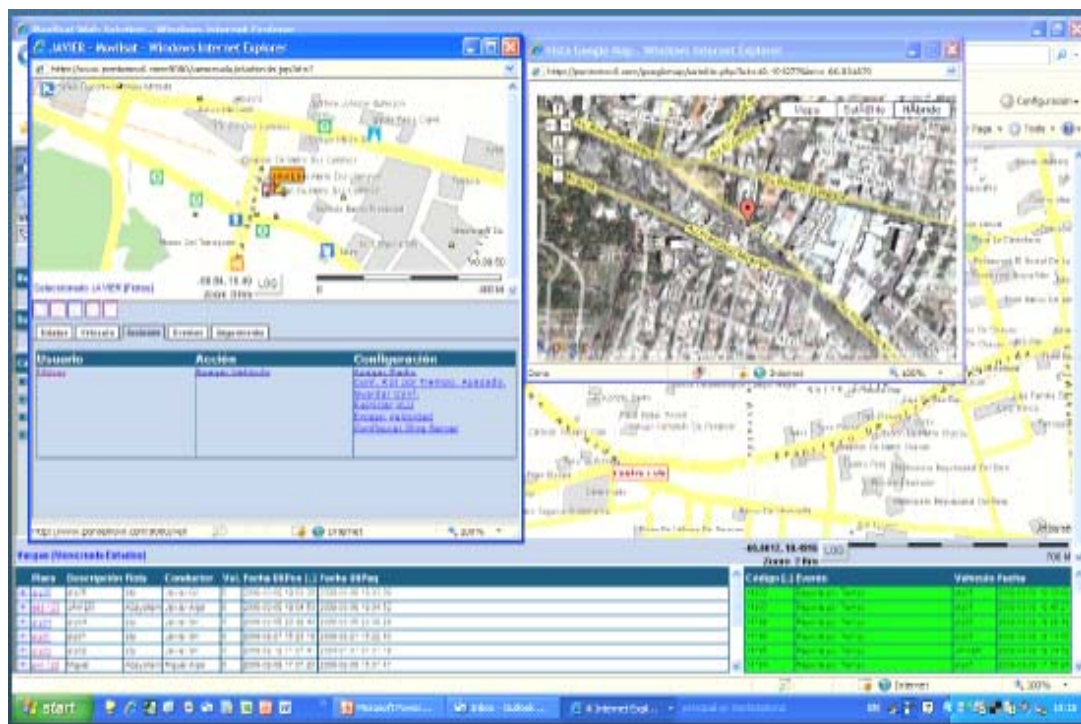
El software seleccionado para la propuesta es el Movilsat web versión SW Libre GPL Extended Support, cuyas características comprende:



- Implantación en sitio.
- Desarrollo bajo software libre con licencia extendida.
- Manejo de paquetes de mapas personalizables a los intereses del propietario.
- El Software esta abierto a la integración de nuevas tecnologías y mapas e interacción con otras bases de datos o aplicaciones.
- Permite visualizar todos los datos relacionados con el Vehículo (datos del vehículo, de los conductores, propietarios, etc.).
- Permite recibir alarmas y eventos del Vehículo (niveles de Gasolina, aceite, temperatura del motor, entre otros).
- Establece comunicación con las unidades de localización vehicular para la transmisión bidireccional de información.
- Ejecuta comandos para actuar sobre el Vehículo (apagarlo, sonar la corneta, subir seguros, etc.).
- Realiza la búsqueda de uno o varios vehículos por usuarios, geocercas, por punto de referencia, por grupo, por conductores, por cercanía, etc.
- Permite la búsqueda de direcciones, puntos de referencia, zonas.
- Maneja herramientas para la utilización de mapas (Zoom, Etiquetas, Mediciones, Rotar, Seleccionar, Mover, etc.).

- Despliega varias pantallas con diferentes escalas, de diferentes Flotas o vehículos que se requieran monitorear.
- Realiza informes que sintetizan la información procesada según los parámetros seleccionados, por ejemplo informes de exceso de velocidad, rutas, entre otros.
- Soporte de servicio las 24 horas del día todo el año.

En la figura 3.23 se aprecia un ejemplo del funcionamiento del Software, donde se aprecia despliegues de mapas y la ejecución de configuración de vehículos.



**Figura 3.23. Ejemplo de Visualización del Software Movilsat Web. [13]**

### 3.4.3.2 Servidor

El servidor es un computador en el cuál reside el software de gestión de flotas y maneja todo el almacenamiento, la base de datos, las aplicaciones y la comunicación.

Los requerimientos mínimos para el servidor son:

- Un procesador de 3 GHz o superior.
- 4 GB de memoria RAM
- Un Disco Duro de 520 GB + uno adicional de respaldo en espejo o un arreglo RAID.
- Sistema Operativo Linux Fedora 7 o superior (o RHLE 4 o superior) y debe incluir las últimas versiones de Mysql, Apache, Tomcat y PHP.
- Monitor SVGA de 21 pulgadas.
- Tarjetas de Vídeo y Sonido Independientes.
- Conexión a la red PDVSA (enlace de comunicación dedicado para control distribuido).

Con estas características se garantiza el eficiente funcionamiento del Software de Gestión de Flotas.

### 3.4.3.3 Sala de Visualización y Control

Consiste en un área provista de equipos de visualización y estaciones de trabajo donde se ejecute el Monitoreo de la flota vehicular, se ejerzan controles remotos y se procese la información y se canalice hasta las instancias que lo requieran.

El área existente para la ubicación de la sala cuenta con 19,6 m<sup>2</sup>, tiene buenas canalizaciones eléctricas y sistema de aire acondicionado, sólo se debe adecuar el espacio a los equipos y mobiliarios requeridos.

Entre las especificaciones técnicas de la sala de visualización y control se tiene:

- Debe contar con 5 Estaciones de trabajo compuestas cada una por 2 computadores personales con procesador de 1Ghz, 1 GB de RAM, 60 MB Libres en Disco Duro, Monitor SVGA de 21 pulgadas, sistema operativo Linux Fedora 7 o superior y Microsoft Windows XP, regulador de voltaje 1200 VA, conexión a la red PDVSA (intranet e internet), y mobiliario ergonómico.
- Un sistema de reproducción formado por 4 pantallas de leds con tecnología RGB, tres de ellas de 40” y una pantalla cuadrada de 70”, dispuestos en un panel de visualización. Se seleccionó la reproducción por pantallas de leds debido a que son las más recomendadas para funcionar las 24 horas del día sin sacrificar calidad de definición.
- Un UPS de 10KVA.
- Módem MD741-1 Quad Band de Siemens o similar.

- Canalizaciones de telecomunicaciones para conexión con el servidor y la red PDVSA, 5 terminales telefónicos digitales y enrutamiento de audio y video.
- Reproductor Multiformato DVD.

En la figura 3.24 se muestra la disposición de esta sala, diseño digitalizado para esta propuesta por SONEX de Venezuela.



**Figura 3.24. Diseño de la Sala de Visualización y Control de la propuesta. [15]**

## CAPÍTULO IV. ESTIMACIÓN DE COSTOS

---

Para realizar un cálculo de costos sencillo se dividió la propuesta en dos segmentos de inversión: las unidades de localización vehicular y la sala de visualización y control.

El primer segmento comprende la adquisición, programación e instalación de 1200 unidades de localización de vehicular, incluyendo antena celular, botón de pánico, relé para apagado remoto del vehículo y la renta del servicio de conectividad GPS con satélites Inmarsat. Basado en las ofertas económicas solicitadas, se obtuvo que el presupuesto necesario para estas unidades y todo lo relacionado a su correcta instalación y funcionamiento asciende a 5.001.600,00 BsF.

El segundo segmento de la evaluación económica corresponde a la sala de visualización, donde se incluye la adquisición, instalación y puesta en correcto funcionamiento del software de gestión de flota, el servidor, las estaciones de trabajo, pantallas del panel de visualización, mobiliario, adecuación física de la sala, cableado, y adiestramiento para manejo del software y administración de flotas, todo ello por un monto de 1.226.660,69 BsF.

Se obtiene entonces que el costo estimado para la inversión total del proyecto es de 6.228.260,69 BsF.; por políticas de la empresa no se puede revelar información sobre el costo que está generando por reposición, accidentes, y mantenimiento correctivo la flota vehicular, pero los beneficios que la propuesta realizada traerá en relación a la administración de la flota, conocimiento de la localización de los vehículos y la programación de planes de mantenimiento reducirá en más del 43% los actuales gastos de operación de las unidades vehiculares, lo cual hace de la propuesta una inversión necesaria y prioritaria.

En la Tabla 4.1 se resume los detalles de la estimación de costos realizada.

**Tabla 4.1. Costo de Implantación de la Propuesta. [Fuente Propia]**

Descripción de recursos	Cantidad	Costo unitario BsF.	Costo Total BsF.
<b>Unidades de Localización Vehicular</b>			
DCT Antares GPS Quad band	1200	2.760,00	3.312.000,00
Antena celular	1200	33,00	39.600,00
Instalación de equipos remotos ( 2 antenas y alimentación) , Sensores	1200	300,00	360.000,00
Botón de pánico y relee para apagado del vehículo	1200	55,00	66.000,00
Costo anual conectividad GPS	1200	1.020,00	1.224.000,00
<b>Sub- Total:</b>			<b>5.001.600,00</b>
<b>Sala de Visualización y Control</b>			
Software de Gestión y Monitoreo	1	60.000,00	60.000,00
Instalación, configuración y puesta en marcha del Software de Gestión y Monitoreo	1	10.200,00	10.200,00
Módem del centro de control	1	504,00	504,00
Cable interfase módem computador	1	33,00	33,00
Pantalla de leds RGB 70"	1	39.325,49	39.325,49
Pantalla de leds RGB 40"	3	27.005,49	81.016,47
Computadores Personales	10	5.197,00	51.970,00
Servidor	1	5.378,05	5.378,05
Reproductor DVD	1	479,43	479,43
UPS	1	7.121,80	7.121,80
Teléfono digital	5	486,49	2.432,45
Adecuación Física de la Sala (Mobiliario, cableado, instalación de equipos)	1	925.000,00	925.000,00
Adiestramiento para administración de flota y uso del software	6	7.200,00	43.200,00
<b>Sub- Total:</b>			<b>1.226.660,69</b>
<b>TOTAL GENERAL BsF.</b>			<b>6.228.260,69</b>

## CONCLUSIONES

- La gestión y monitoreo de la flota vehicular de PDVSA Distrito Social San Tomé favorecerá la administración de la misma, dado que permitirá llevar datos precisos del funcionamiento de los vehículos y de la conducta de manejo, reduciendo así la inversión por reposición y mantenimiento correctivo de las unidades.
- Los diagramas de cobertura obtenidos con el software Radio Mobile permiten asegurar un alcance eficiente mayor al 70% en las áreas operacionales de interés, cobertura que no puede ser lograda por las operadoras comerciales de telecomunicaciones, resaltando así la importancia de que la propuesta acople la tecnología de las unidades de localización vehicular con la red GSM propia de la empresa.
- Empleando los métodos matemáticos para modelado de radioenlaces se comprobó la correcta realización de la simulación de cobertura de la propuesta, obteniendo resultados con desviaciones despreciables.
- El componente principal para el monitoreo de la propuesta recae en el software de gestión de flotas, se seleccionó la opción que mejor se ajusta a los requerimientos establecidos, por lo cual se debe cumplir con todas especificaciones técnicas realizadas a fin de garantizar su correcta implantación y funcionamiento.



## RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas de campo para evaluar el comportamiento real de los equipos de localización vehicular al transmitir por la red GSM de PDVSA.
- Implantar la solución una vez realizadas todas las pruebas de certificación de calidad de servicio de la red GSM, de las unidades de localización vehicular y del software seleccionado.
- Realizar planes de mantenimiento al sistema propuesto, donde se incluyan repuestos, atención técnica y actualizaciones de equipos.
- Realizar campañas educativas de conducta y responsabilidad de manejo, debido que el sistema de gestión y monitoreo de flota propuesto no garantiza por sí solo la correcta utilización de las unidades vehiculares.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Disponible en: <http://intranet.pdvsa.com/> (20 de Octubre de 2008).
- [2] Cárdenas, J. “**Sistemas de Control de Gestión**”, Disponible en: <http://www.gerenciasalud.com/art71.htm> (27 de Noviembre de 2008).
- [3] Russell, T. “**Telecomunicaciones, Referencia de Bolsillo**”, Editorial Mc Graw-Hill, New York (2006)
- [4] Stalling, W. “**Comunicaciones y Redes de Computadoras**”, Editorial Prentice Hall, México (2005)
- [5] Herrera, E. “**Introducción a las Telecomunicaciones Modernas**”, Editorial LIMUSA, México (2004)
- [6] Sendín, A. “**Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles**”, Editorial Mc Graw Hill, México (2006)
- [7] “**CDMA, GSM, 3G ¿Hacia dónde vamos?**”, Revista Saber Electrónica, Disponible en <http://www.webelectronica.com> (02 de Diciembre de 2008)
- [8] Díaz, G. “**GSM-CDMA**”, Disponible en: <http://ewh.ieee.org/r9/panama/eventos/GSM-CDMA.pdf> (17 de Noviembre de 2007).
- [9] Hernando, J. “**Comunicaciones Móviles**”, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, España (2004).

[10] **“Manual de uso Radio Mobile”**, Disponible en: [http://debian.ehas.org/docs/manual\\_radiomobile.doc](http://debian.ehas.org/docs/manual_radiomobile.doc) (14 de Enero de 2009).

[11] **“Decreto Presidencial 3.390”** Publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.095 (28 de Diciembre de 2004).

[12] Disponible en <http://digitalcomtech.com/> (23 de Marzo de 2.009).

[13] **“Brochure Oferta Movilsat”**, Silocom (Diciembre de 2.008).

[14] **“Brochure Oferta TELNET”**, Telnet (Junio de 2.008).

[15] **“Documento de Especificaciones Técnicas de la Sala de Visualización y Control SGFV PDVSA-STM”**, Superintendencia de Desarrollo e Implantación de Soluciones de AIT PDVSA STM, Venezuela (Marzo de 2009).

**ANEXO N° 1**  
**DECRETO PRESIDENCIAL 3.390**

Publicado en la Gaceta oficial N° 38.095 de fecha 28/ 12/ 2004

**Fecha: 23 de diciembre de 2004**

Decreto N° 3.390

HUGO CHÁVEZ FRÍAS  
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 110 y 226 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 12 y 47 de la Ley Orgánica de la Administración Pública y, 2°, 19 y 22 del Decreto con Rango y Fuerza de Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación, en Consejo de Ministros,

CONSIDERANDO

Que es prioridad del Estado incentivar y fomentar la producción de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de la población,

CONSIDERANDO

Que el uso del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos fortalecerá la industria del software nacional, aumentando y fortaleciendo sus capacidades,

CONSIDERANDO

Que la reducción de la brecha social y tecnológica en el menor tiempo y costo posibles, con calidad de servicio, se facilita con el uso de Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos,

#### CONSIDERANDO

Que la adopción del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos en la Administración Pública y en los servicios públicos facilitará la interoperabilidad de los sistemas de información del Estado, contribuyendo a dar respuestas rápidas y oportunas a los ciudadanos, mejorando la gobernabilidad,

#### CONSIDERANDO

Que el Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, permite mayor participación de los usuarios en el mantenimiento de los niveles de seguridad e interoperatividad,

#### DECRETA

Artículo 1. La Administración Pública Nacional empleará prioritariamente Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, en sus sistemas, proyectos y servicios informáticos. A tales fines, todos los órganos y entes de la Administración Pública Nacional iniciarán los procesos de migración gradual y progresiva de éstos hacia el Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos.

Artículo 2. A los efectos del presente Decreto se entenderá por:

Software Libre: Programa de computación cuya licencia garantiza al usuario acceso al código fuente del programa y lo autoriza a ejecutarlo con cualquier propósito, modificarlo y redistribuir tanto el programa original como sus modificaciones en las mismas condiciones de licenciamiento acordadas al programa original, sin tener que pagar regalías a los desarrolladores previos.

Estándares Abiertos: Especificaciones técnicas, publicadas y controladas por alguna organización que se encarga de su desarrollo, las cuales han sido aceptadas por la industria, estando a disposición de cualquier usuario para ser implementadas en un software libre u otro, promoviendo la competitividad, interoperatividad o flexibilidad.

Software Propietario: Programa de computación cuya licencia establece restricciones de uso, redistribución o modificación por parte de los usuarios, o requiere de autorización expresa del Licenciador.

Distribución Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos para el Estado Venezolano: Un paquete de programas y aplicaciones de Informática elaborado utilizando Software Libre con Estándares Abiertos para ser utilizados y distribuidos entre distintos usuarios.

Artículo 3. En los casos que no se puedan desarrollar o adquirir aplicaciones en Software Libre bajo Estándares Abiertos, los órganos y entes de la Administración Pública Nacional deberán solicitar ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología autorización para adoptar otro tipo de soluciones bajo las normas y criterios establecidos por ese Ministerio.

Artículo 4. El Ministerio de Ciencia y Tecnología, adelantará los programas de capacitación de los funcionarios públicos, en el uso del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, haciendo especial énfasis en los responsables de las áreas de tecnologías de información y comunicación, para lo cual establecerá con los demás órganos y entes de la Administración Pública Nacional los mecanismos que se requieran.

Artículo 5. El Ejecutivo Nacional fomentará la investigación y desarrollo de software bajo modelo Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, procurando incentivos especiales para desarrolladores.

Artículo 6. El Ejecutivo Nacional fortalecerá el desarrollo de la industria nacional del software, mediante el establecimiento de una red de formación, de servicios especializados en Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos y desarrolladores.

Artículo 7. El Ministerio de Ciencia y Tecnología será responsable de proveer la Distribución Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos para el Estado Venezolano, para lo cual implementará los mecanismos que se requieran.

Artículo 8. El Ejecutivo Nacional promoverá el uso generalizado del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos en la sociedad, para lo cual desarrollará mecanismos orientados a capacitar e instruir a los usuarios en la utilización del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos.

Artículo 9. El Ejecutivo Nacional promoverá la cooperación internacional en materia de Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, con especial énfasis en la cooperación regional a través del MERCOSUR, CAN, CARICOM y la cooperación SUR-SUR.

Artículo 10. El Ministerio de Educación y Deportes, en coordinación con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, establecerá las políticas para incluir el Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, en los programas de educación básica y diversificada.



Artículo 11. En un plazo no mayor de noventa (90) días continuos, contados a partir de la publicación del presente Decreto en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, el Ministerio de Ciencia y Tecnología deberá presentar ante la Presidencia de la República, los planes y programas que servirán de plataforma para la ejecución progresiva del presente Decreto.

Artículo 12. Cada Ministro en coordinación con la Ministra de Ciencia y Tecnología, en un plazo no mayor de noventa (90) días continuos, contados a partir de la aprobación por parte de la Presidencia de la República de los planes y programas referidos en el artículo anterior, publicará en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela su respectivo plan de implantación progresiva del Software Libre desarrollado con Estándares estudios de financiamiento e incentivos fiscales a quienes desarrollen Software Libre con Estándares Abiertos destinados a la aplicación de los objetivos previstos en el presente Decreto. Igualmente, las máximas autoridades de sus entes adscritos publicaran a través del Ministerio de adscripción sus respectivos planes.

Los planes de implantación progresiva del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos de los distintos órganos y entes de la Administración Pública Nacional, deberán ejecutarse en un plazo no mayor de veinticuatro (24) meses, dependiendo de las características propias de sus sistemas de información. Los Ministros mediante Resolución y las máximas autoridades de los entes que le estén adscritos a través de sus respectivos actos, determinarán las fases de ejecución del referido Plan, así como las razones de índole técnico que imposibiliten la implantación progresiva del Software Libre en los casos excepcionales, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 del presente Decreto.

Artículo 13. El Ministerio de Ciencia y Tecnología establecerá dentro de los planes y programas contemplados en el presente Decreto, mecanismos que preserven

la identidad y necesidades culturales del país, incluyendo a sus grupos indígenas, para lo cual procurará que los sistemas operativos y aplicaciones que se desarrollen se adecuen a su cultura.

Artículo 14. Todos los Ministros quedan encargados de la ejecución del presente Decreto, bajo la coordinación de la Ministra de Ciencia y Tecnología.

Dado en Caracas, a los días del mes de de dos mil cuatro. Año 194° de la Independencia y 145° de la Federación.

(L.S)

HUGO CHAVEZ FRIAS

Refrendado:

El Vicepresidente de la República


(L.S)

JOSÉ VICENTE RANGEL

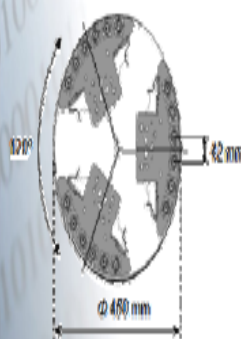
Todos los Ministros

**ANEXO N° 2**

**BROCHURE DE LAS ANTENAS TIPO PANEL TRIBAND DE TELNET**

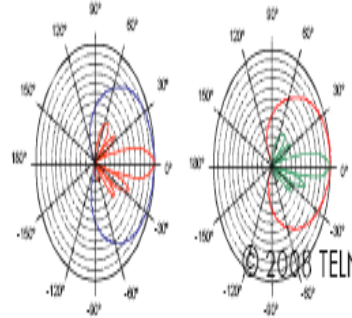


•  $\phi$  450 mm



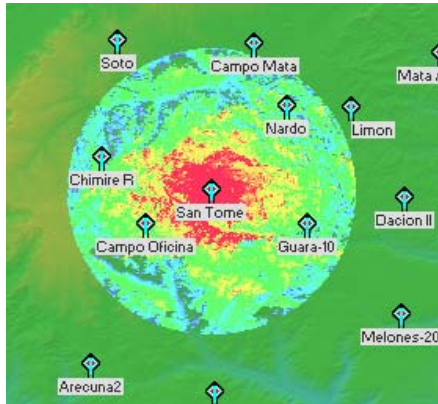
Electrical Specifications			
Frequency Range	GSM900: 870-960 MHz	BB Bottom: 1710-2170 MHz DCS // UMTS	BB Top: 1710-2170 MHz DCS // UMTS
Polarization	Xpol,+/- 45°	Xpol,+/- 45°	Xpol,+/- 45°
Gain Max	15,7 dBi	16,3 dBi	16 dBi
Gain +/- Avg dev dBi	15.4 +/- 0,3 dBi	15.6 dBi // 16 dBi +/-0,3	15.2 dBi // 15,6 dBi +/-0,3
Horizontal Beam width	66,5°	57° // 55°	57° // 55°
Vertical Beam width	8,8°	8,6° // 7,8°	8,6° // 7,8°
Cross Polar Discrimination Boresight	Typ 18 dB	Typ 18 dB	Typ 18 dB
F/B Ratio Copolar (180° +/- 30° cone)	25 dB	22 dB	22 dB
Side lobe suppression for first side lobe above horizon	18 20 14 dB 2° 6° 10°	21 21 16 dB 2° 6° 10°	21 21 16 dB 2° 6° 10°
Electrical tilt continuously adjustable	2° - 10° (band and sector independent)	2° - 10° (band and sector independent)	2° - 10° (band and sector independent)
VSWR	< 1,5:1	< 1,5:1	< 1,5:1
Intra band Isolation	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Inter band Isolation	> 30 dB	> 30 dB	> 30 dB
Null fill	Typ 27 dB	Typ 20 dB	Typ 20 dB
Impedance	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms
Max. Power per input	300W	300W	300W
PIM (2*20W)	150dBc	150dBc	150dBc
Azimuth	+/- 50° : Full Antenna Azimuth // +/- 15° : Independent Azimuth per sector		
Prepared for RET	OK	OK	OK

Mechanical Specifications	
Input	18 x 7/16 female
Connectors position	Bottom, 3 x 6 (7/16)
Dimensions	Diameter: 450 mm Length: 2230mm + 300 mm
Weight	90 Kg.
Max. speed wind	200 Km/h

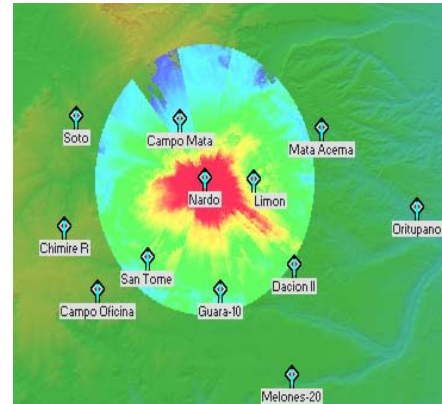


© 2008 TELNET-RI

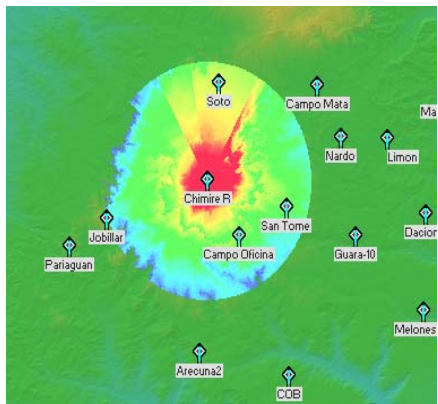
**ANEXO N° 3**  
**DIAGRAMAS DE RADIACIÓN DE LAS RADIO BASES INCLUIDAS EN LA**  
**PROPUESTA**



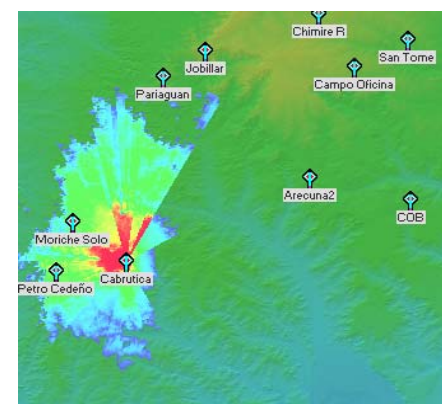
**Radio Base San Tomé**



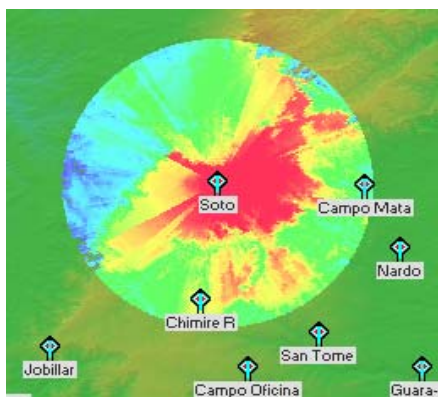
**Radio Base Nardo**



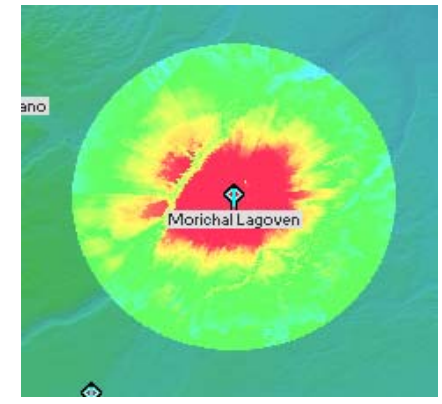
**Radio Base Chimire R**



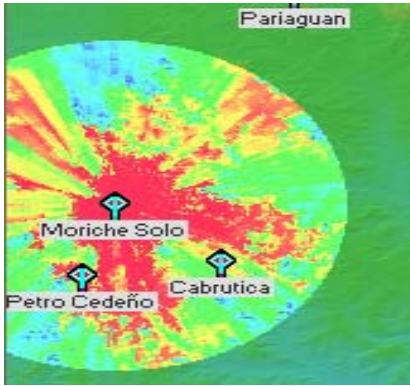
**Radio Base Cabrutica**



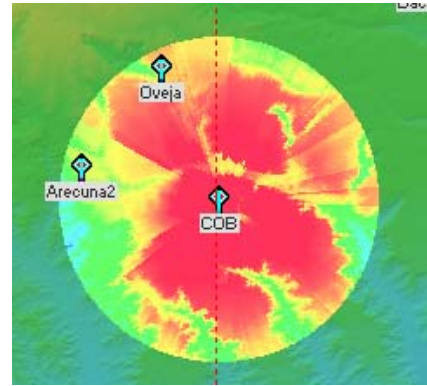
**Radio Base Soto**



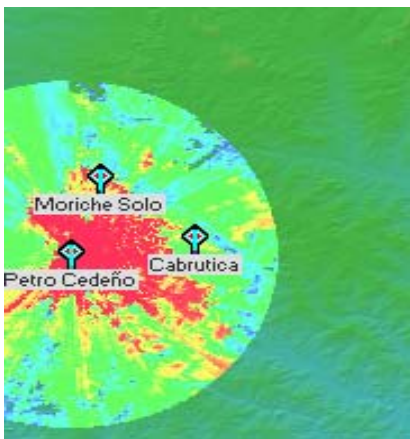
**Radio Base Morichal-Lagoven**



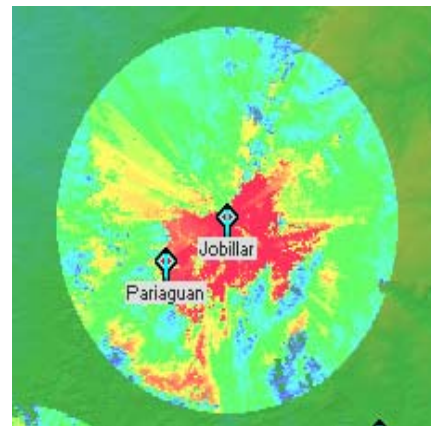
**Radio Base Moriche Solo**



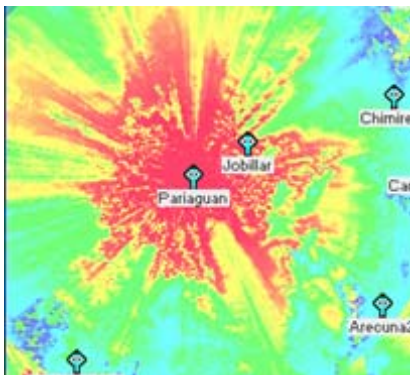
**Radio Base COB**



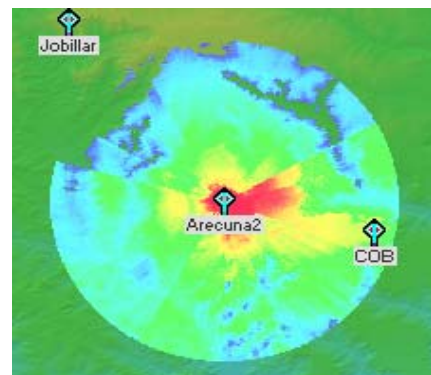
**Radio Base Petro Cedeño**



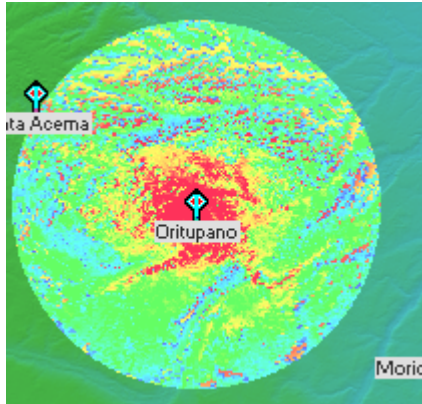
**Radio Base Jobillar**



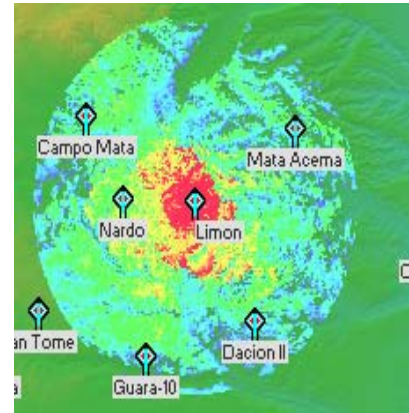
**Radio Base Pariaguán**



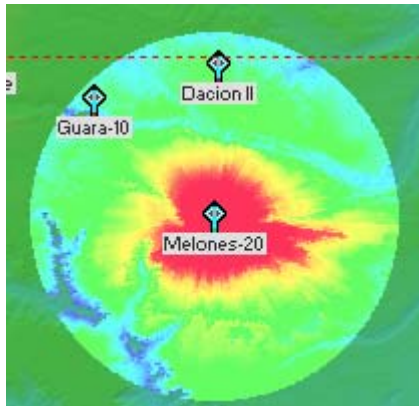
**Radio Base Arecuna2**



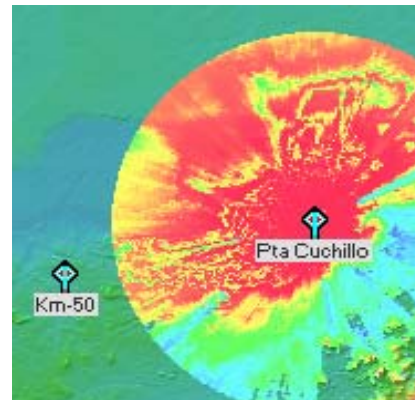
**Radio Base Oritupano**



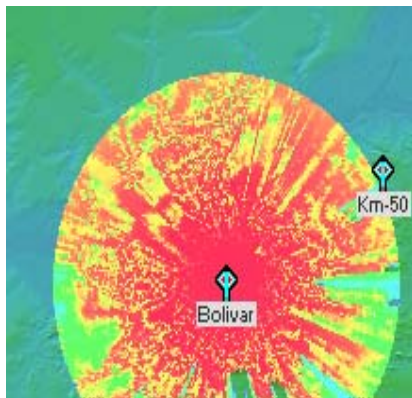
**Radio Base Limón**



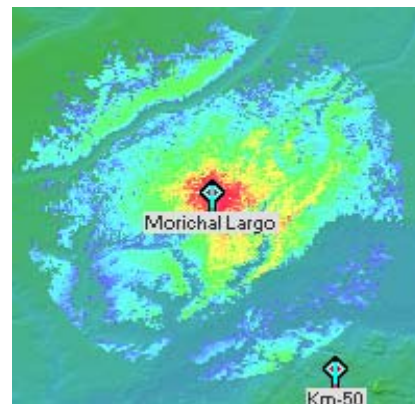
**Radio Base Melones-20**



**Radio Base Pta Cuchillo**

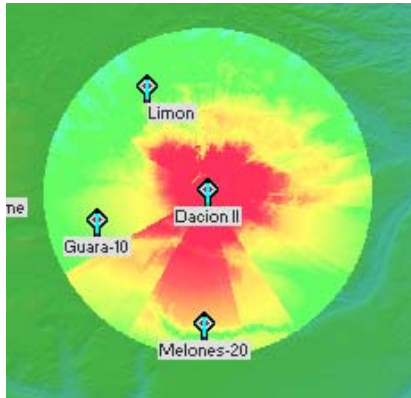


**Radio Base Bolívar**

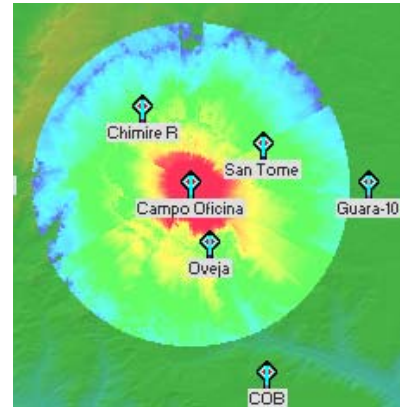


**Radio Base Morichal Largo**

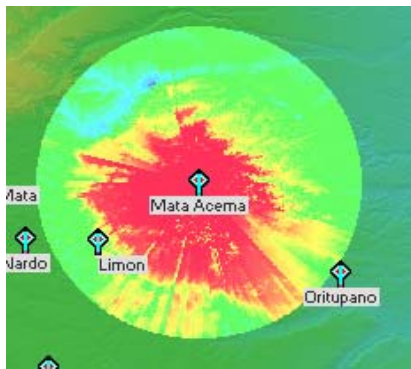




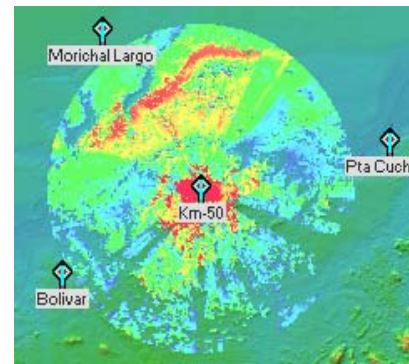
**Radio Base Dacion II**



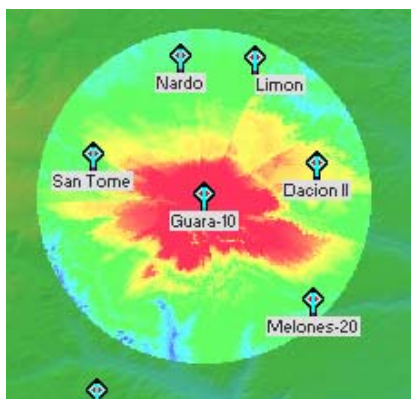
**Radio Base Campo Oficina**



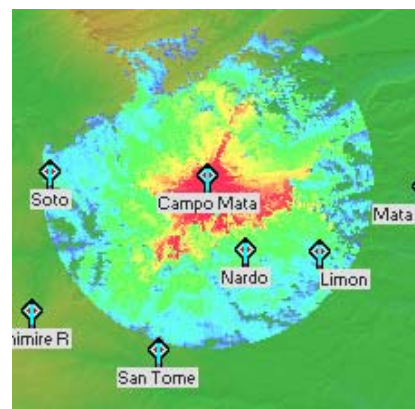
**Radio Base Mata Acema**



**Radio Base Km-50**



**Radio Base Guara-10**



**Radio Base Campo Mata**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO DE FLOTA VEHICULAR PARA PDVSA DISTRITO SOCIAL SAN TOMÉ</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
<b>Hernández Arismendi, Martha María</b>	<b>CVLAC: 16.077.405 E MAIL: hernandez.arismendi@gmail.com</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>
	<b>CVLAC: E MAIL:</b>

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Red, Telecomunicaciones, GSM, GPS, Gestión de Flota, Cobertura, Potencia, Pérdidas en el espacio libre, Software Radio Mobile, Unidades de localización vehicular, y Diagrama Radiación

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Eléctrica / Telecomunicaciones

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En el presente trabajo se realiza una Propuesta de un Sistema de Gestión y Monitoreo de Flota Vehicular para PDVSA Distrito Social San Tomé, cuya arquitectura emplea tecnología GPS para la

localización de los vehículos, unidades remotas para medir las variables relacionadas con el funcionamiento y uso de cada uno de éstos, información que se transmitirá usando telefonía celular GSM hasta un centro de visualización y control. La investigación contempla la realización de las especificaciones técnicas del sistema requerido, la revisión de opciones de localización vehicular existentes en Venezuela y la selección de la solución para satisfacer los requerimientos de la empresa, estimación y cálculo de cobertura del sistema mediante el empleo de una herramienta computacional de última generación y un estimado de costos de implantación de la solución.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
Heraoui, Margarita					X
	CVLAC:	9.457.103			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Serrano, Enrique	ROL	CA	AS	TU	JU

					<u>X</u>
	<b>CVLAC:</b>	<b>2.938.637</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
<b>Peña, José</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
				<u>X</u>	
	<b>CVLAC:</b>	<b>8.021.584</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
<b>Flores, Julio</b>	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
				<u>X</u>	
	<b>CVLAC:</b>	<b>13.720.859</b>			
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2009</b>	<b>06</b>	<b>05</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y****ASCENSO:****ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
Diseño de una Red de Telecomunicaciones	Word
Metadatos	Word

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
 I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
 v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero \_\_\_\_\_ Electricista

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento \_\_\_\_\_ de  
Electricidad \_\_\_\_\_

**INSTITUCIÓN:**

Universidad \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Oriente \_\_\_\_\_

---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado  
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad  
de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el  
consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo  
participará \_\_\_\_\_ al \_\_\_\_\_ Consejo  
Universitario” \_\_\_\_\_

---

**Hernández Arismendi, Martha María**

**AUTOR**

Peña, José B. Enrique	Heraoui, Margarita	Serrano,
<b>TUTOR</b>	<b>JURADO</b>	<b>JURADO</b>

Mercado, Verena  
**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**