

**NUEVAS TECNOLOGIAS TRUNKING DIGITAL Y SU APLICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DEL
CAUCA**



**GLORIA GISELA PAZ RIVEROS
CARLOS ANTONIO VIVAS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
GRUPO NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2001**

**NUEVAS TECNOLOGIAS TRUNKING DIGITAL Y SU APLICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DEL
CAUCA**

**GLORIA GISELA PAZ RIVEROS
CARLOS ANTONIO VIVAS**

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en Electrónica
y Telecomunicaciones**

**Director:
Ing. VICTOR MANUEL QUINTERO FLOREZ.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
GRUPO NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYAN
200**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Popayán, Septiembre de 2001

A Dios por estar siempre conmigo
A mis PADRES, y a mi hermana por dedicarme su vida
y todos sus esfuerzos para lograr mis metas
A Juanca por todo su amor, apoyo y comprensión
A Guido A. por su gran cariño y apoyo constante
Y a todos mis amigos que siempre confiaron en mi
¡Definitivamente Gracias!

Gloria

A Dios que siempre ilumina mi camino
A mis padres por haberme apoyado durante toda la carrera
A mi esposa por su cariño, apoyo y comprensión
Y a mis hermanos por su gran apoyo

Carlos

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos a:

A Victor Manuel Quintero Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Por el apoyo, asesoría y paciencia brindada como director del proyecto.

Al ingeniero Jesus Valencia Ingenieros en electrónica de la Empresa Avantel. Por la colaboración con la realización del proyecto en sus diferentes etapas.

A Guido Alejandro Gavilanes, por su colaboración en la realización de nuestro proyecto de grado.

A nuestros compañeros y amigos que de alguna forma aportaron al proyecto y a nuestra vida.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION

1. CONCEPTOS BASICOS DEL SISTEMA TRUNKING	1
1.1 DEFINICION	1
1.2 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS TRUNKING	3
1.2.1. Funcionamiento	4
1.3 OBJETIVOS DE UN SISTEMA TRUNKING	5
1.4 ARQUITECTURA	5
1.4.1. Subsistema de conmutación y control	6
1.4.1.1. Matriz de conmutación	6
1.4.1.2. Procesador de Radio	6
1.4.1.3. Procesador de Línea	6
1.4.1.4. Puestos de Operación	7
1.4.2. Subsistema Terminal de Supervisión y Gestión	7
1.4.3. Red de Cobertura	7
1.4.4. Red de Acceso	7
1.4.5. Terminales Móviles	7
1.4.6. Escenario	8
1.5 TIPOS DE SISTEMAS TRUNKING	8
1.5.1. Monoemplazamiento	9
1.5.2. Multiemplazamiento	9
1.6 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS TRUNKING	9
1.6.1. Asignación dinámica de canales	10
1.6.2. Gestión de colas	10
1.6.3. Eficiencia en la gestión del espectro	10
1.6.4. Definición de grupos de usuarios	10

1.6.5. Gestion de las estadísticas de utilización del sistema	11
1.6.6. Posibilidad de ampliación del sistema	11
1.7 TIPO DE CANALES DE LOS SISTEMAS TRUNKING	11
1.7.1. Canal de control	11
1.7.2. canal de operación	12
1.8 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	12
1.8.1. Protocolo de comunicación MPT1327	12
1.8.8.1. Definición	12
1.8.2. Desarrollo del protocolo MPT1327	13
1.8.3. La Experiencia del Reino Unido	13
1.8.4. Características de las Normas MPT1327	14
1.8.5. Proceso típico de llamada	15
1.8.6. Características para el usuario	15
1.8.7. Características del sistema	16
1.8.8. Presentaciones	16
1.8.8.1. Registro	16
1.8.8.2. Solicitud de llamadas de voz	16
1.8.8.3. Presentación de llamadas prioritarias	17
1.8.8.4. Solicitud de llamadas urgentes	17
1.8.8.5. Solicitud del estado de una llamada	17
1.8.8.6. Mensajes cortos de datos	17
1.8.8.7. Transmisión de llamadas de datos	17
1.9 TIPOS DE LLAMADAS	17
1.9.1. Llamada de grupo	18
1.9.2. Llamada de varios grupos	18
1.9.3. Llamada individual	19
1.9.4. Llamada de emergencia	19
1.9.5. Acceso telefónico	19
1.9.6. Llamada de Emergencia Grupal	19
1.9.7. Llamada a todo el sistema	19
1.9.8. Transmisión de datos	20
1.10 NORMAS PARA EL CONTROL DE SISTEMAS TRUNKING	20
1.10.1. Sistema basado en canal especial para control	20
1.10.1.1. Canal de Control	20
1.10.1.2. Canal de operación o tráfico	20
1.10.1.3. Establecimiento de una llamada	21
1.10.1.4. Proceso de llamada	21

1.10.2. Sistema basado en control distribuido _____	22
1.11 ARMADO DE REDES TRUNKING DIGITAL _____	22
1.11.1. Canal General _____	22
1.11.2. Canal General en Extrella _____	23
1.11.3. Canales de grupo- subgrupo _____	23
1.11.4. Canal privados _____	24
1.11.5. Canal entre empresas _____	25
1.12 METODOS DE IMPLEMENTACION DE SERVICIO TRUNKING _____	26
1.12.1. Por mensaje _____	26
1.12.2. Por transmisión _____	26
1.12.3. Por Cuasi mensaje o método mixto _____	26
1.13 OPCIONES DE COMUNICACIÓN _____	27
1.14 CARACTERISTICAS OPERATIVAS BASICAS _____	29
1.15 CARACTERISTICAS ADICIONALES AVANZADAS _____	31
1.16 CONCENTRACION DE ENLACES _____	32
1.17 APLICACIONES BASICAS DE UN SISTEMA TRUNKING _____	33
1.18 DIFERENCIAS CON SISTEMAS CONVENCIONALES _____	34
1.19 COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE COMUNICACION _____	35
1.20 EQUIPOS _____	35
2. SISTEMAS TRUNKING DIGITAL Y ANALOGICO _____	36
2.1 SISTEMAS TRUNKING ANALOGICOS _____	36
2.2. SISTEMAS TRUNKIG DIGITAL _____	39
3. RED MEJORADA DE DESPACHO INTEGRADO(IDEN) _____	48
3.1. MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN _____	49
3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA IDEN _____	50
3.3. TIPOS DE COMUNICACIÓN _____	56
3.4. BENEFICIOS DE IDEN _____	57
3.5. ORGANIZACION _____	57
3.6. AMBIENTES LOGICOS _____	59
3.7. VENTAJAS DEL SISTEMA IDEN _____	59
3.8. SERVICIOS DE LA RED IDEN _____	61
3.9. CANALES DEL SISTEMA IDEN _____	63

3.10. CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DE LA RED IDEN	65
3.11. ENLACE DE RADIO IDEN	68
4. SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LOS SISTEMAS TRUNKING	76
4.1. SERVICIOS INTEGRADOS	76
4.2. APLICACIONES EMPRESARIALES	82
4.3. SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	83
4.4. SERVICIOS ESPECIALES	84
4.5. SERVICIOS DE LA RED AVANTEL EN COLOMBIA	85
5. PLANEACION DE UN SISTEMA TRUNKING DIGITAL PARA LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	98
5.1. INTRODUCCION	98
5.2. REQUERIMIENTO	99
5.3. OBJETIVO	99
5.4. ESTUDIO DE LA POBLACION	100
5.5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	100
5.6. ESTUDIO DEL AREA DE SERVICIO	103
5.6.1. Area de servicio	103
5.6.2. Topografía del área de servicio	103
5.6.3. Impacto del sistema en el área de servicio	104
5.7. MARCO LEGAL	104
5.7.1. Dispociones generales	104
5.7.2. Dispociones especificas	105
5.8. PERMISOS SOLICITADOS AL MINISTERIO DE COMUNICACIONES	105
5.9. ESTUDIO DE PROPAGACION	106
5.9.1. Probabilidad de comunicación	107
5.9.2. Modelo de propagación	108
5.10. SITUACION ACTUAL DE LOS SISTEMAS TRUNKING	112
6. DISEÑO DE UN SISTEMA TRUNKING DIGITAL PARA LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	114

6.1. SELECCIÓN DEL SISTEMA	114
6.1.1. Consideraciones	114
6.1.2. Características técnicas de los equipos	115
6.1.3. Impacto del sistema en el área de servicio	104
6.2. DISEÑO TEORICO DEL SISTEMA TRUNKING	120
6.3. ESTUDIO DE PROPAGACIÓN	122
6.3.1. Determinación del porcentaje de confiabilidad de la red	122
6.3.2. Determinación del área de cubrimiento de la estación base	124
6.3.3. Determinación del tipo de celda y antenas	143
6.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	145
6.4.1. Determinación del tráfico	145
6.4.2. Cálculos de Tráfico	147
6.5. CONFIGURACION DEL SISTEMA	150

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

LISTA DE TABLAS

	PAG.
Tabla 2.1. Comparación entre los sistemas Trunking digital y analógico	48
Tabla 3.1 Frecuencia de portadoras en el sistema iDEN	69
Tabla 3.2. Comparación entre las tecnologías iDEN y EDACS	74
Tabla 5.1. Disposiciones del Modelo Okumura Hata	109
Tabla 6.1. Especificaciones generales	115
Tabla 6.2. Especificaciones en transmisión	115
Tabla 6.3. Especificaciones en Rx	116
Tabla 6.4 Características generales	116
Tabla 6.5 Características antena Rx	116
Tabla 6.6 Características antena tx	117
Tabla 6.7. Características del filtro Notch Pasa Banda en Tx	117
Tabla 6.8. Limitaciones del MSC	118
Tabla 6.9. Limitaciones del SMS	118
Tabla 6.10. Limitaciones Controlador de sitio base	119
Tabla 6.11. Limitaciones del BSC	119
Tabla 6.12. Limitaciones del DAP	119
Tabla 6.13. Limitaciones del MPS	120
Tabla 6.14. Limitaciones del MDG	120
Tabla 6.15. Limitaciones de la ACG	120
Tabla 6.16. Intensidad de señal recomendada	124
Tabla 6.17. Parámetros de diseño del sistema iDEN	126
Tabla 6.18. Variaciones gaussianas	129
Tabla 6.20. Tabulación del patrón de radiación de la antena ASP 2895	139
Tabla 6.21. Proyección de usuarios del servicio	147

LISTA DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1.1. Comunicación de dos móviles en un sistema convencional	1
Figura 1.2. Comunicación entre grupos en un sistema Trunking	3
Figura 1.3. Arquitectura de los sistemas Trunking	6
Figura 1.4. Escenario de los sistemas Trunking	8
Figura 1.5. Sistema de telefonía Trunking Multiemplazamiento	9
Figura 1.6 Canal general	23
Figura 1.7. Canal general en estrella	23
Figura 1.8. Canales de grupo - subgrupo	24
Figura 1.9. Canales privados	24
Figura 1.10. Canal entre empresas	25
Figura 3.1. Sistema iDEN	51
Figura 3.2 Red simplificada de comunicaciones iDEN	56
Figura 3.3 Definición de la portadora de radio	69
Figura 3.4. Bandas laterales de los canales RF lógicos	70
Figura 3.5. Compresión de voz VSELP a 6:1 en el radio enlace iDEN	71
Figura 3.6. Sitio omni direccional	72
Figura 3.7. Sitio sectorizado	72
Figura 3.8. Distribución de frecuencias Sitio omni direccional	73
Figura 3.9. Distribución de frecuencias para sitio sectorizado	74
Figura 4.2. Estructura del servicio para WAP	80
Figura 4.3. Acceso a intranet e internet	81
Figura 4.4. Sistema de localización de vehiculos (AVL)	85
Figura 4.5. Servicios A uno	86
Figura 4.6 Servicio TEAM	87
Figura 4.7. Servicio Croos Fleet	88
Figura 4.8. Servicio A Tel	89

Figura 4.9.	Servicio de Archivos	91
Figura 4.10.	Servicio de Asocio	92
Figura 4.11.	Servicio de Avisor Net	92
Figura 4.12.	Servicio A-Mail	95
Figura 4.13.	Servicio de Avisor	96
Figura 4.14.	Servicio Activa	96
Figura 5.1.	Procedimiento de planeación	98
Figura 5.2.	Modelo Okumura Hata	109
Figura 6.1.	Filtro Notch Pasa Banda en Tx	118
Figura 6.3.	Variación de la calidad de Rx en una estación móvil	127
Figura 6.4.	Variación de la calidad del Rx en una estación base	128
Figura 6.5.	Esquema de transmisor y antena	132
Figura 6.6.	Datos del Modelo Longley Rice	135
Figura 6.7.	Perdidas de propagación – modelo Longley Rice	136
Figura 6.8.	Patrón de radiación de la antena ASP -2895	139
Figura 6.9.	Asignación de canales por área	146

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. SISTEMA EDACS Y LOS ESTANDARES TETRA Y PROJECT 25

**ANEXO B. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DEL PERSONAL DOCENTE ADMINISTRATIVO
DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

ANEXO C. SISTEMA IDEN

ANEXO D. MODELO DE PROPAGACION LONGLEY RICE

INTRODUCCION

En un mundo globalizado de creciente competencia, las comunicaciones son cada vez más importantes, afianzándose cada día y metiéndose de lleno en todos los campos de la vida cotidiana. Normalmente se entiende que la mejora en las telecomunicaciones es la llave para depurar procesos y lograr la eficacia, eficiencia y satisfacción del trabajo: en otros términos, la optimización de una compañía u organización.

La tecnología está en constante evolución. El propósito de la tecnología es hacer la vida más fácil a las personas. En base a esta filosofía se rigen las nuevas tecnologías y el desarrollo de productos y servicios con un alto grado de eficiencia y eficacia, pero además con una tendencia a solucionar uno de los grandes problemas en las comunicaciones de hoy "el congestionamiento del espectro electromagnético", siendo este un recurso bastante limitado; lo que ha hecho que se implementen y se utilicen nuevas técnicas de acceso y multiplexación.

Surge entonces el concepto de los sistemas Trunking Digital, como una de las alternativas de las nuevas tecnologías a los problemas de comunicación interactiva entre los usuarios de grupos, e individuales. Los sistemas Trunking digital son un concepto que comprende aproximadamente todas las soluciones relacionadas con las distintas formas de comunicación: llamadas de interconexión, llamada de despacho, transmisión de datos, servicio de mensajería corta y demás, y un conjunto de servicios suplementarios, que convierten a estos sistemas de telecomunicaciones apropiados para cualquier tipo de usuario, y para todo tipo de sectores en especial el empresarial, permitiendo la formación de diferentes grupos de usuarios, y haciendo una buena utilización del espectro asignado.

Teniendo en cuenta las nuevas tecnologías en comunicación se ha desarrollado el proyecto "Nuevas Tecnologías en Sistemas Trunking Digital y su aplicación en la Universidad del Cauca" como una herramienta de conocimiento de estos nuevos sistemas, por parte de la comunidad universitaria y además como una de las grandes alternativas de solución a los grandes problemas de comunicación de la entidad.

La presente monografía trata los aspectos más relevantes de las nuevas tecnologías en sistemas Trunking Digital con un respaldo teórico y como punto final el desarrollo de una planeación y un diseño para su aplicación en la Universidad del Cauca.

El primer capítulo presenta los conceptos básicos de los sistemas Trunking, sus características, su estructura y arquitectura.

En el segundo capítulo se presenta la comparación entre los sistemas Trunking de tecnología analógica y los sistemas Trunking de tecnología digital.

En el capítulo tres se presenta el análisis de la Red Mejorada de Despacho Integrado (iDEN, Integrated Dispatch Enhanced Network) como una de las nuevas tecnologías Trunking digital.

En el capítulo cuarto se presenta el análisis de los nuevos servicios proporcionados por los sistemas Trunking digital.

En el capítulo quinto se presenta la planeación de un sistema Trunking digital para la Universidad del Cauca.

Este documento termina con el capítulo sexto en el cual se presenta el desarrollo del diseño teórico de el sistema Trunking Digital para la Universidad del Cauca.

En el anexo A se presenta el análisis del Sistema de Comunicación de Acceso Digital Mejorado (EDACS, Enhanced Digital Access Communications System) como una de las nuevas tecnologías Trunking digital y el análisis de los estándares para Trunking digital: Project 25 y Radio Troncalizado Terrestre(TETRA, Terrestrial Trunked Radio Access).

En el anexo B se presenta el estudio del personal docente y administrativo de la Universidad del Cauca.

En el anexo C se presenta las especificaciones del sistema iDEN.

En el anexo D se presenta el Modelo de Propagación Longley Rice

1. SISTEMAS DE TRUNKING

1.1 DEFINICION

Un sistema Trunking es un sistema de radiocomunicaciones móviles privadas o públicas que permite la asignación dinámica de canales de las estaciones base utilizando técnicas de acceso múltiple automático. Este sistema utiliza un número de canales pares de radiofrecuencia como grupo troncal y permite que un grupo cerrado de usuarios tenga a su disposición todos los radiocanales instalados, a los que se accede de forma aleatoria en función de los que estén ociosos en el momento de la solicitud. El desarrollo tecnológico de los sistemas Trunking se basa en la aplicación de conceptos de telefonía convencional, como son la concentración de enlaces, la gestión de colas de llamadas, la numeración de usuarios, etc. De esta forma se consigue una gestión más eficaz en las comunicaciones, al no estar los canales de radio asignados rígidamente a un número fijo de terminales.

Se define el sistema Trunking como un sistema inteligente que permite optimizar la utilización del espectro radioeléctrico disponible, haciendo que un número determinado de frecuencias esté disponible para un número mucho mayor de usuarios.

En un sistema de radio VHF o UHF convencional si se desea comunicar móviles entre sí que no estén uno dentro del alcance del otro, se debe emplear una repetidora. Esta repetidora podrá utilizarse por una cantidad de usuarios igual a la cantidad de frecuencias y repetidoras disponibles, o sea dos usuarios requieren una frecuencia y una repetidora exclusiva, si se desea asegurar la privacidad de la comunicación entre ambos.

En la Figura 1.1 el móvil 1 se puede comunicar con el móvil 2 y viceversa, a través de la repetidora.

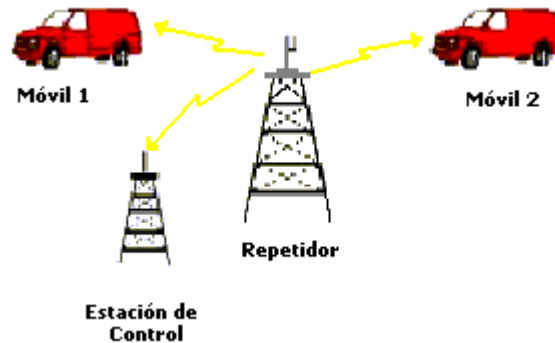


Figura 1.1. Comunicación de dos móviles en un sistema convencional

Para comprender mejor el concepto de Trunking, se puede establecer una analogía entre lo que ocurre al comunicarse entre sí dos centrales telefónicas. Sea por ejemplo dos centrales de 10.000 abonados cada una a las que desea interconectar: entre ellas no se establece un vínculo de 10.000 pares sino uno mucho menor, pues casi no existe la posibilidad de que, al mismo tiempo, los 10.000 abonados de una central deseen comunicarse con los 10.000 abonados de la otra. El Servicio Trunking utiliza el mismo concepto de establecer recursos compartidos potenciados por una moderna tecnología de multiplexación temporal y en frecuencia, sumado a la digitalización en los sistemas modernos de las señales analógicas. Por lo tanto se podría entender que Trunking como la distribución automática de canales de un grupo de repetidores de radio de forma inteligente entre grupos de usuarios.

En este servicio se emplea una cantidad determinada de repetidoras, por ejemplo cinco, con idéntico número de frecuencias asignadas. En un sistema convencional, estas repetidoras podrían ser utilizadas solamente por cinco usuarios, para comunicarse con otros tantos a través de ellas. En un Sistema Trunking estas repetidoras son empleadas aleatoriamente por un número mucho mayor de usuarios mediante una técnicas que permiten emplear los tiempos muertos existentes durante la transmisión, aprovechándolos para enviar mensajes de otros usuarios con el mismo criterio. Esto se hace mediante un sistema que posee la inteligencia suficiente como para lograr la sincronización y automatización de este proceso, logrando que el mismo sea prácticamente imperceptible para el usuario.

En la Figura 1.2 por ejemplo, los móviles de cada grupo se comunican entre sí empleando la misma repetidora que los demás grupos, pero para cada grupo mantiene total privacidad de la comunicación y es como si estuviesen utilizando una repetidora exclusiva.

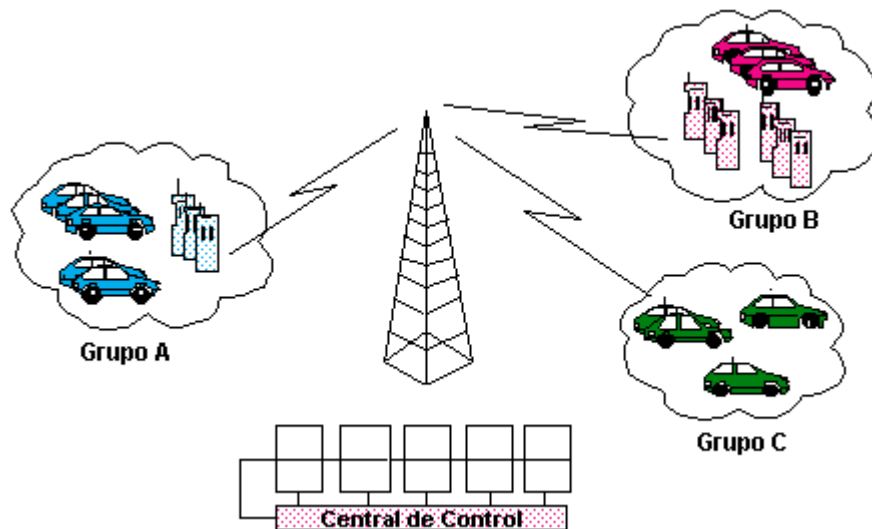


Figura 1.2. Comunicación entre grupos en un sistema Trunking

Los sistemas Trunking son diseñados especialmente para brindar soluciones de comunicación a grupos cerrados de usuarios. Las comunicaciones entre el personal de empresas de sectores como el de distribución, mantenimiento, seguridad, transporte, emergencias y otros, son el objetivo de estos sistemas de comunicación, el cual radica en la prestación de servicios de gran calidad.

1.2 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS TRUNKING

Los sistemas Trunking se desarrollaron debido a la gran congestión del espectro de radio a nivel mundial, ya que el crecimiento dinámico de las comunicaciones móviles ha hecho muy difícil la disponibilidad de canales y la demanda creciente del consumidor cada vez es más alta. Esto significa que cada día más usuarios necesitan obtener acceso al mismo número de canales, sin pérdida alguna de calidad en el servicio.

Al mismo tiempo, los usuarios demandan un área geográfica más amplia de cubrimiento que es viable desde el punto de vista económico con la mayoría de los sistemas Radio Móviles Privados (PMR, Radio Mobil Private).

Los avances en la tecnología han permitido el empleo de técnicas troncales, asociadas previamente con las comunicaciones por cable en las redes de radio. Estas permiten el uso más eficiente del espectro. Es por eso que cada vez más empresas utilizan este tipo de comunicación.

1.2.1 Funcionamiento

Cada estación de radio transmite una señal de control. Además, dispone de varios canales de "tráfico" ó de trabajo, a través de los cuales se comunican los usuarios de las unidades de radio móviles y portátiles. Cuando no se encuentra en uso, la unidad de radio está sintonizada automáticamente con la señal de control y el microprocesador de la unidad se puede comunicar con el ordenador del sistema por este canal en cualquier momento.

Cuando el usuario desea hacer una llamada, la unidad transmite la solicitud en la forma de una señal de datos al ordenador del sistema. El sistema identifica al usuario llamado y mediante el canal de control verifica si el destinatario desea recibir la llamada. Cuando la persona que llama como la que es llamada están listas para comunicarse, el ordenador asigna el primer canal de tráfico disponible.

Cuando una de las personas da por terminada la llamada, la unidad de radio envía una señal de datos dejando libre el canal. Pueden interconectarse estaciones de radio para aumentar el área de servicio y proporcionar cualquier tamaño de red, hasta un nivel nacional o internacional.

En un sistema Trunking se puede también hacer llamadas a otros tipos de redes de telecomunicaciones tales como los sistemas telefónicos.

1.3 OBJETIVOS DE UN SISTEMA TRUNKING

Es posible sintetizar los objetivos de un sistema Trunking en los siguientes:

- Optimizar el uso del espectro radioeléctrico disponible
- Proveer vías de comunicación redundantes en el caso de fallas
- Hacer accesible los servicios de telecomunicaciones a los usuarios en movimiento, con independencia en su emplazamiento
- Brindar privacidad en la comunicación dentro de cada grupo de usuarios
- Optimizar la asignación de los canales de comunicación existentes
- Ofrecer simplicidad en la operación del sistema
- Ofrecer una gran gama de servicios
- Aumento de cobertura adaptable a las necesidades de cada usuario
- Mantenimiento de las comunicaciones en el traspaso entre celdas; localización y registro correspondiente del usuario en diferentes zonas de servicio
- Brindar servicios especiales de comunicación a grupos cerrados de usuarios
- Proveer privacidad en las comunicaciones
- Simplificar la operación para el usuario
- Asegurar continuidad en las comunicaciones
- Eliminar la necesidad de monitoreo

1.4 ARQUITECTURA

Para el establecimiento de una comunicación, es necesario que se desarrolle un proceso previo de llamada, identificación y localización de los terminales de origen y destino, asignación del canal y encaminamiento de la comunicación.

Los procesos anteriormente descritos se soportan sobre una serie de elementos hardware y software asociados a los repetidores de cobertura (transceptores de radio), y a los medios de transmisión que facilitan la conexión entre los anteriores.

En una red de telecomunicaciones tipo Trunking se establecen cuatro subsistemas claramente definidos: subsistema de conmutación y control, red de acceso, red de cobertura y terminales móviles.

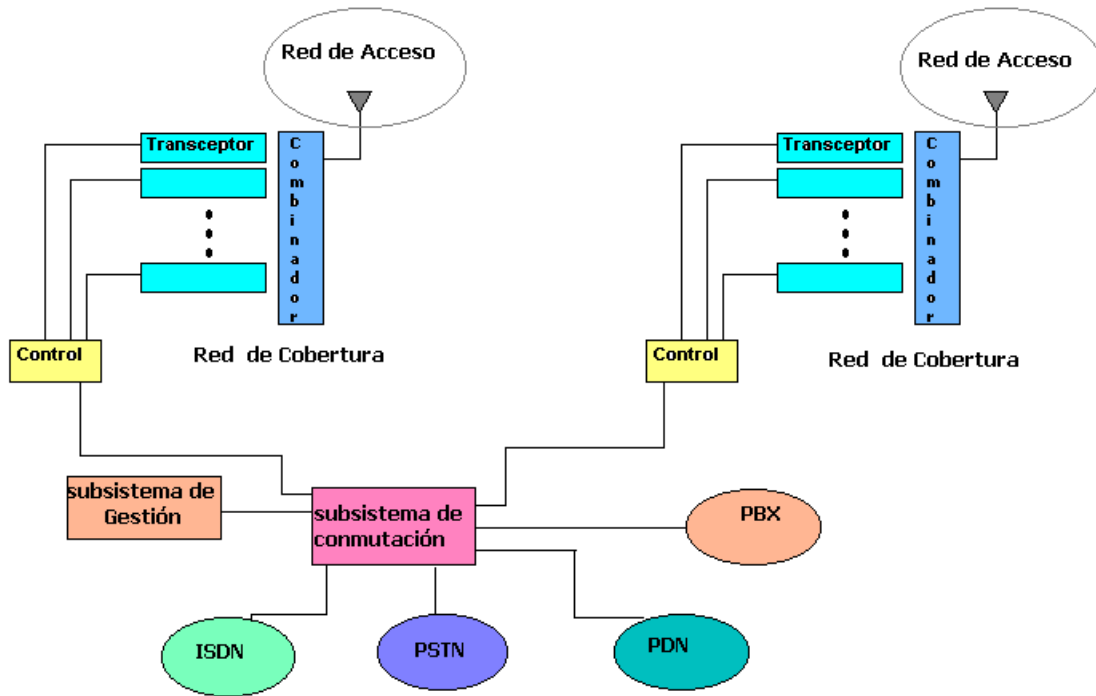


Figura 1.3. Arquitectura de los Sistemas Trunking

1.4.1 Subsistema de conmutación y control

Constituye la cabeza del sistema y está formado por los siguientes elementos:

1.4.1.1 Matriz de conmutación: efectúa las tareas de encaminamiento para el establecimiento de las conexiones en función de la información que posee sobre las áreas de cobertura donde se encuentran ubicados los terminales de abonado.

1.4.1.2 Procesador de radio: posibilita la conexión de los canales de tráfico de las estaciones de cobertura con la matriz de conmutación.

1.4.1.3 Procesador línea: encargado de la gestión de los accesos de circuitos dedicados, líneas PABX o líneas PSTN y extensiones directas al sistema.

1.4.1.4 Puestos de Operación: constituidos por terminales conectados al sistema de conmutación, a través de los cuales un operador puede realizar el control y seguimiento de las comunicaciones cursadas por los abonados de su flota.

1.4.2 Subsistema terminal de supervisión y gestión

Encargado de las tareas de control del sistema desde el punto de vista técnico y administrativo. Desde este terminal se gestionan las altas y bajas modificaciones de los equipos móviles, se habilitan los accesos y se definen las prioridades en las llamadas, pueden obtenerse estadísticas de utilización de la red muy prácticas a la hora de planificar ampliaciones, e incluso integran facilidades de tarificación interesantes para los modelos de explotación de alquiler con servicio a terceros.

1.4.3 Red de cobertura

La constituyen las estaciones de radio tradicionalmente repetidores que son distribuidos geográficamente sobre emplazamientos estratégicos, permitiendo la conexión de los equipos terminales entre si a través del sistema de conmutación, vía la red de acceso.

1.4.4 Red de acceso

La forman los sistemas de transmisión punto a punto que permiten la conexión de las estaciones de cobertura con el sistema de conmutación. Pueden implementarse mediante líneas dedicadas, radioenlaces del servicio fijo o fibra óptica.

1.4.5 Terminales móviles

Son los transeptores de radio que maneja el usuario. Pueden ser de distintos proveedores en función de su ubicación: equipos instalados a bordo de vehículos, equipos instalados en los vehículos, equipos portátiles y equipos instalados en emplazamientos fijos.

1.4.6 Escenario

A continuación se presentan los posibles escenarios donde se detalla la secuencia de actividades que describen el funcionamiento del servicio. El centro de operaciones a través del centro de control emite mensajes informativos a todo el personal de la compañía.

Un usuario del servicio establece una comunicación con el centro de operaciones, con otro usuario, o todo el personal a través del centro de control.

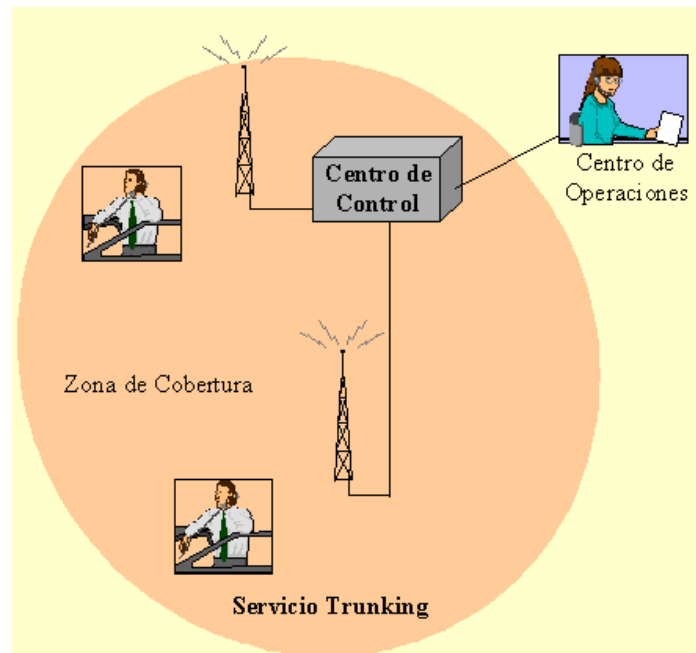


Figura 1.4. Escenario de los sistemas Trunking

1.5 TIPOS DE SISTEMAS TRUNKING

Dentro del mercado de las telecomunicaciones se encuentran dos tipos de sistemas Trunking:

- Monoemplazamiento
- Multiemplazamiento

1.5.1 Monoemplazamiento

Son adecuados para la prestación de servicios Trunking en zonas de cobertura que solo requieren de una estación de radio. Estas zonas se caracterizan por ser pequeñas y no exigir un alto grado de cobertura.

1.5.2 Multiemplazamiento

En caso de coberturas de gran extensión, se constituye la red en un conjunto de nodos, cada uno de los cuales gestiona y pone a disposición de los móviles de su zona un juego de frecuencias. En la figura 1.5 presenta la arquitectura de un sistema de telefonía Trunking Multiemplazamiento:

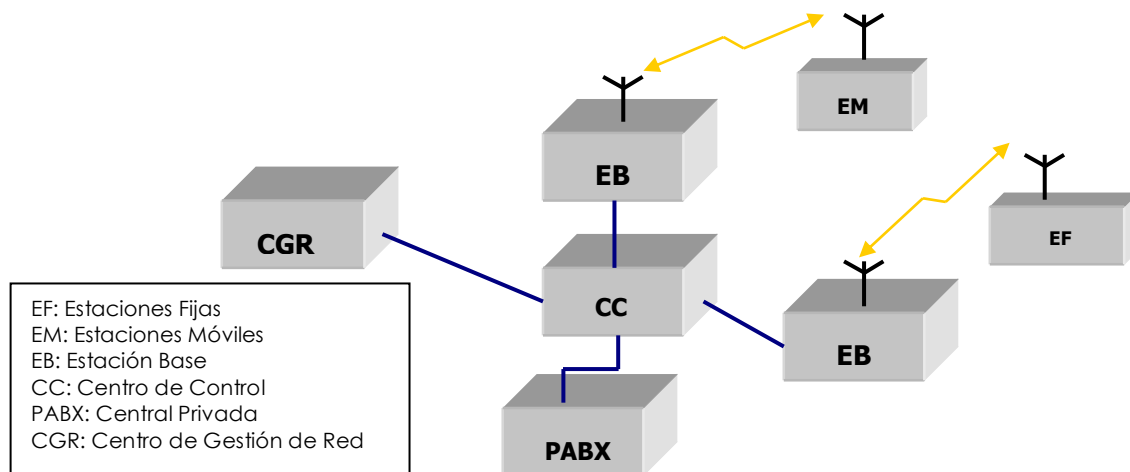


Figura 1.5. Sistema de telefonía Trunking Multiemplazamiento

1.6 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS TRUNKING

Los sistemas Trunking constituyen una alternativa tecnológica en el diseño de redes de radiocomunicaciones móviles, aportando frente a los sistemas tradicionales, una gran alternativa para los grupos de usuarios dentro de los nuevos sistemas de comunicación. Las ventajas de estos sistemas se derivan tanto del costo, dada su compartición, como de la mejora en el tráfico y en el grado de servicio que supone su utilización:

- Utilización más eficaz del espectro radioeléctrico
- Mayor calidad de las comunicaciones
- Gestión de llamadas
- Facilidad para dar servicio a pequeños usuarios
- Posibilidad de establecer diferentes niveles de prioridad
- Posibilidad de llamadas selectivas y de grupo
- Asignación dinámica de canales
- Gestión de colas de llamadas
- Definición de grupos de usuarios
- Gestión de las estadísticas de utilización del sistema
- Posibilidad de ampliación del sistema por su gran flexibilidad y escalabilidad
- Bajo costo de mantenimiento

1.6.1 Asignación dinámica de canales

Permite que con un número limitado de radiocanales, un sistema Trunking sea capaz de atender un tráfico mayor.

1.6.2 Gestión de colas

Permite que el porcentaje de llamadas que deben reiniciarse por no ser atendidas sea menor en estos sistemas.

1.6.3 Mayor eficiencia en la gestión del espectro

Los sistemas Trunking aportan mayor eficiencia en la gestión del espectro al requerirse menos frecuencias para soportar volúmenes de tráfico similares.

1.6.4 Definición de grupos de usuarios (flotas)

El sistema puede definir grupos de usuarios o flotas independientes, con garantía de privacidad en las comunicaciones.

1.6.5 Gestión de las estadísticas de utilización del sistema

Los sistemas Trunking incorporan aplicaciones estadísticas que permiten en todo momento conocer el grado de utilización del sistema, el número de llamadas realizadas, el tiempo de ocupación del canal y un grupo variado de datos interesantes desde el punto de vista de planificación. Así mismo se pueden incorporar aplicaciones de tarificación.

1.6.6 Posibilidad de ampliación del sistema (escalabilidad)

Las posibilidades de escalabilidad de este tipo de sistemas es muy amplia. Para ello es posible unir varios sistemas de conmutación distribuidos geográficamente según convenga, bien directamente o bien a través de elementos de conmutación y control de jerarquía superior.

1.7 TIPO DE CANALES EN LOS SISTEMAS TRUNKING

En los sistemas Trunking se utilizan dos tipos de canales radio:

- Canal de control
- Canal de operación o canal de tráfico

1.7.1 Canal de control

La función del canal de control es monitorear permanentemente la actividad de los repetidores y de los terminales móviles y portátiles, con el fin de recolectar los datos de Identidad de Usuario(ID), Identidad de Grupo(GDI), estableciendo que repetidor se encuentra libre y asignandolo a un usuario. Los canales de control se utilizan para enviar información digital entre los radios portátiles y móviles y los equipos de computo que controlan el sistema.

1.7.2 Canal de operación o de tráfico

Se utilizan para enviar las comunicaciones (voz o datos) por medio de una estación base entre los radios, para enviar o repetir mensajes entre las unidades de radio móviles y portátiles y el centro de despacho central.

1.8 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACION

Como todo sistema de comunicación los sistemas Trunking tienen un conjunto de reglas y procedimientos por los que se rige el establecimiento de comunicaciones entre terminales o entre éstos y los puestos de operación y control del sistema. En lo que se refiere a comunicaciones de voz, existe un protocolo de comunicación definido por el Departamento de Industria y Comercio del Reino Unido y muy extendido a nivel mundial denominado MPT1327.

1.8.1 Protocolo de comunicación MPT1327

Utilizado en Sistemas Trunking Analógico para VHF (136 - 178 MHz) o UHF (403 - 528 MHz). Esta norma se define por primera vez en el Reino Unido en 1987, y a partir de esta fecha viene utilizándose con éxito en sistemas Trunking tanto públicos como privados en un número cada vez mayor en el mundo.

1.8.1.1 Definición de MPT1327: El protocolo MPT 1327 es una familia de normas las cuales definen un sistema Trunking para la Radio Móvil Privada(PMR). Un servicio PMR convencional le ofrece al usuario un canal único, cuando el usuario desea hacer una llamada, es posible que este canal este ocupado por otro usuario. El usuario que lo desea utilizar deberá esperar hasta que termine la conversación y entonces competir con otros usuarios para obtener el canal libre.

En un sistema Trunking, los usuarios comparten un conjunto de canales para sus demandas de comunicación. Para la gestión de estos canales se adopta el protocolo de señalización digital ALOHA ranurado. Si no hay un canal libre cuando el usuario realiza una llamada, la llamada se coloca en cola de espera durante unos cuantos segundos

hasta que el canal quede desocupado, el resultado es que el usuario tiene que esperar menos tiempo y disfruta de un servicio de mejor calidad.

1.8.2 Desarrollo del protocolo MPT 1327

A principios de 1980, los fabricantes líderes en telecomunicaciones promovieron el trabajo sobre el protocolo MPT 1327 bajo los auspicios del Departamento de Comercio e Industria del Reino Unido. Se desarrolló el MPT1327 durante un período de dos años y fue el primero de la familia de normas protocolo MP13XX. Esta fue la norma de señal y se incorporó en las redes de radio Trunking del Reino Unido como el sistema básico de operación.

Para alcanzar la implementación óptima de esta norma de operación, se consultaron operadores de redes y se desarrollaron las siguientes normas adicionales:

- MPT1343 - define el comportamiento de las unidades de radio en sistemas de redes públicas
- MPT1347 - la especificación de la red fija
- MPT1352 - el programa de prueba que las unidades de radio deben superar antes de ser aceptadas en las redes de radio

1.8.3 La experiencia del Reino Unido

El desarrollo del Protocolo 1327, núcleo de los sistemas de radio móvil Trunking en los años 80, resulto en una mejora inmediata del servicio, permitiendo además un vasto aumento de la capacidad de tráfico cuando se comparaba con sistemas de canal único o convencionales.

Por todo el Reino Unido se instalaron redes de áreas extensas, que cubrían la mayor parte de Gran Bretaña, para los usuarios de sistemas compartidos en las frecuencias de la Banda III. Se instalaron dos redes nacionales y fueron varias las compañías que recibieron licencia para instalar y operar sistemas locales sencillos y de emplazamiento múltiple.

Las redes proporcionan llamadas muy claras y seguras y los usuarios pueden establecer comunicaciones rápidas, directas, de voz y datos, con otras unidades; también pueden lograr interconexión con sistemas de telefonía privada y ordenador central de su compañía; en la misma forma es posible efectuar la interconexión con la red publica telefónica conmutada (PSTN).

Los fabricantes líderes de productos electrónicos en todo el mundo desarrollaron unidades de radio especiales para ajustarse a las normas de Protocolo 1327. Además se contó con decenas de miles de usuarios de las nuevas redes, entre otras muchas organizaciones del Reino Unido, que iban desde pequeños negocios a grandes compañías de utilidad pública que preferían operar su propio sistema cerrado.

1.8.4 Características de las normas MPT 13XX. Protocolo MPT1327

Los sistemas basados en la familia de normas MPT 13XX, en las que se incluye la MPT1327, se caracterizan por:

- a) Canal de señalización común (FFSK 1,2 Kbps)
- b) Acceso aleatorio al canal de señalización
- c) Control de colisiones mediante ALOHA ranurado
- d) Gestión de colas de espera de llamadas
- e) Capacidad para gestionar:
 - 1.000.000 terminales de usuario
 - 1.000 canales de radio
 - 32.000 grupos de usuarios.

La señalización se efectúa mediante la transmisión continua de mensajes desde el controlador local a los terminales a través del canal de control, estructurados en ventanas de 128 bits. Cada una de estas ventanas se subdivide a la vez en dos palabras de 64 bits.

La palabra de control del sistema cumple funciones de identificación de sistema y de sincronización. La Palabra de Dirección, define la naturaleza del mensaje de señalización.

Los mensajes de señalización más característicos son:

- a) Mensajes ALOHA, para control de acceso e invitación a los terminales a transmitir información
- b) Mensajes de petición de llamada, desde los terminales(RQS)
- c) Mensajes de ir al canal, generados por el controlador para asignar a los terminales el canal de tráfico disponible

- d) Mensajes de dirección, en el que se indica el código de identificación de un terminal o un grupo de terminales
- e) Mensajes de confirmación, acuse de recibo de mensajes(ACK)

1.8.5 Proceso típico de llamada

Un proceso de llamada se articula mediante el dialogo entre los terminales y el sistema de control, a través de transmisiones sucesivas de mensajes de señalización.

- a) El controlador local envía un mensaje ALOHA invitando a los terminales a efectuar requerimientos de llamada. En este mensaje se incluye la longitud de la trama y el número de ranuras disponibles para que los terminales envíen sus mensajes.
- b) Los terminales eligen aleatoriamente el slot por el que acceden y envían un requerimiento del servicio.
- c) El terminal de control contesta en el siguiente slot con un mensaje de aceptación, indicando al terminal que le envíe la dirección del terminal llamado, e inhibiendo los slot siguientes al acceso de otros terminales.
- d) El terminal móvil envía un mensaje SAMIS con la información solicitada y el terminal de control le contesta con un mensaje AHOY de confirmación y solicitud de respuesta al llamado.
- e) El proceso finaliza con el envío de un ACK desde el terminal llamado hacia el controlador.
- f) El tiempo estimado para el establecimiento de la comunicación es inferior a 3 segundos.

1.8.6 Características para el usuario

- Conversación bidireccional con diversos tipos de llamada (privada, de grupo, etc.)
- Transmisión de datos de:
 - Estado de la comunicación
 - Mensajes de texto reducido
 - Impresión de datos voluminosos
- Llamadas de conferencia
- Transferencia de llamadas
- Régimen de espera automático hasta que se dispone de un canal
- Llamadas prioritarias y de urgencia
- Posibilidad de llamar a:

- Unidades individuales de radio
- Un grupo de unidades
- Todas las unidades en el sistema
- El usuario puede llamar a números de PABXs ó PSTNs

1.8.7 Características del sistema

- Capacidad del Protocolo 1327 – 1 millón de direcciones
- Tipos de canal:
 - canal dedicado de control
 - canal flotante de control
 - canal de tráfico
- Controles de prevención de embotellamiento de tráfico
- Prevención de interferencia
- Ubicación y registro automático del abonado
- Liberación automática de los canales de tráfico cuando se termina la llamada
- Verificación periódica de números de serie para la seguridad del abonado
- Normas diseñadas para apoyar cualquier tamaño de sistema, desde redes locales hasta internacionales

1.8.8 Presentaciones

1.8.8.1 Registro: Para identificar y localizar a la unidad en la red. Permite el funcionamiento en zonas múltiples con desplazamiento completo o restringido.

1.8.8.2 Solicitud de llamadas de voz:

- Llamadas individuales a otras unidades radiofónicas, usuarios conectados (por ejemplo, despachadores), redes telefónicas, etc.
- Presentación de llamadas, anuncios o conferencias en grupo
- Incluye llamadas para permitir la inclusión de otras personas en una conversación

1.8.8.3 Presentación de llamadas prioritarias: prioridad sobre otras unidades móviles en cola de espera de canal.

1.8.8.4 Solicitud de llamadas urgentes: a un destino definido o a un lugar predefinido con un mensaje especial de estado.

1.8.8.5 Solicitud del estado de una llamada: mensajes de datos sencillos (máximo 32 caracteres) para señalar el estado operacional del usuario, enviado por el canal de control.

1.8.8.6 Mensajes cortos de datos: mensajes alfanuméricos cortos enviados por el canal de control – 184 bits.

1.8.8.7 Transmisión de llamadas de datos: la transmisión de datos se hace a través de los canales de tráfico utilizando señalización de datos. En la actualizada se están preparando los métodos de señalización de datos normales. Empleado para enviar mensajes de texto entre terminales móviles a base de envío.

1.9 TIPOS DE LLAMADAS

Hay varios tipos de llamadas en los sistemas Trunking:

- De grupo
- De varios grupos
- De emergencia de grupo
- Individual
- Acceso telefónico
- De emergencia
- Llamada a todos los sistemas o a todos los grupos de usuarios
- Transmisión de datos

1.9.1 Llamada de grupo

Es el estándar de llamada de los sistemas Trunking. Este tipo de llamada es una comunicación básica de la red, establecida entre un usuario con un grupo predefinido con terminales (móviles, portátiles, fijos o de despacho). Cuando el usuario habla, todos los demás dentro de ese grupo escuchan la conversación. Una llamada de grupo puede ser a una sub - flota, a una flota o una llamada a la agencia a la cual depende el grupo ID. Una llamada de grupo puede incluir cualquier número de radios. Los grupos son a menudo llamados "grupos de conversación".

Las ventajas de las llamadas de grupo son:

- Mayor coordinación de operaciones permitiendo al usuario comunicarse entre sí instantáneamente
- Seguridad mejorada gracias a que el funcionamiento es simple. No hay necesidad de que el personal recuerde números o códigos para localizar a un usuario individual. Un usuario puede llamar otro grupo sin tener que saber quién está actualmente en ese grupo
- Normalmente los grupos son aglomeraciones de usuarios que necesitan comunicarse entre sí regularmente. Por ejemplo, dentro de un solo sistema en una ciudad, los servicios de bomberos del Norte y Sur pueden cada uno tener su propio grupo, y la fuerza policíaca podría subdividirse en varios grupos del área de operación

Un usuario sólo necesita apretar el botón PTT (Push To Talk) en su radio y hablar para poner una llamada de grupo. Todos los usuarios que han seleccionado ese grupo de conversación en sus radios oirán la comunicación.

1.9.2 Llamada de varios grupos

Permite a un usuario hacer llamadas simultáneamente a varios grupos de su empresa. Este tipo de llamadas se utiliza para coordinar tareas a más de un grupo de usuarios a la vez, dentro de una empresa.

1.9.3 Llamada individual

Cada radio tiene una dirección ID individual y única, esto hace posible la llamada individual para algún radio en el sistema. La llamada individual permite conversación uno a uno, la cual no es oída por casualidad a través de otros radios en el sistema. Las llamadas individuales específicas pueden ser preprogramadas en cada unidad de radio.

1.9.4 Llamada de emergencia

Permite a los usuarios autorizados efectuar llamadas de emergencia, que se enrutan a lugares predeterminados especialmente para estas circunstancias. Su uso se restringe a casos críticos.

1.9.5 Acceso telefónico

Permite la conexión de los terminales autorizados a la red publica y/o PABX, tanto para recibir llamadas como para generarlas. Existen terminales que poseen teclados numéricos, a fin de poder discar el número telefónico destino. Los terminales sin teclados pueden recibir llamadas telefónicas y realizarlas a través del despachador.

1.9.6 Llamada de emergencia grupal

Una llamada de emergencia se inicia presionando el botón de emergencia del radio. Una vez iniciada, el radio transmite inmediatamente la llamada de emergencia en la entrada del canal de control a todos los usuarios del grupo.

1.9.7 Llamada a todo el sistema

Le permite a un supervisor comunicar inmediatamente a todos los radios dentro del sistema. Cuando el supervisor inicia una llamada a todo el sistema, el sistema inmediatamente deja caer todas las llamadas en marcha y asigna un solo canal a todos en el sistema.

1.9.8 Transmisión de datos

Posibilita la comunicación de datos entre terminales del sistema y entre un terminal y un host. Los terminales apropiados para esta tarea poseen un conector para recibir los datos por transmitir. Estos pueden surgir de una computadora portátil, de un sistema de posicionamiento Global (GPS), de un medidor de estados, etc.

1.10 NORMAS PARA EL CONTROL DE SISTEMAS TRUNKING

Para los sistemas Trunking existen dos tipos de sistemas de control:

- Sistema basado en canal especial para control
- Sistema basado en control distribuido

1.10.1 Sistema basado en canal especial para control

Sistema que necesita como mínimo dos canales. Uno para señalización(control de trafico) que se designa como el canal de control. Los otros canales (mínimo uno) son utilizados como canales de operación(envío de la información).

1.10.1.1 . Canal de control: tiene las siguientes funciones:

- Gestión del enlace entre los radios móviles o portátiles y el sistema central
- Todos los canales pueden operar como canal de control

1.10.1.2 . Canal de operación o tráfico: tiene las siguientes características:

- Transporte de la información entre los usuarios y la central
- Todos los canales pueden operar como canales de trabajo

Cuando el radio móvil o portátil de un usuario esta activo, el monitorea el canal de control trasmitido por la repetidora sobre su área de cobertura. El canal de control transporta continuamente una señal digital entre 9,6 y 4,8 Kbps en código No Retorno a Cero (NRZ).

Los móviles y portátiles reciben y decodifican esta señal y se enganchan al canal de control. Una vez enganchados se sincronizan con el sistema central.

1.10.1.3 . Establecimiento de una llamada:

- Solicitud del canal
- Identificación y localización de los terminales origen y destino
- Asignación de canal
- Enrutamiento de la comunicación

1.10.1.4 . Proceso de llamada.

1) Solicitud

- Todos los móviles y portátiles están monitoreando el canal de control
- Cuando el usuario desea realizar una llamada presiona el PTT de su unidad y envía una petición de atención sobre el canal de control
- La petición de atención consta de:
 - Identificación del usuario que llama
 - Tipo de llamada y modo de comunicación
 - Identificación del usuario llamado
- El canal de control recibe este mensaje

2) Asignación

- El control central determina qué canal de trabajo será asignado
- Un mensaje del controlador central a través del canal de control, informa al usuario que origina la llamada y al usuario o grupos de usuario llamado que el canal de trabajo ha sido asignado
- Las unidades de radio automáticamente se conmutan a la frecuencia del canal de operación asignado.

3) Transmisión y Recepción

- El usuario que origina la llamada, escuchara un tono que indica que la conversación dará inicio. Este tono indica que ha sido asignado un canal de trabajo

- Una señalización especial a través del canal de trabajo, avisa a la unidad receptora que habilite su altavoz, permitiendo que la señal de audio se escuche

4) Terminación de la llamada

- Cuando el usuario que origino la llamada, finaliza la transmisión, libera su PTT y la unidad envía un mensaje de liberación a través del canal de trabajo el cual es recibido por todas las unidades receptoras
- Todas las unidades se sintonizan al canal de control

1.10.2 Sistema basado en control distribuido

Estos sistemas envían su señalización de control en forma de tonos sub – audibles a través de cada canal de trabajo, lo cual elimina la necesidad de un canal o canales de control. Todos los canales son capaces de enviar señalización así como señal modulada para voz.

1.11 ARMADO DE REDES TRUNKING DIGITAL

El Sistema Trunking Digital es altamente flexible, permite la configuración de la red de acuerdo a la necesidad de los clientes. Estas actúan como Redes Privadas Virtuales(VPN, Virtual Private Network), dado que los usuarios perciben el servicio como de red propia, pero con costos significativamente inferiores dado que comparten recursos entre diferentes clientes, manteniendo absoluta privacidad en sus comunicaciones.

1.11.1 Canal General (canal de operación o de tráfico)

Permite cursar una comunicación simultánea a la totalidad de los radios de su red. Teniendo el radio en dicho canal, tanto la radio base como cualquiera de los otros terminales de red establecen una comunicación Punto - Multipunto con la totalidad de los radios de red. Las personas que forman parte de la red pueden comunicarse unos con otros mediante este canal, sin tener la comunicación carácter privado. Este tipo de llamadas se utiliza para coordinar tareas con uno o más grupos de usuarios a la vez.

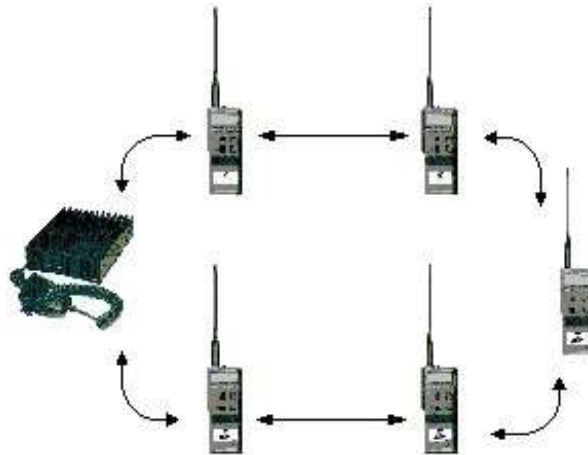


Figura 1.6. Canal General

1.11.2 Canal General Estrella

Permite la comunicación desde una base (Equipo Fijo o Portátil) hacia la totalidad de los radios en la red. A su vez los radios en la red se comunican únicamente con la base. De ésta forma se evitan las comunicaciones entre las distintas personas de la red, con una notable disminución del consumo y un control de la red totalmente centralizado.

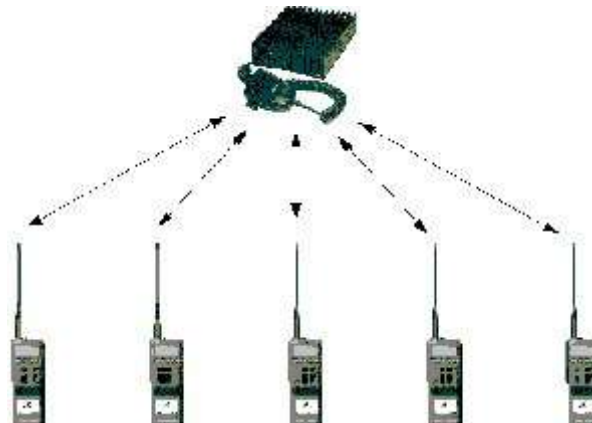


Figura 1.7. Canal General Estrella

1.11.3 Canales de grupo/ sub grupo

El Sistema de Trunking Digital permite el armado de grupos y sub grupos dentro de la misma red. Esta comunicación se efectúa entre un usuario y un grupo de terminales predefinidos. En el momento en que uno de estos usuarios habla, todos los demás dentro de ese grupo escuchan la

conversación. Para este tipo de llamadas se aplica un canal que identifica a cada grupo en particular, utilizado para impartir órdenes de trabajo grupales o para coordinación de tareas.

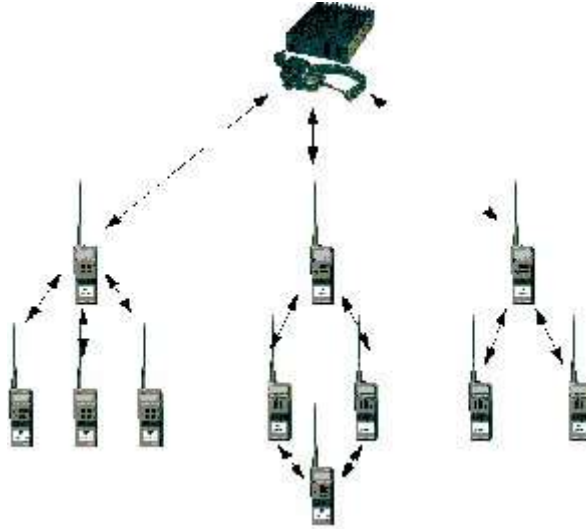


Figura 1.8. Canales de grupo/ sub grupo

1.11.4 Canales privados

El Sistema Trunking permite la configuración de canales privados. Una radio podrá tener uno o varios canales privados con uno ó más radios de la red de su empresa. Estas llamadas realizadas entre dos terminales cuentan con absoluta confidencialidad y se efectúan generalmente entre personal de supervisión, o entre éstos y alguna persona específica. Sólo los terminales previamente autorizados pueden realizar este tipo de llamadas.

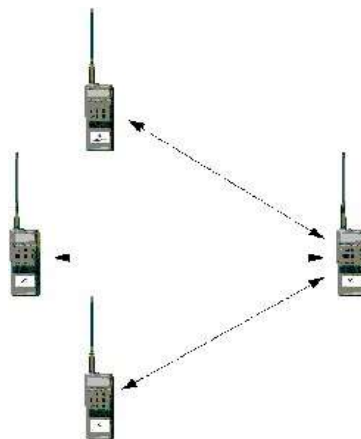


Figura 1.9. Canales Privados

1.11.5 Canal entre empresas

Permite la comunicación entre grupos de diferentes empresas vinculando los radios habilitados para ello en ambas redes. Como ejemplo y utilizando la combinación de los diferentes grupos, la red de una empresa podrá estar conformada con un canal general para la comunicación con todos los radios, un canal de flota compuesto por los vehículos de la empresa, un canal de ventas utilizado por los vendedores, un canal de seguridad utilizado por los celadores de la empresa. A su vez los gerentes de la empresa tienen su propio grupo de gerentes, contando también con privados entre ellos.

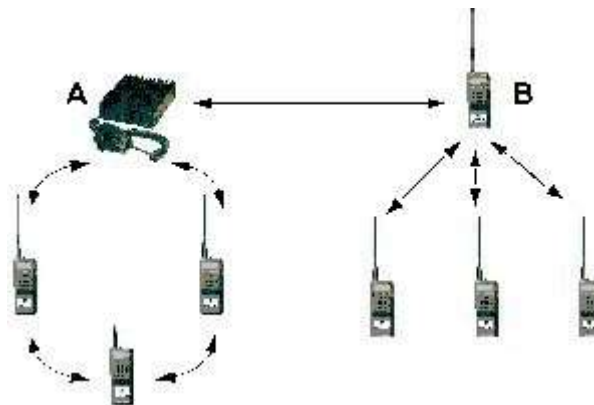


Figura 1.10. Canal entre Empresas

En el Sistema Trunking la cantidad de radios en los grupos es "ilimitada", los mismos podrán tener 5, 10, 50, 100 ó más radios y el costo de la comunicación es independiente de la cantidad de radios en el grupo.

También es importante destacar que contando con el sistema Trunking digital, las empresas podrán estar cursando más de una comunicación en forma simultánea. Esto dependerá del montaje de la red.

1.12 METODOS DE IMPLEMENTACION DE SERVICIO TRUNKING

Se tienen tres métodos o formas de implementar el servicio de Trunking:

- Por mensaje
- Por transmisión
- Por cuasi - mensaje o método mixto

1.12.1 Por mensaje

En este método el usuario mantiene el canal que le es asignado al comienzo de la comunicación durante todo su transcurso. Una desventaja importante es que no se aprovechan al máximo los tiempos de inactividad del sistema (tiempos muertos), resultando de esto una falta de eficiencia en su desempeño general. Este método es similar al de la telefonía celular para la asignación de canales.

1.12.2 Por transmisión

Consiste en asignar un canal al usuario al comienzo de la comunicación, presenta como principal característica que cuando el usuario suelta el pulsador de la transmisión el canal puede ser utilizado por otro usuario o grupo, todo lo contrario al método por mensaje que mantiene el canal durante todo el transcurso de la comunicación.

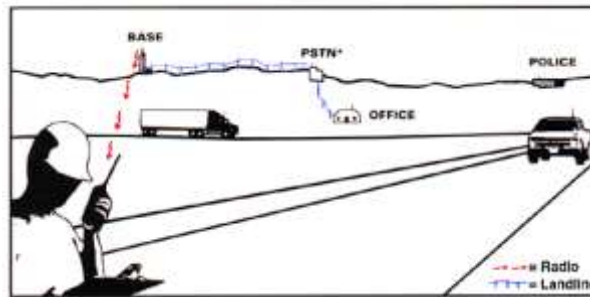
1.12.3 Por cuasi - mensaje o método mixto

Este método se basa en el de transmisión, pero con la característica que existe un tiempo de retardo al soltar el pulsar de transmisión durante el cual el canal queda retenido para ese usuario, liberándose luego si el mismo no lo ocupa. Esto permite optimizar el uso del espectro dando al usuario la impresión de que no existe interrupción de la comunicación. Además, ese tiempo de retención es variable, pudiéndose aproximar a la transmisión pura si se reduce al máximo o al Trunking por mensaje si por el contrario se lo aumenta mucho.

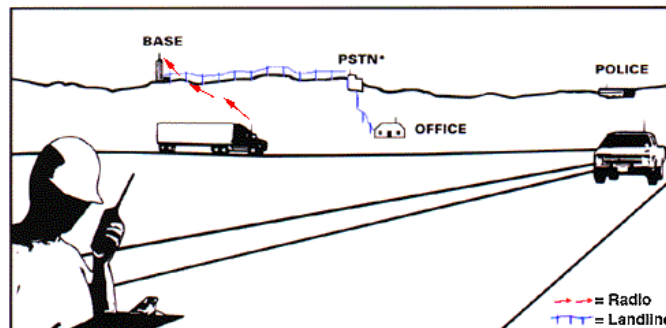
1.13 OPCIONES DE COMUNICACION

En el sistema Trunking se pueden tener distintos tipos de comunicación que en otros sistemas. Estas opciones son las siguientes:

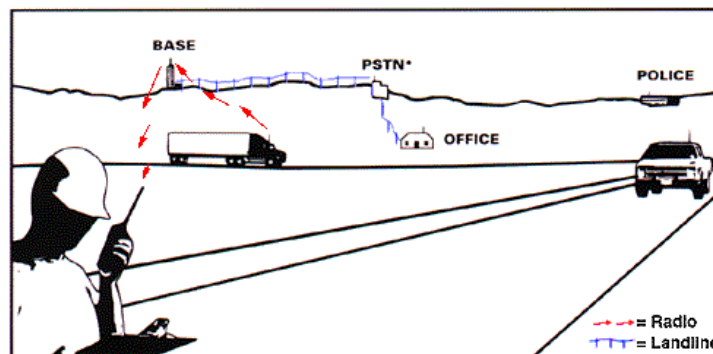
1.13.1 Un suscriptor PSTN realiza una llamada a un suscriptor móvil



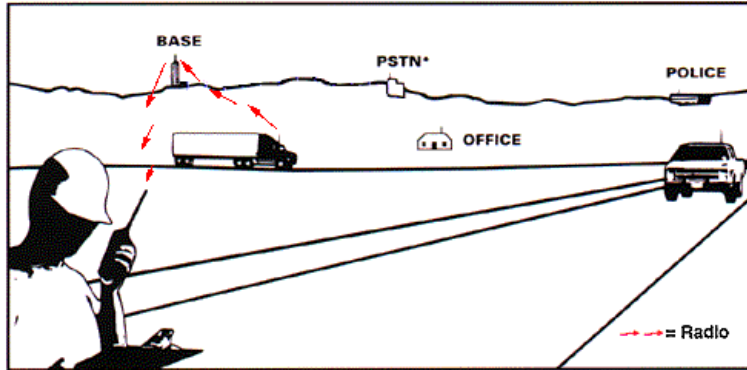
1.13.2 Un suscriptor móvil realiza una llamada a un suscriptor PSTN



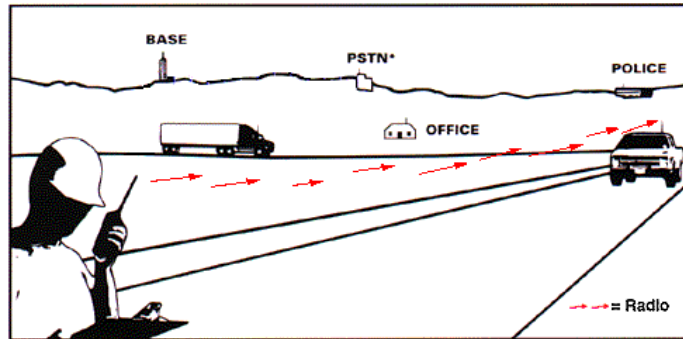
1.13.3 Comunicación entre suscriptores móviles



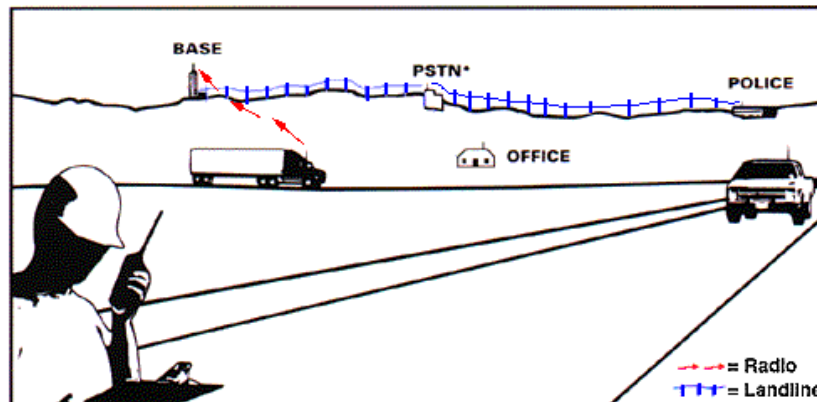
1.13.4 Una llamada de grupo



1.13.5 Comunicación Convencional de dos caminos



1.13.6 Llamada de emergencia



1.14 CARACTERISTICAS OPERATIVAS BASICAS

En un mundo cada vez más competitivo, las empresas en movimiento necesitan tener comunicado a su personal dentro de sus oficinas, como así también a aquellos que operan y se hallan fuera de éstas.

Para cubrir éstas necesidades, se cuenta hoy en día con distintas alternativas de comunicaciones móviles, de acuerdo a las necesidades de cada cliente en particular.

1.14.1 Utilidades del Canal de Control

Existen sistemas con y sin canal de control. En el primer caso el servicio se puede implementar con o sin repetidora específica para esta función. De cualquier manera, los sistemas actuales más elaborados emplean el canal de control pues mediante él se logran notables mejoras.

El canal de control es conveniente entre otros por los siguientes motivos:

- Impone disciplina a los usuarios
- Asegura una rápida respuesta para la asignación de canales a los usuarios
- Simplifica el proceso de monitoreo al cursarse la totalidad de la información del tráfico por un solo canal. Esta información es de vital importancia pues a través de ella es que se puede automatizar la facturación total y detallada del sistema

En síntesis, es el canal que más se utiliza, pues está permanentemente mandando información al aire. Por ello el mismo sistema lo rota automáticamente, dado que su uso es mucho mayor que el del resto de los canales. También existen configuraciones en las cuales el canal de control es redundante.

1.14.2 Forma de operación

Cuando no existe comunicación y mientras el equipo terminal de abonado esté encendido, el receptor de éste monitorea el canal de control.

Cuando uno de los abonados pulsa transmisión (PTT), lo primero que hace es enviar una señal de identificación en el canal de control, pidiendo la asignación de un canal para su tráfico al controlador central a través del canal control. Entonces éste le asigna un canal libre y le avisa qué canal le otorgó.

Todo esto ocurre normalmente en un tiempo menor de 250 milisegundos, siendo función exclusivamente del tráfico y la carga del sistema. El abonado se entera que le fue asignado su canal y está en condiciones de transmitir porque recibe un tono distintivo en su terminal.

1.14.3 Lista de espera y tono de disponibilidad

En caso de que la totalidad de los canales estén ocupados en el instante en el que se requiere un canal, siempre se puede acceder al canal de control, pasando el pedido a una cola de espera en la que a su vez pueden establecerse distintas prioridades.

1.14.4 Reintento automático

Si en el momento en que un terminal intenta comunicarse con el sistema éste no le responde, ya sea porque su ubicación física era desfavorable y no llegaba al receptor del canal de control o por cualquier otro motivo, este terminal continuará intentando comunicarse hasta lograrlo. Esto se denomina reintento automático y es parte de la inteligencia del sistema, aunque habitualmente la comunicación se establece en el primer intento.

1.14.5 Identificación automática del usuario

Cada usuario se identifica automáticamente ante el sistema al oprimir la tecla de transmisión (PTT). Esto es de vital importancia pues permite evitar la intromisión de extraños en el sistema y además llevar una estadística completa de la actividad de cada abonado; esta información luego se procesa y es empleada para automatizar la facturación.

1.15 CARACTERISTICAS ADICIONALES AVANZADAS

La mayoría de los sistemas Trunking existentes hoy en día poseen características que les permite superar el rendimiento de los primeros sistemas desarrollados.

1.15.1 Llamadas y alarmas de emergencia

El equipo posee un interruptor de "emergencia" que al ser pulsado emite una señal especial al canal de control. A partir de ese instante el sistema le da a ese usuario un canal para su tráfico, con la máxima prioridad posible.

Se denomina "Llamada de emergencia" al proceso por el cual se le asigna un canal para la transmisión de voz en esa condición especial. A su vez, se llama "Alarma de emergencia" al mismo proceso pero durante el cual lo que se envían son datos.

1.15.2 Reagrupamientos dinámicos

En condiciones normales de funcionamiento los usuarios integran diversos grupos, según la arquitectura de diseño del sistema. Es posible prever reagrupamientos especiales que se ejecutan ante una situación determinada, por ejemplo de catástrofe, para determinados grupos de usuarios: policías, ambulancias, bomberos, etc. Esto significa que a través del canal de control se reconfigura automáticamente la red ante una circunstancia determinada, pasada la cual se restauran los agrupamientos normales del sistema.

1.15.3 Inhabilitación selectiva

Se ejecuta también a través del canal de control. El sistema posee inteligencia que rastrea por seis meses a cualquier equipo robado. Ante una situación de estas características se bloquea dicho abonado, al ser detectado apenas se enciende el aparato en cuestión. Al ocurrir esto, ese aparato no puede volver a ser utilizado ni en ese sistema ni en otro, en tanto no se lo rehabilite técnicamente en la oficina central.

1.15.4 Interconexión telefónica

Existe la posibilidad que cualquier abonado del sistema reciba y también que efectúe llamadas telefónicas. Esto último puede hacerse agregando un accesorio con el teclado DTMF adecuado o sin éste mediante el uso de números previamente almacenados en la memoria del terminal.

En razón de que este uso degrada el rendimiento general del sistema al requerir al usuario en cuestión un canal exclusivo mientras mantiene su comunicación telefónica, su uso se puede regular estableciendo un tiempo máximo de conexión que también puede ser función de la hora del día, minimizándose o aún anulándose en las horas pico de tráfico y aumentándose hasta poder realizarse casi sin restricciones en las horas de menor tráfico.

1.16 CONCENTRACION DE ENLACES

La tecnología de concentración de enlaces es una solución muy fiable que utilizan sobre todo las empresas y organizaciones con grandes flotas de vehículos que gestionar, como las de servicios de distribución y de mensajería, las compañías de taxis, las ambulancias, la policía, los bomberos, las organizaciones de socorro y los transportes públicos.

El sistema está constituido por una estación central base y una serie de receptores móviles en torno a la misma, utilizados por los usuarios, que comparten un conjunto de canales radioeléctricos gestionados según las necesidades de cada uno. Normalmente, la estación base, que suele encontrarse en la sede de la empresa o en la oficina central, transmite por un canal llamado canal base, mientras que las unidades móviles transmiten por otro canal conectado, llamado canal móvil. Gracias a un sistema de repetidores, las comunicaciones desde la estación de base pueden escucharse normalmente en todas las unidades móviles, lo cual mejora la comunicación de móvil a móvil y, en última instancia, redundante en la eficacia empresarial. El inconveniente es que, cuando todos los canales se están utilizando, las unidades móviles tienen que esperar a que un canal se libere para ponerse en contacto con la base.

Los sistemas digitales de concentración de enlaces permiten comunicaciones simultáneas de voz y datos a velocidades de hasta 28,8 Kbps. Las normas más conocidas de estos sistemas son Radio Trunking Terrestre (TETRA, Terrestrial Trunked Radio Access), Tetrapol, APCO 25, Sistema de

Comunicación de Acceso Digital Mejorado (EDACS, Enhanced Digital Access Communications System) y Red Mejorada de Despacho Integrado (iDEN, Integrated Dispatch Enhanced Network). En los próximos dos años se espera que estas normas sirvan a un mercado de servicios de este tipo que representa 5 000 millones de dólares en todo el mundo.

1.17 APLICACIONES BASICAS DE UN SISTEMA DE TRUNKING

Un sistema de estas características es ideal para brindar comunicaciones del tipo despacho. Es posible formar diversos grupos de trabajo y comunicarse según se desee en uno u otro grupo.

Este sistema es ideal para establecer las comunicaciones en forma organizada dentro de las empresas pues se asegura que los únicos destinatarios posibles del sistema, son los debidamente registrados en los grupos. Es posible habilitar usuarios en distintos niveles jerárquicos de manera que los de nivel inferior sólo tengan la posibilidad de comunicarse entre ellos o con su jefe inmediato, mientras que los de máxima jerarquía posean todos los privilegios, inclusive recibir y realizar llamadas telefónicas.

En la Figura 1.11 se puede observar un esquema simplificado de la organización grupal de comunicaciones que permite el Trunking. En el grupo 1 puede haber una cantidad determinada de estaciones móviles, fijas y también portátiles. Si éstas integran el mismo grupo, podrán comunicarse entre sí con la privacidad necesaria, es decir el resto de los usuarios de otros grupos, no los escucharán. Dentro de ese grupo es posible establecer otros subgrupos lo que significa que pueden organizarse otras redes de comunicación, por ejemplo con una reducida cantidad de usuarios de una zona dentro de ese grupo. También es posible asignar derechos variados a los usuarios del grupo, esto es, los de menor jerarquía podrán comunicarse solamente con integrantes del grupo o a lo sumo con su jefe inmediato. Los del siguiente nivel podrán por ejemplo conectarse también con otro nivel jerárquico superior a su jefe. Los de un nivel siguiente podrán además de lo anterior recibir llamadas telefónicas. Por último, los de máxima jerarquía podrán además de todo lo anterior efectuar llamadas telefónicas y acceder a cualquiera de los integrantes del grupo y subgrupos que se forman dentro de él.

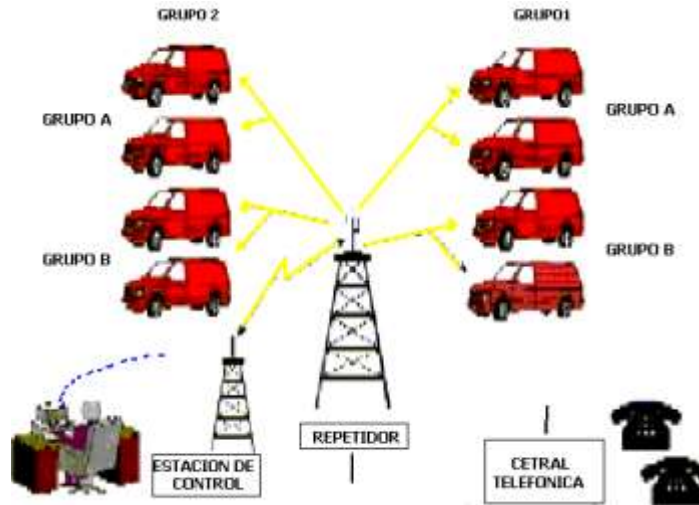


Figura 1.10. Organización grupal de comunicaciones Trunking

El sistema también resulta ideal para la transmisión de datos para lo cual es un excelente soporte. Entre las aplicaciones posibles de estas características una potencial es la de posicionamiento vehicular AVL (Localización Automática de Vehículos).

1.18 DIFERENCIAS CON SISTEMAS CONVENCIONALES DE RADIOCOMUNICACIONES

Trunking	Radiocomunicación Convencional
Opera en 800MHz	136-174MHz (VHF) / 450-512MHz (UHF)
Múltiples canales	Un Solo canal
Libre de nterferencias	Interferencias
No necesita grandes antenas	Necesita grandes antenas
Inmediata activación del servicio	Presenta demoras en la instalación
Comunicaciones programables de acuerdo a las necesidades del cliente	Un solo tipo de comunicación
Fácil de operar	Complicado de operar
Amplia cobertura	Reducida cobertura
Baja inversión inicial	Alta inversión inicial
Tecnología de punta	Tecnología obsoleta

1.19 COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MOVILES

Características	Trunking Digital	Celular	Buscapersonas (Beeper)
Comunicación de dos vías	Si	Si	No
Confirmación de la comunicación	Si	Si	No
Comunicación grupal	Si	No	Si
Grupos sin límite de terminales	No	No	Si
Comunicación individual al mismo costo que la comunicación Grupal	Si	N/C	No
Comunicación instantánea	Si	No	No
Fracciona por segundo	Si	No	N/C
Facturación globalizada	No	No	No
Equipos de alta potencia	No	No	N/C
Mismo costo en la base que en cada uno de los radios	No	N/C	N/C

N/C: No es conocido

1.20 EQUIPOS

- Equipos Bases
- Equipos Móviles
- Equipos Portátiles

1.20.1 Equipos Bases

Son aquellos que se instalan fijos en la Oficina Central del Cliente, base de operaciones de su red, con sus centros de manejo de tráfico, etc. El mismo se alimenta con 110V, cuenta con micrófono de palma o manos libres y diversos accesorios para dar a la misma un uso intensivo, simplificando la tarea del operador. Estos equipos son de mayor potencia que los equipos portátiles (en algunos casos hasta 35 vatios) y cuentan con antena externa direccional para optimizar la recepción.

1.20.2 Equipos Móviles

Son de similares características que las bases, con la diferencia que se instala dentro de un vehículo, se alimenta de 12V y cuenta con un gran alcance gracias a las distintas alternativas de potencia de las radios y su antena.

1.20.3 Equipos Portátiles

Son de mano, de reducido peso y con su propia batería de alimentación. Se encuentran equipos de distintas potencias desde 1,5 vatios llegando en algunos casos hasta los 3 vatios.

2. SISTEMAS TRUNKING DIGITAL Y ANALOGICO

Gracias al avance de la tecnología y el progreso de los sistemas de integración se ha remplazando la tecnología Trunking analógica por la digital, proporcionando nuevos y mejores servicios, que son prestados por sistemas como iDEN, EDACs y TETRA. Hoy en día todavía se cuenta con sistemas analógicos, ya que estos ofrecen menor costo, y el cambio hacia tecnologías digitales abarca grandes inversiones.

A continuación se darán las características más importantes de cada uno de los sistemas Trunking Analógico y digital.

2.1. SISTEMAS TRUNKING ANALOGICOS

Los sistemas Trunking analógicos tuvieron su auge durante los años 80. Tenían capacidades de acuerdo a la tecnología del momento. Desde su principio los sistemas Trunking han tenido como principal objetivo el poder brindar servicio de comunicación a grupos de usuarios, dentro de los que se destacaban: bomberos, policía, grupos empresariales y demás.

2.1.1. Características

Los sistemas analógicos cuentan con un rango de características que superan a la radio convencional, pero también mantienen muchas de las falencias que conllevaron a la creación de los sistemas de comunicación Trunking digitales.

2.1.1.1. Seguridad: los sistemas analógicos cuentan con un alto grado de vulnerabilidad a que intrusos puedan detectar llamadas e interferirlas.

2.1.1.2. Costo: en los sistemas analógicos el costo de la comunicación es más reducido que el sistema digital, gracias a que es menos complejo tanto su software como su hardware.

- 2.1.1.3. Calidad de las comunicaciones:** los ruidos y las interferencias que suele soportar los sistemas analógicos dificultan las comunicaciones.
- 2.1.1.4. Utilización del espectro:** debido a que no se utiliza compresión de voz se presenta una conversación por cada frecuencia, lo que no permite una eficiente utilización del espectro.
- 2.1.1.5. Servicios:** los sistemas analógicos están desprovistos en forma fácil de acceder a las nuevas tecnologías de datos como Internet.
- 2.1.1.6. Gestión:** la inteligencia de control esta en el sitio de repetición. Y la lógica de troncalización limitada en el radio. Los canales de comunicación operan básicamente como canales de radio centralizados. Además no existe una base común de datos para todo el sistema ni tampoco un registro de llamadas realizadas por los usuarios.
- 2.1.1.7. Asignación de canales:** en sistemas analógicos de gran potencia, los canales asignados a un grupo de conversación son independientes de otros. Cada usuario móvil se establece para operar en un solo canal, y si este canal está ocupado por otra conversación, el usuario tiene que esperar hasta que quede libre para hablar, aun cuando un canal adyacente este desocupado. Esto es una desventaja para el usuario que puede tener que intentar muchas veces para conseguir un canal libre.
- 2.1.1.8. Funcionamiento:** básicamente el modo de funcionamiento previsto es semidúplex; no obstante, la operación dúplex no debe excluirse en tanto que esta facilidad no implica un costo adicional en el desarrollo ni en frecuencias.
- 2.1.1.9. Selección de un Canal Libre:** los sistemas analógicos le ofrece al usuario un canal único. Cuando el usuario desea hacer una llamada, es posible que este canal esté ocupado por otro usuario. El usuario que lo desea utilizar deberá esperar hasta que termine la conversación y entonces competir con otros usuarios para utilizar el canal desocupado.
- 2.1.1.10. Cola de llamadas:** en un sistema Trunking analógico, los usuarios comparten un conjunto de canales para sus demandas de comunicación. Si no hay un canal libre cuando

el usuario hace una llamada, la llamada se coloca en régimen de espera durante unos cuantos segundos hasta que el canal quede desocupado. El resultado es que el usuario tiene que esperar menos tiempo y disfrutar de un servicio de mejor calidad.

2.1.1.11. Exclusividad del Canal: en un sistema Trunking analógico, usuarios descorteses pueden interrumpirle una llamada en progreso.

2.1.1.12. No facilita las llamadas Selectivas: en la mayoría de los sistemas analógicos, las llamadas selectivas, son una opción costosa o tal vez no disponible del todo, ya que no cuenta con las herramientas hardware y software que permitan la interacción de los diferentes sub-grupos o individuos en el sistema.

2.1.1.13. Requiere Licencia: en los sistemas analógicos, es requerido por los EEUU que los usuarios posean una licencia en donde se les autoriza a utilizar una frecuencia en específico.

2.1.1.14. Compatibilidad entre los sistemas: a diferencia de los sistemas digitales, los sistemas analógicos cuentan con una gran compatibilidad entre ellos mismos, gracias a que no tienen un hardware y software demasiado complejos. Los repetidores en el sistema no requieren de interconexiones o software especiales.

2.1.1.15. Fácil instalación: los sistemas analógicos son simples a la hora de diseñar y de instalar.

2.1.1.16. Modos de operación: los sistemas analógicos operan en tres modalidades:

- Búsqueda normal del repetidor
- Conversación
- Adquisición

2.1.2. Sistemas analógicos

Algunos de los sistemas analógicos que se encuentran dentro del mercado están: Smartrunk, RTX, E-trunk, Vx Trunk, Lancer, Zetrón.

2.1.2.1. Sistema Zetrón: dentro de las características de este sistema se encuentra:

- Tiene una base de datos de hasta 1000 usuarios para validar móviles que buscan acceder al sistema
- Soporte de radio a sistemas convencionales
- Llamada de móvil a fijo
- Llamada de fijo a móvil
- Llamada de móvil a móvil

2.1.2.2. Sistema Vertex

- Banda de trabajo VHF 134-174 MHz
UHF 400-512 MHz
- Potencia de radios portátiles 4-5 vatios
- Potencia de radios móviles 25-40 vatios
- Limite de la llamada desde 2.5 hasta 55 minutos por usuario
- Acceso a la línea telefónica línea 1 o línea 1 y 2 por usuario
- Código de usuario Código de señalización DMTF de 5 dígitos
DMTF de 5 dígitos
- Código paging código de señalización
DMTF de 4 dígitos

En el mundo actual de la radiocomunicación, los sistemas analógicos continúan siendo preferidos por su confiabilidad y precio accesible, incluso en las economías más fuertes como en Estados Unidos. Pero definitivamente, el futuro es digital en todos los sentidos.

2.2. TRUNKING DIGITAL

2.2.1. Características: Los sistemas Trunking Digital ofrecen todas las características de las nuevas tecnologías en comunicaciones, en respuesta a las mejoras a los antiguos sistemas

analógicos. Convirtiéndose en una gran alternativa sobre los sistemas celulares para los grupos empresariales y demás usuarios.

2.2.1.1. Seguridad: la tecnología utilizada hace casi imposible la interferencia de llamadas, mediante un formato de señalización digital propietario para la seguridad del sistema.

2.2.1.2. Simplicidad: no hace falta marcar números ni códigos, tampoco hay que esperar tono ni aguardar a que atiendan, una de las principales cualidades del sistema es la comunicación instantánea.

Todo lo necesario para establecer una comunicación será presionar un pulsador (PTT), en ese momento el sistema Trunking tomará un canal y la comunicación ya estará establecida. El tiempo en tomar canal es inferior a los 500 milisegundos.

2.2.1.3. Sistema controlado por computador: esto asegura la utilización eficaz del espectro radioeléctrico disponible y virtualmente elimina el retraso tradicional experimentado por unidades de área al intentar conseguir un canal de radio. Siempre que se oprima el botón para conversación (PTT), el sistema encuentra un canal de radio libre y se le asigna la llamada. Si todos los canales están siendo utilizados, la llamada realiza la cola automáticamente, hasta que un nuevo canal este libre. Desde el punto de vista del usuario, la troncalización digital asegura que un canal de comunicación este disponible casi en cuanto el botón de PTT se oprima. Incluso con la búsqueda para un canal libre, el cálculo de nivel de prioridad, la autorización de acceso, y la puesta de la llamada total toma menos de 0.25 segundos desde un sitio único y menos de 0.5 segundos para una llamada multisitio.

2.2.1.4. Modos de comunicación: la tecnología digital permite varios modos de comunicación, entre los que se resaltan:

- Voz analógica
- Voz digital
- Voz encriptada

2.2.1.4.1. Voz Analógica: los radios digitales pueden operar en modo analógico. Las llamadas normales son comunicaciones analógicas FM.

2.2.1.4.2. Voz digital: Voz digitalizada con señalización digital para la selección de grupos de conversación y otras funciones.

2.2.1.4.3. Voz digital encriptada: la encriptación de la voz ya digitalizada proporciona comunicaciones muy seguras.

2.2.1.5. Voz digital: los sistemas Trunking digital cuentan con tecnología de comunicación de voz digital de alta velocidad. Esta representa el primer paso hacia la radio digital de futuro. Proporcionando excelente claridad de audio, mejora el comportamiento de los móviles en el cambio de área, además mejora la seguridad al sistema existente.

La Voz digital es transmitida utilizando modulación digital GFSK sobre los canales de trabajo a 9,6 Kbps con la misma velocidad de transmisión que el canal de control.

2.2.1.6. Datos digitales: los sistemas Trunking digitales ofrecen ventajas de funcionamiento integradas. Voz analógica, voz digital y los datos digitales son troncalizados en todos los canales del sistema. Esto proporciona un rango único de opciones de servicios, economía y no presenta impedimentos a la expansión funcional. Se tienen dos opciones para los terminales de datos móviles (MDTs, Mobile Data Terminals):

- Los terminales construidos para proporcionar los datos móviles
- Terminales basados en MS- DOS, PCs portátiles

Los MDTs especializados son la solución apropiada para muchas agencias de seguridad públicas que tienen aplicaciones desarrolladas para el ambiente de MDT. La opción de terminales MS- DOS es apropiada para las aplicaciones extendidas fuera de la oficina y que son aplicaciones de PC en el ambiente móvil.

2.2.1.7. Datos móviles: mejoran gradualmente la eficacia y eficiencia de las comunicaciones y la utilización del espectro radioeléctrico. Puede proporcionar un número de funciones como las siguientes:

- Acceso a la base de datos central, incluso a registros automovilísticos o datos de servicio del cliente
- Adquisición de los datos, como leer el correo electrónico o señales de alarma remotas
- Control de aplicaciones, como automatización de la distribución eléctrica

2.2.1.8. Información de localización: los sistemas digitales poseen un sistema de gestión, que permite la localización de los usuarios en cualquier lugar.

2.2.1.9. Localización de la unidad: a través del sistema de gestión, el administrador de la red puede determinar rápidamente la localización de cualquier unidad en el sistema y su respectivo grupo.

2.2.1.10. Localización de grupos: a través del sistema de gestión, el administrador de la red puede determinar rápidamente la distribución de los radios en el sistema, para cada grupo de conversación.

2.2.1.11. Base de datos común – interfaz única: los sistemas digitales tienen una base de datos común, la cual soportan las consolas de despacho. Esta base de datos permite alianzas, acceso a grupo/unidad y prioridades como el cambio a un único terminal de dirección.

2.2.1.12. Interfaz a la red convencional (CNI): permite establecer una conexión entre el mundo convencional y el mundo troncalizado. CNI automatiza totalmente el eslabón de comunicación entre el sistema convencional existente y el nuevo sistema troncalizado. No se requiere ninguna intervención del despachador

2.2.1.13. Handover: puede darse un restablecimiento automático de las llamadas en cualquiera de las zonas de cubrimiento.

2.2.1.14. Acceso a red de datos: se necesita un acceso directo X.25. así mismo se requiere accesos a redes IBM/SNA, que puede conseguirse vía un X.25 –IBM/SNA.

2.2.1.15. Autonomía del terminal: el sistema debe diseñarse en orden a optimizar la autonomía del terminal utilizando las soluciones técnicas idóneas como modalidad de ahorro de batería y control de potencia radiada.

2.2.1.16. Interfaz hombre maquina: se tiene una interfaz amigable de fácil manejo con indicadores audibles y visuales.

2.2.1.17. Selección automática de un canal: en un sistema digital, la selección de canales es automática. Cuando el usuario inicia una llamada, el sistema troncalizado monitorea cada canal y selecciona un canal libre.

2.2.1.18. Llamadas selectivas: provee una extensa capacidad de llamadas selectivas. Esto significa que el usuario puede llamar selectivamente a diferentes sub-grupos o individuos en el sistema.

2.2.1.19. No requiere licencia: ahora solamente el operador del sistema administra la licencia.

2.2.1.20. Operación failsoft: Las comunicaciones pueden continuar a pesar de la eventualidad (poco probable) de fallas en el controlador central.

2.2.1.21. Capacidad: los sistemas digitales cuenta con la una gran capacidad para satisfacer un gran número de usuarios:

- Hasta 24 canales esperando en el sistema.
- Capacidad para más de 8.000 suscriptores para aplicaciones móviles.
- "apagado del radio" remotamente para deshabilitar clientes ilegales o por no pago.
- Disponibles más de 300.000 códigos de identificación paging

2.2.1.22. Compresión de voz: Utiliza compresión de voz, permitiendo varias conversaciones en una frecuencia, dependiendo del sistema.

2.2.1.23. Incorporación de nuevas tecnologías: los sistemas digitales tienen acceso a nuevas tecnologías como WAP (Internet en su unidad), correo electrónico, casillero de voz.

2.2.1.24. Calidad: excelente calidad, Opera en la banda de 800 MHz, cercana a la banda celular, brindando una alta cobertura y calidad de audio en zonas urbanas.

2.2.1.25. Confiabilidad: alta confiabilidad utilizando Hardware redundante en los sitios, con generadores propios que garantizan la continuidad del servicio ante eventuales cortes de energía.

2.2.1.26. Flexibilidad: los sistemas Trunking digital cuentan con una gran flexibilidad para permitir comunicaciones a Grupos, Sub grupos y llamadas individuales o entre diferentes empresas.

- Comunicación sin límites: No limita la cantidad de radios por grupo
- Comunicación al instante, con tan solo presionar el pulsador (PTT)
- Mayor intensidad de la señal

2.2.1.27. Aumento del área de cobertura: los sistemas Trunking digital son a menudo empleados donde existe un número limitado de frecuencias disponibles, donde el área de cobertura es grande, y donde hay una necesidad de una fuerte señal de RF en áreas de construcciones altas.

2.2.1.28. Economía: el sistema Trunking digital globaliza los minutos de cada abono, cobra solamente los segundos de comunicación de quien pulsa el PTT, factura de igual forma una comunicación individual que una comunicación a 50, 100 ó más radios de cobertura.

2.2.1.29. Tolerancia a fallos: si un enlace de comunicaciones o uno o más sitios fallan, estos sitios pueden seguir en funcionamiento en modo Trunking paso por paso utilizando los canales disponibles.

2.2.2. Sistemas Trunking digitales

Hoy en día se encuentran en el mercado siete tipos de sistemas digitales. Estos presentan un gran número de características, que los hacen diferentes los unos de los otros.

Espectralmente la eficiencia de los sistemas de radio digitales fue sometida a estudio por el grupo 8 de la Unión de Telecomunicación Internacional de Radiocomunicación (ITU-R, International Telecommunication Union's Radiocommunication). Tres de los sistemas utilizan FDMA, los otros tres sistemas utilizan TDMA, y uno utiliza un nuevo método llamado Acceso Múltiple por Salto en Frecuencia (FHMA, frequency hopping múltiple access). Los tres sistemas de FDMA son Project 25, Tetrapol, y el Sistema de Comunicación De acceso Digital Mejorado (EDACS, Enhanced Digital Access Communications System ,por L. M. Ericsson AB). Los tres sistemas de TDMA son el Radio Trunked Terrestre (TETRA, Terrestrial Trunked Radio Access), el Sistema Digital Radio Móvil Integrado (DIMRS, Digital Integrated Mobile Radio system), y Radio Digital Integrada (IDRA, Integrated Digital Radio). El sistema de FHMA es elaborado por Geotek Inc.

Se proponen principalmente tres de los siete sistemas para las redes públicas orientadas (DIMRS, IDRA, y Geotek), tres para las redes privadas (Proyecto 25, Tetrapol, y EDACS) y TETRA se propone como una solución para las redes públicas y privadas. En el anexo A se trata con más detalle el sistema EDACS y los estándares para sistemas Trunking Project 25 y TETRA

2.2.2.1. Project 25: fue sometido por los Estados Unidos a estudio por parte del grupo 8 de la ITU-R. Este incluye a una familia de dos métodos de modulación (C4FM y CQPSK) que utiliza un receptor de ancho de banda común de 6,25 KHz. C4FM adapta la información dentro de un canal enmascarado de 12,5 KHz y utiliza modulación de envolvente constante (es decir, no requiere un amplificador lineal). CQPSK encaja la información dentro de un canal enmascarado de 6,25 KHz y requiere la utilización de un amplificador lineal para proporcionar un funcionamiento troncalizado y no troncalizado.

2.2.2.2. Tetrapol: fue sometido a estudios por Francia al grupo 8 de trabajo de la ITU-R. Utiliza una técnica de modulación de envolvente constante que encaja la información dentro de un canal enmascarado de 10 KHz. Los sistemas son utilizados en varios países en Europa y alrededor del mundo. Matra es el fabricante principal de este equipo.

Tetrapol es una técnica de FDMA que tiene una tasa de bits de 8,0 Kbps y puede ser canalizado dentro de espacios entre canales de 10 KHz. El equipo de Tetrapol ha sido fabricado por Matra durante varios años y ha estado en servicio en Francia y varios otros países. El Foro de Tetrapol es uno de los defensores más fuertes de FDMA contra TDMA. La banda angosta de los sistemas digitales como Tetrapol tienen un rango mayor que los

sistemas de TDMA (como TETRA) y la eficacia espectral global es mayor, incluso en áreas urbanas como París (debido a la frecuencia de reuso y simulcast).

2.2.2.3. EDACS: fue sometido por L. M. Ericsson AB al grupo 8 de trabajo de la ITU-R, con apoyo de la administración sueca. Utiliza una técnica de modulación de envolvente constante y tiene cuatro niveles diferentes de desviación y filtrando que pueden producir el encajado de la señalización dentro de canales de 25 KHz y 12,5 KHz.

EDACS es una técnica de FDMA que tiene una velocidad de bits de 9,6 Kbps y puede ser canalizado dentro de canales 25 KHz o 12,5 KHz dependiendo de la desviación seleccionada y la filtración empleada. Cuando la desviación se disminuye y se aumenta la filtración, probablemente el rango está reducido.

2.2.2.4. TETRA: fue sometido a estudio por varios países europeos al grupo 8 de trabajo de la ITU-R en nombre de ETSI. El modo primario de TETRA utiliza modulación B/4DQPSK que requiere un amplificador lineal y cuatro ranuras de tiempo TDMA dentro de un canal enmascarado de 25 KHz, que tiene una velocidad de bits por canal aproximadamente de 9 Kbps. Se requiere amplificadores lineales.

La máxima potencia recomendada para los radios TETRA es significativamente menor que para los radios del Project 25 (ej. Estaciones base, 25 vatios vs. 500 vatios; radios móviles, 10 vatios vs. 110 vatios; portátiles, 1 vatio vs. 5 vatios).

2.2.2.5. DIMRS: fue sometido a estudios por Canadá al grupo de trabajo 8 de la ITU-R. Es un sistema de seis ranuras TDMA que utiliza modulación 16QAM que encaja la información dentro de un canal de 25 kHz. Se diseña principalmente para los sistemas públicos y es utilizada en varios países alrededor del mundo. Motorola Inc es el fabricante principal de este equipo, bajo el nombre de Red mejorada de Despacho integrado (IDEN, Integrated Dispatch enhanced Network). Una gran diferencia entre DIMRS y los otros sistemas es la utilización de un codificador de voz diferente. Se cree que Motorola es en la actualidad el principal fabricante de este equipo.

2.2.2.6. IDRA: fue sometido a estudios por Japón al grupo 8 de la ITU-R. También es un sistema de seis ranuras TDMA que utiliza 16QAM y encaja la información dentro de un canal de 25 kHz.

DIMRS y IDRA son técnicas de seis ranuras TDMA, de canalización de 25 KHz que comparten muchas de las mismas características técnicas. Los sistemas de DIMRS son operacionales en varios países. Las técnicas se diseñaron para alta capacidad: redes compartidas, públicas y no prestan servicios a redes privadas.

2.2.2.7. FHMA: fue sometido a estudios por Israel al grupo de trabajo de la ITU-R. El sistema hace uso del salto en frecuencia y de estaciones base con antenas sectorizadas para ganar eficacia del espectro. Las señales están protegidas de errores y cuando un radio está en un límite del sector, debido a los diferentes modelos del salto en frecuencia entre los sectores, la interferencia de los radios cercanos en el otro sector se minimiza.

FHMA se diseña para proporcionar una alta capacidad a redes compartidas, y redes públicas. Los sistemas de FHMA han sido construidos por Geotek Inc. y están en funcionamiento en varias ciudades en los Estados Unidos. Cuenta con algunas ventajas económicas en ciertas situaciones (es decir, los radios no son complejos y podrían construirse potencialmente a un costo bastante bajo).

2.2.2.8. TDMA: dentro de las ventajas que tiene TDMA, se encuentra:

- La utilización de ranuras de tiempo en una misma portadora para un repetidor vehicular, transmisión simultánea de voz y datos, y supervisión mientras se esta transmitiendo
- Reducción en el número de portadoras de RF y de esta manera los subproductos del intermodulación no deseados
- Reducción en el número de transmisores del repetidor y combinadores de la antena

2.3. TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS SISTEMAS TRUNKING DIGITAL Y ANALOGICO

Tabla 2.1. Comparación entre los sistemas Trunking Digital y Analógico

Características	Sistema Trunking	
	Analógico	Digital
Seguridad	Baja confiabilidad	Alta confiabilidad
Asignación de canales	El usuario debe realizar varios intentos	La comunicación se establece en menos de 0,25 segundos
Voz	Analógica	Digital
Datos	No tiene la capacidad	Datos, digitales y móviles
Recuperación de la información		Proceso de corrección de errores
Información de Localización	No habilitado	A través del sistema de gestión
Competitividad	Con los sistemas Trunking digital	Con sistemas celulares
Interoperabilidad	Fácil Interoperabilidad entre los sistemas analógicos	No son interoperables entre los distintos sistemas
Roaming	Presenta gran dificultad	Restablecimiento automático
Autonomía	Control centralizado	En los terminales y el sistema
Selección de canales	Centralizada	Automática
Tipos de comunicación	Llamadas individuales Llamadas de grupo	Llamadas individuales Llamadas de grupo Servicio de mensajería corta Transmisión de datos
Expansiones	Presentan dificultades	Fácil de realizar
Capacidad de usuarios	Media	alta
Nuevas tecnologías		Internet WAP
Tolerancia a fallos	Baja	Alta
Costos de implementación	Bajos	altos
Precios	Bajos	Altos
Cobertura	Mínima	Máxima

3. RED MEJORADA DE DESPACHO INTEGRADO (IDEN, INTEGRATED DISPATCH ENHANCED NETWORK)

El sistema de acceso troncalizado iDEN de la compañía Motorola, es un sistema totalmente digital, que integra los servicios de despacho, acceso telefónico, buzón de voz para mensajes breves y transmisión de datos.

3.1 MODULACION Y CODIFICACION

El sistema iDEN es 100% digital en la señalización desde el Centro de Control del Sistema (SCC, System Control Center) hasta la terminal de usuario y viceversa. También es digital en el sistema de radio frecuencia (Transmisión de Voz y Señalización). Para los canales de Trunking se utiliza la modulación digital 16QAM y las tecnologías de acceso TDMA y codificación de voz VSELP, que permite establecer hasta 6 canales de voz en un solo canal radio de 25 KHz, en la banda de 800 MHz. Esta combinación asegura que la información siempre esté encriptada en todos los canales de voz, y que se podrá transmitir al aire libre.

La modulación digital 16QAM (modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados) se produce mediante una combinación de posiciones en amplitud y corrimientos de fase que hace un uso más eficiente del canal de RF.

El sistema de compresión de voz digitalizada (Vector Sum Excited Linear Prediction, VSELP) toma la voz digitalizada del proceso PCM, realiza el algoritmo de predicción y genera una señal de compresión representativa.

La técnica de acceso TDMA toma un conjunto dado de canales de frecuencia y los divide en bloques discretos de ranuras de tiempo. En iDEN, una frecuencia dada es dividida 6 ranuras de tiempo. Cuando se inicia una llamada se asigna un recurso en iDEN, se asignan un radio canal y una ranura de tiempo en el radio canal. Cuando se finaliza la llamada, ese recurso queda disponible para reasignación. El sistema de modulación, combinado con las tecnologías de acceso y compresión aplicadas al sistema iDEN dan como resultado que por cada radio canal de 25 KHz se

puedan transmitir seis(6) canales de voz, proporcionando tres beneficios importantes para los usuarios y las compañías operadoras del sistema:

- Aumento en la calidad de voz
- Consistencia de la transmisión
- Mayor capacidad de tráfico

Una vez ejecutados los procesos de codificación y compresión de voz, la información se transmite por RF. El sistema iDEN utiliza TDMA para obtener una máxima eficiencia del espectro y también para regular el acceso a los recursos de radiofrecuencia.

3.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA iDEN

3.2.1 Sistema Transreceptor Base Mejorado, Estación Base(EBTS, Enhanced Base Transceiver System)

En las instalaciones de la Estación Base (EBTS) se concentran los equipos de RF y de control asociados con la transmisión de la información desde y hacia los usuarios. Estos equipos están conformados por: un Controlador de Sitio Integrado (ISC, Integrated Site Controller) equivalente al ACG(Access Control Gateway), las Radio Bases (BR, Base Radio), el sistema de distribución de radiofrecuencia(RFDS, RF Distribution System), un control Referencia Tiempo/Frecuencia (TFR), un receptor y una antena para sincronización, una interfaz de red LAN y antenas de radiofrecuencia. La Estación Base proporciona el transporte de información de control y voz entre la red y las unidades móviles o terminales de usuario, a través de un canal de radio multiplexado, enviando a los controles centrales los datos de tráfico, la información de estado de cada uno de los elementos y los datos de configuración, los cuales se utilizan para la administración de la red.

El ISC es el controlador del sitio, el cual mediante enlaces E1, la estación base se comunica con los controles centrales del sistema. El ISC es el encargado de controlar las bases radio.

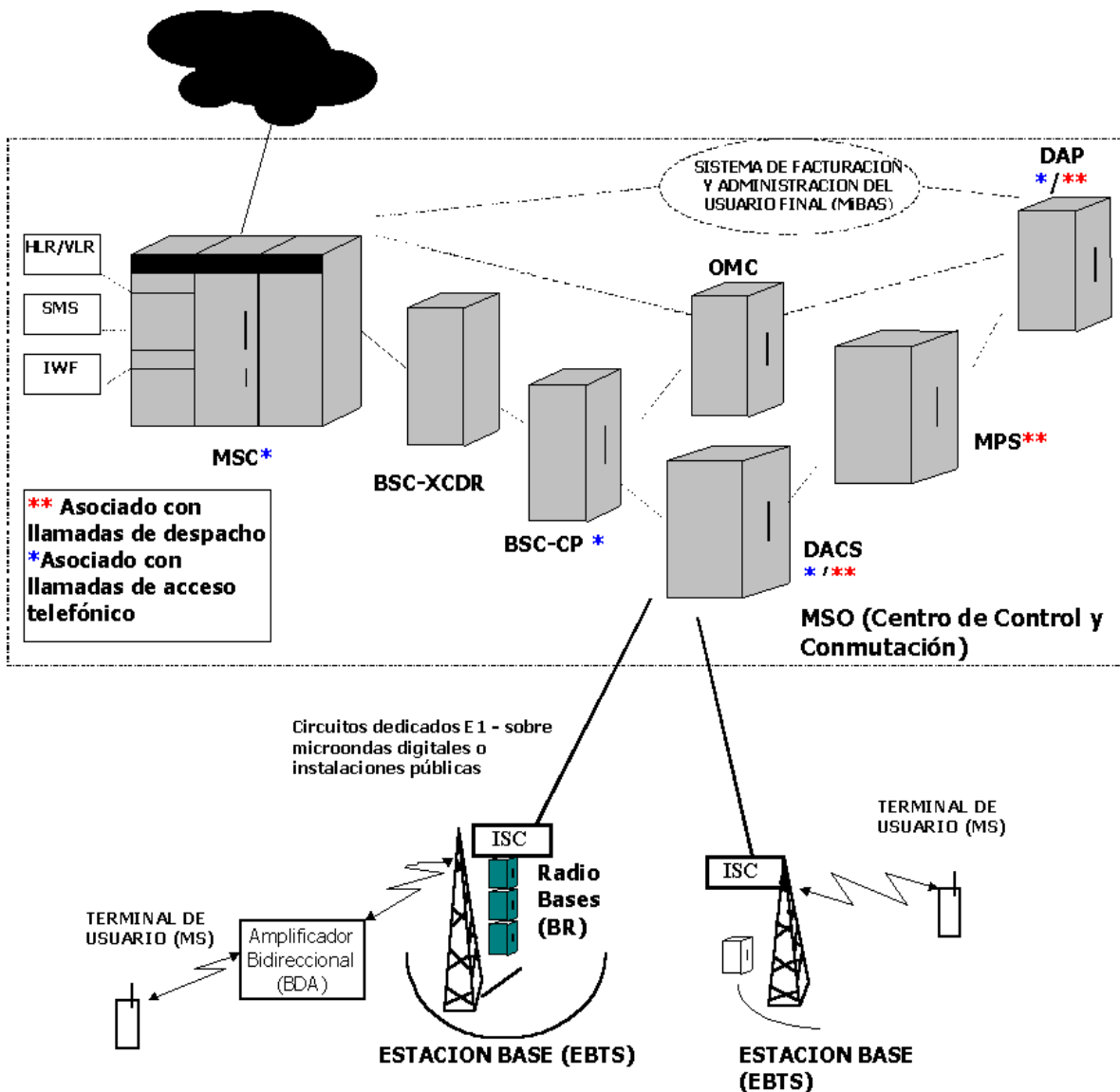


Figura 3.1. Sistema iDEN.

Entre las funciones de la EBTS se encuentran:

- La supervisión del control de temporización para terminales de usuario (MS)
- La emisión de las señales al aire a través de los transceptores de radio base
- El aislamiento del control central del sistema de RF
- La separación del tráfico de despacho y el de acceso telefónico
- La sincronización de tramas entre la EBTS y el centro de control (MSO, Mobile Switching Office)
- La interfaz entre el terminal de usuario y el DACS, (Digital Access Cross Connect Switch).
- La operación, mantenimiento e información de administración, controlado por el MSO

Cada EBTS soporta hasta 20 canales de RF en una estación base omnidireccional y 24 canales de RF en una estación base sectorizada. Todas las Estaciones Base (EBTS) se interconectan entre sí a través de la Red de Microondas y Conectadas a su vez con el Centro de Conmutación Móvil (MSC, Center Mobile Switching) y El Centro de Operaciones y Mantenimiento (OMC, Operations and Maintenance Console). Los Amplificadores Bidireccionales (BDA) amplifican la señal de RF de 800 MHz tanto en Inbound como Outbound.

3.2.2 Controlador de Estación Base - Procesador de Llamadas (BSC – CP, Base Site Controller – Control Processor)

Proporciona las funciones de control y concentración para una o más instalaciones de EBTS y los terminales de usuario asociados. Es un elemento de encaminamiento intermedio entre el DACS y el XCDR. Recoge datos, prepara y transfiere información a las celdas que están bajo su control. Proporciona un punto de concentración para la red X.25 del OMC. Realiza los handover entre, hacia o desde las EBTSs bajo su control.

3.2.3 Controlador de Estación Base -Transcodificador de voz (BSC – XCDR, Base Site Controller Transcoder)

Convierte el audio comprimido mediante la técnica VSELP proveniente de los MS a PCM de 64 kbps y viceversa.

3.2.4 Conmutador de Paquetes para Zonas Metropolitanas (MPS, Metro Packet Switch)

El MPS (IPX de Stratacom) está conformado por un conmutador de paquetes y varios duplicadores de paquetes (PD). Encamina los paquetes de voz cursados entre las EBTS involucradas en una llamada de despacho y la información de control del procesamiento de la llamada que envía el DAP.

3.2.5 Procesador de Aplicaciones de Despacho (DAP, Dispatch Application Processor)

El DAP se encarga de la coordinación y el control de los servicios de comunicación de despacho, mediante el seguimiento y el mantenimiento de la información de aprovisionamiento y movilidad de usuarios. Almacena el registro del IMSI (registro de identidad internacional de usuario móvil) para

todos los usuarios de las modalidades de comunicaciones de acceso telefónico y despacho. Proporciona al OMC las estadísticas de funcionamiento y de alarmas. El DAP ofrece una respuesta rápida, requerida en los servicios de llamada en grupo, llamada privada, alertas, llamadas de emergencia, etc. Con el fin de aumentar la capacidad de usuarios de despacho se puede conformar un grupo de hasta cuatro DAPs.

3.2.6 Registro de Localización Propio (HLR, Home Location Register)

Contiene la base de datos maestra de todos los usuarios, con la información de los servicios básicos y suplementarios permitidos para cada uno de los usuarios, y las claves de autenticación respectivas.

3.2.7 Registro de Localización de Visitantes (VLR, Visited Location Register)

Contiene la mayor parte de la información almacenada en el HLR, en lo que se relaciona con las terminales de usuario (MS) activas. Realiza el seguimiento del MS dentro del área de cubrimiento. El seguimiento de los MS se efectúa con base en áreas de localización geográfica fijas, definidas por el administrador del sistema. Los datos de ubicación de los terminales de usuario que contienen la información del área de localización más reciente y la tabla de aprovisionamiento de funciones, se archivan en el registro VLR. La información se utiliza para permitir un establecimiento rápido de la llamada.

3.2.8 Función de Interconexión (IWF, Inter Working Function)

Realiza la adaptación de velocidad de datos entre el sistema iDEN y otras redes terrestres existentes, incluidas la red telefónica pública conmutada (RTPC) y las redes de paquetes, proporcionándoles, a los terminales de usuario, acceso a un grupo de módems digitales de diferentes velocidades utilizados en la transmisión de datos.

3.2.9 Centro de Conmutación Móvil (MSC, Mobile Switching Center)

Es un conmutador telefónico basado en GSM, (DMS-100 de Northern Telecom) que proporciona la interfaz entre la red telefónica pública conmutada y la red de acceso troncalizado. Maneja el control de los procedimientos de establecimiento y enrutamiento de las llamadas. Recopila los datos para la

tarificación de las llamadas, los formatea y los envía al centro de facturación y/o los almacena en una cinta. Adicionalmente recopila las estadísticas de tráfico. Ayuda en la administración de los procedimientos de "handover", conservando las conexiones de las llamadas cuando los terminales de usuario se desplazan del área de cubrimiento de una EBTS a otra.

3.2.10 Centro de Operaciones y Mantenimiento (OMC, Operations and Maintenance Console)

Establece, mantiene y recopila la información relativa a la red, los diferentes eventos, las alarmas, elabora varias estadísticas y las presenta al operador del sistema para su análisis y utilización en la administración de la red. El OMC controla y monitorea las entidades de la red, tales como el DAP, el BSC, las EBTS y los diferentes dispositivos que se le agreguen al sistema. Se comunica con el DAP y el BSC por medio de enlaces X.25 y con la EBTS por medio de LAPD (Link Access Procedure "D"), lo que permite ejecutar comandos para determinar el nivel de potencia y la frecuencia de una BR, así como la versión de software del ISC y la BR.

3.2.11 Centro de Servicios para el Servicio de Mensajes Breves (SMS – SC, Short Message Service - Service Center)

Mediante este equipo se asegura la entrega de mensajes de hasta 140 caracteres, enviados a los terminales de usuario, en el caso de que se encuentren disponibles. En caso contrario, almacena el mensaje hasta cuando se activen el MS y los reciban.

3.2.12 Conmutador de conexión cruzada con acceso digital (DACCS)

Es el equipo que permite la discriminación de los canales PCM dedicados para las aplicaciones de despacho y acceso telefónico, que se reciben desde la EBTS

3.2.13 Estación Móvil (MS, Mobil Estation) o Terminal de Usuario

La estación móvil del sistema iDEN integra las comunicaciones de despacho y acceso telefónico, el buzón de voz, el correo de mensajes, las comunicaciones de datos y el servicio para usuarios visitantes (roaming).

Los terminales de usuario pueden ser del tipo portátil o de móviles. Si la MS es fija se denomina Estación de Despacho (DS) o Estación de Control.

3.2.14 Sistema de buzón de mensajes (VM, Voz Mail)

Este equipo le permite al usuario tener un buzón de correo de voz individual, que almacena los mensajes dejados por los usuarios que llaman, en el caso de que no conteste la llamada.

3.2.15 Centro de Control (MSO, Mobile Switching Office)

Comprende los siguientes equipos: BSC-CP, BSC-XCDR, MPS, DAP, HLR, VLR, IWF, MSC, VM, OMC, SMS y DACS. El ISC y el DAP controlan una llamada de despacho mientras el ISC y el MSC se usan en una llamada de acceso telefónico.

El ISC es el controlador de la estación base. De manera automática asigna canales de señalización, de control y de voz según las circunstancias. Independientemente de si la llamada es de despacho o de acceso telefónico, el ISC es selectivo y enruta la petición de llamada por el canal de PCM (ranura de tiempo) del enlace de microondas, al equipo correspondiente en el Centro de Conmutación Móvil (MSC). Una vez la llamada ingresa al centro de control, el DACS se encarga de distribuir la llamada al BSC si la llamada es de acceso telefónico o al MPS si se trata de una llamada de despacho.

El BSC proporciona las funciones de control y concentración para una o más EBTSs mediante conexiones E1 permanentes o fijas. El BSC es el elemento de enrutamiento entre el DACs y el XCDR. El XCDR a su vez convierte el protocolo VSELP a PCM y viceversa para llamadas con la RTPC.

3.2.16 Organización física

El sistema iDEN consiste de muchos componentes y piezas de hardware. Los componentes y el hardware están localizados a lo largo del área de cobertura de servicio local. Para simplificar la integración, el equipo utiliza estándares industriales clasificados según el tamaño, requisitos de potencia, y conexiones de la interfaz a donde sea posible.

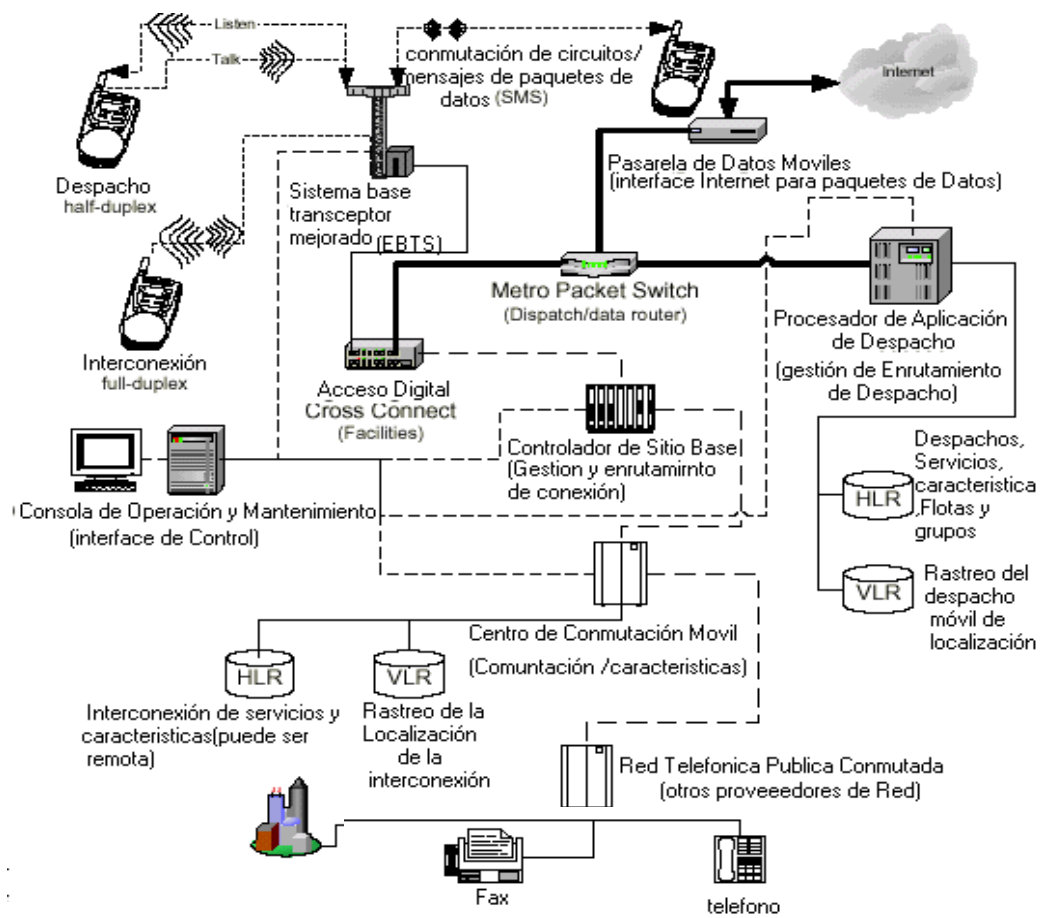


Figura 3.2. Red Simplificada de Comunicaciones iDEN

3.3 TIPOS DE COMUNICACION

El sistema iDEN se basa en el hecho que las comunicaciones pueden ser:

3.3.1 Half- dúplex

Donde un usuario está transmitiendo(hablando) y otros usuarios están recibiendo (escuchando).

3.3.2 Full- dúplex

Donde hay un enlace bidireccional abierto que permite comunicación completa en los dos sentidos. Un ejemplo de esto son las conversaciones telefónicas tradicionales.

El sistema iDEN es una integración de tecnologías y características del tradicional Push to talk (PTT), Half Dúplex, tecnología de radio analógico y comunicación celular digital Full Dúplex mejorada.

3.4 BENEFICIOS DE IDEN

- Elimina los requisitos de licencia de la FCC para el usuario final.
- Permite el establecimiento de comunicación entre todas las corporaciones suscritas y a todos los teléfonos.
- Incrementa el área de cobertura con respecto a los sistemas analógicos
- Se pueden realizar llamadas de grupo y privadas
- Optimiza el uso de los recursos de RF
- Mejora la calidad de la señal con frecuencias más altas y tecnología digital

La tecnología iDEN aumenta la eficacia de una sola portadora de RF de 25 KHz aplicando hasta seis veces el tráfico de una portadora celular AMPS. Además, un sistema iDEN puede ser empleado para soportar las comunicaciones fuera del área del proveedor(roaming). Esto le permite al proveedor de servicio ofrecer un servicio integrado que incluye:

- Servicios de Mensajería Cortos (SMS, Short Message Service)
- Servicio de Telefonía Celular para llamadas de grupos Privadas y Bidireccionales
- Correo de voz
- Redes de datos(Intranet, Redes Privadas Virtuales (VPN), Internet)

3.5 ORGANIZACION

Los sistemas iDEN están organizados en diferentes niveles o áreas. Estos niveles se basan en áreas geográficas de tamaño decreciente. Las áreas son:

- Global
- Región
- De dominio
- Area de servicio
- Area de localización
- Celdas

3.5.1 Global

Se refiere a la cobertura mundial y de varios proveedores a través de la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Los servicios telefónicos disponibles a nivel mundial pueden ser accedidos a través de los sistemas iDEN utilizando una llamada de interconexión.

3.5.2 Región

Es una área geográfica grande que se asocia actualmente con más de un mercado o, más de una área urbana.

3.5.3 Dominio

Es una división opcional de una región. Se define normalmente por comercialización y estrategias de ventas como una área geográfica basada en flotas. La intención es subdividir la región en áreas más pequeñas basadas en patrones de uso posible. El sistema de Dominio 0 es un dominio que abarca el sistema. El valor por defecto para Dominio 0 son todas las áreas de servicio. Pueden asignarse hasta 50 dominios. Cada dominio puede contener hasta 254 áreas de servicio y representa el área de funcionamiento para una flota o flotas.

3.5.4 Area de servicio

Es solamente de despacho y esta definida por medio de los suscriptores y base de datos de usuarios. Una área de servicio es un grupo de Areas de Servicio de Despacho (DLAs, Dispatch Location Area) que definen un alcance de operación. Pueden definirse áreas de servicios múltiples.

3.5.5 Area de localización

Es un área geográfica que esta basada en la localización actual de una Estación Móvil (MS). Cada MS en el sistema iDEN tiene un Identificador del Area Localización(LAI, Location Area Identifier). Cuando se mueve el MS, este puede trasladarse sobre todas las celdas y seguirá transmitiendo sin ningún problema.

3.5.6 Celda

Es el área de servicio para el patrón de propagación RF de las antenas y una torre remota(sitio de la celda). El área es el tamaño efectivo de una celda. El sitio de celda EBTS puede ser omni - direccional o sectorizado. Un sitio omni direccional tendrá 1 celda. Los sitios Sectorizados tiene 2 a 12 sectores(celdas).

3.6 AMBIENTES LOGICOS

La mayoría de las comunicaciones pueden organizarse lógicamente y agruparse. Cuando se alcanza un número suficiente de usuarios, los patrones de llamada y las relaciones de comunicación pueden organizarse en un modelo funcional de 4 capas. Cuyas unidades son:

- **Global:** todos los usuarios potenciales de voz y comunicaciones de datos
- **Flotas:** el grupo lógico de todos los usuarios basado en un enlace común que consiste usualmente entre 15 y 65.000 usuarios.
- **Grupo** un subconjunto de una flota basado en una interrelación de usuarios en la flota (gerentes, ventas, transporte, choferes, etc.)
- **Usuario:** un individuo o un dispositivo compatible que tienen acceso a la red

3.7. VENTAJAS DEL SISTEMA IDEN

La tecnología iDEN proporciona varias ventajas importantes en la comunicación inalámbrica. Las amplias capacidades y el diseño adaptativo proporciona:

- Un ascenso flexible, y multinacional a red
- Utilización eficiente de los canales de RF en varios anchos de banda.

- Conmutación de circuitos(dial- up) y Paquetes de datos (IP) en redes digitales de datos
- Capacidad de despacho para llamadas privadas, locales y de grupo.
- Servicio a suscriptores celulares GSM
- SMS (Servicio de Mensajería Corto)
- Tecnología de comunicación digital fiable

3.7.1 Escalabilidad de la Red

Combinando estándares de la industria, con elementos del diseño modular de la tecnología iDEN, se proporciona migración y crecimiento progresivo y gestionabilidad.

3.7.2 Utilización de canales RF

Los sistemas iDEN hacen uso efectivo de estos recursos. Un sistema iDEN permite usuarios múltiples en una sola portadora de RF.

3.7.3 Redes digitales de datos

Las redes inalámbricas iDEN soportan comunicaciones de datos digitales, lo cual se puede aprovechar en:

- Computación móvil remota.
- Fax
- Mensajería
- Internet Inalámbrico (Paquetes de Datos)

3.7.4 Tecnología de Comunicación digital

La comunicación digital tiene varias ventajas sobre la comunicación analógica.

- La compresión de voz aumenta al máximo el aprovechamiento de los recursos de la red.
- Reduce la mala recepción de paquetes rechazando el eco y la interferencia para mejorar calidad de voz.
- Mejora la seguridad por codificación de voz y de los datos digitales.

- Acceso a Intranet, a Redes Privadas Virtuales (VPN, Virtual Private Network) e Internet.
- Incremento potencial para los servicios de suscriptor.

3.7.5 Estaciones móviles

El tipo de dispositivos que pueden utilizarse como Estaciones Móviles pueden ser:

- Estaciones Base de Despacho.
- Radios/Teléfonos (tipos 360s, i500s, i6000s, i6000+s.).
- Ordenadores personales RF(termínales) y los Asistentes digitales de Datos Personales(PDAs, Personal Data Assistants)

Para que funcionen, los dispositivos deben operar en el espectro de RF de la red local.

3.8 SERVICIOS DE LA RED IDEN

Los sistemas iDEN tienen la posibilidad de permitir al usuario tener dentro de una misma red 4 tipos de servicio en un mismo dispositivo:

- Servicio de despacho
- Interconexión telefónica
- Servicio de mensajería corta
- Servicio de datos

3.8.1 Servicios de la red de despacho

- Llamada privada
- Llamada de estado
- Llamada de alerta
- Llamada de grupo de área amplia
- Llamada de grupo de área Local
- Llamada de grupo área seleccionada
- Llamada de toda la flota
- Llamada de Emergencia

3.8.1 Niveles de prioridad para las llamadas

El sistema de despacho maneja cuatro (4) niveles de prioridad para sus llamadas: clase, prioridad, uso reciente, y primero en entrar. Dentro del sistema las llamadas son establecidas a medida que se van presentando las solicitudes, siempre y cuando existan los recursos disponibles para la llamada en curso. De no ser así, las llamadas pueden ser puestas en un sistema de cola basado en los parámetros de prioridad que se enumeran a continuación en su orden de importancia:

3.8.2.1 Clase: Es un parámetro de 0 a 15, donde 0 indica la máxima prioridad, es utilizada por las llamadas de emergencia e implica el corte de una llamada de menor prioridad, si no hay recursos (canales) para su trámite.

3.8.2.2 Prioridad: Si la clase de dos llamadas en cola es igual se aplica este parámetro de 1 (máxima prioridad) a 15 (mínima prioridad). Este parámetro se define en la base de datos del DAP como la prioridad de las llamadas de grupo para cada grupo o la prioridad de las llamadas privadas para cada usuario.

3.8.2.3 Uso reciente: Si la prioridad es igual entre dos llamadas, se aplica el criterio de uso reciente.

3.8.2.4 Primero en Entrar - Primero en Salir: Si todos los demás criterios son iguales, se atiende primero, la primera llamada que se solicite.

Si se presenta una llamada de emergencia y no hay recursos para atenderla, la llamada activa que tenga el nivel más bajo de prioridad de acuerdo a los parámetros citados es cortada para establecer la llamada de emergencia en trámite. Una llamada de emergencia nunca es cortada por la aparición de otra llamada de emergencia en búsqueda de recursos.

3.8.3 Estructura de Organización de Grupos

El servicio de despacho permite el manejo de flotas, grupos (sub-flotas), y terminales individuales. Los servicios de despacho se prestan dentro de los siguientes conceptos:

3.8.3.1 Flota: por cada DAP en el sistema se pueden manejar hasta 10.000 flotas. Cada flota puede manejar hasta 65.535 usuarios y cada usuario sólo puede pertenecer a una flota.

3.8.3.2 Grupos(sub-flotas): dentro de cada flota se pueden definir hasta un máximo de 255 grupos.

3.8.3.3 Usuario: Cada usuario pertenece a una sola flota, dentro de la cual puede pertenecer a varios grupos, incluso a todos los grupos de la flota. Cada usuario tiene un número de identificación único dentro de la flota. Este número puede repetirse para otros usuarios en diferentes flotas.

3.8.4 Transmisión de Datos

Los usuarios del servicio de datos están en capacidad de acceder a servicios de datos típicamente fijos como e-mail, fax, Internet, servicios en línea y aplicaciones de login remoto por canal asíncrono de hasta 4,8 Kbps. El servicio también permite la comunicación de datos entre los MSs dentro de la red.

Las ranuras de tiempo en las que se divide la portadora de RF son de 15 ms, así aplicando el código VSELP se pueden tomar muestras de voz cada 90 ms y comprimirlas dentro de la ranura de tiempo del canal para la multiplexación 6:1. (6 canales de voz por una portadora RF). Así el sistema logra reducir, frente a sistemas análogos, los costos y los recursos de frecuencias necesarios. El sistema posee operación Full dúplex soportada por Duplexación por División de Tiempo (TDD, Time Division Duplex), evitando la necesidad de duplexar en las MS, ya que las ranuras de tiempo de transmisión y recepción tienen un desplazamiento de una ranura de tiempo (15 ms) entre ellas, que permite que la MS conmute entre transmisión y recepción dando la impresión de un radio Full dúplex.

3.9. CANALES EN EL SISTEMA IDEN

Existen tres clases de canales básicos requeridos para brindar un acceso ordenado y eficiente a las facilidades del sistema:

- **Canal Primario de Control (PCCH, Primary Control Chanel):** Controla el acceso de las MS a los otros canales disponibles
- **Canal de Tráfico (TCH, Traffic Chanel):** Se asignan como canales de comunicación de voz, datos y mensajes hacia la MS
- **Canales de control(CCH, Control Chanel):** Diversos canales que se definen para el control de señalización y el intercambio de información de establecimiento de la llamada

3.9.1 Canales de Control

Existen cuatro tipos principales de canales de control:

3.9.1.1 Canal de Control Primario / Secundario (P/S) Saliente CCCH: el (P/S) CCCH saliente lleva señales de control desde la EBTS hacia todos los Terminales Móviles de Usuario (MS) que operan en el área de cubrimiento geográfico. Cada (P/S) CCH también posee un número de subcanales de búsqueda(paging), definido por software. Estas son ranuras intercaladas. Cada MS interconectado está asignado para vigilar un subcanal de búsqueda específico para su llamada. El (P/S) entrante (RACH) lleva las señales de control desde la MS hacia la EBTS en el área de servicio.

3.9.1.2 Canal de Control Dedicado (DCCH): Lleva la señalización de control de un MS individual para procedimientos extendidos de señalización. El DCCH, por ejemplo, lleva señalización de control utilizada para establecer llamadas de acceso telefónico.

3.9.1.3 Canal de Control Temporal (TCCH). Lleva señalización de control utilizada para la asignación de una MS a un canal de tráfico (TCH).

3.9.1.4 Canal de Control Asociado(ACCH): lleva señalización de control y supervisión para una MS mientras que el usuario está ocupado en la comunicación de voz en el TCH. El ACCH ha sido creado para sustraer bits del TCH. Cada EBTS maneja uno o más PCCH dependiendo del número de BRs que tiene la EBTS y de los requerimientos de tráfico. Los demás canales se asignan como canales de tráfico.

3.9.2 Tiempo de Acceso al Sistema: el tiempo mínimo de acceso a un canal de una terminal de usuario iDEN cuando se inicia una llamada es 500 ms. El tiempo mínimo de acceso a un

canal de un terminal de usuario iDEN durante el curso de una llamada es 300 ms. El tiempo máximo de liberación de canal para el servicio de comunicación simplex, Half y Full Dúplex es ajustable dentro de los siguientes valores:

Llamada de emergencia:		0-180000 cs(centi segundos)
Llamada Privada	:	0-1000 cs.
Llamada de Grupo:		0-1000 cs.

3.10 CARACTERÍSTICAS OPERACIÓN DE LA RED iDEN

Las características de operación describe cómo los elementos del sistema iDEN están enlazados físicamente y lógicamente y como interaccionan para realizar las operaciones de despacho, interconexión, conmutación de circuitos/ y o paquetes de datos.

3.10.1 Interfaz física (cableado)

El sistema del iDEN utiliza varios tipos de interfaces. Dentro de los medios de transporte entre el Conmutador de Acceso digital Cross Connect (DACS, Digital Access Cross Connect Switch)se puede incluir la fibra, microondas, y/o cobre. El sistema iDEN utiliza:

- Interfaz aérea.
- Cable Coaxial
- Cableado V.35
- EIA - 2 32
- Par cruzado
- T1/E1

3.10.1.1 Interfaz aérea: el enlace de red entre el móvil (MS) y el Equipo de la Red Fijo (FNE, Fixed Network Equipement) es por Frecuencia de Radio (RF).

3.10.1.2 Coaxial: dentro del sistema, el cable coaxial es la interfaz física entre el EBTS BRs y el sistema de antena. El cable coaxial también se utiliza entre el BRs y el sitio de distribución de la celda(EBTS) y el circuito de control.

3.10.1.3 V. 35: la operación de OMC-R y el enlace de Mantenimiento (OML, Maintenance link) utilizan cableado V.35 entre el OMC y el DAP. La conexión al BSC también puede ser a través del cableado V.35.

3.10.1.4 EIA-232 El OMC-R, OML utilizan el cableado EIA-232 en los circuitos de conmutación(MSC, Switched circuits).

3.10.1.5 Par trenzado: el Alambre delgado(10baseT) Ethernet puede utilizarse entre el OMC y el T-DAP.

3.10.1.6 T1/E1: la red iDEN ha estandarizado a T1 como la interfaz física. El intercambio de información entre las piezas de los equipos está sobre el enlace directo o medios especializados que utilizan los estándares industriales T1 (E1). Se utiliza fracciones o todo la trama T1. En el MSO, los dispositivos de la red se interconectan con T1s.

3.10.2 Protocolos de la interfaz

El sistema iDEN soporta y utiliza varios protocolos y estándares de interfaz. Éstos incluyen:

- Protocolo de Enlace de Radio
- Aplicación de la interfaz A - bis Motorola
- SS7
- X.25
- Ethernet
- SNMP
- VSELP
- Frame Relay
- PCM

3.10.2.1 Protocolo del enlace de radio(RLP, Radio Link Protocol). Es el método de transferir caracteres de datos comprimidos entre el MS y el MSC-IWF durante la conmutación del circuito de datos.

- 3.10.2.2 Sistema de señalización siete(SS7, Signalling System Seven):** es la asignación de ruta e interfaz de control entre los otros proveedores de redes y el MSC y del MSC al BSC-CP. SS7 se utiliza para la función de interconexión en el MSC-, Servicio de mensajería Corto y Correo de Voz. La llamada de interconexión utiliza SS7 al BSC. SS7 es el enlace de Transferencia de Mensajes(MTL, Message Transfer Link) y se lleva a cabo de acuerdo con ANSI SS7-ISUP.
- 3.10.2.3 X.25:** se utiliza principalmente en las funciones de operación y el Mantenimiento de la red. El enlace X.25 se utiliza el enlace de Mantenimiento y operación(OML, Operation and maintenance Link) y las funciones entre dispositivos de la red enlazados al OMC. El OMC utiliza X25- Protocolo de Acceso al Enlace- canal B (LAP-B, Link Access Protocol B channel) y Protocolo de Acceso al Enlace - Datos (LAP-D). El protocolo LAP-D se utiliza en señalización como el Protocolo de Transporte de Mensajes(MTP, Message Transport Protocol) entre el EBTS y el BSC. LAP-B es el protocolo utilizado entre el BSC, el MSC y el OMC. El BSC maneja la translación entre LAP-D y LAP-B. Las funciones primarias del X.25 alcanzan los 19.2 Kbps en cables V.35(incluso en el DAP). La intefaz T-DAP utiliza un enlace de Ethernet pero mantiene X.25.
- 3.10.2.4 Ethernet:** el principal uso de Ethernet en el sistema iDEN está entre los componentes en el EBTS. El EBTS utiliza Ethernet para el enrutamiento de tráfico y control de protocolos de Acceso de Múltiples sentidos a las portadoras/(detección de colisiones)(CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect). El protocolo de control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP, Transmission Control Protocol) se soporta en el ambiente de Ethernet en acuerdo con IEEE 802.X.
- 3.10.2.5 Protocolo de Gestión de Red simple(SNMP, Simple Network Management Predicting):** se utiliza sobre los enlaces dedicados especializados entre el EBTS y BSC. SNMP es utilizado dentro de los X.25 OML para manejar las alarmas, mensajería, control y datos de actuación que se enrutan al EBTSs.
- 3.10.2.6 VSELP(Vector Sum Excited Linear Predicting):** es un método de compresión de voz utilizado en la estación móvil y el XCDR. El MS comprime voz para todos los transmisores y descomprime la voz en todos receptores. Los grupos MPS-DAP

controlan el movimiento de paquetes de VSELP entre EBTSs durante las llamadas de despacho. El BSC-XCDR convierten VSELP a PCM para la llamada de interconexión.

3.10.2.7 Frame Relay: El sistema iDEN soporta el protocolo Frame Relay durante las comunicaciones de despacho. Dependiendo de la configuración del EBTS para interconexión y Despacho, el número de DS0s disponible varia. El personal de ingeniería del sistema iDEN proporciona las pautas para permitir proveedores de servicio para aprovisionar los T1/E1s para interconexión y despacho. El duplicador de Paquetes Avanzado (APD) y iSC se enlazan utilizando Frame Relay, LAP-D o un enlace V.35. Éste es un enlace indirecto a través del MPS. La velocidad es por lo menos de 256 Kbps del DAP al MPS, y es fijo por el MPS. El T-DAP utiliza una Interfaz Serial de Alta Velocidad (HSSI) para unir al APDs.

3.10.2.8 Modulación por Pulsos Codificados (PCM, Pulse Code Modulation): es el estándar industrial para telefonía para el formato y codificación de paquetes de datos transmitidos por las redes de voz. PCM es utilizada por iDEN para interconexión de llamadas para redes terrenas. El MSC y los BSC XCDR utilizan PCM para voz y transmisión de datos. El XCDR convierte entre PCM y VSELP.

3.11 ENLACE DE RADIO IDEN

3.11.1 Bandas de Frecuencia

El sistema iDEN soporta comunicaciones de Radio Frecuencia (RF) en la designación del espectro nacional e internacional de los Estados Unidos. Estas bandas son reguladas por agencias federales e internacionales. Desde que el proveedor de servicio este autorizado en el punto de presencia en el espectro de RF, el usuario tiene las ventajas de comunicación de RF sin la necesidad de autorización de la FCC. No todos los rangos de frecuencia soportan comunicaciones de RF. Dentro de cada rango de frecuencia soportado, el sistema iDEN utiliza un par de portadoras con una frecuencia de 25 KHz. Una portadora se utiliza para transmitir, y la otra para recibir. Esto se resume en la tabla 3.1. Algunas bandas no pueden ser combinadas.

Tabla 3.1. Frecuencia de portadoras en el sistema iDEN

Rango (MHz)	Espacio entre canales(KHz)	Par de portadoras	enlace	Espacio (MHz)	Compensación (KHz)
806-821	25	806-821	Uplink(de MS)	45	12
		851-866	Downlink(a MS)		
821-825	25	821-825	Uplink(de MS)	45	12
		866-870	Downlink(a MS)		
896-901	25	896-901 935-940	Uplink(de MS) Downlink(a MS)	39	12
1453-1465	25	1453-1465	Uplink(de MS)	48	12
		1501-1513	Downlink(a MS)		

3.11.2 Características de la portadora de radio

Motorola tiene la habilidad de proporcionar canales de frecuencias claros y coherentes. Esto se logra con el rechazo fuera de banda superior y una sensibilidad de frecuencia estrecha dentro de una banda de frecuencia central. El sistema iDEN provee alta eficacia en modulación, sensibilidad de portadora, una optima relación portadora interferencia con baja interferencia de portadora adyacente. La portadora encaja dentro de la mascara establecida en FCC (Figura 3.3). El punto de potencia mitad en las portadoras adyacentes es mayor que 60 dB por debajo de la salida media de potencia en la portadora deseada. También se ejecuta filtrado para prevenir interferencia celular.

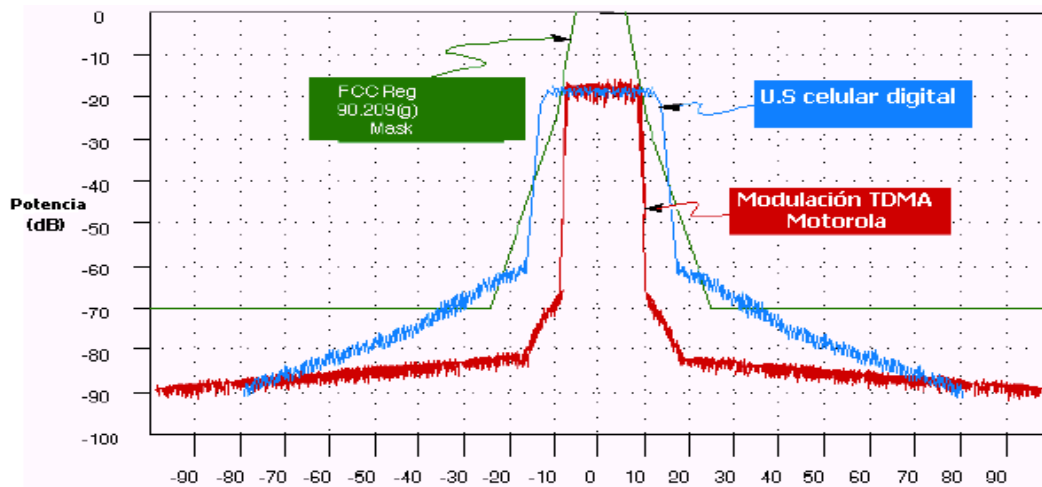


Figura 3.3 Definición de la portadora de radio.

3.11.3 Procesamiento de la señal

El sistema iDEN utiliza tecnologías digitales para procesar y retransmitir la comunicación de voz y datos. El proceso digital provee voz mejorada y calidad de datos cuando se compara con el analógico porque las señales digitales proporcionan habilidades superiores como: la filtración del ruido, compresión de datos y la multiplexación de las señales en una sola portadora. Al filtrarse el ruido mejora la calidad de voz y datos porque las características que no son voz (espurias) y señales de datos falsos pueden quitarse con filtros digitales. La compresión de voz y datos permite que el sistema transmita más información en un marco de tiempo dado. Desde que los datos estén comprimidos y digitalizados, el sistema iDEN puede perfeccionar los recursos compartiéndolos.

3.11.4 Características de la portadora

El sistema iDEN no utiliza la totalidad del rango de 25 KHz asignado para cada portadora, este sub divide la portadora en cuatro bandas laterales. Esto ayuda a reducir la interferencia para datos. Los datos se transmiten en cada una de las cuatro bandas laterales. Utilizando cuatro bandas laterales permite transmitir más datos porque aumenta la proporción de los datos. La señal de RF de iDEN consiste en cuatro bandas laterales independientes. Las frecuencias centrales de estas bandas laterales están separadas 4,5 KHz una de otra, y ellas se ubican simétricamente alrededor de una portadora de RF suprimida (Figura 3.4). Cada banda lateral tiene una portadora lógica de datos de 16 kbps. La señal resultante tiene una velocidad de bits de 64 kbps.

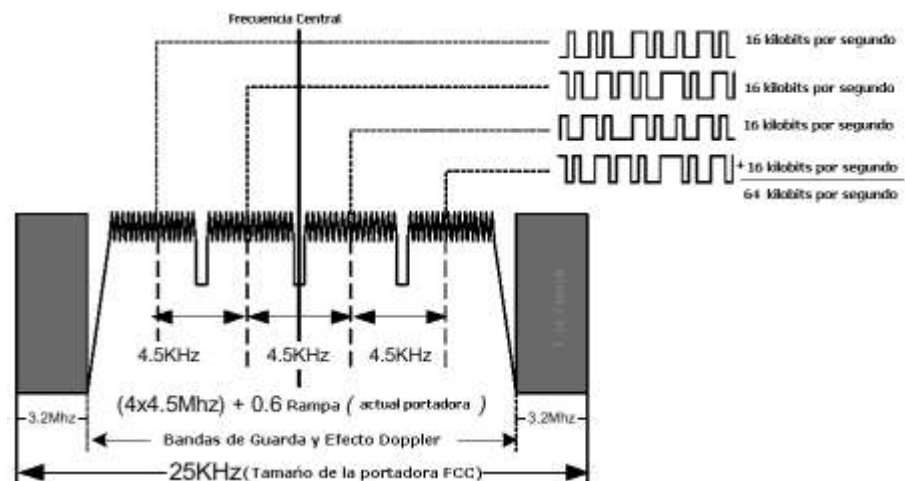


Figura 3.4. Bandas laterales de los canales RF lógicos

3.11.5 Procesamiento de la voz digital

Se debe convertir la voz analógica en datos digitales para que se puedan transmitir a través del enlace de radio de la red. El sistema iDEN utiliza el estándar VSELP para convertir y comprimir la voz analógica en datos digitales los cuales se pueden aplicar en la portadora utilizando la modulación M16- QAM. Los sonidos vocales se convierten a datos digitales con el muestreo de la forma de onda analógica reduciéndolo a un conjunto de números. La voz analógica se interpreta por un algoritmo que mide y predice la forma de onda y la convierte en un flujo de datos digitales. El decodificador / codificador de voz de 8 bits utiliza el Vector de Suma de Excitación Lineal Antecedida(VSELP). Muestreando la voz en pequeños espacios de tiempo(ms), sumando los vectores(cambios en la pendiente de amplitud) y prediciendo los cambios, la voz puede convertirse en digital con un tiempo de respuesta adecuado para la reproducción posterior de la conversación.

El conjunto de datos está entonces comprimido antes de que se ponga en las cuatro portadoras de banda lateral. Esto convierte y comprime 90 ms de discurso en 15 ms de datos digitales. Los paquetes de datos resultantes se ubican en el enlace de radio (Figura 3.5)

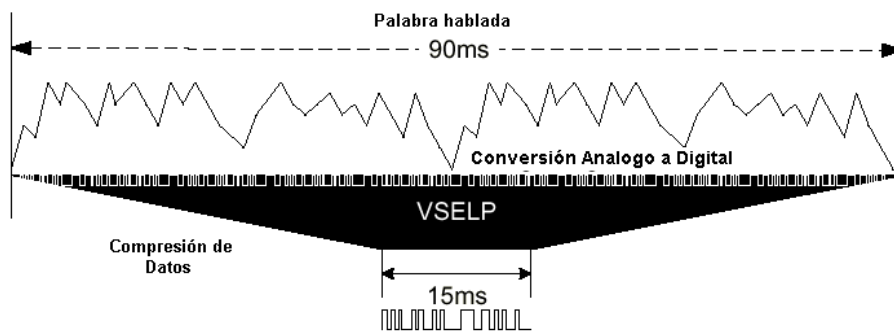


Figura 3.5. Compresión de Voz VSELP a 6:1 en el radio enlace iDEN

3.11.6 Sitios de celdas

En condiciones de operación normal, la potencia de salida de un Radio Base (BR) en un sitio de celda será limitada al área de cobertura de la celda. La señalización y temporalización del sistema restringen al máximo el tamaño de la celda a aproximadamente 112Km. El tamaño del área de cobertura de la celda esta típicamente entre 1.6 y 160km. Por limitaciones del rango de radio con su salida de potencia, la frecuencia de la Radio Base se puede usar en otras partes de la red a la

distancia definida por el patrón de reuso. El sistema iDEN soporta tanto configuraciones de sitio de celda omni-direccional y sectorizado en el mismo sistema.

3.11.6.1 Sitio omni- direccional: un sitio omni utiliza un sistema de antena que radia potencia RF igualmente en todas las direcciones. En condiciones ideales el área de cobertura sería de un patrón de forma circular (figura 3.6). El patrón de celda omni direccional reduce el número de canales de radio(BRs) requerido y limita el número de llamadas que el sitio puede manejar.

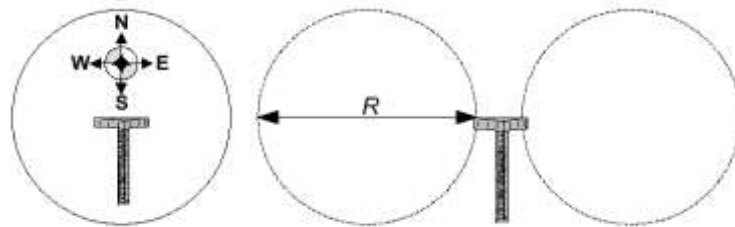


Figura 3.6. Sitio omni direccional.

3.11.6.2 Sitio sectorizado: utiliza un sistema de antena con una división lógica dentro del área de cobertura (usualmente 3 pero pueden ser 6 o 12). Bajo condiciones ideales un sitio sectorizado 3 producirá un patrón circular que se puede dividir en 3 "partes" segmentos de 120° cada uno (figura 3.7). Esto incrementa el número de canales requerido para cubrir un área dada pero esto además incrementa la capacidad de tráfico y la frecuencia de re uso.

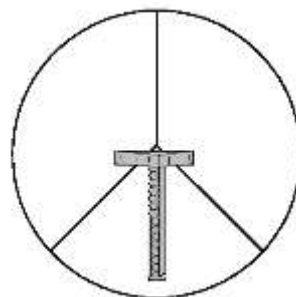


Figura 3.7. Sitio Sectorizado

3.11.7 Frecuencia de reuso

El diseñador del sistema selecciona el patrón de reuso durante el proceso de diseño para direccionar el tráfico, cobertura y requerimientos de frecuencia. El sistema iDEN soporta el reuso de

patrones de 12-celdas/omni direccionales o el reuso de patrones de 7-celdas, 3-sectores de frecuencia. Las metas de diseño del sistema se pueden especificarse como una razón entre la energía de portadora a la interferencia y energía de ruido. El desempeño óptimo de una llamada de despacho se obtiene cuando la Portadora de ruido mas la proporción de Interferencia sobre el 90% del área de cobertura es:

$$C/(N+1) \geq 18\text{db}$$

Para llamadas de interconexión la proporción sobre el 90% del área de cobertura debe ser:

$$C/(N+1) \geq 20\text{ db}$$

Esta proporción es un factor primario en el diseño RF y en la planeación del reuso de frecuencias. Si hay 1 radio Base por celda:

- Se requiere un patrón de 12 celdas/omni de 12 conjuntos de canales de frecuencias.
- Se requiere un patrón de sector 7 celdas/3 sectores a 21 conjuntos de canales de frecuencias.

La distribución del mapa de frecuencia utiliza 16 códigos de color para distinguir entre los sitios de reuso de frecuencia. Los dos modelos se pintan gráficamente en Figura 3.8 y Figura 3.9.

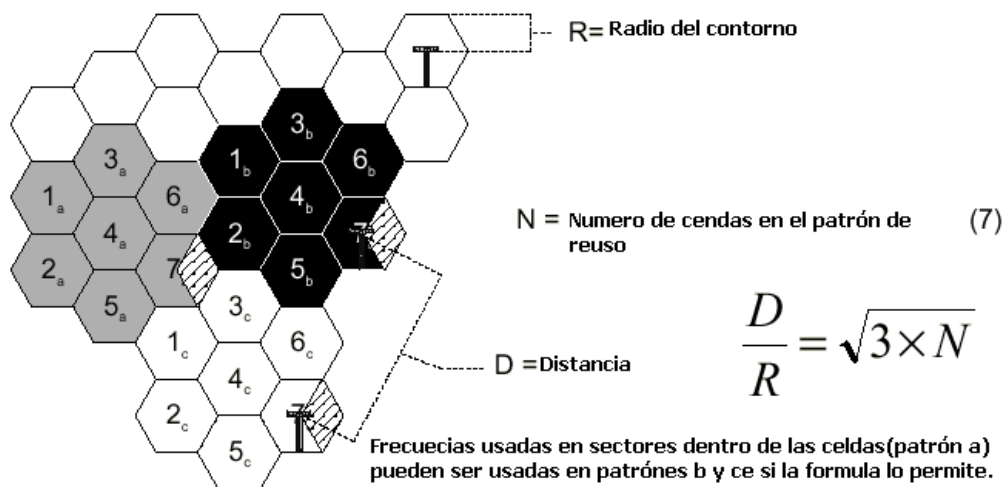


Figura 3.8. sitio Omni- omni direccional.

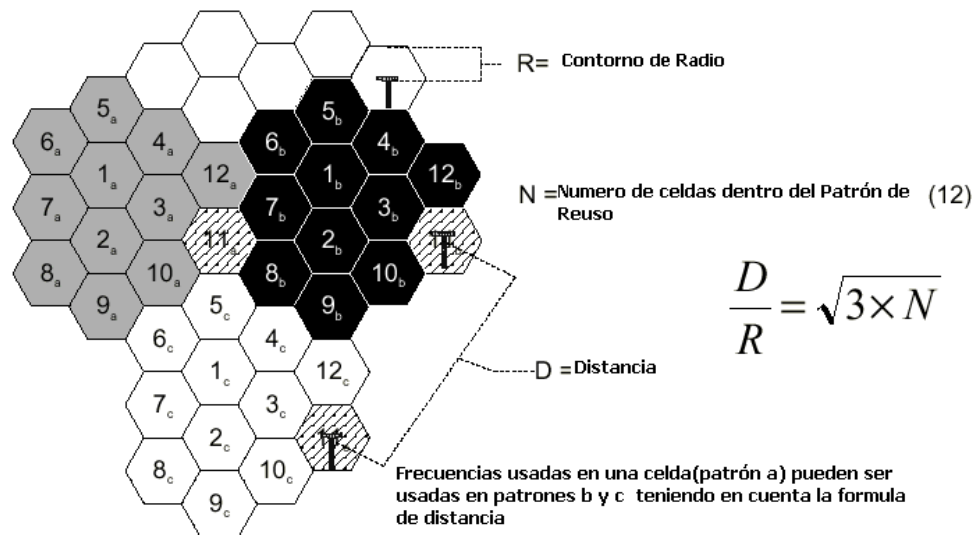


Figura 3.9. sitio sectorizado.

Tabla 3.2. Comparación entre las tecnologías iDEN y EDACS

CARACTERISTICAS	TECNOLOGIA TRUNKING	
	EDACS(de Ericsson)	Iden(de Motorola)
Principales	Sistema de radio comunicaciones troncalizado de dos vías caracterizado por: <ul style="list-style-type: none"> - rápido acceso - Redundancia - Procesamiento Distribuido - Tolerancia a fallos - Trunking Failsoft - Cada canal puede transportar voz digital y analógica y comunicaciones de datos. 	Tecnología digital que integra comunicación telefónica, capacidades de voz y datos en una misma unidad, las cuales se utilizan principalmente por redes de trabajo que necesitan esta en constante comunicación(compartida).
Máximo numero de usuarios en todas las redes	Actualmente el máximo número es 16.000 ID, pero la expectativa es a extender.	Millones
Objetivo en el mercado	Seguridad pública, gubernamental, sistemas públicos, industriales y comerciales.	Usuarios de empresas y profesionales móviles
Máximo número de canales por red	Varios, dependiendo de la configuración	Cada canal de 25 KHz es dividido en seis tramas de tiempo, creando un radio 6:1 para incrementar la capacidad
Máximo número de canales por sitio	24	Como sean necesarios
Máximo número de sitios que pueden ser	240	miles

enlazados		
Infraestructura/ conmutación	Proporciona el estado de conmutación entre redes de grandes áreas	iDEN
Sistema de redes de despacho	Proporciona varios productos de despacho	Se pueden relacionar redes de la misma familia de la industria de las comunicaciones
Transmisión troncalizada	Soporta transmisión y mensajes troncalizados	
Seguridad	Soporta encriptación DES- Ericsson específicamente VGE	Las unidades suscritas tienen un código autorizado único.
Acceso de Emergencia	Acceso rápido en una declaración de llamada de emergencia de cualquier miembro de un grupo de conversación	Presionando solo un botón, el usuario estará comunicación con un número preprogramado de emergencias.
Habilidad para datos	Si	Mensajes alfanuméricos y de texto; soporta paquetes y circuitos de datos para aplicaciones de internet.
Banda de frecuencia disponible	VHF, UHF, 800 a 900 MHz	TX: 806-821 MHz RX: 851 – 866 MHz
Compatible con LTR	No	N/A
Sistema de precios	Varían por la configuración y características del set	Set de mano de \$400.000 hasta \$700.000
Eficiencia del espectro	Soporta sistemas de 12.5 KHz y 25 KHz	Cada canal de 25 KHz se divide en seis tramas de tiempo
Disponibilidad de unidades de suscriptor	LPE-200, OCS, IPE-200, Orion, MDX, MDR	Millones de set de juegos de mano han sido despachados; la i2000 es la más reciente.
Disponibilidad de conmutación/ infraestructura	Consola Maestro C3, Repetidor MASTRIII, IMC, IEA, pasarela de datosEDG, controlador Central.	

4. SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LOS SISTEMAS TRUNKING

En los últimos años, los sistemas Trunking se han venido consolidando como una importante opción de las comunicaciones móviles ya sea en las zonas urbanas como en áreas de menor densidad poblacional, proporcionando nuevos y variados servicios, altamente competitivos en calidad y precio, excediendo en gran medida las expectativas de su propia definición. El desarrollo tecnológico ha potenciado los alcances de la radiocomunicación troncalizada equiparándola con los sofisticados sistemas PCS.

4.1 SERVICIOS INTEGRADOS

Los sistemas Trunking digital se caracterizan por brindar en una sola estructura tecnológica un conjunto de servicios integrados, los cuales proporcionan al usuario la posibilidad de tener en un solo equipo varios servicios y de manera inmediata. Estos servicios integrados son:

- Servicio de Mensajería Corta (SMS, Short Message Service)
- Servicio de Telefonía Celular para llamadas de despacho, Privadas y Bidireccional.
- Correo de Voz
- servicio de datos (Intranet, Redes Privadas Virtuales (VPN), Internet
- Interconexión telefónica

4.1.1. Servicio de mensajería corta (SMS)

Como parte de los servicios suscritos, se pueden transmitir hasta 140 caracteres alfanuméricos a una estación móvil. Este servicio lo pueden utilizar dispositivos de voz y datos y son compatibles con la red de área de cobertura local. El objetivo de este servicio es el de disponer de una plataforma para el envío y recepción de mensajes sobre la cual se puedan incorporar distintos servicios complementarios.

4.1.1.1 Plataforma técnica: el software de plataforma que se utiliza para el desarrollo del sistema SMS es el siguiente:

- Servidor de base de datos: Microsoft SQL 7.0.Server
- Lenguaje de programación: Del- phi 4.0
- Servidor de Correo Electrónico: Microsoft Exchange Server 5.5 (o servidor similar con capacidad de administración de los protocolos de correo Pop 3, SMTP).
- Sistema operativo: Microsoft Windows NT Server 4.0 (necesario para ejecutar el servidor de base de datos). Microsoft Windows NT Workstation para clientes de administración.

4.1.1.2 Servicios de SMS: el servicio de mensajería corta permite contar con otros servicios como:

- Carga automática de noticias
- Incorporación de archivos multimedia; videos, audio, imágenes, etc.
- Generación de plantillas en código html
- Innovación en diseño de páginas
- Edición y modificación de noticias
- Publicación y despublicación de las mismas
- Creación de usuarios con perfiles determinados
- Manejo del sistema sin previo conocimiento en programación

4.1.1.2.1 Carga de noticias: el sistema permite la carga de noticias, ya sean escritas, de vídeo o de audio. Además no solo permite la redacción de texto sino también la carga de imágenes, archivos multimedia y enlaces hacia otras secciones.

4.1.1.2.2 Edición de noticias: luego de la carga de la noticia se puede editarla, según las modificaciones deseadas.

4.1.1.2.3 Publicación / despublicación de noticias: al terminar de definir la nota el sistema las publica dejándolas visibles al usuario de internet. Posteriormente se despublicarán sacándolas del sitio, dejando las mismas en la pantalla de edición y teniendo el periodista la posibilidad de reutilizarla nuevamente.

4.1.2 Servicio de interconexión

Los sistemas Trunking digital proporcionan servicios de suscriptor celular digital si una llamada se hace a través de una red fija. El proveedor puede configurar el sistema para utilización óptima de los recursos o para calidad de voz óptima.

4.1.2.1 Servicios de interconexión telefónica: la red de interconexión puede facilitar los siguientes servicios:

- Permite realizar llamadas a otros móviles o a teléfonos normales en la red PSTN
- Visualización en la pantalla del número de teléfono de la persona que llama antes de responder la llamada (identificador de llamadas)
- Búsqueda en la lista de llamadas
- Reenvío de llamadas – sin condiciones/ocupado/no respuesta/no accesible
- Desvío de las llamadas:
 - Desvío incondicional
 - Si el terminal está ocupado
 - Si el terminal no es localizable o si no responde a la llamada
- Exclusión de llamadas - entrada/llamadas sociales
- Reporte de llamadas
- Llamada en espera
- Mantenimiento de llamadas
- Presentación de la identificación en línea cuando hay llamado/interconexión.
- Restricción de la identidad en línea en condición de llamado/interconexión
- Completación de las llamadas para no transmitir replicas
- Sugerencia en cambios
- Retención de llamadas
- Llamada a una lista de usuarios o grupo
- Marcación por número abreviado

4.1.3 Servicio de Despacho

Las llamadas de despacho siguen el modelo de comunicación Half Duplex. La comunicación es en una sola dirección al mismo tiempo. Esto se aplica a la mayoría de las comunicaciones de voz. Los

sistemas digitales brindan al usuario la facilidad de que seleccione un grupo y sobre éste pueda iniciar sus llamadas y recibir las llamadas originadas por otros miembros del mismo grupo. El usuario puede monitorear y participar en las llamadas generadas por miembros de otros grupos. Esta facilidad requiere que el usuario esté programado en los grupos que seleccione como principal o de monitoreo.

4.1.3.1 Servicios de la red de despacho: la red de despacho puede ofrecer los siguientes servicios:

- Llamada privada
- Llamada de estado
- Llamada de alerta
- Llamada de grupo de área amplia
- Llamada de grupo de área Local
- Llamada de grupo de área seleccionada
- Llamada de toda la flota
- Llamada de emergencia

4.1.4 Transmisión de Datos

Los usuarios del servicio de datos están en capacidad de acceder a servicios de datos típicamente fijos como e - mail, fax, internet, servicios en línea y aplicaciones de login remoto por canal asíncrono de hasta 4,8 Kbps. El servicio también permite la comunicación de datos entre las estaciones móviles dentro de la red.

La Tecnología del sistema Trunking digital introduce nuevas soluciones de extremo a extremo, para incorporar varias aplicaciones de datos relacionando sistemas integrados y soporte de servicios, tomando así ventaja de las nuevas tecnologías. Para ello se crea una plataforma de aplicación robusta que esta preparada para servicios integrados, que contenga procesos operacionales y que sea compatible con los antiguos sistemas. Dentro de las aplicaciones extremo a extremo de la arquitectura de los sistemas digitales se encuentra:

- Servicios para planeación, construcción, operación y enlace de redes
- Sistemas de servicios integrados

- Sistemas de consulta de utilización
- Soluciones de gestión y construcción de servicios
- Aplicaciones de ayuda de despacho a través de servicios computacionales integrados incluyendo AVL, mensajería y gestión de comunicación.
- WAP para sistemas digitales

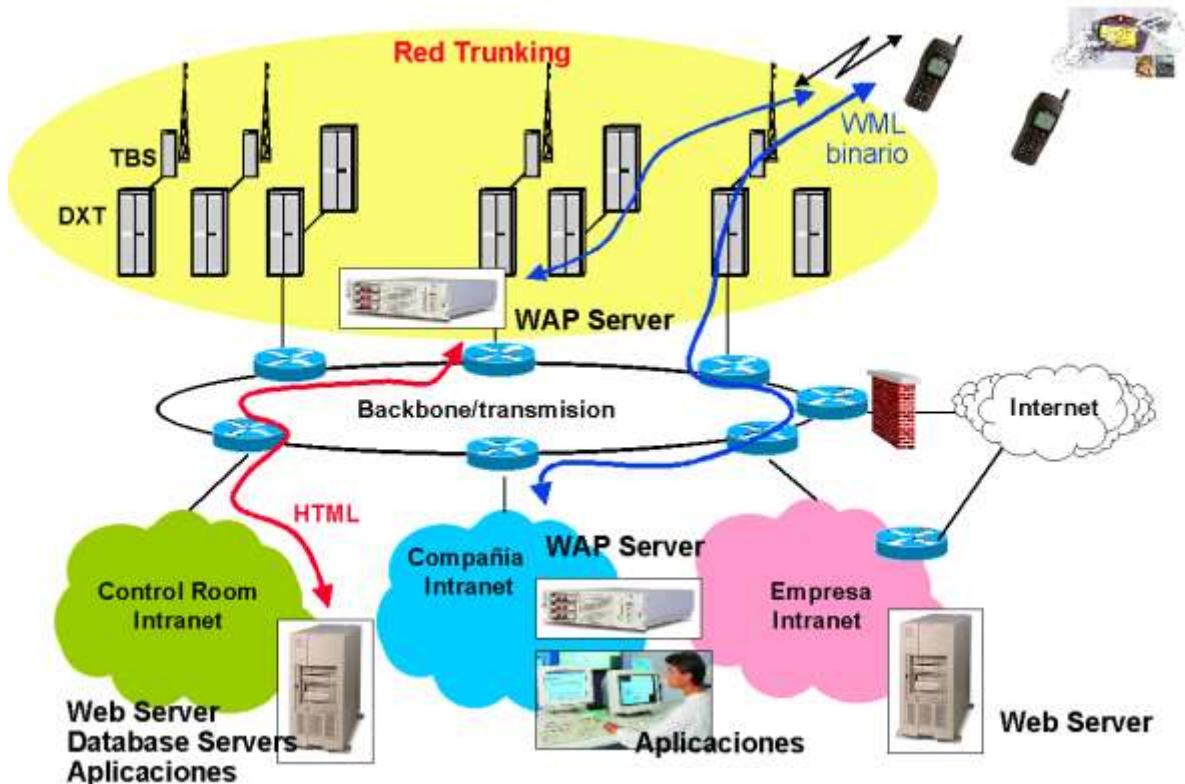


Figura 4.2. Estructura del servicio para WAP

4.1.4.1 Aplicaciones de los servicios de datos: dentro del servicio de transmisión de datos se pueden encontrar las siguientes aplicaciones:

- Servicios de datos cortos SMS
- Paquete de datos IP: conexión a Internet
- Datos modo circuito: aplicación de vídeo
- Ordenes y reportes de trabajo
- Gestión de flotas: organización y generación de rutinas.
- Servicios de información

- Acceso a Intranet
- Mapas
- Interconexión de redes LAN/WAN
- Servicios de mensajería
 - Fax
 - Correo electrónico
 - Datos cortos
- Telemetría
 - Envío de cambios automáticos a los dispositivos.
 - Diagnostico y control remoto de los equipos.
 - Vigilancia y supervisión de los equipos

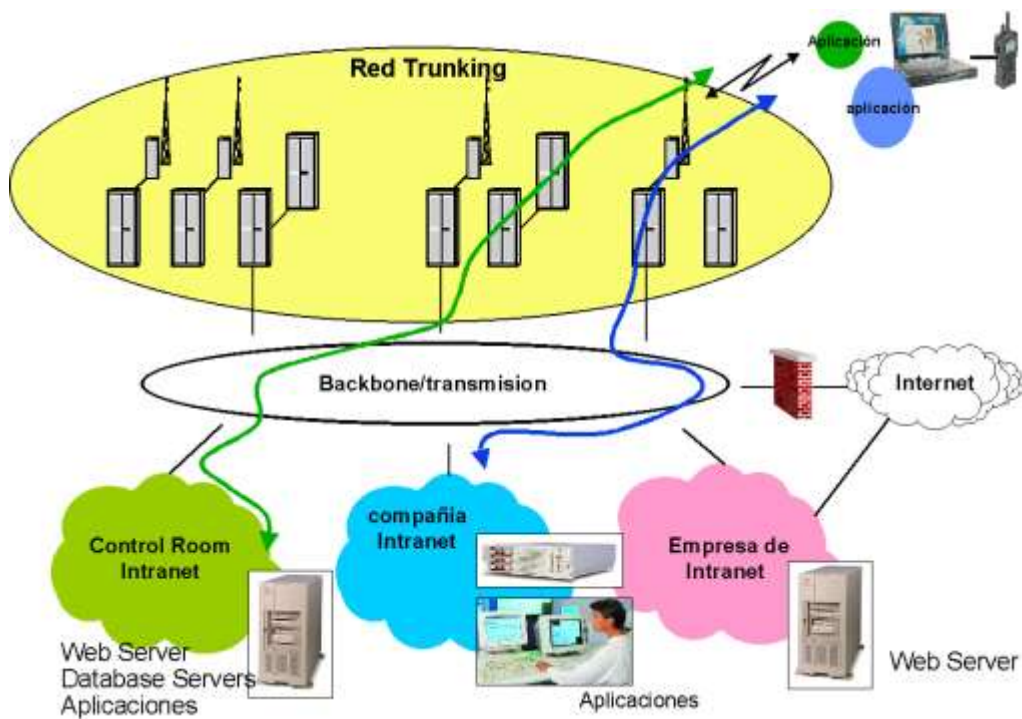


Figura 4.3. Acceso a Intranet e Internet.

La integración de estos servicios en un solo sistema proporciona varias ventajas importantes en la comunicación inalámbrica. Las amplias capacidades y el diseño adaptativo proporciona:

- Un ascenso flexible, y multinacional a la red
- Utilización eficiente de los canales de RF en varios anchos de banda

- Conmutación de circuitos (dial- up) y Paquetes de datos (IP) en redes digitales de datos
- Capacidad de despacho para llamadas privadas, locales y de grupo
- Servicio a suscriptores celulares GSM
- SMS (Servicio de Mensajería Corta)
- Tecnología de comunicación digital fiable

4.2 APLICACIONES EMPRESARIALES

Hay una clara tendencia hacia redes de radio de amplia cobertura requerida por usuarios cada vez más demandantes, como también de sistemas interoperables para organizaciones gubernamentales y privadas. Por ejemplo, compañías constructoras pueden comunicarse entre sí en la construcción cuando una de ellas está en la parte eléctrica, otra en la parte civil, otra en la parte estructural, y a lo mejor otra en la parte mecánica, conjuntamente con los servicios de vigilancia y además los operativos.

Un sistema Trunking provee el servicio de comunicación vía radio a flotas comerciales de empresas de servicios, transporte, seguridad, distribución de mercancía, mensajería, bancos, para flotas del sector industrial (producción, operaciones, mantenimiento, administrativa, seguridad, relaciones industriales, compras, ventas, etc.), para empresas del sector salud y muchos otros sectores de la economía etc. tanto en áreas urbanas como en áreas rurales. Es un servicio orientado a personal que se está moviendo constantemente y que necesita estar en comunicación con su oficina; por ejemplo, los choferes de una compañía de productos alimenticios, que distribuyen la mercancía a supermercados, etc., y que tienen que recibir instrucciones o hacer reportes con frecuencias, son usuarios típicos de un sistema Trunking.

4.2.1 Modo de operación

La red opera de la siguiente manera: el usuario, a través de su unidad de radio móvil o portatil, puede comunicarse con los demás usuarios de su empresa en el ambiente cerrado que le provee la red, mientras se desplaza dentro del área de cobertura; su comunicación con los demás puede ser "broadcast" total, es decir que al enviar un mensaje lo reciben todos los usuarios de su grupo, o "broadcast" parcial, en el cual puede restringir sus mensajes para que sólo sean recibidos por cierto personal (por ejemplo, del gerente a los supervisores).

4.2.2 Servicios empresariales.

Dentro de los servicios que prestan los sistemas Trunking, los más destacados son los servicios empresariales. A continuación se mencionan algunos de ellos:

- Controles de ocupación en empresas de servicios de salud
- Coordinación de despachos
- Transporte de valores, documentos, carga y pasajeros
- Labores de seguridad y vigilancia
- Supervisión de procesos de producción
- Control y eficiencia de la distribución
- Servicios de mantenimiento
- Comunicación entre diferentes sedes de una misma empresa
- Coordinación de eventos
- Control de inventarios en bodegas y/o puntos de venta

4.3 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

4.3.1 Tipo PMR:

- Prioridades de acceso
- Prioridades de llamada
- Control de transferencia de datos
- Autorización de llamadas por despacho
- Selección de área
- Direccionamiento con marcación con números abreviados
- Identificación de grupos de conversación
- Asignación dinámica de número de grupo

4.3.2 Servicio de emergencia

- Prioridad de acceso
- Llamadas de emergencia

4.3.3 Servicios suplementarios opcionales

- Autorización de llamada por el centro de control
- Selección de área
- Prioridad de acceso
- Prioridad de llamada
- Colgado previo para aceptar llamada prioritaria
- Listado de los últimos números llamados
- Asignación dinámica de numeración de grupo
- Identificación del número llamante
- Reenrutamiento de la llamada
- Retención de llamada
- Llamada en espera
- Aviso de tarificación

4.3.4 Servicios suplementarios especiales

- Transmisión de señales de vídeo o imágenes.
- Acceso a la base de datos de una compañía desde un punto remoto
- Enviar y recibir mensajes cortos de texto y utilizar el terminal para envío y recepción de correo electrónico y facsímil.

No todos estos servicios serán ofrecidos a todos los usuarios ya que su disponibilidad dependerá del modelo de terminal elegido por el grupo de usuarios y la configuración que haya decidido dar a la red el operador.

4.4 SERVICIOS ESPECIALES

- Localización de vehículos(AVL)
- Gestión dinámica del trabajo entre grupos:
 - Estado de la unidad
 - Instrucciones
 - Identidad
 - Mapas
- Información de direcciones, asignación de direcciones y operaciones
- Control y monitoreo de dispositivos de alarmas

- Vídeo vigilancia
- Cifrado
- Procesamiento interactivo de textos
- Transferencia de ficheros
- Transmisión de imágenes fijas
- Acceso a base de datos
- Transmisión de fax(facsímil)
- Sistemas de gestión de mensajes
- Gestión de claves
- Aplicaciones de ferrocarriles.

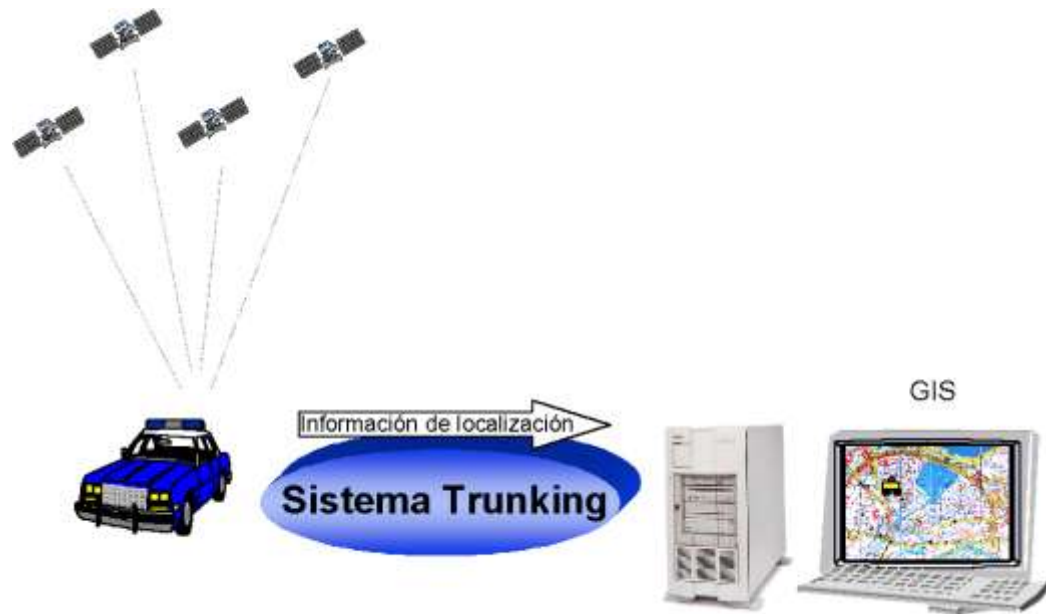


Figura 4.4. Sistema de localización de vehículos(AVL)

4.5 SERVICIOS DE LA RED AVANTEL EN COLOMBIA

En Colombia el mercado de los sistemas Trunking digital es dominado por la compañía Avantel, y cuya infraestructura tecnológica es la tecnología iDEN. Esta compañía ofrece en una sola unidad un gran número de servicios integrados, logrando así poner a disposición del usuario los mejores servicios en comunicaciones de voz y datos en comunicaciones móviles. Dentro de los servicios que proporciona la red Avantel se encuentran:

4.5.1 A uno

Es el servicio de comunicación privada inmediata que le permite comunicarse con otra persona con solo presionar un botón.

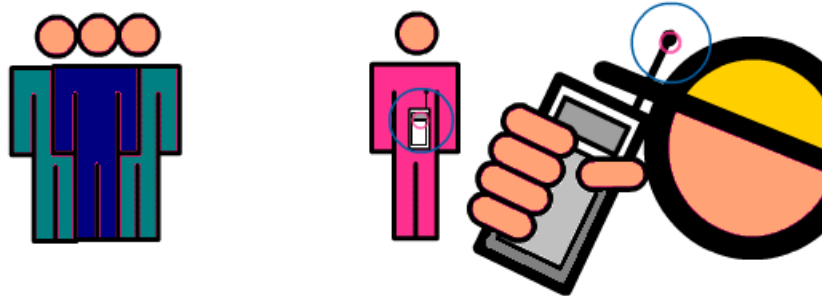


Figura 4.5. Servicio A uno

4.5.1.1 Beneficios

- El servicio A uno da la posibilidad de tener una comunicación inmediata de dos vías en tiempo real
- La comunicación a través de A uno, es más ágil debido a que no es necesario esperar a que se procese una llamada
- La facturación es por segundos, por tanto se factura el tiempo que se utiliza efectivamente el servicio

4.5.1.2 Características

- Una llamada A uno se realiza de la siguiente manera:
 - Se presiona modo hasta visualizar "Priv. Listo" o "Prvt. Ready"
 - se ingresa la identificación (ID) de la unidad con la que desea comunicarse
 - Se presiona el botón PTT (Push To Talk) y se habla después del tono agudo
 - Se habla manteniendo el PTT presionado y se libera para poder escuchar
- Una llamada A uno se recibe de la siguiente manera:
 - Se Escucha un tono corto que notifica llamada entrante
 - La unidad cambia automáticamente a modo A uno y se visualiza en la pantalla el mensaje "Priv-En uso" o "Prvt-In Use" y el nombre o número de identificación (ID) de la persona que llama

- Se espera a que la persona termine de hablar y luego oprima el botón PTT
- Se comienza a hablar después de escuchar el tono agudo
- Una llamada A uno se recibe en forma totalmente privada, desactivando el altavoz, oprimiendo la tecla de altavoz ubicada en la parte inferior de la unidad.

4.5.2 TEAM: Trabajo en Equipo al Momento

Es un nuevo servicio que ofrece la posibilidad de hacer una reunión con su equipo de trabajo, sin importar el lugar en el que se encuentren, siempre y cuando exista cobertura.

4.5.2.1 Beneficios

- TEAM le permite tener una reunión con un grupo de personas al mismo tiempo, maximizando el recurso de comunicación, haciendo que su empresa sea más productiva.
- Con solo oprimir un botón se tiene una comunicación participativa con el equipo de trabajo.

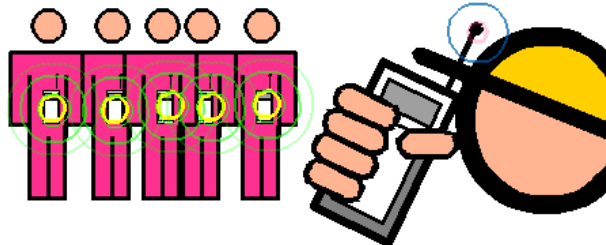


Figura 4.6. Servicio TEAM

4.5.2.2 Características

- Una llamada TEAM se realiza de la siguiente manera:
 - Se presiona MODE hasta visualizar "grupo listo" o "group ready"
 - Se selecciona el grupo con el cual se desea comunicar, utilizando las flechas de desplazamiento
 - Se presiona debajo de la opción "OK"
 - Se presiona el PTT y se habla después del tono agudo, dirigiendo la voz hacia el micrófono.
- Una llamada TEAM se recibe de la siguiente manera:

- Cuando la unidad está encendida y no está involucrada en ninguna otra llamada, ésta cambiará automáticamente a la modalidad GRUPO ("Grupo Listo" o "Group Ready") en el momento en que se registre actividad dentro del grupo preprogramado.
- Se presiona el botón PTT para responder la llamada.
- Una llamada TEAM se puede tomar en forma totalmente privada, Desactivando el altavoz, oprimiendo la tecla altavoz ubicada en la parte inferior de la unidad.
- Las llamadas TEAM se facturan por segundos.

4.5.3 Croos Fleet

Este servicio permite comunicación privada e inmediata entre unidades de diferentes flotas de distintas compañías.

4.5.3.1 Beneficios

- Poder ubicar a cualquier usuario, sin importar que pertenezca o no a su flota.
- Comunicación rápida y sencilla entre unidades.

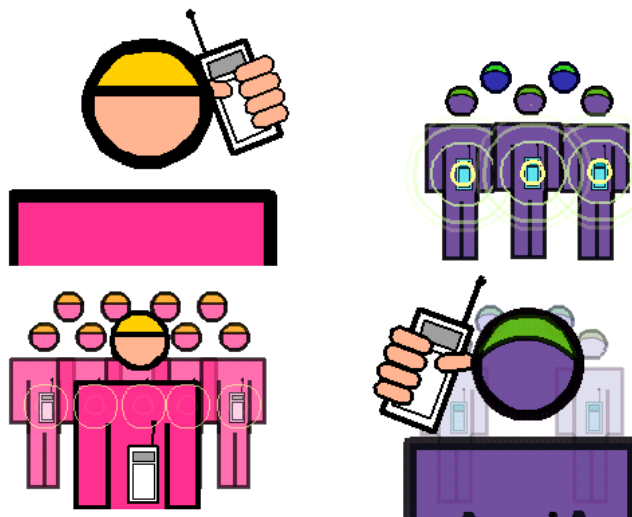


Figura 4.7. Servicio Croos Fleet

4.5.4 Atel

Es el servicio de acceso telefónico que permite hacer y recibir llamadas con otras redes de comunicación distintas a la red Avantel.



Figura 4.8. Servicio Atel

4.5.4.1 Beneficios

- Ofrece un cubrimiento y una satisfacción adecuada a la necesidad de cada usuario, dado que permite comunicarse desde y a cualquier lugar del mundo, respondiendo adecuadamente a la tendencia mundial de globalización económica, social, y empresarial.

4.5.4.2 Características

- Una llamada a un teléfono fijo se realiza de la siguiente manera:
 - Se presiona MODE hasta visualizar "Tel. Listo" o "Phone Ready"
 - Se ingresa el número telefónico, anteponiendo el indicativo de la ciudad correspondiente.
 - Se presiona SEND para enviar la llamada.
 - Se presiona END para terminar la llamada.
- La unidad realiza el reconocimiento de una llamada entrante de teléfono fijo con un timbre y el mensaje en pantalla "Llamada entrante" o "Incoming Phone Call". Para recibirla se procede así:
 - Se presiona SEND para recibir la llamada y escuchar por el auricular
 - Se presiona END para terminar la llamada
- Una llamada a un teléfono celular se realiza de la siguiente manera:
 - Se presiona MODE hasta visualizar "Tel. Listo" o "Phone Ready"
 - Se marca el número del teléfono celular, anteponiendo el indicativo celular: 033
 - Se presiona 5 SEND para enviar la llamada
 - Se presiona END para terminar

- Se puede recibir una segunda llamada cuando se esta recibiendo otra(llamada en espera), de la siguiente manera:
 - La unidad le notificará la segunda llamada con un timbre y el mensaje "Acepta Llamada en Tel. #1 ?" o "Accept Call?"
 - Se presiona debajo de "Si" o "Yes" para aceptar la llamada
 - Se presiona debajo de "En Esp." o "Hold" para dejar la segunda llamada en espera y regresar a la primera
 - Se oprime END para terminar la llamada activa.
- Cuándo una unidad está involucrada en 2 llamadas Atel, y llega una tercera llamada, la tercera llamada se direcciona automáticamente al Buzón de voz.
- Desde una unidad Avantel se puede llamar a cualquier teléfono fijo o móvil, dentro o fuera del territorio nacional.
- Se pueden recibir llamadas desde cualquier teléfono fijo o móvil, dentro o fuera del territorio nacional.
- Las llamadas Atel se facturan por minutos, así como las llamadas que se reciben.

4.5.5 Archivos

Es un servicio de contestación automática que recibe las llamadas que el usuario no puede contestar, bien sea porque la unidad está ocupada, apagada o por fuera del área de cobertura.

4.5.5.1 Características

- El reconocimiento de la llegada de un mensaje de voz a la unidad se notifica con un tono. En la pantalla aparece el ícono mensajes de voz y un aviso que dice "Mensaje de Voz Nuevo" ó "New Voice Mail Waiting". Para escucharlo inmediatamente: Se presiona la tecla modo debajo de "Discar" o "Dial". Se sigue las instrucciones del tutorial. Su clave de acceso inicial es 9999 la cual puede cambiar a través del menú por un código de 4 a 7 dígitos.
- La recuperación de mensajes de voz guardados se presiona la tecla MODE hasta que se visualice "Tel. listo" o "Phone ready" Marque 2233 y se da presionando. La clave de acceso inicial es 9999.
- El costo del servicio de Archivos no tiene ningún costo.

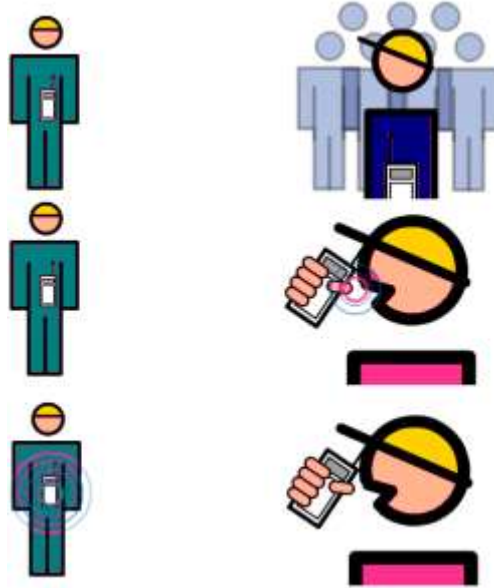


Figura 4.9. Servicio de Archivo de voz

4.5.6 Asocio

Servicio que permite la comunicación directa entre unidades.

4.5.6.1 Características

- El servicio Asocio opera de modo teléfono desde "Tel Listo" o "Phone Ready".
- Una llamada asocio se realiza de la siguiente manera:
 - Se presiona MODE hasta visualizar "Tel. Listo" o "Phone Ready"
 - Se marca el código Atel de la unidad ó número directo
 - Se presiona SEND para hacer la llamada
 - Se Presiona END para terminar la llamada
 - Si el usuario tiene número directo se debe marcar:
 - Bogotá: 1 + el número Avantel Directo
 - Cali: 2 + el número Avantel Directo
- La facturación de las llamadas asocio se realiza por segundos.

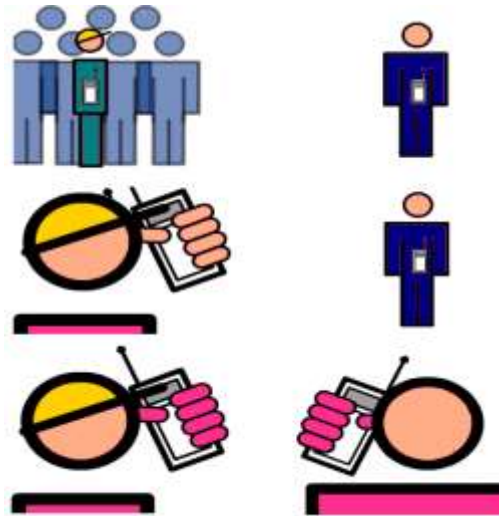


Figura 4.10. Servicio de Asocio

4.5.7 Avisornet

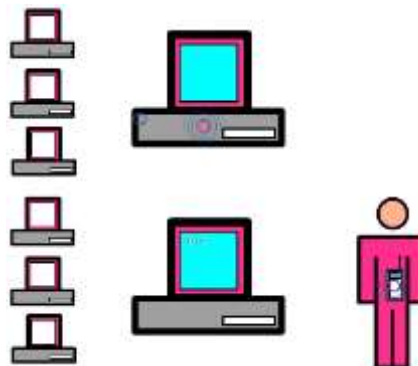


Figura 4.11. Servicio Avisor Net

Servicio de envío de mensajes de texto a través de Internet, puede ser individual o grupos, permite hasta 120 caracteres por mensaje. Se factura por mensaje. Hay de 2 tipos AvisorNet Individual y AvisorNet grupos:

4.5.7.1 AvisorNet Individual: es un sistema de recepción y almacenamiento de mensajes de texto en la unidad, enviados a través de internet.

4.5.7.1.1 Beneficios

- Envío de mensajes inmediatos
- Puede enviar mensajes desde cualquier parte del mundo ingresando a la página internet

- Posibilidad de envío de mensajes por operadora marcando a un teléfono local

4.5.7.1.2 Características

- El envío de mensajes de texto a una unidad INDIVIDUAL, a través de Internet se realiza de la siguiente manera:
 - Se ingresa a la página de Avantel: www.avantel.net.co
 - Se escoge el idioma entre español ó inglés
 - Se escoge la opción "enviar mensaje"
 - Se escoge la opción "AvisorNet Individual"
 - Se Marca el código del usuario puede tener 6 o 7 dígitos en el teclado de la unidad.
 - Se Ubica el cursor en la pantalla de la unidad, escriba el mensaje y oprima la tecla enviar.
- Se pueden enviar mensajes desde cualquier lugar del mundo a una unidad Avantel.
- Se pueden enviar mensajes por internet con el número Avantel Directo, sólo ingresando el código en la página de envío.
- Un mensaje puede tener hasta 140 caracteres, si es más largo se dividirá en dos o hasta tres partes.
- Se puede manda mensajes de texto (Avisor) desde la unidad marcando *618. Esta llamada no tiene ningún costo.
- Se factura por mensaje a quien lo recibe.

4.5.7.2 AvisorNet Grupos: Servicio que le permite enviar el mismo mensaje a un grupo de usuarios, ingresando a la pagina internet. Para acceder a este servicio, los clientes de Avantel deben solicitar una clave al departamento de Servicio al Cliente o marcando *623 desde su unidad.

4.5.7.2.1 Beneficios

- Ahorro de tiempo al enviar sus mensajes a varias personas con una sola operación.
- No requiere costos de inscripción ni pago de mensualidad.
- Envío de mensajes hasta 100 usuarios distintos en una sola operación.
- Verificación inmediata y segura de mensajes recibidos.
- Reducción de costos, evitando enviar los mensajes uno por uno, incurriendo en gastos innecesarios.

4.5.7.2.2 Características

- Los mensajes de grupo se envían comunicándose a servicio al cliente Avantel y solicitando su clave, después se accede a la página www.avantel.com.co y escoge la opción AvisorNet Grupos.
- Para enviar los mensajes de texto a un GRUPO desde Internet se realiza de la siguiente manera:
 - Se ingresa a la página de Avantel: www.avantel.net.co
 - Se escoge el idioma entre español ó inglés
 - Se escoge la opción "enviar mensaje"
 - Se escoge la opción "AvisorNet Grupo"
 - Se registra código y clave de acceso, previamente establecidos por Avantel.
 - Se Digita el mensaje y enviar.
 - El código del usuario puede tener 6 o 7 dígitos
- Este servicio se factura por mensajes recibidos.

4.5.8 A mail

Este es un servicio de notificación de correo electrónico en la unidad Avantel. Permite determinar quien envía el mensaje, el asunto y parte del contenido, siempre y cuando no supere los 120 caracteres. Si es cliente de Avantel, este servicio le remitirá los correos electrónicos a su unidad en forma de mensaje de texto.

4.5.8.1 Características

- La casilla de correo debe ser POP3
- Para acceder al servicio de a - mail se debe tener activado el servicio de mensajes de Texto (Avisor).
- El usuario puede colocar filtros(es decir cambiar la decisión sobre los mensajes que se desea sean notificado) cada vez que lo desee, lo puede hacer utilizando su login y password en la página web de Avantel.

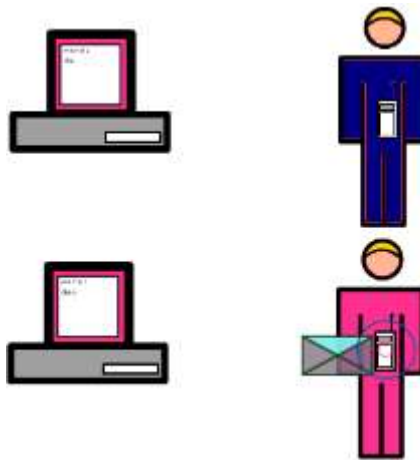


Figura 4.12. Servicio A - mail

4.5.8.2 Beneficios de A- mail

- La unidad indica cada vez que recibe un mensaje nuevo sin tener que conectarse a la red.
- Recibe los mensajes de varias cuentas de correo
- Facilidad y rapidez de lectura
- Ahorro de tiempo
- Personalización del servicio. (Decide qué recibir: remitente, asunto, contenido)
- Filtros: Le permiten determinar que mensajes notificar, los de un remitente específico, los de un asunto específico, etc.
- La facturación se realiza por mensaje recibido

4.5.9 Avisor

Este servicio permite al sistema ser un sistema de recepción y almacenamiento de mensajes de texto en la unidad, enviados a través de operadora.

4.5.9.1 Características

- En la unidad los mensajes de texto se envían a través de la Central Telefónica de cada ciudad o a través de Internet.
- En la unidad el reconocimiento de la llegada de un mensaje texto es de la siguiente manera: después de un tono, aparece en la pantalla el ícono de mensaje nuevo y un texto que dice "Mensaje Nuevo - ¿leer?" o "New Mail - ¿Read?"

- Cuando la unidad de encuentra apagada o fuera del área de cobertura, El sistema (SMS) almacena los mensajes y hace intentos de envío hasta tanto el usuario encienda la unidad o regrese al área de cobertura.



Figura 4.13. Servicio de Aviso.

4.5.10 Activa

Este servicio proporciona la posibilidad de utilizar tarjetas Activa prepago. Es un servicio de comunicación prepago para aquellos usuarios que desean hacer uso de su teléfono y tienen este servicio desactivado o para aquellos usuarios que desean controlar los gastos de llamadas hacia cualquier destino local, nacional e internacional.

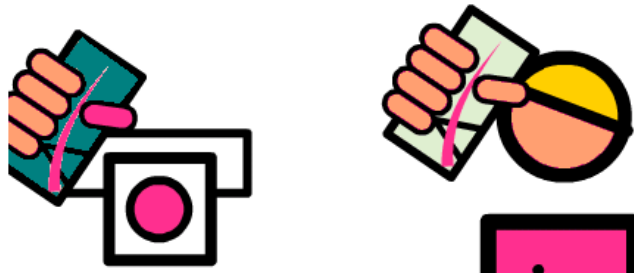


Figura 4.14. Servicio Activa.

4.5.10.1 Beneficios

- Hacer uso del servicio Atel, sin importar restricciones
- Llamar a varios destinos con la misma tarjeta
- transferencia de saldos de una tarjeta a otra
- La plataforma inteligente contabiliza el número de llamadas, el consumo de las mismas y le indicara al cliente cuantos minutos le quedan disponibles

4.5.11 WAP

WAP es un nuevo servicio que le permitirá acceder a Internet desde su unidad. Con WAP puede acceder a páginas que se encuentren en los formatos establecidos para que la información se pueda visualizar cómodamente desde la pantalla de su Avantel.

4.5.11.1 Beneficios

- Enviar y recibir mensajes de correo electrónico personal y corporativo.
- Enviar y recibir mensajes de texto.
- WAP personal permite tener información en línea acerca de los temas de su interés, visitando páginas web como:
 - Portales de contenido general. Ejemplo: terra.com
 - Portales de noticias. Ejemplo: eltiempo.com
 - Revisar sus mensajes en páginas wap de correo electrónico. Ejemplo: yahoo.com
- Hacer reservas y comprar tiquetes en páginas wap, de viajes y turismo. Ejemplo: despegar.com
- Hacer transacciones financieras en línea. Ejemplo: bancolombia.com
- Pagar servicios. Ejemplo: conavi.com
- Se tiene acceso a todas las páginas WAP disponibles a nivel nacional y mundial como:
 - lalupa.com
 - paginasamarillas.com
 - lamira.com
 - cocotero.com
 - msn.com
 - cnn.com
 - lycos.com
 - icq.com

4.5.12 RESCATEL

Es el servicio de Asistencia vial, legal, al hogar y referenciación en caso de emergencia o accidente que se presta a los usuarios de Unidades Avantel.

5. PLANEACION DE UN SISTEMA TRUNKING DIGITAL PARA LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

5.1. INTRODUCCION

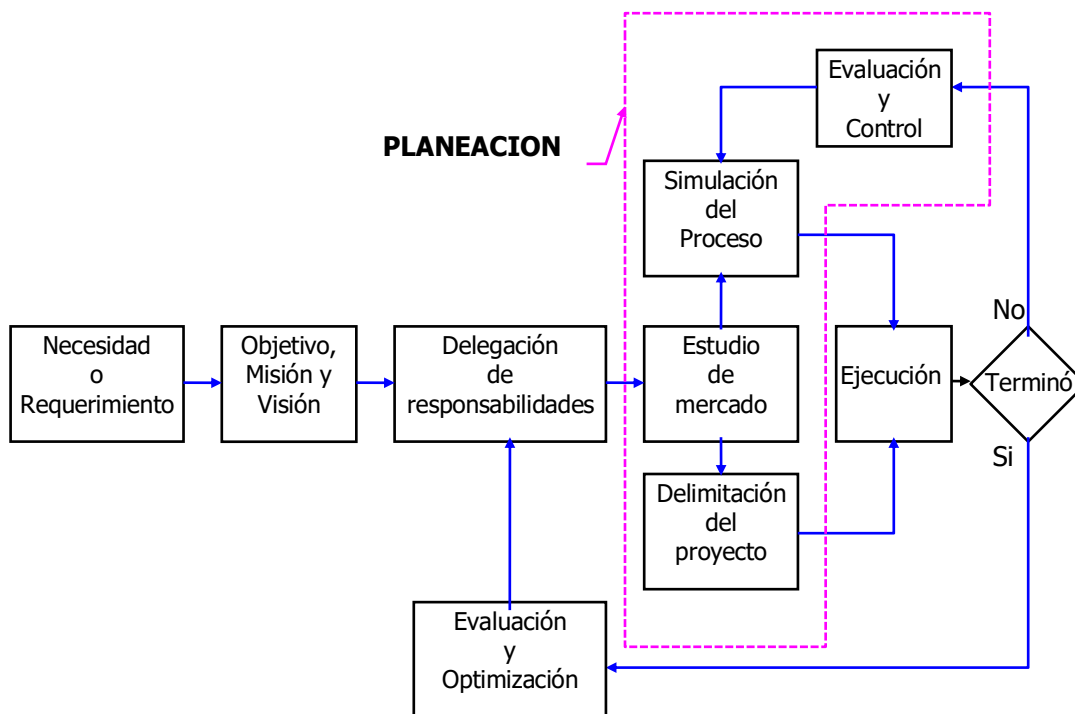


Figura 5.1. Procedimiento de Planeación

La planeación y el diseño de la red Trunking digital para la Universidad del Cauca, es un proyecto que busca obtener y proporcionar una recopilación de datos reales, de tal forma que pueda servir como base para lograr su ejecución en proyectos posteriores. Por ello se debe realizar una buena planeación y un diseño concreto de la red que se desea instalar en la Universidad del Cauca.

La planeación se constituye en la base para el ordenamiento y la ejecución del proyecto; la planeación comienza por la presentación de una necesidad o requerimiento, y termina con la ejecución de unas tareas para lograr el objetivo final.

Planear un proyecto es anticiparse a las tareas y resultados que se desean, lo cual requiere de un conocimiento global del proyecto; pero además, el proceso de planeación debe permitir evaluaciones y correcciones sobre la marcha; esta última exigencia se obtiene generando una retroalimentación entre los resultados y el diseño.

De una planeación adecuada se pretende obtener los mejores resultados con el menor desperdicio de energía, al menor costo y en el menor tiempo posible.

5.2. REQUERIMIENTO

La Universidad del Cauca cuenta con más de 1.400 administrativos distribuidos en las distintas facultades: Artes, Ciencias Humanas, Contaduría, Educación, Derecho, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Física, Ingeniería Agroindustrial, Medicina; áreas de trabajo como Bibliotecas, Transporte, Editorial, División de Comunicaciones, etc. y grupos de trabajo como Paramédicos, Red de Datos y otros. Dentro de cada una de las áreas de trabajo los empleados necesitan estar en comunicación directa con las personas que se encuentran laborando dentro o fuera de sus oficinas o en su zona de operación.

De acuerdo a las necesidades de comunicación que se presentan y los avances tecnológicos que ofrecen las empresas líderes en comunicaciones, el personal que labora en la Universidad del Cauca debería contar con una red de comunicaciones, que facilite la cooperación e interacción de una manera directa e inmediata con cualquier persona o con un grupo de trabajo determinado.

5.3. OBJETIVO

La planeación y diseño de un sistema Trunking digital para la Universidad del Cauca, se orienta a brindar una alternativa a los problemas de comunicación entre los empleados de las distintas áreas en la Universidad, proponiendo un sistema Trunking digital que ofrezca las características de los nuevos sistemas de comunicación, semejantes a los de las redes celulares pero que son más aplicables para la interacción entre grupos, permitiendo mejorar la rapidez y calidad de la comunicación móvil personal y empresarial.

5.4. ESTUDIO DE LA POBLACION

Dentro de la planeación de una red el punto más importante a tener en cuenta es hacia quien va dirigida. En este caso se debe estudiar a los empleados(administrativos, trabajadores y docentes) de la Universidad del Cauca, quienes serán los usuarios beneficiados por el nuevo sistema de telecomunicaciones. Para este caso se cuenta con un numero cercano a los 1500 empleados en la Universidad del Cauca, que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

• Docentes	886
• Administrativos	444
- Vicerrectores de la Universidad	3
- Jefes de división	7
- Profesionales Universitarios	45
- Técnicos Administrativos	55
- Técnicos operativos	34
- Secretarios ejecutivos	31
- Auxiliares Administrativos	107
- Operarios Calificados	54
- Auxiliares de servicios Generales	18
- Enfermeros Auxiliares	5
- Rector de la Universidad	1
- Secretario General	1
- Tecnólogos	5
- Médicos	3
- Odontólogos	4
- Celadores	46
- Conductores mecánicos	12

Para más detalles se debe remitir al Anexo A, donde se encuentra un análisis más detallado de la distribución de los administrativos y docentes de la Universidad del Cauca.

5.5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

El estudio de factibilidad del proyecto se constituye en el punto de partida de la planeación y el diseño, ya que otorga datos de los posibles beneficiarios de la red, de sus necesidades,

preferencias y posibilidad de adquisición. Estas variables podrían asegurar el éxito del proyecto o por el contrario arrojar un resultado negativo con respecto a la aceptación del proyecto.

Para llevar a cabo el estudio de factibilidad, se realizó una encuesta a 150 empleados de la Universidad del Cauca, con el fin de recolectar información acerca de sus servicios básicos de comunicación, el número de personas con quienes interactúan y su conocimiento de los sistemas Trunking. Con estos datos se obtuvo una base informativa de las necesidades de comunicación entre los empleados, así como también una perspectiva de los diferentes grupos de conversación que se pueden tener.

En el anexo B, se encuentra el estudio detallado de la encuesta realizada a los empleados de la Universidad del Cauca y de los grupos de conversación que se definieron.

La tabulación de los datos arrojados en cada una de las preguntas fue la siguiente:

① Que sistema de comunicación utiliza usted:

Sistema de Comunicación	Numero de personas	Porcentaje(%)
Celular	30	17
Bepper	10	6
Walkie Talkie	4	2
Telefonía Convencional	110	61
Ninguno	25	14

② Con cuantas personas necesita comunicarse en el área en que labora:

Grupos de trabajo	Numero de personas	Porcentaje(%)
1-10	118	79
10-20	27	18
20-30	5	3
30-40	0	0

③ Conoce usted los sistemas troncales o radio de dos vías:

Aceptación	Numero de personas	Porcentaje(%)
Si	10	7
No	140	93

- ④ Cuales de los servicios de comunicación desearía usted tener en una misma unidad de radio:

Grupos de trabajo	Numero de personas	Porcentaje(%)
Correo electrónico	143	93%
Correo de voz	70	46%
Llamada en espera	102	76%
Llamada de grupo	148	98%
Llamada privada	150	100%
Internet móvil	135	87%

- ⑤ Le gustaría que estos servicios fueran aplicados en la Universidad del Cauca

Aceptación	Numero de personas	Porcentaje(%)
Si	148	99
No	2	1

- ⑥ Estaría usted dispuesto a adquirir y pagar por este dispositivo y sus servicios:

Aceptación	Numero de personas	Porcentaje(%)
Si	83	55
No	67	45

Con la realización de esta encuesta se obtuvieron puntos muy concretos para la planeación y el diseño tales como:

- Los empleados de la Universidad del Cauca no cuentan con un sistema interactivo de comunicación, lo que les impide entrar en comunicación inmediata cuando estos lo necesiten.
- Dentro de la Universidad se encuentra la necesidad de comunicación entre diferentes grupos de trabajo, los cuales en su gran mayoría están conformados entre 1-10 personas.
- El conocimiento de los sistemas Trunking en la comunidad de docentes y administrativos de la Universidad del Cauca es mínimo, lo que les hace imposible conocer las características y ventajas de la tecnología Trunking digital.
- Los posibles beneficiarios del sistema, estarían dispuestos a activar gran mayoría de los servicios suplementarios que proporcionan las nuevas tecnologías Trunking digital.
- El sistema contaría con una gran aceptación y demanda, ya que los empleados estarían dispuestos a adquirir el sistema y a beneficiarse de los innumerables servicios de las redes Trunking digital.

Los sistemas Trunking se convierten así, en una gran alternativa para satisfacer las necesidades de comunicación móvil de los administrativos y docentes, así como también el poder contar con una serie de nuevos servicios basados en las nuevas tecnologías de punta en los sistemas de comunicación.

5.6. ESTUDIO DEL AREA DE SERVICIO

5.6.1. Area de servicio

Dentro de los parámetros establecidos para el proyecto se plantea el cubrimiento de la ciudad de Popayán y los alrededores del municipio. Esta área de cubrimiento será posteriormente estudiada a través de los métodos de propagación. La definición de esta área se define de tal manera que se pueda tener máxima cobertura dentro del desplazamiento de los administrativos y docentes de la Universidad del Cauca.

5.6.2. Topografía del área de servicio

Dentro de la topografía del área de servicio primero se analiza el Departamento del Cauca que cuenta con una extensión de 38.080 Km² con 1.255.333 habitantes, y 34 municipios. El territorio caucano es uno de los más quebrados del país, al comprender parte del Macizo Colombiano, siendo este un factor que influye en el establecimiento de las redes de comunicación.

Para la realización de la planeación es necesario recurrir a las cartas topográficas correspondientes al Departamento del Cauca y a la Ciudad de Popayán específicamente, elaboradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Estas cartas permiten la determinación de los posibles cerros donde se ubicaría la estación base, de tal forma que se pueda obtener el área de cobertura deseada.

El municipio de Popayán, limita por el norte con el municipio de Cajibío, por el Oriente con el municipio de Totoro, por el occidente con el municipio del Tambo y por el sur con el municipio de Timbio. La cabecera municipal se encuentra ubicada a 2^o 27' de Latitud Norte, 76^o 38' de longitud Oeste y una altura de 1.760 m sobre el nivel del mar; su clima es templado, con una temperatura media de 18^o C y un área de 512 Km².

5.6.3. Impacto del sistema en el área de servicio

Los empleados de la Universidad del Cauca, cuentan con un único sistema de comunicación en la actualidad, la telefonía convencional, lo que les hace imposible poder estar comunicados activamente cuando se desplazan a través de sus diferentes áreas de trabajo o fuera de sus oficinas.

El sistema Trunking proporciona comunicación inmediata entre cualquier usuario, grupo o grupos de usuarios dentro de las diferentes áreas, lo que facilita la interacción y ejecución rápida de las diferentes actividades, aprovechando al máximo el tiempo laboral de los empleados.

Desde el punto de vista de seguridad, es una de las mayores ventajas ya que se contaría con un sistema que permite una comunicación inmediata con cualquier persona o con un grupo de personas con tan solo presionar un solo botón.

5.7. MARCO LEGAL

5.7.1. Disposiciones generales

En Colombia el sector de las telecomunicaciones es administrado por el gobierno nacional a través del Ministerio de Comunicaciones.

En la Constitución Nacional se encuentra consagrado en los artículos 20 y 75 los derechos del ciudadano para fundar medios masivos de comunicación. Además define el espectro electromagnético como un bien público, inagenable e imprescriptible sujeto a la gestión y control del estado.

En el decreto 1900 de 1990 del Ministerio de Comunicaciones, se presentan las normas y estatutos que regulan las actividades y servicios de telecomunicaciones, el cual estipula:

- En el título I, artículo del 1 al 5, 12 y 13 estipula la potestad que tiene el estado y por delegación el Ministerio de Comunicaciones de regular, planear, gestionar y controlar las telecomunicaciones, las define claramente y establece el fin social de las mismas. En particular el otorgamiento de permisos para la utilización de las frecuencias.

- El título II, artículo 14 al 16, se refiere a las redes de telecomunicaciones, hace una definición de ellas y enumera sus partes.

5.7.2. Disposiciones específicas

En el decreto 2343 del 26 de diciembre de 1996(del Ministerio de Comunicaciones) se reglamentan las actividades y servicios de las telecomunicaciones que utilizan sistemas de acceso troncalizado (Trunking), se atribuyen las bandas de frecuencias de operación y decreta:

- En el título I artículo 1 y 2 del capítulo 1 referidos a disposiciones generales: objeto y definiciones. En el capítulo 2 artículo 3 al 9: disposiciones generales de la concesión y utilización de los sistemas Trunking.
- En el título II se refiere a las actividades de telecomunicaciones que utilizan sistemas de acceso troncalizado. En el capítulo 3 artículos 10 al 13 se trata de las licencias y los requisitos. En el capítulo 4 artículos 14 al 17 se tratan los derechos y obligaciones de los licenciatarios.
- En el título III artículos 18 al 22 capítulo 5 se refiere a los servicios de telecomunicaciones que utilizan sistemas de acceso troncalizado. En el capítulo 6 artículos 23 al 27 se tratan los derechos y obligaciones de los operadores
- En el título IV capítulo 7 artículos 28 al 55 se refiere a las disposiciones técnicas del sistema. En el capítulo 8 se trata la atribución de bandas de frecuencias.
- En el título V artículos 59 al 65 se refiere a los derechos tarifarios.

5.8. PERMISOS SOLICITADOS AL MINISTERIO DE COMUNICACIONES

Para la concesión de una parte del espectro electromagnético, es necesario tramitar ante el Ministerio de Comunicaciones los siguientes permisos y documentos:

- 1) Caracterización y objetivos: se deben consignar las características y objetivos del servicio y del sistema.
- 2) Certificación de la Central Eléctrica del Departamento: en este documento la empresa certifica la disponibilidad de energía para el buen funcionamiento del servicio.
- 3) Certificación de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones: TELECOM: carta donde se certifica que la frecuencia y la potencia de los equipos del sistema no afecta o interfiere la operación de los sistemas de TELECOM.

- 4) Listado de los equipos que se utilizarán en la estación base y transmisores. Donde se describen los equipos que va a adquirir la entidad cumpliendo con las normas mínimas exigidas por el Ministerio de Comunicaciones.
- 5) Ubicación de la estación base: donde se describe a través de planos la distribución de la planta física de las diferentes partes que conforman el sistema.
- 6) Estudio técnico: se realiza el estudio de propagación cumpliendo con los requerimientos mínimos exigidos por el Ministerio como son potencia del transmisor, frecuencia de trabajo, etc.
 - a. Especificaciones del sistema de acceso troncalizado, que incluya las características técnicas de los equipos, antenas, y combinadores.
 - b. Cálculo de la potencia radiada aparente (p.r.a.), teniendo en cuenta la potencia nominal del equipo, la ganancia y el patrón de radiación.
 - c. Cálculo de propagación para la cobertura del área (s) de servicio, teniendo en cuenta la altura efectiva de las antenas.
 - d. Plan de canalización y justificación del número de frecuencias requeridas.
 - e. Diagrama topológico de la red y plano del área(s) de servicio indicando la ubicación de las estaciones base o repetidoras de cubrimiento, con sus coordenadas geográficas.
- 7) Presupuesto de funcionamiento: se describe el personal que laborará en la prestación del servicio así como el sueldo devengado por cada uno de los funcionarios y se presenta el presupuesto de ingresos.
- 8) Representante legal: persona encargada de representar la empresa ante cualquier entidad oficial, pública o privada.
- 9) Certificación del Ministerio del Medio Ambiente: carta donde se certifique que las instalaciones, la frecuencia y la potencia no afectarán a los seres vivos de la zona.

5.9. ESTUDIO DE PROPAGACION Y CUBRIMIENTO

El estudio de propagación es muy importante en la planeación y diseño de un sistema de comunicación, ya que permite obtener los datos de cómo se propagan las ondas en el área de servicio, así como también la determinación de las condiciones del entorno, involucrando todos los factores de corrección y proporcionado información sobre el radio máximo de cobertura.

La trayectoria de las Estaciones Móviles (MS) en los sistemas Trunking varían permanentemente con el tiempo debido a su constante desplazamiento. Por tal razón la MS puede llegar a recibir directamente la señal proveniente de la estación base, como también puede recibir la señal difractada o reflejada por los diferentes obstáculos que se encuentren próximos a la MS como son edificios, montañas, vegetación y otros, haciendo que el nivel de la señal llegue atenuada y desfasada.

El factor de atenuación de la señal es proporcionado por las condiciones topográficas, ambientales y temporales del medio por donde viaja. Es por esta razón que se deben introducir los respectivos factores de corrección que determinen el nivel de la señal en el punto de recepción, teniendo en cuenta el tipo de terreno, edificaciones, altura de las antenas, orientación de las vías, interferencias con otros sistemas, etc.

Para realizar una adecuada planeación de la red es necesario desarrollar los estudios de propagación, ya que estos permiten realizar una clasificación de los obstáculos, lo cual a su vez permite realizar una clasificación del área de servicio en zonas urbanas, suburbanas y rurales, para así poder obtener información acerca de: la ubicación de la estación base, radio máximo de cobertura, plan de frecuencias, etc.

Para el caso de los sistemas Trunking el tipo de atenuación que afecta la señal radioeléctrica ocasionada por las características del terreno es el desvanecimiento tipo Rayleigh.

Este desvanecimiento también se puede apreciar en áreas con alta densidad de edificios altos. Aspecto que no sería importante en este proyecto ya que se tiene que Popayán es una ciudad pequeña y de pocas construcciones.

Este parámetro según los datos obtenidos puede oscilar entre 5 y 10 dB aunque puede alcanzar valores de 20 dB para grandes ciudades con alta densidad de edificios elevados.

5.9.1. Probabilidad de comunicación

5.9.1.1. Variación espacial: esta variación se debe al hecho de que los modelos de propagación están basados en datos promedios de diferentes ubicaciones, lo que implica que en un área de una estación base el 50 % de las localizaciones tendrán una señal por encima

del valor esperado(nivel promedio), mientras que el otro 50 % tendrá un valor inferior al esperado.

La mayoría de los sistemas de comunicaciones móviles se diseñan con una probabilidad de comunicación del 90 % de ubicaciones al interior del radio de cobertura (99 % para usuarios muy cercanos a la estación base), lo que equivale a que en la frontera de radio, en una estación base, la probabilidad de comunicación sea del 75 % (lo que se define como probabilidad de frontera).

Esto significa que al operar con los modelos de propagación normalizados se debe determinar rigurosamente las pérdidas que se necesiten adicionar a las pérdidas de propagación del trayecto, por las variaciones espaciales, para compensar la potencia del transmisor e incrementar la probabilidad de comunicación del 50 % al 90 % o mayor.

5.9.1.2. Variación temporal: la propagación de las ondas de radio entre la estación base y el móvil presenta variaciones en el tiempo debido a factores como las estaciones, el relieve, la vegetación, etc. Por lo tanto la variación temporal se puede considerar despreciable, ya que en la zona de servicio tiene poca incidencia en la disponibilidad del enlace. A pesar de estas consideraciones y para lograr un resultado más certero, se tomó este dato de una serie de curvas empíricas, para así poder asegurar una disponibilidad temporal del 90% del tiempo.

Estas variaciones temporales se consideran como atenuaciones correspondientes a la corrección por tiempo que deben adicionarse a las pérdidas de propagación debidas a las fluctuaciones del medio de propagación.

5.9.2. Modelo de propagación

En la planeación de sistemas de comunicación móvil es muy importante determinar las características de propagación para la determinación del nivel promedio de intensidad de la señal recibida en cualquier punto a cierta distancia del transmisor.

Existen varios modelos que permiten encontrar las perdidas de propagación tales como el modelo desarrollado por Y. Okumura y M.Hata para sistemas móviles. Este modelo de pronostico está basado en extensos datos experimentales y análisis estadísticos.

Se tomo la determinación de utilizar para nuestro proyecto el modelo Okumura Hata, ya que de acuerdo a nuestro criterio es el más útil y el de más simple aplicación, puesto que permite el empleo de herramientas informáticas, produciendo resultados muy precisos y se adapta muy bien a la zona de servicio determinada. A continuación se trata más a fondo el modelo Okumura Hata.

5.9.2.1. Modelo Okumura Hata: este modelo se deriva de las curvas desarrolladas por Okumura y se basa en un gran número de medidas experimentales realizadas en varios lugares del mundo por lo que se le considera muy realista.

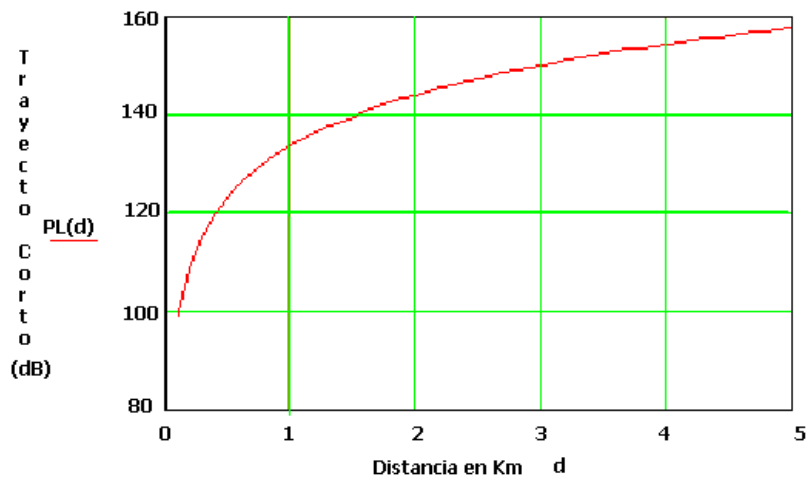


Figura 5.2. Modelo Okumura Hata.

Este método es aplicable para predecir la intensidad de campo y el área de servicio de sistemas móviles terrestres con las siguientes condiciones:

Tabla 5.1. Disposiciones del modelo Okumura Hata

Frecuencia	150 – 1500 MHz
Radio de cobertura	1 - 20 Km.
Altura efectiva de las antenas de la estación base	30 – 200 m
Altura efectiva de la estación móvil	1 – 10 m

El modelo Okumura Hata se aplica teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Pérdidas de propagación entre las antenas isotrópicas
- Terreno moderadamente llano.
- La fórmula estándar se desarrolla para las pérdidas de propagación en el área urbana.

5.9.2.1.1. Pérdidas de propagación para el área urbana: en el área urbana la intensidad de campo recibida varía con la altura de las antenas en la estación base y en el móvil, la frecuencia transmitida, la distancia del transmisor a la unidad móvil o portátil.

La fórmula para pérdidas de trayectoria general, del modelo es:

$$L_p \text{ (dB)} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + 44,9 - 6,55 \log(h_b) + \log(d) + C_o \quad \text{(5.1)}$$

donde:

L_p = pérdida de trayecto, [dB]

f = frecuencia, [MHz]

d = distancia entre la estación base y el móvil, [Km] ($1 \text{ Km} < d < 20 \text{ Km}$)

h_b = altura efectiva de la antena de la estación base, [m] ($30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$)

$a(h_m) = (1,1 \log(f) - 0,7) h_m - (1,56 \log(f) - 0,8)$ para sector urbano

$a(h_m) = 3,2(\log(11,75 h_m))^2 - 4,97$ para sector urbano denso

h_m = altura de la antena móvil [m] ($1 \text{ m} < h_m < 10 \text{ m}$)

C_1 = 69,55 para $150 \text{ MHz} < f < 1000 \text{ MHz}$
46,3 para $1500 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$

C_2 = 26,16 para $150 \text{ MHz} < f < 1000 \text{ MHz}$
33,9 para $1500 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$

C_o = 0 dB para sector urbano
3 dB para sector urbano denso

L_o = pérdidas mínimas

La ecuación se puede expresar convenientemente como:

$$L_p \text{ (dB)} = L_o \text{ (dB)} + (449 - 6.55 \log(h_b)) \cdot \log(d) \quad (5.2)$$

También la ecuación se puede determinar como una función en línea recta:

$$L_p = L_o \text{ (dB)} * 10 \cdot y \cdot \log(d) \quad (5.3)$$

La formula exhibe una ecuación de una línea recta donde:

$$L_p \text{ (dB)} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) \quad (5.4)$$

Y es la cuesta de pérdida de trayectoria, aproximadamente como:

$$y = (44,9 - 6,55 \log(h_b)) / 10 \quad (5.5)$$

5.9.2.1.2. Perdidas de propagación para área suburbana: Okumura encontró que no hay cambios en la diferencia de atenuación entre las áreas urbanas y suburbanas cuando se cambia la altura de la estación base. En las áreas suburbanas la atenuación depende ante todo de la frecuencia.

Las pérdidas de propagación viene dada por la expresión:

$$L_{sub} = L_{urb} - 2 * (\log f / 28)^2 - 5,4 \quad (5.6)$$

5.9.2.1.3. Perdidas de propagación para el área rural o espacios abiertos: en las áreas rurales la propagación de las señales radioelectricas se realiza de una manera mucho más sencilla que en las áreas urbanas y suburbanas, debido a la menor cantidad de obstáculos e interferencias, estando el nivel de la señal recibida unos 20 dB por encima, para la misma altura de antena y distancia de separación.

La perdida de propagación viene dada por la expresión:

$$L_{ab} = L_{urb} - 4,78 * (\log f)^2 + 18,33 * \log f - 40,94 \quad (5.7)$$

5.9.2.2. Modelo Longley Rice: este modelo se utiliza dentro de la planeación y diseño del sistema para comprobar los resultados arrojados por el modelo de Okumra Hata, a través de un software especial para propagación.

El modelo Longley Rice se utiliza para terrenos irregulares, y frecuentemente se denomina como el Modelo de Terreno Irregular (ITM, Irregular Terrain Model). Este fue desarrollado por A.G. Longley P.L Rice a finales de los años 60 por iniciativa del Instituto para las Ciencia de las Telecomunicaciones(ITS, Instirute for Telecommunications), un organismo de la administración nacional de telecomunicaciones e información (NTIA) del departamento de comercio de los Estados Unidos. Es un modelo deterministico que basa su funcionamiento en varios parámetros relativos a la localización, condiciones de propagación, tipo de servicio y variabilidad.

Este modelo es recomendado y utilizado por muchas administraciones y programas comerciales cuando se requiere calculos de propagación precisos.

La aplicación del Modelo Longley Rice puede llegar a ser tan compleja que casi obliga su empleo utilizado herramientas software, por lo cual la documentación del mismo está centrada en esta idea. En el anexo C, se encuentra la descripción del algoritmo que muestra la fundamentación matemática así como la descripción de la herramienta computacional de ITM para la predicción de las perdidas.

5.10. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS TRUNKING

Actualmente los sistemas Trunking en el país tienen un mercado favorable y con grandes perspectivas. En Colombia el mercado es dominado por la Empresa Avantel que maneja infraestructura y tecnología iDEN de Motorola. Esta compañía brinda el servicio en gran parte del territorio nacional, enfrentándose con la competencia de otros servicios móviles como la telefonía celular.

En el continente Americano el mercado es dominado : en Norte y Centro América por los sistemas EDACS de Ericsson - Net, y en Sur América es dominado por los sistemas IDEN de Motorola. En los países Europeos tales como Francia, Inglaterra, Alemania y otros, el mercado es dominado por la compañía Dolphin con el sistema TETRA.

En el mercado colombiano el crecimiento de las comunicaciones móviles Trunking ocurre a partir de 1991 con la expedición de los decretos dentro del marco del sector de las telecomunicaciones (decreto 1900 y 1901) y la introducción y privatización de los servicios de valor agregado, además

se tiene el gran auge de las comunicaciones inalámbricas y los diferentes servicios de comunicación que estos proporcionan, que facilitan y mejoran la interacción entre los usuarios.

En el año 2000 el mercado del sector Trunking represento el 20% de total de las importaciones realizadas por el sector de las comunicaciones. Cerca de 120 comercializadoras autorizadas por Avantel se encuentran en todo el país, en las principales ciudades como: Bogotá, Cali, Medellín, Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Villavicencio, Pasto, Pereira, Armenia, Manizales, Montería, Cúcuta, Popayán.

6. DISEÑO DE UN SISTEMA TRUNKING DIGITAL PARA LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Después de determinar el modelo de propagación a seguir se continua el plan para el diseño del sistema de radiofrecuencia, este diseño debe cumplir con los requerimientos de calidad tanto de RF como de interconectividad, además se debe escoger el sistema que se va a aplicar dentro del diseño como su dimensionamiento.

6.1. SELECCION DEL SISTEMA

6.1.1. Consideraciones

Teniendo en cuenta el requerimiento inicial del proyecto y las características particulares de la zona de servicio, tratadas en el capítulo de planeación, se obtienen los principales aspectos que se deben tener en cuenta para la elección del sistema:

- El sistema de comunicaciones brindará el servicio especialmente a los empleados y grupos especiales de la Universidad del Cauca, teniendo en cuenta el servicio de llamada de grupo
- El sistema debe ofrecer un máximo cubrimiento dentro del área propuesta, de tal manera que se le garantice al usuario la comunicación inmediata desde y hacia cualquier punto donde se desplace o se encuentre
- La comunicación debe ser ágil, confiable, a prueba de fallos, e inmediata
- El ambiente de operación es urbano suburbano y rural
- El sistema de comunicaciones debe proporcionar las alternativas de las nuevas tecnologías de comunicación
- El sistema de comunicaciones debe tener gran eficiencia y un costo relativamente moderado.

A través del análisis realizado en los anteriores capítulos acerca de los nuevos sistemas Trunking con tecnología digital se obtuvieron los siguientes resultados:

- De los tres sistemas tratados, EDACS, iDEN y TETRA, cualquiera de ellos sería una buena opción para la red que se desea diseñar para la Universidad del Cauca.

- Las tres tecnologías ofrecen un gran número de alternativas en servicios de comunicación, como también una comunicación interactiva entre grupos
- La diferencia que existe entre las tres tecnologías radica en el conocimiento que se tiene sobre cada una, como también en su costo. En Colombia estas tres tecnologías se encuentran en diferentes compañías, siendo la tecnología iDEN la que mayor número de compañías maneja hoy en día, dado que la empresa que cuenta con el dominio de los sistemas Trunking digital en Colombia es Avantel y esta cuenta con tecnología iDEN de Motorola para la prestación de sus servicios.

Con esta gran referencia y además por los estudios de las características ofrecidas por cada uno de los sistemas se toma al sistema iDEN, como la tecnología para el diseño de la red Trunking para la Universidad del Cauca.

En el anexo C, se tiene la información en detalle del sistema iDEN, como también las características de cada uno de los equipos que esta maneja.

6.1.2. Características técnicas de los equipos

A continuación se dan las características técnicas más importantes de cada uno de los equipos:

a) Características de la Radio Base (BR).

Tabla 6.1. Especificaciones Generales

Especificación	Valor o rango
Rango de frecuencia de RX	806 – 821 MHz
Rango de frecuencia de Tx	851 – 866 MHz
Espaciamiento entre Tx – Rx	45 MHz
Espaciamiento entre canales	25 KHz
Generación de frecuencia	Sintetizada
Modulación Digital	M-16QAM
Diversidad de ramas	Hasta 3

Tabla 6.2. Especificaciones en Transmisión

Especificación	Valor o rango
Potencia de salida promedio	
40 vatios	2 – 40 vatios
70 vatios	4 – 70 vatios

Tasa de Error de Bits transmitidos (BER)	0.01%
Ancho de banda ocupado	16.5 KHz
Impedancia de entrada RF	50 Ω (nominal)

Tabla 6.3. Especificaciones en Recepción

Especificación	Valor o rango
Sensitividad estática (BER = 8%)	-108 dBm
BER bajo (BER = 0.01%)	\geq -80 dBm
Frecuencias en IF	73,35 MHz (1 st) 450 KHz (2 nd)
Impedancia de entrada en RF	50 Ω (nominal)
Designación FCC (FCC Rule Part 15)	ABZ88FR5762 ABZ88FR5792

b) Características del Sistema de Distribución de RF

Tabla 6.4. Características Generales

Especificación	Valor o rango
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 a +95° C
Rango de temperatura de operación	-30 a +40° C
Rango de frecuencia Recepción Transmisión	806 a 821 MHz 851 a 866 MHz
Espaciamiento entre Tx – Rx	45 MHz
Espaciamiento entre canales	25 KHz (mínimo)
Impedancia de puerto	50 Ω (nominal)

Tabla 6.5. Características Antena Receptor

Especificación	Valor o rango
Ganancia (806 – 821 MHz) $T_A = 25^\circ \text{C}$ $-30^\circ < T_A < 60^\circ \text{C}$	9,0 dB \pm 0,75 dB 9,0 dB \pm 1,10 dB
Selectividad relativa a 815 MHz DC - 750 MHz 650 – 680 MHz 785 MHz 851 – 866 MHz 866 – 1390 MHz 1390 – 1570 MHz 1570 – 2000 MHz	\geq 70 dB \geq 85 dB \geq 40 dB \geq 80 dB \geq 10 dB \geq 55 dB \geq 10 dB

Tabla 6.6. Características Antena transmisora

Especificación	Valor o rango (dB)	
	Sin Expansión *	Con Expansión **
Perdidas por inserción		
851 a 854 MHz	4,3	7,8
854 a 866 MHz	2,9	6,4
Aislamiento entre la antena y el transmisor		
0° < T _A < 60° C	≥ 55	≥ 55
-30° < T _A < 0° C	≥ 45	≥ 45
Selectividad relativa a 860 MHz		
DC – 821 MHz		
821 – 849 MHz	≥ 80	≥ 80
920 – 2.000 MHz	≥ 50	≥ 50
	≥ 10	≥ 10
Aislamiento Tx a Rx	N/A	55

c) Características del Filtro Notch Pasabanda en Transmisión**Tabla 6.7.** Características del Filtro Notch Pasabanda en Transmisión

Especificación	Valor o rango
Rango de temperatura de operación	-30 a 70° C
Pasabanda	851 a 866 MHz
Perdida por inserción	
851 MHz	2.0 dB (2.5 dB máxima.)
866 MHz	0.8 dB (1.0 dB máxima)
Impedancia de puerto	50 Ω (nominal)
Perdidas de retorno en los puertos	17 dB (14 dB min.)
Potencia de entrada	
Continuidad máxima	150 vatios
pico	500 vatios
Duración de potencia pico	250 μs
Selectividad relativa a 860 MHz	
DC a 806 MHz	80 dB
806 a 821 MHz	80 dB
821 a 849 MHz	50 dB
920 a 2.000 MHz	30 dB

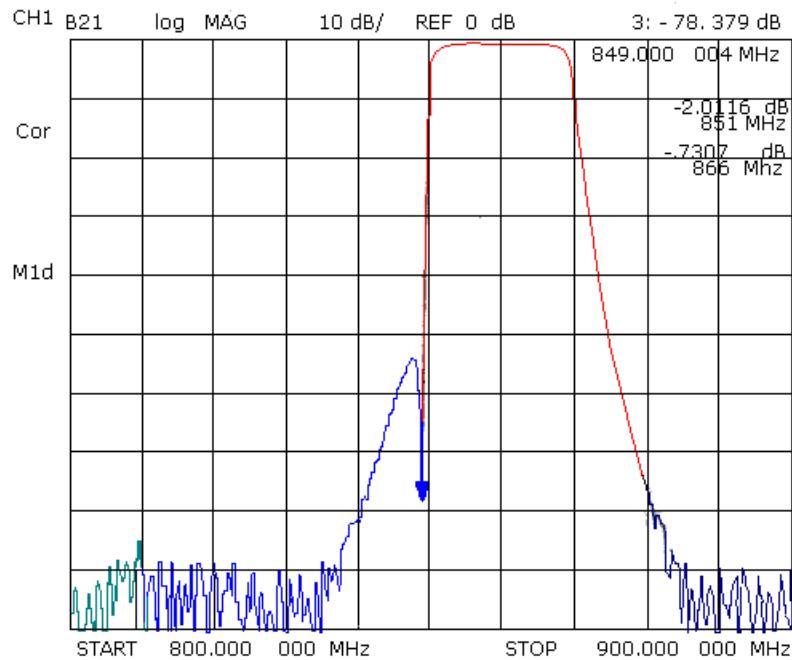


Figura 6.1. Filtro Notch Pasabanda en Transmisión

d) Centro de conmutación Móvil(MSC, Mobile Switching Center)

Tabla 6.8. Limitaciones del MSC

Subsistema	Usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
MSC (U10) (centro XA)SR 7	220.000	N/A	Utilización del 80% de la CPU	N/A	Utilización de varias CPU dependiendo el perfil de la llamada.
MSC (10) SR 7.0	160.000		Utilización del 86% de la CPU		
HLR(10) SR 7.0	940.000	N/A	Utilización del 86% de la CPU	N/A	
HLR(09) SR 7.0			Utilización del 85% de la CPU		

Servicio de Mensajería Corta (SMS, Short Message Service)

Tabla 6.9. Limitaciones del SMS.

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
SMS	N/A	N/A	Utilización del 80% de la CPU	N/A	40 mensajes por segundo con un procesador de 200 MHz 16 MB de RAM para cada 60.000 suscriptores Un máximo de 36.400 mensajes cortos por hora

e) Controlador de Sitio Base(BSC, Base Site Controller) – Procesador de Control

Tabla 6.10. Limitaciones Controlador de Sitio Base(BSC, Base Site Controller) – Procesador de Control

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
BSC - CP	N/A	33	N/A	792	Máximo Erlangs –1.200(típicamente <400) Máximo No de BRS= Máx. sitios Max BRs/sitio(33*24) Máximo de 7 cargas por LCF GPROC 1 MTL= 7 cargas 1 sitio = 1 load consiste de 2 RSLs(mobis y SNMP) 1 XBL= 1 load
BSC- ECP	N/A	80	N/A	1.600	Máximo Erlangs –1240(típicamente <800) Máximo de 7 cargas por LCF GPROC 1 MTL= 12 loads 1 sitio = 1 load consiste de 2 RSLs(mobis y SNMP) 1 XBL= 1 load

f) Controlador de sitio Base(BSC, Base Site Contorller)- Transcodificador(Transcoder)

Tabla 6.11. Limitaciones del BSC

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
BSC -XCDR	N/A	N/A	1.008 ranuras de tiempo TDMA	N/A	Máximo número de radio base por XCDR no son aplicables Máximo Erlangs 1.240 (típicamente < 300)
EXCDR	N/A		1.600 ranuras de tiempo		Máximo de 1.240 Erlangs (típicamente <800)

g) Procesador de Aplicación de Despacho (DAP, Dispatch Application Processor)

Tabla 6.12. Limitaciones del DAP

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
T-DAP –90	90.000	1.000	Utilización del 65% De la CPU	N/A	125/SBE. Máximo Numero de SBEs=12 83 sitios/SBE máximo no de SBEs = 16 50 sitios/SBE máximo No de SBEs = 24 las limitaciones SBE están basadas en la configuración de 4 SM
T-DAP –180	180.000	1.000			

i) Conmutador de paquetes metro (MPS, Metro Packet Switch)

Tabla 6.13. Limitaciones del MPS

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
MPS (Igx 32)	45	75	N/A	6 / EBTS sitios	75 sitios @ ADSOs / sitios (hasta 6 BRs) icons= 1000 Máximo / PVCs= 160000 w npm 64 B tarjeta Módulos de conmutación = puertos PD Máximo numero de tarjetas – 32 Máximo 256 Mbps de ancho de banda. 250 sitios (6DS0/sitio) 16 MSX por cada armario BPX 9.6Gb de ancho de banda BPX máximo
MPS(bpx)	N/A	200/SM	Capacidad de puerto PD		

j) Pasarela de Datos Móviles(MDG, Mobile Data Gateway)

Tabla 6.14. Limitaciones de la MDG

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
MDG (SR 6.0)	15.000	500	10 llamadas por PCH	N/A	Llamadas de 10 paquetes de datos 4 conexiones V.34 Frame Relay máximo 1 Eternet 10 base T
MDG (SR 9.1)	65.000	500	411 Kbps I/B 311 Kbps O/B	N/A	2 conexiones V.35 Frame Relay mínimo 4 conexiones V.35 Frame Relay máximo 1 Eternet 10 baseT modelo de llamada I/B y O/B esta basada en 5 secciones por usuario en hora pico.

k) Pasarela de Control de Acceso a EBTS(ACG, EBTS Access Control Gateway)

Tabla 6.15. Limitaciones de la ACG

Subsistema	usuarios	sitios	Limites	BRs	Comentarios
ACG(SR 7.0)	N/A	1	Logica 12:1	20 –omni 23 – 3 sector 12 con VME EBTS	12 x BRs – (PCCH+ SCCH)≤127 SR 7.0 ((BRsx6)-3) + busyQueue = 176 SR 9.1 Busy Queue = 35
ACG (SR 9.1)			DCCH holdbacks		

6.2. DISEÑO TEORICO DE SISTEMA TRUNKING

El objetivo de este proyecto abarca diseñar el sistema de Radiofrecuencia Trunking digital para la Universidad del Cauca con tecnología digital TDMA iDEN para responder a unas necesidades de servicio de comunicación móvil grupal e individual. De tal manera que se le brinde a cada uno de los administrativos y empleados una conexión de forma inmediata, segura y de buena calidad.

6.2.1. Area de servicio y zona de cobertura

El área de cobertura o Zona de Servicio es definida como la zona en la que una estación móvil pueda ser alcanzada por un abonado de la misma red móvil, de otra red móvil, o de la red fija, sin que este último conozca la posición real de la estación móvil dentro de la red. La determinación del área de cobertura permite estimar la cantidad y ubicación de las estaciones base o EBTS (Enhanced Base Transceiver System).

Para definir el área de servicio se realizó visitas a la zona y un diseño en terreno plano donde se determina el área aproximada de cobertura; el diseño en terreno plano consiste en ubicar los sitios y determinar las áreas de servicio sobre mapas con escala 1:20.000, 1:25.000 o 1:50.000. y básicamente en un trabajo a mano de tal forma que se pudiese determinar el área de cobertura.

Para realizar el estudio topográfico se realizo una consulta a las cartas topográficas correspondientes al municipio de Popayán y sus aledaños elaboradas por el IGAC. Estas cartas son necesarias para determinar la ubicación del transmisor y proporcionar el cubrimiento de la zona de interés. En la figura 6.2 se encuentra el mapa de la ciudad de Popayán.

6.2.1.1. Selección del cerro: el proceso de selección de uno de los cerros aledaños al municipio de Popayán para ubicar el transmisor del sistema se realizo teniendo en cuenta el cubrimiento proporcionado por los transmisores comerciales de Trunking que operan en la banda de 800 a 900 MHz.

De acuerdo a la zona de interés y a su posición se selecciono el cerro de las Tres Cruces, el cual cuenta con las siguientes características:

- Altura sobre el nivel del mar 1.890 m
- Mapa de referencia Carta IGAC 242 IV B, escala 1:25.000
- Localización: al oriente de la ciudad de Popayán
- El sitio posee infraestructura para la instalación de equipos, facilidades de energía y vías de fácil acceso

La capacidad de cubrimiento fue el factor más importante para la escogencia de las Tres Cruces, ya que cuenta con un gran porcentaje de existencia de línea de vista entre el cerro y los puntos de

interés. Además este cerro cuenta con infraestructura que facilita la instalación de antenas y equipos, los cuales facilitan obtener la solución más óptima en cuando a cobertura radioeléctrica se refiere.

Además de los puntos anteriores se tuvieron otros aspectos en cuenta tales como:

- La ubicación del transmisor en un lugar elevado para evitar obstrucciones por el terreno en la propagación de la señal
- Este sitio se encuentra semidespoblado, lo que evita interferencias y ruidos que pueden afectar la calidad de la señal
- El Cerro es en un sitio de fácil acceso, lo que facilita las labores de mantenimiento y supervisión de los equipos, lo que minimiza el tiempo fuera de servicio en caso de fallas
- Cuenta con facilidad para la instalación de un sistema eléctrico de alimentación conformando por las línea de tensión de las centrales eléctricas de la región y una planta de emergencia para poder garantizar el servicio
- El mantenimiento es más sencillo, mientras más cercano se encuentre la ubicación del transmisor a la ciudad

6.3. ESTUDIO DE PROPAGACION

Para iniciar el estudio de propagación, por la gran importancia que este tiene para el desarrollo del diseño, se analizaron los estudios realizados al sistema iDEN para poder determinar dentro de sus características la zona de cobertura de una ciudad pequeña, determinando que se encuentra entre 11- 30 Km. y tomando como valor estándar para el diseño 20 Km.

A partir de esta cobertura dada, se calcula la potencia de transmisión necesaria para el sistema. Para determinar esta potencia se realiza el estudio con el modelo de Okumura Hata y Longley Rice como se había tratado anteriormente.

6.3.1. Determinación del porcentaje de confiabilidad de la red

Para alcanzar un alto grado de confiabilidad en la red, se requiere la definición de una cobertura total, para lo que se requiere contar con un gran número de EBTS y Centros de Conmutación Móvil (MSC), lo cual genera un sobre costo, muchas veces innecesario.

Para evitar sobre dimensionar la red, se define un porcentaje de confiabilidad de la red y calidad del servicio (QoS, Quality of Service).

De acuerdo al CCITT, la calidad del servicio es "el efecto global de las características del servicio, que determinan el grado de satisfacción de un usuario". La calidad del servicio se evalúa por las aptitudes referentes al servicio (logística, accesibilidad, retenibilidad e integridad) y las aptitudes referentes a los elementos o infraestructura de red:

- Aptitud para cursar tráfico: demanda vs. número de canales
- Capacidad: Número de usuarios en hora pico
- Características de propagación
- Efectividad y velocidad de acceso

El porcentaje de confiabilidad se define en dos pasos. Primero se determina el porcentaje del área a cubrir durante un tiempo determinado. Una regla que se puede seguir es que se debe cubrir el 99% del área durante el 99% del tiempo, con integridad excelente y posibilidad de bloqueo nula.

El segundo paso es determinar la sensibilidad tanto de la estación base como de la estación móvil o portátil, siendo esta última más exigente. La frontera determinada por la FCC para cada una de las celdas es una intensidad de campo de 39 $\mu\text{V}/\text{metro}$ (-101,8 dBm). Aunque esta sensibilidad se toma como referencia para sistemas de comunicación móvil con tecnología analógica. Ultimamente el Ministerio de Comunicaciones de Colombia determinó que para prestar un buen servicio con buena calidad se debe cumplir con un límite de la señal mayor o igual a -95,6 dBm.

$$39 \mu\text{V}/\text{metro} = -101,8 \text{ dBm}$$

Según la expresión que relaciona la intensidad de campo en $\mu\text{V}/\text{m}$ con respecto al dipolo de 50Ω es:

$$\mu\text{V} = \frac{39 * (\mu\text{V}/\text{m})}{f_{\text{MHZ}}}$$

Reemplazo 39 $\mu\text{V}/\text{m}$ y obtengo el campo en microvoltios (μV) con una frecuencia de 850 Mhz

$$V = \frac{39 * (39\mu\text{V}/\text{m})}{850} = \frac{1521\mu\text{V}/\text{m}}{850} = 1,789 \mu\text{V}$$

Teniendo este valor se calcula la potencia sobre el dipolo de 50Ω

$$\text{Potencia(mW)} = \frac{(1,789 * 10^{-6} \text{ Volts.})^2}{50\Omega * 10^{-3}}$$

$$\text{Potencia(mW)} = \frac{3,2 * 10^{-12} \text{ Volts}^2}{50\Omega * 10^{-3}}$$

$$\text{Potencia(mW)} = 0,0000000000653988\text{mW} = 6.5398 * 10^{-11} \text{mW}$$

Luego se halla el Nivel de Intensidad de la señal en dBm:

$$\text{dBm} = 10 \log_{10}(6,5398 * 10^{-11} \text{mW}) = -101,84 \text{dBm}$$

Como un buen punto de inicio se toma como base la sensibilidad de una estación móvil tipo HandHeld o equipo personal portátil, el cual tiene mayor requerimiento de intensidad de señal; adicionalmente el trayecto más sensible es el que va de la estación móvil o portátil a la estación base (Uplink).

Tabla 6.16. Intensidad de señal recomendada

Tipo de área	Intensidad de campo mínima recomendada dB μ
Urbana densamente poblada	80
Urbana moderadamente poblada	60
Suburbana	39
Rural	34

Tipo de receptor	Intensidad mínima recomendada dBm
Portátil (Handheld)	-85
Móvil	-95
Frontera	-101,8

6.3.2. Determinación del área de cubrimiento de la estación base

Para determinar el área de cubrimiento por estación base se tiene en cuenta el tipo de terreno, la elevación del terreno, etc. Los requerimientos para determinar el área de cubrimiento se pueden dividir en dos tipos: externos y logísticos.

Parámetros externos:

- Tipo de terreno: vegetación, selva, bosque, poblado, etc.
- Elevación del terreno

Parámetros logísticos:

- Potencia Radiada Aparente PRA de la estación base
- Potencia Radiada Aparente PRA de la estación móvil
- Inclinação y orientación de las antenas
- Ganancia del sistema de recepción

6.3.2.1. Cálculo de la potencia de transmisión

Parámetros a considerar:

♦ **Ambientales:**

- Tipo de medio
- Pérdidas por difracción, vegetación y desvanecimiento, multitrayectoria, etc. .

♦ **Del sistema**

- **f** frecuencia
- **R:** Distancia de Cobertura
- **h_T, h_R :** alturas efectivas de las antenas transmisora y receptora

♦ **De los equipos**

- **Gd:** ganancia de las antenas
- **S:** sensibilidad del receptor
- **α .** Pérdidas por atenuación
- **L** longitud del cable conector

Para el sistema iDEN se cuenta con parámetros especiales del sistema, así como también aquellos parámetros suministrados por los fabricantes de los equipos, de las antenas y demás. Todos estos datos han sido recopilados en la tabla 6.17.

Tabla 6.17. Parámetros de Diseño del Sistema iDEN

Potencia	Estación Base = 60 Vatios (máximo valor para estaciones iDEN 70 vatios) Estación Móvil = 1 – 5 Vatios Estación Portátil = 0.5 – 3 Vatios
Frecuencia	850 Mhz
Alturas Antenas	Estación Base = 20 m Estación Móvil = 1.5 m Estación Portátil = 1.5 m
Cobertura Perimetral	90% Emplazamientos 90% del tiempo
Ganancia Antenas	Estación Base = 13 dBd marca Decibels Estación Móvil = 9 dBd Estación Portátil = 6 dBd
Calidad de la señal	Rx EB → Nota 4 vehículo en marcha (1 vehículos/seg) Rx EM → Nota 4 vehículo en marcha
Sensibilidad estática	EM → -108 dBm EB → -108 dBm
Perdidas	<ul style="list-style-type: none"> • Conectores Andrew (6 Unidades) 0,5 dB por unidad • Jumper Heliac 1/2" andrew FSJ4 – 50B (6 m) 11,2 dB/100 m • Jumper Heliac 1/2" LDF4 – 50^a (6 m) 7,22 dB/100 m • Línea de transmisión cable heliac 7/8" (40 m) 2,98 dB/100 m a 890 MHz

6.3.2.1.1. Proceso de calculo

A. CAMPO MEDIANO NECESARIO (E_N): campo necesario para dar cubrimiento a la zona de servicio.

Con las características del receptor, condiciones de ruido y porcentajes de cobertura, se obtiene:

$$E_N = E_{\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE \quad (6.1)$$

E_N = Campo mediano necesario

E_{μ} = Campo Mínimo Utilizado, depende de la sensibilidad del receptor

$\Delta \sigma E$ = Corrección por Ruido Multitrayecto

ΔeE = Corrección Estadística, según disponibilidad espacial y temporal

- **Campo mínimo utilizable ($E_{m\mu}$):** esta en función de la sensibilidad del receptor

$$E_{m\mu} = 20\log S[\mu V/m] + 20\log f[\text{MHz}] - G_d(\text{dBd}) - 32 \quad (6.2)$$

$S[\mu V/m]$ = sensibilidad del receptor

$G_d[\text{dBd}]$ = ganancia de la antena

$$S[\text{dB}\mu] = 107 + S(\text{dBm}) \quad (6.3)$$

$$S[\mu V] = 10^{(S[\text{dB}\mu]/20)} \quad (6.4)$$

- **Corrección por ruido Multitrayecto ($\Delta \sigma E$):**

Se halla según la siguiente gráfica (figura 6.3):

Trayecto: De la Estación Base a la Estación Móvil

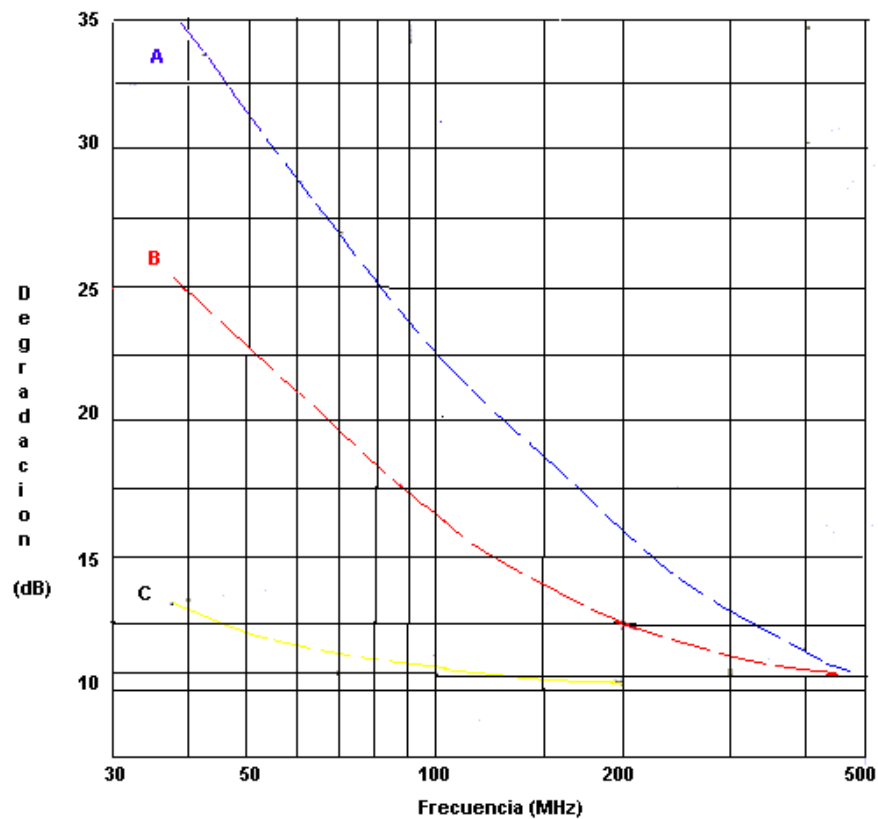


Figura 6.3. Variación de la calidad de recepción en una estación móvil
Degradación (dB) vs. Frecuencia (MHz)

- A: vehículo parado en zona de mucho ruido
- B: vehículo en movimiento en zona de mucho ruido
- C: vehículo en movimiento en zona de poco ruido

Trayecto: De la Estación Móvil a la Estación Base

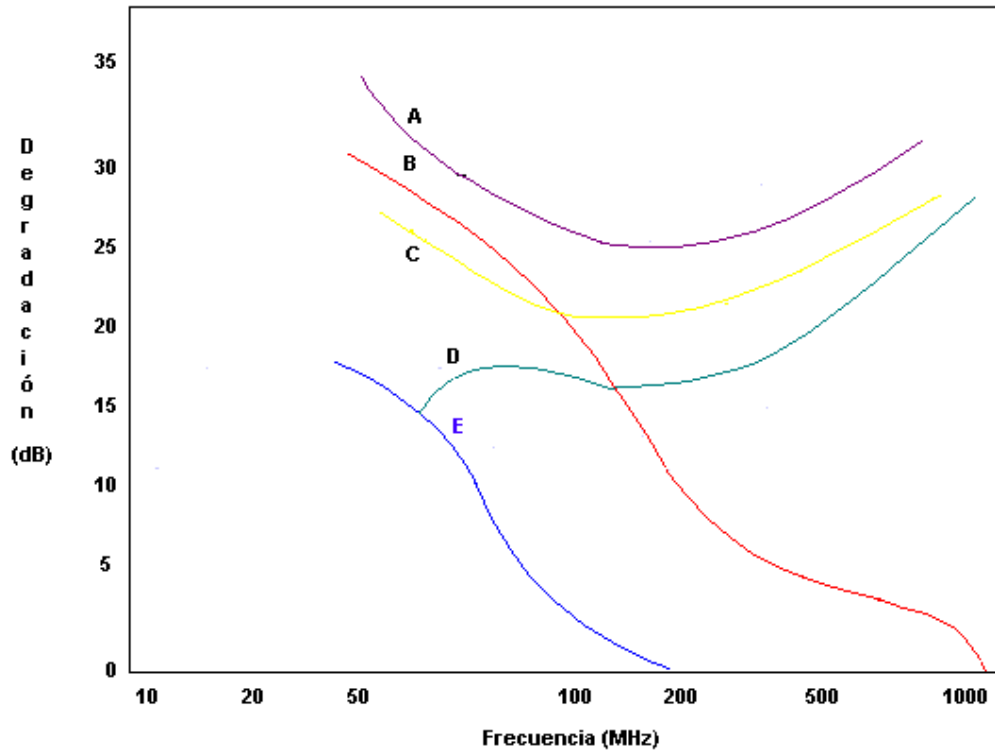


Figura 6.4. Variación de la calidad de recepción en una estación base
Degradación (dB) vs. Frecuencia (MHz)

- A: Vehículo en marcha, la densidad de tráfico es de 2 [Vehículo/Segundo]
- B: Vehículo en marcha, la densidad de tráfico es de 1 [Vehículo/Segundo]
- C: Vehículo en marcha, no hay ruido de encendido ni ruido ambiental
- D: Vehículo parado, la densidad de tráfico es de 2 [Vehículo/Segundo]
- E: Vehículo parado, la densidad de tráfico es de 1 [Vehículo/Segundo]

- **Corrección Estadística (ΔeE)**

Se define de acuerdo a ciertas curvas y desviaciones tales como:

$$\Delta eE = \sqrt{[(kp_e)\sigma_e]^2 + [(kp_t)\sigma_t]^2} \quad (6.5)$$

Donde Kp_e , kpt , σ_e , σ_t son valores especiales de desviaciones gaussianas, dados por curvas para UHF y disponibilidades del 90% o mayores.

Kp_e =variable de espacial

kpt =Variable de temporal

σ_e = desviación típica de la variabilidad en el espacio

σ_t = desviación típica de la variabilidad en el tiempo

Si se sabe que la cobertura es de 90% de emplazamientos y 90% del tiempo para una zona en tierra.

Tabla 6.18. Desviaciones gaussianas

%	$Kp(e,t)$
50	0.00
75	0.67
90	1.28

Banda	σ_e
VHF	8
UHF	10

Ubicación	σ_t
Tierra – mar	3
Tierra	2
Mar	9

A.1. Campo medio necesario Estación Móvil: trayecto de la Estación Base a la Estación Móvil (EB → EM) o Downlink

En la ecuación (6.3) se reemplaza la sensibilidad estática de la EM y se obtiene el siguiente resultado:

Sensibilidad estática de la estación móvil $S(\text{dBm}) = -108$

$$S[\text{dBu}] = 107 - 108 = -1\text{dBu} \quad (6.6)$$

Para encontrar Em_μ se utiliza la ecuación (6.2) y se reemplaza el resultado de la ecuación (6.6) y los siguientes valores:

Ganancia de la antena de la estación base con respecto al dipolo $G_d = 13 \text{ dBd}$

Frecuencia de operación $f = 850 \text{ MHz}$

$$Em[\text{dB}_\mu] = -1 + 20\text{Log } 850 - 13 - 32 = 12,59 \text{ dB}_\mu \quad (6.7)$$

De la figura 6.3 se encuentra $\Delta \sigma E$, Trayecto Estación Base (EB) \rightarrow Trayecto Estación móvil (EM), vehículo en marcha, en zona mucho ruido, por tal razón se escoge la curva B a una frecuencia de 850 MHz obteniendo:

$$\Delta \sigma E = 10,8 \text{ dB} \quad (6.8)$$

Mediante la ecuación (6.5) se encuentra ΔeE tomando los valores correspondientes en la tabla 6.18:

$$\begin{aligned} K_{pe} &= 1,28 \text{ (90\% emplazamientos)} \\ \sigma_e &= 10 \text{ (UHF)} \\ K_{pt} &= 1,28 \text{ (90\% del tiempo)} \\ \sigma_t &= 2 \end{aligned}$$

Se reemplaza estos datos obteniendo:

$$\begin{aligned} \Delta eE &= \sqrt{[1,28 * 10]^2 + [1,28 * 2]^2} \\ \Delta eE &= 13,054 \text{ dB} \end{aligned} \quad (6.9)$$

Luego se encuentra E_N utilizando la ecuación (6.1) y tomando los resultados obtenidos en las ecuaciones (6.7), (6.8) y (6.9):

$$\begin{aligned} E_N &= E_{m\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE \\ E_N(EB \rightarrow EM) &= 36.44 \text{ dB}\mu \end{aligned} \quad (6.10)$$

A.2. Estación Base (Trayecto Estación Móvil(EM) a Estación Base (EB) (EM \rightarrow EB) Uplink

De la ecuación (6.3) se halla la sensibilidad tomando los siguientes valores:

Sensibilidad estática del Móvil $S[\text{dBm}] = -108 \text{ dBm}$

$$S[\text{dB}\mu] = 107 - 108 = -1 \quad (6.11)$$

Se halla $E_{m\mu}$ utilizando la ecuación (6.2) reemplazando los siguientes valores:

Ganancia de la Estación móvil con respecto al dipolo $G_d [\text{dB}] = 10$

Frecuencia de operación $f [\text{MHz}] = 850$

$$E_{\mu} = -1 + 20\text{Log } 850 - 10 - 32 = 15,59 \text{ dB}\mu \quad (6.12)$$

De la figura 6.4 se encuentra $\Delta \sigma E$. Trayecto EM \rightarrow EB, vehículo en marcha en zona de mucho ruido, un vehículo por segundo, por lo tanto se escoge la curva B y la frecuencia de 850 MHz, obteniendo:

$$\Delta \sigma E = 22 \text{ dB} \quad (6.13)$$

Mediante la ecuación (6.5) se calcula ΔeE , teniendo en cuenta las mismas consideraciones de la tabla 6.18 como en el caso anterior:

$$\Delta eE = 13,054 \text{ dB} \quad (6.14)$$

Luego se deduce E_N utilizando la ecuación (6.1) y reemplazando los resultados obtenidos en las ecuaciones (6.12), (6.13) y (6.14):

$$E_N = E_{\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE$$
$$E_N (\text{EM} \rightarrow \text{EB}) = 50,844 \text{ dBu} \quad (6.15)$$

B. COBERTURA

Para determinar el cubrimiento que va a otorgar el sistema se debe calcular el campo eléctrico del transmisor a una distancia d .

El campo de un transmisor a una distancia d esta dado por la siguiente ecuación:

$$E(d) = 109,4 + \text{PRA} [\text{dBm}] + 20\text{Log } f[\text{MHz}] - L_b(d) \quad (6.16)$$

Lb(d) [dB] = pérdidas de propagación en medio urbano del modelo Okumura Hata

PRA [dBm]= Potencia Radiada Aparente(PRA) que radia la antena hacia el espacio libre, esta potencia se calcula como sigue:

$$\text{PRA}[\text{dBm}] = 10\text{log}(\text{potencia BR}[\text{mw}]) + \text{Ganancia de antena}(\text{dBd}) - \text{Pérdidas Totales}[\text{dB}] \quad (6.17)$$

- **Calculo de la potencia radiada aparente P.R.A.**

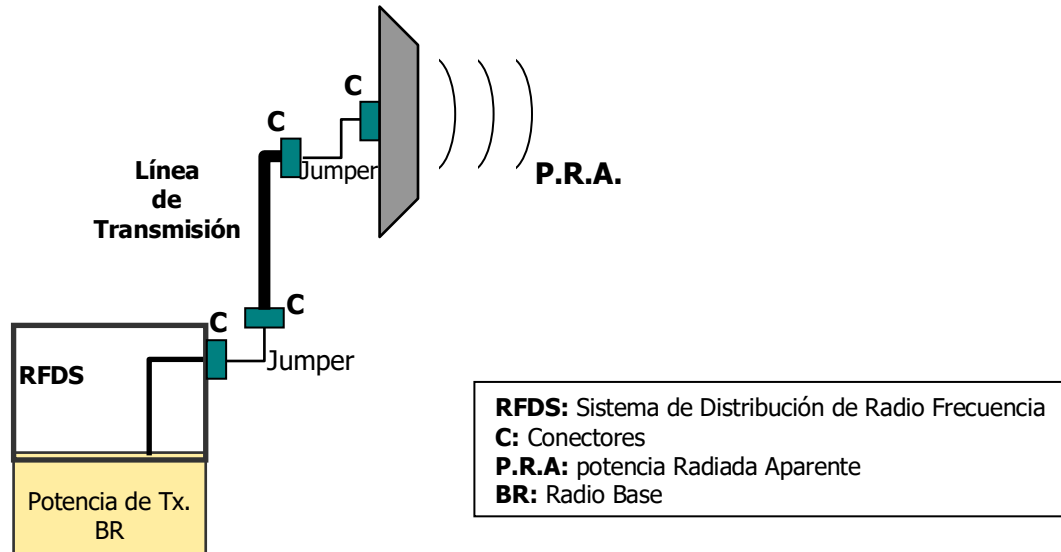


Figura 6.5. Esquema de transmisor y antena

Si se quiere obtener el valor de P.R.A. en dBw, se da el valor de la potencia de Tx del radio BR en dBw.

$$\mathbf{PRA[dBm]} = 10\text{Log}(\text{potencia BR}[w]*1000) + G_a[dBd] - \text{Perdidas Totales}[dB] \quad \mathbf{(6.18)}$$

Potencia BR[w] = potencia de la Radio Base BR

- **Cálculo de las pérdidas totales**

Las pérdidas totales se obtienen de sumar las pérdidas en el Sistema de distribución de RF (RFDS), las pérdidas en los conectores y las pérdidas en el cable. Las pérdidas en RFDS se obtienen midiendo la potencia a la salida del sistema de distribución y restando este valor al obtenido del cálculo de potencia del BR.

$$\mathbf{Perdidas Totales:} \text{perdida en RFDS} + \text{pérdida en línea de Tx (L}_{tx}) + \text{Perdidas en la unión de los cables (jumper, J)} + \text{Pérdidas en Conectores(C)} \quad \mathbf{(6.19)}$$

- Pérdida en RFDS(dB) = potencia BR(dBm) - Potencia a la salida de RFDS(dBm)
- Las pérdidas de los conectores se hallan de los valores suministrados por el fabricante los cuales pueden ir desde 0,05 dB hasta 1 dB en los de mala calidad.

- Las pérdidas en los jumpers y la línea de transmisión, se calculan teniendo en cuenta el valor nominal de pérdida por unidad de longitud suministrado por el fabricante para cada tipo de cable.
- **Ganancia de la antena de Transmisión**

La ganancia de la antena está dada en dBd o dBi; ganancia en dBd medida con respecto a la ganancia de un dipolo simple (ganancia unitaria).

La ganancia en dBi se mide con respecto a un radiador isotrópico ideal; generalmente en los manuales se da la ganancia de antena en dBd.

Ahora cuando ya se tienen las ecuaciones necesarias se calcula las perdidas de propagación, utilizando el modelo de OKUMURA-HATA para hallar la distancia de cobertura.

$$L_b(d) \text{ [dB]} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log(d) + C_o \quad (6.20)$$

Donde:

$L_b(d)$ = pérdida de trayecto, [dB]

f = frecuencia, [MHz]

d = distancia entre la estación base y el móvil, [Km] ($1 \text{ Km} < d < 20 \text{ Km}$)

h_b = altura efectiva de la antena de la estación base, [m] ($30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$)

$a(h_m)$ = $(1,1 \log(f) - 0,7) h_m - (1,56 \log(f) - 0,8)$ para sector urbano **(6.21)**

$a(h_m)$ = $3,2(\log(11,75 h_m))^2 - 4,97$ para sector urbano denso **(6.22)**

h_m = altura efectiva de la antena móvil [m] ($1 \text{ m} < h_m < 30 \text{ m}$)

C_1 = 69,55 para $150 \text{ MHz} < f < 1.000 \text{ MHz}$
46,3 para $1.500 \text{ MHz} < f < 2.000 \text{ MHz}$

C_2 = 26,16 para $150 \text{ MHz} < f < 1.000 \text{ MHz}$
33,9 para $1.500 \text{ MHz} < f < 2.000 \text{ MHz}$

C_o = 0 dB para sector urbano
3 dB para sector urbano denso

L_o = perdidas mínimas

B.1. Cobertura de la Estación Base

Teniendo en cuenta los datos registrados en la tabla 6.18 se encuentra las correcciones $a(h_m)$:

$h_m [m] = 1.5$ tomada de las referencias de los equipos de Motorola para sistemas móviles.

$H_b [m] = 20$

Se toma esta altura en base a estudios realizados a la zona de cobertura y tomando como referencia los parámetros utilizados en estudios anteriores para sistemas de comunicación en la ciudad de Popayán, como también las referencias para la altura de las antenas (que se encuentra en la tabla 6.19 y 6.20) dada por Motorola para el sistema iDEN.

$f [MHz] = 850$

Se utiliza la ecuación (6.21) para hallar $a(h_m)$ en medio urbano:

$$a(h_m) = 0,014 \quad (6.23)$$

Reemplazando todos los valores respectivos en la ecuación (6.20), se obtiene:

$$C_1 [dB] = 69,55$$

$$C_2 [dB] = 26,16$$

$$C_0 [dB] = 0$$

$$f [MHz] = 850$$

$$h_B [m] = 20$$

$$a(h_m) = 0,014$$

$$L_b(d) [dB] = 69,55 + 26,16 \times \log(850) - 13,82 \times \log(20) - 0,014 + (44,9 - 6,55 \times \log(20)) \times \log d + 0$$

$$L_b(d) [dB] = 128,19 + 36,38 \log(d) \quad (6.24)$$

Para comprobar el resultado de la ecuación (6.24) se utiliza las herramienta ITM software del Modelo Longley Rice, como se habia mencionado en el capitulo 5. En el anexo D se encuentra en detalle los aspectos relacionados con este modelo: el algoritmo de propagación y herramienta software utilizada. Los datos suministrados al programa fueron:

Parámetros de entrada:

- Altura de las antenas:
 - Altura 1 (Estación Base)[m]=20
 - Altura 2 (Estación Movil)[m]=1.5
- Frecuencia[MHz]=850
- Polarización: Vertical
- Definición de los sitios:
 - Sitio 1 (Estación Base)= fijo
 - Sitio 2 (Estación Movil)= aleatorio

Parametros ambientales:

- rugosidad del terreno (Δh)[m]= 30
- Conductividad de Grupo [S/m]=0.05
- Clima: Continental

Parametros estaticos:

- Porcentaje de tiempo= 90%
- Porcentaje de espacio= 90%

The image shows a software interface for configuring the Longley Rice model. It is organized into several sections:

- Input Parameters:**
 - Antenna Heights:** Height 1 is 20 m, Height 2 is 1.5 m.
 - Frequency:** 850 MHz.
 - Polarization:** Vertical (selected).
 - Site Criteria:** Site 1 is Careful, Site 2 is Random.
- Environmental:**
 - delta h: 30 m
 - Surface Refractivity: 301 N-units
 - Dielectric Constant of Ground: 15
 - Conductivity of Ground: .05 S/m
 - Radio Climate: Continental Temperate
- Statistical Parameters:**
 - Percent of time: 90 %
 - Percent of Locations: 90 %
 - Mode of Variability: Mobile
 - Confidence Levels: 1 (50.0), 2 (90.0), 3 (10.0), 4 (0.0)
- Tabulation Parameters:**
 - Initial Distance: 20 km
 - Dist Inc 1: 20 km
 - End Distance 1: 150.0 km
 - Dist Inc 2: 1 km
 - End Distance 2: 550 km

Figura 6.6. Datos del Modelo Longley Rice (10Km <d < 20.000 Km)

Después de introducir los datos al programa este arroja una grafica que define las perdidas con respecto a la distacia en kilometros la cual se encuentra a contiuiación en la figura 6.7.

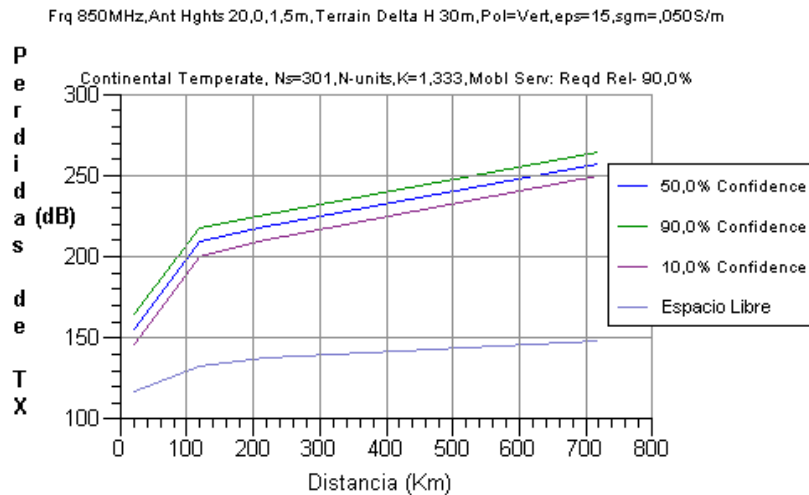


Figura6.7.Perdidas de Propagación modelo Longley Rice
 Perdidas de Tx(dB) vs Distancia(Km)

Para realizar la comprobación de los resultados se toma las perdidas para 20 Km de la figura 6.7. para un 90% de confiabilidad donde se obtiene:

$$d[\text{Km}] = 20 \rightarrow L_b(d)[\text{dB}] = 172 \quad \text{Modelo Longley Rice}$$

Sustituyendo el valor de la distancia (20 Km) en la ecuación (6.24) se obtiene:

$$L_b(d)[\text{dB}] = 128,19 + 36,38 \text{ Log}(20) \\ = 128,29 + 47.3$$

$$d[\text{Km}] = 20 \rightarrow L_b(d)[\text{dB}] = 175 \quad \text{Modelo Okumura Hata}$$

Con estos resultados se comprueban los calculos matematicos realizados para encontrar las perdidas con el Modelo Okumura Hata.

Siguiendo con el proceso se reemplaza el resultado de la ecuación (6.24) en la ecuación (6.16), para encontrar el campo del transmisor a una distancia d:

$$\begin{aligned}
 E(d) &= 109,4 + PRA [dBm] + 20\text{Log } f[\text{MHz}] - Lb(d)[dB] \\
 &= 109,4 + PRA [dBm] + 20\text{log}(850) - 128,19 + 36,38\text{log}(d[\text{Km}]) \\
 &= 109,4 + PRA [dBm] + 58,58 - 128,19 + 36,38 \text{log } (d[\text{Km}]) \\
 &= 39,79 + PRA [dBm] + 36,38 \text{log}(d[\text{Km}])
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{E(d)[dBu]} = 39,79 + PRA[dBm] - 36,38 \text{Log } (d[\text{Km}]) \quad \mathbf{(6.25)}$$

Ahora se despejan los valores de los datos para encontrar la Potencia Radiada Aparente PRA en ecuación **(6.18)**:

$$\mathbf{PRA[dBm]} = 10\text{Log } (\text{potencia BR} \cdot 1000) + Ga(\text{dBd}) - \text{Perdidas Totales}$$

$$\mathbf{Potencia BR[vatios]} = \text{potencia de la Radio Base BR}$$

Para encontrar las pedidas totales se toma la ecuación (6.19):

Perdidas Totales: perdida en **RFDS** + pérdida en línea de Tx (**Ltx**) + Perdidas en la unión de los cables (jumper, **J**) + Pérdidas en Conectores(**C**)

- **Perdidas RDFS** = 4,6 dB → Para estaciones Motorola
- **Perdidas Ltx** (2,98 dB/100 m; 20 m) = 0,59 dB
- **Perdidas en la unión de cables Jumpers FSJ** (11,2 dB / 100 m; 6 m) = 0,67 dB
- **Perdidas en la unión de cables Jumpers LDF** (7,22 dB / 100 m) = 0,43 dB
- **Perdida en los conectores** (0,05 dB; 6 Unidades) = 0,3 dB

$$\text{Perdidas totales} = 4.6 + 0,59 + 0,67 + 0,43 + 0,3$$

$$\mathbf{Perdidas totales [dB]} = 6.59 \quad \mathbf{(6.26)}$$

Ahora se reemplaza el resultado de la ecuación (6.26) en la ecuación de PRA (6.18):

$$PRA[dBm] = 10\text{Log } (\text{potencia BR [vatios]} \cdot 1000) + Ga(\text{dBd}) - \text{Perdidas Totales}$$

Potencia BR[vatios]= 60 tomada de la tabla 6.16. referencias del sistema iDEN

Ga[dB]= ganancia antena Estación Base = 13 dBd antena ASP2895 para sistemas Trunking

$$PRA = 10\text{Log } (60 \times 1000) + Ga(\text{dBd}) - 6,59$$

$$\mathbf{PRA[dBm]} = 47.78\text{dBm} + Ga(\text{dBd}) - 6,59 \quad \mathbf{(6.27)}$$

Ahora se reemplaza (6.27) en (6.25):

$$E(d)[dBu] = 39,79 + 47,78dBm + Ga (dBd) - 6,59 - 36,38 \text{ Log } (d) [Km]$$

$$\mathbf{E(d)[dBu] = 80.98 + Ga (dBd) - 36,38 \log (d) [Km] \quad (6.28)}$$

Ahora se iguala el valor del campo mínimo necesario **EN** de la Estación Base a la Estación Móvil (**EB → EM**) de la ecuación (6.10) con el campo eléctrico a una distancia **d** de la ecuación (6.28) para hallar la cobertura de la Estación Base.

$$\mathbf{EN_{EB \rightarrow EM} = E(d)[dB] = 80,98 + Ga (dBd) - 36,38 \log (d [Km])}$$

$$36.44 \text{ dBu} = 80.98 + Ga (dBd) - 36,38 \log (d) [Km]$$

$$36,38 \log (d) = Ga + 80,98 - 36,44$$

$$36,38 \log (d) = 44,54 + Ga$$

$$\log (d) = \frac{44,54 + Ga}{36,38}$$

$$d[Km] = 10^{\left(\frac{44,54 + Ga}{36,38}\right)}$$

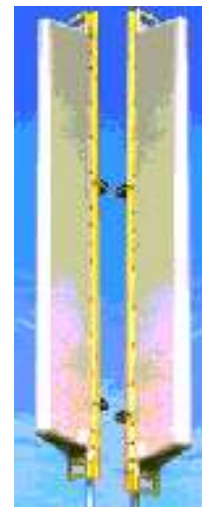
$$\mathbf{d[Km] = 10^{\left(\frac{44,54 + Ga (dB)}{36,38}\right)} \quad (6.29)}$$

Después de obtener la ecuación (6.29) se tabula para hallar la máxima cobertura de la Estación Base, teniendo en cuenta el patrón de radiación de la antena a utilizar la cual es ASP 2895 y su patrón de radiación se puede observar en la figura 6.8.

Antena ASP – 2895 de Decibels

- **Especificaciones**

Potencia	500 Vatios
Ganancia	13 dB
Rango de Frecuencia	806-960 MHz
Relación Adelante - Atrás	30 dB
Supresión de lobulos secundarios hasta 15° hacia el horizonte	20 dB típica
ROE (máximo)	1.5:1
Impedancia (Nominal)	50 ohms
Ancho de Rayo Horizontal	110°
Ancho de Rayo Vertical	8°
Protección	dc ground
Terminal	N Hembra



• **Patrón de radiación:**

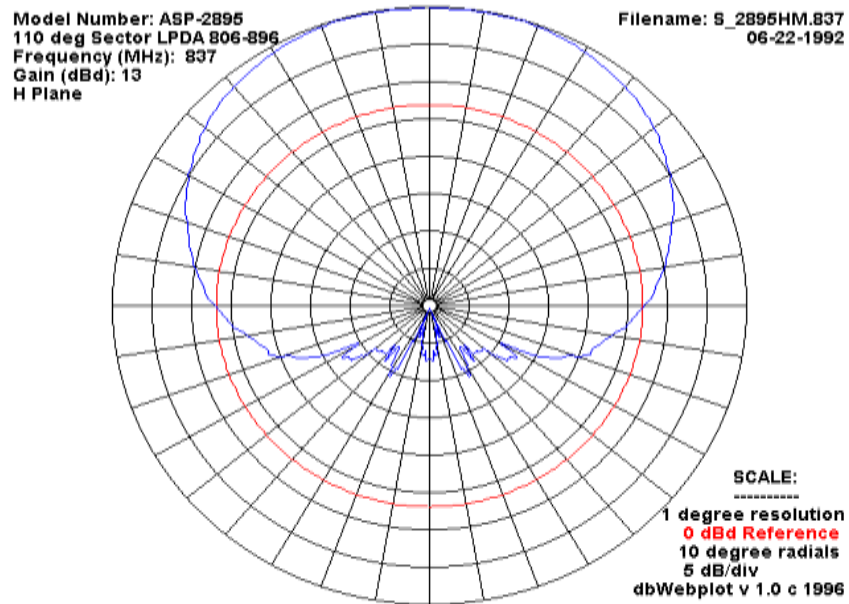


Figura 6.8. Patrón de radiación de la antena ASP – 2895

Para dar cubrimiento a la zona de servicio que se desea, se debe utilizar dos paneles de la antena ASP 2895.

La máxima ganancia de la antena se encuentra en 0° grados de la escala del patrón de radiación, es decir 13 dB. Cada división en el patrón de radiación representa 5 dB de atenuación.

Se realizan las mediciones cada 10 grados tomando la línea azul del patrón de radiación, la cual indica el factor de atenuación.

Tabla 6.20. Tabulación del patrón de radiación de la antena ASP – 2895

Grados	Ganancia(dB)	d (Km)
0°	13	38,19
10	13	38,19
20	12,5	37
30°	12	35,8
40°	11	33,6
50°	10	31,6
60°	8	27,8
70°	5,5	23.7

80°	3	20,2
90°	0	16,7
100°	-4	13,02
110°	-7	10,77
120°	-17	5,7
130°	-17	5,7
140°	-19	5
150°	-17	5,7
160	-22	4,1
170	-21	4,4
180	-20	4,7

Con los resultados obtenidos, se asegura que se da cubrimiento a la zona de servicio definida en el diseño.

B.2. Cobertura Estación Móvil

Para realizar los cálculos de cobertura de la Estación Móvil se tiene en cuenta las mismas consideraciones que en el caso anterior, solo se cambian los resultados de la Potencia Radiada Aparente PRA ecuación (6.18) y el valor del campo mínimo necesario **EN** de la Estación Móvil a la Estación Base (**EM→EB**):

$$PRA[dBm] = 10\text{Log}(\text{potencia del Móvil} [\text{vatios}] * 1000) + Ga(\text{dB}) - \text{Perdidas Totales}$$

Potencia Móvil [vatios]= 5 tomada de la tabla 6.18. referencias del sistema iDEN

Ga[dBd]= ganancia antena Estación Móvil = 9 dBd

$$PRA[dBm] = 10\text{Log}(5 * 1000) + Ga(\text{dB}) - \text{Perdidas Totales}$$

Para este caso se consideran perdidas bajas de elementos pasivos tomando un valor de 0,8 dB:

$$\text{Perdidas Totales EM [dB]} = 0,8 \quad (6.30)$$

$$\begin{aligned} PRA &= 36,99 \text{ dBm} + Ga(\text{dB}) - 0,8(\text{dB}) \\ &= 36,19 + Ga(\text{dB}) \end{aligned}$$

$$PRA[dBm] = 36,19 + Ga(\text{dB}) \quad (6.31)$$

Ahora el valor de la potencia PRA ecuación (6.31) se sustituye en la ecuación del campo eléctrico a una distancia **d** en la ecuación (6.16):

$$\begin{aligned} E(d) &= 109.4 + PRA \text{ [dBm]} + 20\text{Log } f[\text{MHz}] - L_b(d) \\ &= 109,4 + 36,19 + Ga(\text{dB}) + 20\log(850) - L_b(d) \end{aligned} \quad (6.32)$$

Para este caso, dado que las variables de las perdidas de trayectoria **L_b(d)** no cambian, se toma el valor encontrado en la ecuación (6.24):

$$L_b(d)[\text{dB}] = 128.19 + 36.38 \text{ Log}(d)$$

Reemplazándolo en la ecuación (6.32) se obtiene:

$$\begin{aligned} E(d) &= 109,4 + 36,19 + Ga(\text{dB}) + 20\log(850) - L_b(d) \\ &= 109,4 + 36,19 + Ga(\text{dB}) + 58,58 - 128,19 - 36,38x\log(d) \\ &= 75,98 + Ga(\text{dB}) - 36,38\log(d) \end{aligned}$$

$$E(d) = 75,78 + Ga(\text{dB}) - 36,38 \log(d[\text{Km}]) \quad (6.33)$$

Ahora se iguala el valor del campo mínimo necesario **E_N** de la Estación Móvil a la Estación Base (**EM** → **EB**) de la ecuación (6.15) con el campo eléctrico a una distancia **d** de la ecuación (6.33) para hallar la cobertura de la Estación Móvil.

$$E_{N_{EB \rightarrow EM}} = 50.84 \text{ dBu}$$

$$50,84 \text{ dBu} = 75,78 + Ga(\text{dB}) - 36,38 \log(d)[\text{Km}]$$

$$36,38 \log(d) = Ga(\text{dB}) + 75,78 - 50,84$$

$$36,38 \log(d) = 24,94 + Ga$$

$$\log(d) = \frac{24,94 + Ga}{36,38}$$

$$d[\text{Km}] = 10^{\left(\frac{24,94 + Ga}{36,38}\right)}$$

$$d[\text{Km}] = 10^{\left(\frac{24,94 + Ga(\text{dB})}{36,38}\right)} \quad (6.34)$$

sustituyendo en valor de la ganancia del móvil en la ecuación (6.34) se obtiene:

$$Ga(\text{dB}) = 9 \quad \text{tomado de la tabla 6.18 referencia de los sistemas iDEN}$$

$$d[\text{Km}] = 8,56 \quad (6.35)$$

B.3. Cobertura Portátil

Para realizar los cálculos de cobertura del portátil se tiene en cuenta las mismas consideraciones que el caso para la Estación Móvil, solo se cambian los resultados de la Potencia Radiada Aparente PRA ecuación (6.18) y se toma el mismo valor para el campo mínimo necesario **EN** de la Estación Móvil a la Estación Base (**EM→EB**):

$$PRA[\text{dBm}] = 10\text{Log}(\text{potencia del Móvil} [\text{vatios}] * 1000) + G_a(\text{dB}) - \text{Perdidas Totales}$$

Potencia portátil [vatios] = 3 tomada de la tabla 6.18. referencias del sistema iDEN

G_a[dB] = ganancia antena Estación Móvil = 6 dBd

$$PRA[\text{dBm}] = 10\text{Log}(3 * 1000) + G_a(\text{dB}) - \text{Perdidas Totales}$$

Para este caso se consideran perdidas bajas de elementos pasivos tomando un valor de 0,6 dB:

$$\text{Perdidas Totales Portátil} [\text{dB}] = 0,6 \quad (6.36)$$

$$\begin{aligned} PRA &= 34,77 \text{ dBm} + G_a(\text{dBd}) - 0,6(\text{dB}) \\ &= 34,2 + G_a(\text{dB}) \end{aligned}$$

$$PRA[\text{dBm}] = 34,2 + G_a(\text{dB}) \quad (6.37)$$

Ahora el valor de la potencia PRA ecuación (6.37) se sustituye en la ecuación del campo eléctrico a una distancia **d** en la ecuación (6.16):

$$\begin{aligned} E(d) &= 109,4 + PRA [\text{dBm}] + 20\text{Log} f[\text{MHz}] - L_b(d) \\ &= 109,4 + 34,2 + G_a(\text{dB}) + 20 \log(850) - L_b(d) \end{aligned} \quad (6.38)$$

Para este caso, dado que las variables de las perdidas de trayectoria **L_b(d)** no cambian, se toma el valor encontrado en la ecuación (6.24):

$$L_b(d)[\text{dB}] = 128,19 + 36,38 \text{Log}(d)$$

Reemplazándolo en la ecuación (6.38) se obtiene:

$$\begin{aligned} E(d) &= 109,4 + 34,2 + Ga(dB) + 20\log(850) - Lb(d) \\ &= 109,4 + 34,2 + Ga(dB) + 58,58 - 128,19 - 36,38x\log(d) \\ &= 74 + Ga(dB) - 36,38\log(d) \end{aligned}$$

$$E(d) = 74 + Ga(dB) - 36,38 \log(d)[Km] \quad (6.39)$$

Ahora se iguala el valor del campo mínimo necesario **EN** de la Estación Portátil a la Estación Base (**EP → EB**) de la ecuación (6.15) con el campo eléctrico a una distancia **d** de la ecuación (6.39) para hallar la cobertura de la Estación Móvil.

$$EN_{EB \rightarrow EM} = 50.84 \text{ dBu}$$

$$50,84 \text{ dBu} = 74 + Ga(dB) - 36,38\log(d)[Km]$$

$$36,38 \log(d) = Ga(dB) + 74 - 50,84$$

$$36,38 \log(d) = 23,16 + Ga$$

$$\log(d) = \frac{23,16 + Ga}{36,38}$$

$$d[Km] = 10^{\left(\frac{23,16 + Ga}{36,38}\right)}$$

$$d[Km] = 10^{\left(\frac{24,94 + Ga (dB)}{36,38}\right)} \quad (6.40)$$

sustituyendo en valor de la ganancia del móvil se obtiene:

$$Ga(dB) = 6 \quad \text{tomado de la tabla 6.18 referencia de los sistemas iDEN}$$

$$d [Km] = 6,32 \quad (6.41)$$

6.3.3. Determinación del tipo de celda y antenas

En el diseño se determina si la celda es omni, cuasi omni (omni con antena sector) o sectorizada. Pero es aquí donde se determina exactamente el tipo de antena y celda que se instala, esto significa que el diseño se optimiza después de las mediciones.

Para el caso del diseño de la red Trunking para la Universidad del Cauca se determina que solo hay necesidad de una sola celda, ya que la ciudad de Popayán es muy pequeña, además se tiene que el número de usuarios factibles del proyecto durante los primeros años no superaría los 5000 usuarios

lo que permite determinar el cubrimiento del área de servicio con una sola celda. Dependiendo el sitio para la ubicación de la celda se tendrá en cuenta la siguiente recomendación en la tabla 6.16.

Tabla 6.18. Tipo de torre y antena

Zona	Ubicación de antenas	Tipo de antena
Urbana	Torre	Sector, alta ganancia(mejor a 11 dB), buena relación Front/back (mejor a 25 dB). Apertura entre 105° y 120°. Optifill
Urbana	Pared de edificio	Sectorizadas planas (Optifill)
Suburbana	Torre	Sector, gran ganancia, buena relación Front/Back. La apertura puede ser menor que 120° para ganar directividad
Rural	Torre	Omni, gran ganancia (optirange)
Urbano/Suburbano	Monopolo	Sector, liviana buena relación F/B

Optifill: este tipo de antena mejora el patrón con el fin de no dejar nulos muy grandes entre lóbulo principal y secundarios, esto hace que mientras el móvil pasa por el área de cubrimiento de la celda, el nivel no varíe demasiado.

Optirange: este tipo de antena optimiza la ganancia hacia adelante del lóbulo principal, pero dejando gaps nulos entre el lóbulo principal y los secundarios.

Tabla 6.18. Altura promedio para las antenas

Zona	Tipo Celda	Radio de búsqueda centrado en el sitio (Km)	Tipo de estructura	Altura promedio para antenas
Urbana	Sector	0,3	Torre sobre terraza edificio o antenas adosadas a la pared	36 m (12- 13 pisos), dependiendo de la altura de edificios aledaños
Urbana	Omni con arreglo de antenas	0,4	Torre sobre terraza o adosadas a pared con distancias no mayor a 6 mts. entre sí	36 m (12- 13 pisos), dependiendo de la altura de edificios aledaños
Suburbana	Sector	0,4	Torre auto soportada o sobre terraza de edificio	36 - 45 mts.
Suburbana	Omni con arreglo de antenas	0,5	Torre auto soportada, sobre terraza o adosadas a pared con distancias no mayor a 6 mts. entre sí	36 - 45 mts.
Rural	Omni	1-2 Dependiendo de la topografía	Torre auto soportada	45 mts.

Como ya se había mencionado anteriormente el sitio escogido para ubicar el sistema transmisor(incluyendo la antena) sería el cerro de las Tres Cruces. Por su ubicación y para poder garantizar el mayor cubrimiento de la zona de servicio se escogió que la antena que se utilizará será sectorizada. A continuación se dan los parámetros de la antena ASP – 2895 implementada en el diseño y su patrón de radiación.

6.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

En el dimensionamiento del sistema se analiza el tráfico de usuarios, con el fin de obtener un número exacto de canales necesarios para el sistema. Además se incluye la descripción de la arquitectura y configuración del sistema con sus elementos y equipos constitutivos.

6.4.1. Determinación de tráfico

Para el caso del diseño de Radiofrecuencia, se determina el tráfico aproximado por cada estación base, para determinar la cantidad de canales por estación base y por consiguiente la cantidad de estaciones base.

Un factor importante es el tráfico por área, observando el diagrama de flujo en la figura 6.9, a partir del estudio de mercado se determina el número de usuarios aproximado, con esta información se determina el número de canales por celda o estación base.

Para efectos de planeación de la red se define primero la cantidad de usuarios y estaciones base y al final se determina el número de canales o frecuencias necesarias para cumplir con los requerimientos.

Para el caso de planeación y diseño se determina el número de usuarios para servir, así que una manera de hacer el cálculo de canales es como sigue:

- Asumir que el 20% del total de usuarios definido por el estudio de mercado, hacen uso de la red para interconexión en horas pico.
- Asumir que el 60% del total de usuarios definido por el estudio de mercado, hacen uso de la red para dispatch en horas pico.

Duración promedio de llamada de interconexión 90 segundos.

Duración promedio de llamada de despacho 27 segundos.

$$\text{Carga de interconexión (Erlangs)} = \frac{(\text{llamada/sitio/hora}) * \text{tiempo} / \text{llamada (seg)}}{3600} \quad (6.42)$$

Se utiliza la tabla Erlang B 1% para hallar el número de canales n_c interconexión.

$$\text{Carga de despacho (Erlangs)} = \frac{(\text{llamada/sitio/hora}) * \text{tiempo} / \text{llamada (seg)}}{3600} \quad (6.43)$$

Se debe utilizar la tabla Erlang C para tráfico de despacho 5% de bloqueo más un canal de control por cada 5 canales para hallar el número de canales n_c Despacho.

El número de canales requeridos es la suma de canales de interconexión y canales de despacho

En la figura 6.9 se observa el diagrama que indica los pasos a seguir:

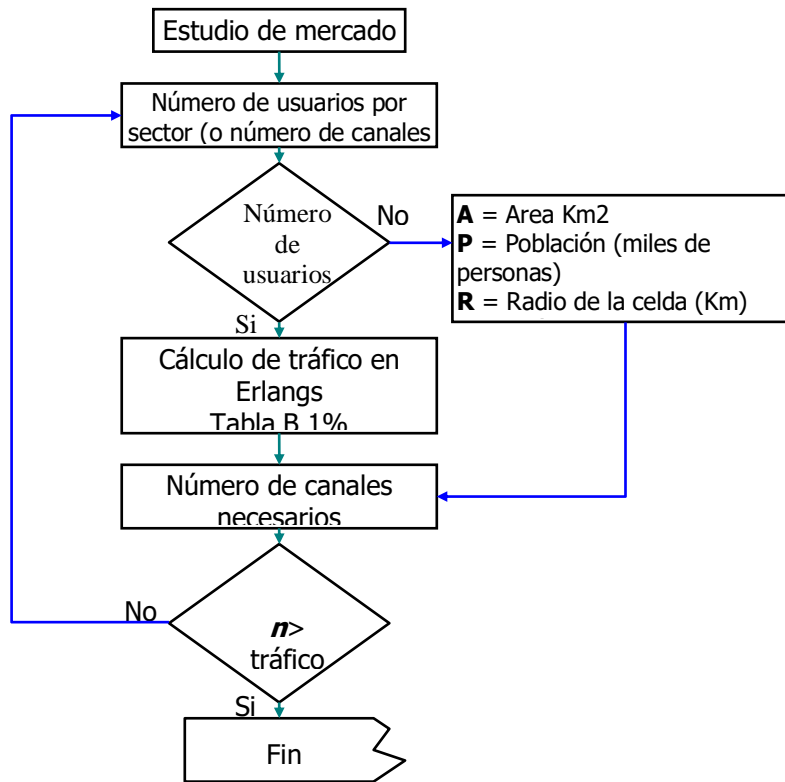


Figura 6.8. Asignación de canales por área

La estimación del número de canales debe realizarse sobre un valor proyectado del número de usuarios que poseerá el servicio en el año 2004.

Con el fin de lograr lo anterior es necesario aplicar un modelo de tráfico que permita, con un determinado grado de precisión, analizar el tráfico actual y proyectarlo hacia el futuro.

Uno de los métodos más conocidos es el método denominado de extrapolación simple, el cual consiste en extrapolar globalmente hacia años futuros, la evolución pasada del tráfico afectado en una serie estadística dada.

La extrapolación lineal describe un crecimiento periódico de población dado por:

$$P_T = P_O * (1 + r)^T \quad (6.44)$$

P_T = población proyecta para el periodo T

P_O = población proyectada para el periodo 0.

r = Tasa de crecimiento por unidad de tiempo (supuesto observado)

T = periodo de tiempo

En la tabla 6.20, se observan los resultados de la aplicación del método mencionado para la red de usuarios de la Universidad del Cauca, en donde se estima en promedio un crecimiento del 10% anual de la red. Los datos iniciales fueron obtenidos de la encuesta realizada a los empleados de la Universidad del Cauca, la cual se trata en de talle en el anexo B.

Tabla 6.20. Proyección de usuarios del servicio

2001	2002	2003	2004	2005
750	825	907	997	1096

6.4.1. Cálculos de tráfico

Dentro de los cálculos mencionados anteriormente se tiene que:

- 20% de los usuarios hacen uso de la red para Interconexión en horas pico
- 60% de los usuarios hacen uso de la red para Despacho en horas pico
- 1324 es el total de personas que se les prestaría el servicio en la Universidad del Cauca

estos 1324 empleados se encuentran distribuidos así:

<i>Profesores</i>	884
<i>Administrativos</i>	$\frac{440}{1324}$

De este total las personas interesadas según la encuesta es de:

<i>Profesores</i>	740
<i>Administrativos</i>	$\frac{350}{1090}$

- **Para Interconexión**

Se asume el 20% de los usuarios como se había dicho anteriormente, para obtener el siguiente resultado:

$$0.2 * 1090 = 218 \text{ Usuarios}$$

- **Para Despacho**

Se asume el 60% de los usuarios por lo tanto se tiene:

$$0.6 * 1090 = 654 \text{ usuarios}$$

para determinar la carga para la llamada de interconexión se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{M \times S}{T} \quad (6.45)$$

Donde,

A = Tráfico Generado

M = Número de fuentes generadoras de tráfico

T[Seg] = tiempo de referencia = 3600

S[seg] = tiempo promedio de duración = 90

Para determinar la carga para interconexión se tiene:

$$\text{Carga para Interconexión} = \frac{218 * 90 \text{ Seg}}{3600 \text{ Seg}} = 5,45 \text{ Erlangs} \quad (6.46)$$

Para determinar la carga para despacho se tiene

$$\text{Carga para Despacho} = \frac{654 * 27 \text{ Seg}}{3600 \text{ Seg}} = 4,91 \text{ Erlangs} \quad (6.47)$$

9.4.2. Número de canales

- **Para interconexión**

Erlang B = 1% = 0.01

Según la ecuación
$$B(N, A) = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N A^k / k!}$$

Se aplica:
$$B(N, A) = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N A^k / k!} \rightarrow 0.01 = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N A^k / k!} \quad (6.48)$$

Luego de tabular se encuentra:

$$B(10, 5.5) = 0,029$$

$$B(11, 5.5) = 0,0144$$

Cumple

$$B(12, 5.5) = 0,00656$$

Después de realizar las tabulaciones a través de software que se desarrollo para estos cálculos se tiene que se necesitan 12 canales para Interconexión

- **despacho**

Erlang C = 5% = 0.05

Según la ecuación
$$C(N, A) = \frac{N \cdot B(N, A)}{N - A[1 - B(N, A)]} \quad (6.49)$$

Aplicando:

$$0.05 = \frac{N \cdot B(N, A)}{N - A[1 - B(N, A)]} \quad (6.50)$$

Luego de tabular a través del software se tiene:

$$C(9,4.9) = 0.0725$$

$$C(10,4.9) = 0.03198 \quad \text{cumple}$$

$$C(11,4.9) = 0.0131$$

Además se debe agregar un canal de control por cada 5 canales de despacho lo que daría:

$$\text{Numero canales de despacho} = 10 + 2 = 12 \text{ canales}$$

Luego el número de canales requeridos es:

$$\begin{aligned} \text{Canales requeridos} &= \text{Canales para interconexión} + \text{Canales para despacho} \\ &= 12 + 12 = 24 \end{aligned}$$

6.5. CONFIGURACION DEL SISTEMA

El sistema Trunking diseñado para la Universidad el Cauca, esta constituido por las siguientes partes:

- Centro de despacho e interconexión
- Estación transmisora
- Terminales móviles

El centro de despacho e interconexión se encuentra ubicado en la ciudad de Popayán en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Cauca, y se enlaza con la estación transmisora ubicada en las tres cruces.

En el anexo C se encuentra en detalle la estructura del centro de despacho e interconexión, como también los procesos de llamadas correspondiente.

6.5.1. Planta física

Las instalaciones físicas donde se ubicarán los equipos y operan las personas encargadas del funcionamiento y supervisión de los mismo debe contar principalmente con las siguientes áreas:

- Un área para transmisión y recepción de las llamadas y todos los servicios
- Un área para el control y funcionamiento de los equipos
- Un área para el transmisor del radio enlace
- Un área para el almacenamiento de materiales diversos

6.5.2. Instalaciones eléctricas

El centro de despacho e interconexión debe estar provisto de instalaciones eléctricas que estén constituidas por las siguientes partes:

- Tablero de breakers: para el control y protección de todos los circuitos correspondientes a las diferentes áreas del sistema.
- Regulador protección(Breakers): para la obtención de una señal constante de 110 V AC, que contribuya al correcto funcionamiento de los equipos, evitando las posibles variaciones del voltaje de alimentación
- Circuito de alumbrado y tomas: consiste en varios ductos sobrepuestos en la planta física con diferentes tomas múltiples con polo a tierra. Este sistema de alumbrado consta de varios ductos para alimentar las bombillas de las diferentes áreas.
- Sistema de emergencia: se recomienda contar con una planta de emergencia con capacidad para alimentar todos los equipos de la estación.
- Sistema de tierras: consiste en una línea de cable que va hasta el sistema físico de tierras elaborado con varillas de cobre, sulfato de cobre, sal mineral, etc.

6.5.3. Estación transmisora EBTS

En este sitio se ubica el equipo necesario para recibir la señal proveniente del centro de despacho e interconexión y trasladarla a la frecuencia asignada para comunicaciones.

- Equipo repetidor de radiofrecuencia: transmite y recibe información desde y hacia la estación móvil
- Equipo de control
- Filtros: proporcional la separación de los diferentes canales de RF para lograr una recepción de la señal adecuada
- Combinador: permite utilizar una antena para varios equipos transmisores

- Multiacoplador: permite utilizar una antena para varios equipos receptores
- Duplexores: permite utilizar una antena para transmisión y recepción simultanea.
- Sistema radiante: conformado por las antenas que transmiten y reciben hacia y desde los terminales móviles.
- Unidad de alimentación: conformadas por las líneas de transmisión eléctricas y UPS's y un banco de baterías estacionarias de emergencia.

6.5.4 Planta física

Consiste en una pequeña construcción para la protección de los equipos ubicada cerca de la torre de la antena. Entre las principales características que debe tener esta construcción(una caseta) que alojará el transmisor en el Cerro de las Tres Cruces se encuentra:

- Perfecto aislamiento eléctrico por medio de un blindaje electromagnético, el cual se realiza en el momento de la construcción, cubriendo las paredes con una malla de aluminio o cobre y conectándolo a tierra.
- Adecuada iluminación y ventilación de las instalaciones y el equipo.
- Alimentación eléctrica estable para evitar sobrevoltajes que puedan afectar el equipo.
- Sistemas de tierra a una distancia adecuada tanto de la caseta como de la torre del transmisor.
- El material para la construcción de la caseta debe ser resistente para evitar que los factores climáticos averíen la estructura de esta.

CONCLUSIONES

- En el mundo de hoy los sistemas de comunicación Trunking Digital, se constituyen en una gran alternativa de solución para las comunicaciones del sector empresarial, permitiendo una gran interacción entre los diferentes usuarios, como también ofreciendo un gran despliegue de nuevos servicios suplementarios proporcionados por las nuevas tecnologías como iDEN, EDACS y TETRA en cualquier lugar del mundo.
 - El conocimiento de los sistemas Trunking en el territorio colombiano aún es mínimo, lo que ocasiona que existan pocas redes de este tipo dentro de los diferentes sectores y su implementación como un sistema de comunicación sea un poco más difícil que la de los sistemas celulares. Prueba de esto se encuentran los resultados del estudio realizado a los empleados (administrativos y docentes) de la Universidad del Cauca, donde se presentó que cerca de un 90 % de los trabajadores desconocen por completo la tecnología de los sistemas Trunking y de las características que este ofrece.
 - Una de las mejores opciones para dar una solución eficiente a los problemas de comunicación de la Universidad del Cauca es la implantación de un Sistema Trunking Digital y los servicios que esta red presta, ya que permite contar con servicio de interconexión, despacho, servicio de mensajería corta y transmisión de datos en una misma unidad, además por sus costos moderados en la tarificación de los servicios.
 - El sistema iDEN, es una excelente opción para ofrecer una comunicación eficiente e inmediata desde cualquier ubicación del usuario. Cuenta con diferentes alternativas de comunicación y servicios suplementarios a un costo relativamente moderado al compararse con los sistemas Celulares. Además cuenta con una tecnología e infraestructura flexible lo que permite su constante actualización, y como soporte se tiene que es la infraestructura de sistemas Trunking digital más aplicada en el territorio Colombiano.
 - La utilización de una buena metodología para el desarrollo de una planeación y diseño de un proyecto, es de vital importancia para llegar a una correcta solución del requerimiento
-

planteado. Así mismo, la organización y la asignación de tareas dentro del grupo de trabajo es un factor importante para la consecución de los objetivos propuestos.

- Este trabajo constituye un aporte teórico para la futura realización práctica del sistema de comunicación Trunking Digital para la Universidad del Cauca, dado que permite obtener un mejor conocimiento del sistema y factores que intervienen en el momento de implementarlo.

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de la planeación y el diseño de un proyecto, es de vital importancia el grupo de usuarios a quien va dirigido, de tal manera que se pueda analizar a fondo sus necesidades y sus preferencias con el fin de obtener un buen requerimiento, el cual se constituye en el punto de partida del proyecto y asegura el éxito de su posible implementación.
 - Cuando se selecciona una de las tecnologías para el desarrollo de un proyecto se debe tener una mentalidad realista, de tal forma que se pueda concebir la visualización de su futura realización sin ninguna adversidad, teniendo en cuenta las tecnologías existentes en el país en especial su desempeño.
-

<http://elbert.its.bldrdoc.gov/itm.html> (software)
<http://www.dielectric.com/broadcast/longley-rice.asp>
<http://www.v-soft.com/Terrain3D/help/t21.htm>

<http://www.softwright.com/faq/engineering/Ordering%20Information%20For%20Longley-Rice%20Propagation%20Model%20Docs.html>
http://www.softwright.com/faq/engineering/prop_longley_rice.html
http://www.its.bldrdoc.gov/tpr/1999/its_e/prop_model/prop_model.html

ftp://ftp.fcc.gov/pub/Bureaus/Engineering_Technology/Databases/mmb/dtv/flr.zip--Joe

http://www.motorola-wls.com/CW_ACS002/cbt/course.htm
<http://www.virtualcomm.com/cmn/faq/e/ltr.htm>
http://www.nokia.com/networks/pmr/tetra_system/digi.html

<http://www.lx.it.pt/cost231/>
<http://www.atdi.com/>

<http://www.dolphin-telecom.co.uk/flash.htm>
<http://www.tetramou.com/msie5.html>
<http://www.taitworld.com/index.cfm?0>
http://www.simoco.com/pages/framesets/mainfr_explorer.asp
<http://www.simoco.com/pages/tetra/index.asp>

<http://www.apcointl.org/>
<http://www.project25.org/>
<http://www.dot.state.mn.us/oec/Projects/800/tetra.pdf>
<http://www.project25.org/pages/archive.htm>
<http://www.apcointl.org/project25/p25.html>

<http://www.tetrapol.com/indexf.htm>
<http://www.radioandtrunking.com>

ACRONIMOS

ACG	Pasarela de Control de Acceso (<i>Access Control Gateway</i>)
APDs	Duplicador de Paquete Avanzado (<i>Advanced Packet Duplicators</i>)
AMPS	Sistema Telefónico Móvil Avanzado (Advanced Mobile Phone System)
BMR	Radio Monitor de Base (<i>Base Monitor Radio</i>).
BR	Radio Base
CCITT	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y de Telecomunicaciones
DACS	Conmutador De Acceso Digital Cross Connect(<i>Digital Access Cross Connect Switch</i>)
DAP	Procesador De Aplicación De Despacho (<i>Dispach Application Processor</i>)
DCN	Red de Comunicación de Datos (<i>Data Communication Network</i>)
D – HLR	Registro de localización del despacho principal (<i>Dispach Home Location Register</i>)
DP	Duplicador De Paquetes (<i>Packet Duplicator</i>)
EAS	Sistema de Alarma del Entorno (Environmental Alarm System)
EBTS	Sistema Transceptor Base Mejorado (<i>Enhanced Base Transceiver System</i>)
GSM	Sistema de posicionamiento global (Global System for Mobile Communications)
IOC	Controlador de entrada y salida (<i>Controller Input Output</i>).
ISC	Controlador Central integrado (<i>integrated Site Controller</i>)
ISU	Unidad de Monitoreo iDEN (<i>iMU, iDEN Monitor Unit</i>)
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Área de normalización de las Telecomunicaciones
MS	Estación móvil (<i>mobile station</i>)
MCS	Centro De Conmutación Móvil (<i>Mobile Switching Center</i>)
MPS	Conmutador de Paquetes Metro (Metro Packet Switch)
NE	Elemento de Red (<i>Network Element</i>)
NEF	Función de Elemento de Red (<i>Network Element Function</i>).
NMF	Foro de Gestión de Red
OMC	Centro De Mantenimiento Y Operación (<i>Operations And Maintenance Center</i>)
RFDS	Sistema de Distribución de RF(RFDS, RF Distribution System).
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio (<i>Random Access Memory</i>)
SNMP	Protocolo Simple de Gestión de Red
SSC	Controlador estándar del sistema (Standard System Controller).

TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo Internet
TMN	Red de Gestión de Telecomunicaciones (<i>Telecommunication Management Network</i>)
UML	Lenguaje de Modelamiento Unificado (<i>Unified Modeling Language</i>)
USDC	Celulares digitales en los Estados Unidos (United States Digital Cellular)
D-VLR	Registro de localización del despacho visitado (<i>Dispatch Visited Location Register</i>)

GLOSARIO

A-bis(Mobis): es una interfaz del sistema iDEN que permite un incremento en el cronometrado y mejoramiento en la capacidad del manejo de errores para proporcionar mayor fiabilidad al enlace de radio y mejorar la calidad del enlace. Éstas modificaciones incluyen cambios en el formato del mensaje y la inclusión de parámetros adicionales para mensajería handover. Las modificaciones adaptan el A-bis normal a la banda lateral del enlace RF y ayudan a asegurar el cronometrado y trazando de paquetes de datos en el enlace de radio.

ACCESO TELEFÓNICO: Modalidad mediante la cual se permite a un sistema de acceso troncalizado el acceso a la red telefónica pública conmutada (RTPC).

ACTIVIDAD DE TELECOMUNICACIONES: es el establecimiento de una red de telecomunicaciones, para uso particular y exclusivo, a fin de satisfacer necesidades privadas de telecomunicaciones, y sin conexión a las redes conmutadas del Estado o a otras redes privadas de telecomunicaciones. Para todos los efectos legales las actividades de telecomunicaciones se asimilan a servicios privados.

ACCESO TRONCALIZADO: es el compartir entre los abonados del sistema, un número limitado de canales radioeléctricos, de manera que los abonados puedan acceder en forma automática cualquier canal que no esté en uso.

ALTURA DE LA ANTENA SOBRE EL NIVEL DEL MAR: altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar.

AMPS (Advanced Mobile Phone System) sistema Telefónico Móvil Avanzado: representa a los sistemas celulares analógicos. AMPS proporciona una conversación de voz por canal y no ofrece múltiples servicios como los sistemas GSM, USDC, y iDEN.

AREA DE SERVICIO: zona geográfica determinada por el Ministerio de Comunicaciones dentro de la cual deben situarse y operar: las estaciones base y/o repetidoras de cubrimiento, los equipos terminales de abonado, de acuerdo con los parámetros técnicos de operación autorizados. Esta

podrá ser de cubrimiento municipal, departamental o nacional, según lo determine el Ministerio de Comunicaciones.

CANAL: Par de frecuencias radioeléctricas discretas, una para transmisión y otra para recepción.

CENTRO DE CONTROL O CENTRO DE DESPACHO: Sitio desde el cual se puede controlar, despachar, supervisar y administrar la comunicación entre abonados. Estas funciones pueden realizarse desde un controlador central o por controladores distribuidos.

DESPACHO: Modalidad mediante la cual se transmiten mensajes cortos de control, de operación y/o de comunicación entre los abonados del sistema, sin acceso a la red telefónica pública conmutada.

EFICIENCIA DE UN CANAL: Grado de ocupación de un canal radioeléctrico medido en las horas pico.

EQUIPO TERMINAL DE ABONADO: Equipos fijos, móviles o portátiles, que utilizan los usuarios del sistema de acceso troncalizado, para establecer comunicaciones a través de las estaciones base o repetidoras o directamente entre abonados.

ESTACION BASE O REPETIDORA: Estación de radiocomunicaciones, compuesta de una o varias unidades transreceptoras, que actúa como dispositivo intermedio para permitir la intercomunicación entre los abonados que conforman el sistema.

FLOTA: es el grupo de todos los usuarios que utilizan la red de despacho para comunicarse entre ellos. La flota se identifica en la base de datos, por un código único. En la base de datos se incluyen la prioridad de las llamadas globales de toda la flota y las prioridades por defecto de las llamadas de grupo y privadas dentro de la flota.

GRUPOS (SUB-FLOTAS): se definen dentro de cada flota de acuerdo con las necesidades de comunicación de sus miembros. Cada grupo está identificado por un número único dentro de la flota, número que puede repetirse en distintas flotas.

INTERFAZ AEREA: es la red de enlace entre el móvil (MS) y el Equipo de la Red Fijo (FNE) es por Radio Frecuencia (RF).

INTERFAZ CONVENCIONAL(CI): permite que casi cualquier estación base convencional pueda ser conectada a un conmutador digital, proporcionando interoperabilidad con viejos sistemas de PMR. Esto facilita la migración de los sistemas convencionales a los sistemas troncalizados. El CI proporciona:

- Monitoreo de tráfico en los canales convencionales de un despachador Maestro C3.
- Conexión de canales convencionales a un grupo de EDACS para permitir a los usuarios comunicaciones convencionales y troncalizadas.

IP: Internet Protocol. El protocolo utilizado para conectar redes en Internet.

ISP: Internet Service Provider. Vendedor de servicio de conexión vía módem a Internet.

MULTICAST: esta tecnología es utilizada para dar cubrimiento a áreas grandes. El sistema podría transmitir la señal a más de 4 sitios simultáneamente, utilizando un canal diferente para cada sitio.

OPERADOR: Persona jurídica responsable de la gestión de los servicios de telecomunicaciones que utiliza sistemas de acceso troncalizado en virtud de un contrato de concesión.

POTENCIA RADIADA APARENTE (p.r.a.): Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada.

SISTEMA: Una colección de unidades conectadas entre sí, para llevar a cabo un propósito específico.

SEÑALIZACION: métodos o protocolos de comunicación en un canal de RF, para que los radios se comuniquen entre sí, en el cual se podrán usar técnicas análogas o digitales, estas podrán ser de dominio público o protocolo propietario.

SEÑALIZACION PROPIETARIA: es un formato o protocolo de comunicación desarrollado y patentado por una compañía, este tipo de señalización solo podrá ser usada por quien la ha desarrollado.

SEÑALIZACION UNIVERSAL: Son métodos o protocolos de comunicación que podrán ser fabricadas o utilizadas por cualquier persona, compañía o fabricante de equipo SIN REQUERIR LICENCIA O PERMISO DE NADIE, ya que se consideran de dominio publico. ejemplo de este tipo de señalización es el DTMF, el cual Ud. puede identificar fácilmente en el teclado del 0 al 9, A,B,C,D,#, * en un teléfono inalámbrico, este tipo de señalización fue desarrollado por los laboratorios Bell en los años 40's. otros son los tonos subaudibles, 5 tonos secuenciales los cuales pueden alcanzar velocidades de hasta 20 m segs., FFSK o MSK, etc.

SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES: se entiende por servicios de telecomunicaciones aquellos que son prestados por personas jurídicas, públicas o privadas, debidamente constituidas en Colombia, con o sin ánimo de lucro, con el fin de satisfacer necesidades específicas de telecomunicaciones a terceros, dentro del territorio nacional o en conexión con el exterior.

SIMULCAST Esta tecnología es utilizada para dar cobertura a un área grande. El sistema podría transmitir la señal a varios sitios simultáneamente, utilizando los mismos canales en cada sitio.

SISTEMA DE ACCESO TRONCALIZADO: Es un sistema fijo-móvil terrestre, que proporciona en sí mismo la capacidad completa para comunicación entre usuarios y grupos de usuarios, mediante tecnología de canales radioeléctricos múltiples compartidos de selección automática.

SUSCRIPTOR: Persona natural o jurídica que ha celebrado un contrato de servicios en condiciones uniformes, con un operador de servicios de telecomunicaciones que utilice sistemas de acceso troncalizado.

QAM (Quad Amplitude Modulation) Modulación por Amplitud por Cuadratura: permite colocar una tasa de datos de 64 kbps sobre un canal de 25 KHz.

TDMA (Time Division Multiple Access) Acceso múltiple por división de tiempo: tecnología digital que divide un canal en diferentes "ranura"(slots) de tiempo. Cada slot puede transportar transmisión de voz o datos .

TERCERO: Toda persona natural o jurídica distinta de quien actúa como titular de la concesión.

TRONCALIZACION: se define como: compartir en forma automática, un número limitado de vías de comunicación (canales) entre un gran número de usuarios.

USUARIO: Persona natural o jurídica que utiliza los sistemas de acceso troncalizado a través de un concesionario de servicios o de actividades de telecomunicaciones. Solamente se considera como usuarios de la red privada que utilice sistemas de acceso troncalizado en el ejercicio de actividades de telecomunicaciones, a los socios, miembros y subordinados de una misma persona jurídica, autorizados por el licenciatarario.

VSELP (Vector Sum Excited Linear Prediction): digitaliza códigos y comprime significativamente señales de voz, incrementado la capacidad del canal reduciendo la cantidad de información que se necesita para ser transmitida.

ZONA DE COBERTURA: Se define como la mínima zona geográfica de cobertura radioeléctrica necesaria para garantizar la comunicación en el área de servicio, con los objetivos mínimos de calidad correspondientes al sistema de acceso troncalizado.

WWW: World Wide Web. Una red de servidores de hipertexto gráfico unidos por el Internet ofreciendo gráficos, sonido, texto y en algunos casos vídeo.