



## **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

### **FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION**

### **"ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAZO LOCAL INALAMBRICO (WLL) CON ACCESO CDMA PARA LA CIUDAD DE QUEVEDO"**

### **PROYECTO DE TOPICO DE GRADUACION**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACION: ELECTRONICA**

#### **INTEGRANTES:**

**CONTRERAS VILLAVICENCIO MARJORIE**

**DUCHI SILVA WALTER**

**ESPIN BRIONES ALFREDO**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1998**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios y a la Virgen María, que nos han iluminado y dado fortaleza para lograr nuestras metas. Sin su divina intervención nuestros ideales no hubieran sido posibles.

De manera muy especial agradecemos a nuestros padres y seres queridos, que nos han apoyado incondicionalmente en todo momento, que nos han motivado a continuar adelante, y que han confiado siempre en nosotros.

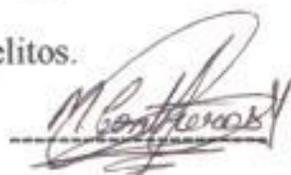
Agradecemos a nuestra muy apreciada institución ESPOL, por todo lo que hemos aprendido durante nuestra permanencia en ella, hasta convertirnos en profesionales útiles a nuestra sociedad. Y muy especialmente a nuestro querido Profesor y Director de Tópico Ing. Washington Medina, por sus valiosas enseñanzas.

Agradecemos también a los profesionales del área de Telecomunicaciones que nos han asesorado en la realización de este proyecto, compartiendo con nosotros sus conocimientos y experiencias.

Reiteramos entonces nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que de una u otra forma nos han brindado su ayuda no sólo en la realización de este proyecto sino en toda nuestra carrera universitaria, la cual culminamos con la presentación de este proyecto.

## DEDICATORIA

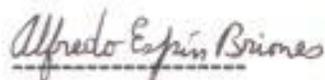
A mi madre que me ha brindado su apoyo, confianza y amor en todo momento; a mi padre; y a la memoria de mi queridos abuelitos.



A mi esposa, hijos y padres que son la razón de mi vivir



Con mucho cariño y amor para Dios, mis padres y mis hermanos quienes me han ayudado a poder obtener este triunfo.



## TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Washington Medina M.  
Profesor del Tópico



Ing. Rebeca Estrada P.  
Miembro del Jurado



Ing. Fabricio Vélez G.  
Miembro del Jurado

## DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

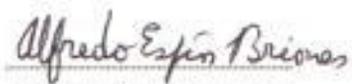
(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



Marjorie Contreras Villavicencio



Walter Duchí Silva



Alfredo Espín Briones

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar y diseñar una red telefónica inalámbrica fija con acceso CDMA mediante la tecnología de lazo local inalámbrico, para servir a abonados tanto en la zona urbana como suburbana de la Ciudad de Quevedo y sectores rurales vecinos.

En el capítulo 1 se exponen los conceptos básicos del Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), así como se indican las ventajas, desventajas y aplicaciones del mismo.

En el capítulo 2 se da una breve descripción de los sistemas de Lazo Local Inalámbrico (WLL) proporcionados por algunos fabricantes.

En el capítulo 3 presentamos las características técnicas y geográficas actuales del área de aplicación, así como también mostramos la demanda y las necesidades telefónicas en la misma.

En el capítulo 4 llevamos a cabo los cálculos de dimensionamiento, de cobertura del sistema a utilizarse, así como los cálculos de los enlaces de microondas.

En el capítulo 5 ponemos a consideración el sistema de lazo local por el que se ha optado para el presente diseño, así como también la arquitectura del mismo.

En el capítulo 6 indicamos el presupuesto referencial correspondiente, para la implementación del proyecto.

Finalmente en el capítulo 7 nos referimos al marco legal sobre el cual se sustenta la ejecución del proyecto.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XV
INTRODUCCION.....	19
I TECNOLOGIA CDMA.....	21
1.1 HISTORIA DEL CDMA.....	21
1.2 EL CONCEPTO CDMA.....	22
1.3 ESTANDAR CDMA.....	23
1.3.1 INTERFACE IS-95.....	24
1.3.2 ESTANDAR IS-95A.....	25
1.4 GENERALIDADES DEL CDMA.....	26
1.4.1 ESPECTRO ENSANCHADO (SPREAD SPECTRUM).....	26
1.4.2 REUSO DE FRECUENCIAS.....	27
1.4.3 HANDOFF SUAVE.....	28
1.5 TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE: FDMA, TDMA Y CDMA.....	28
1.5.1 FDMA.....	28
1.5.2 TDMA.....	29
1.5.3 CDMA.....	29
1.5.4 COMPARACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO: FDMA, TDMA Y CDMA.....	30
1.6 DISEÑO DEL SISTEMA CDMA.....	32
1.6.1 CAPACIDAD.....	32
1.6.1.1 DETECCION DE ACTIVIDAD DE VOZ.....	34

1.6.1.2	CONTROL DE INTERFERENCIAS CO-CANAL.....	35
1.6.1.3	GANANCIA DE CAPACIDAD DE SECTORIZACION.....	43
1.6.1.4	SATURACION DE CELDAS DESIGUALES.....	43
1.6.1.5	LA ECUACION DE LA CAPACIDAD TOTAL CDMA.....	47
1.6.2	CARACTERISTICAS.....	49
1.6.2.1	CANALES DE TRAFICO DIRECTO CDMA.....	49
1.6.2.2	CODIFICADOR DE VOZ DE TASA VARIABLE.....	51
1.6.2.3	CANAL PILOTO.....	52
1.6.2.4	CANAL DE SINCRONIZACION.....	54
1.6.2.5	CANALES DE TRAFICO INVERSO CDMA.....	56
1.6.2.6	CANALES DE ACCESO.....	58
1.6.2.7	CONTROL DE POTENCIA CDMA.....	59
1.7	VENTAJAS DEL SISTEMA CDMA.....	62
1.8	APLICACIONES DEL SISTEMA CDMA.....	65
II.WLL: LAZO LOCAL INALAMBRICO.....		66
2.1	SISTEMA WLL.....	66
2.2	EL SISTEMA WLL QCTEL (QUALCOMM).....	67
2.2.1	EL SISTEMA DE LAZO LOCAL INALAMBRICO QCTEL.....	67
2.2.2	BENEFICIOS DEL CDMA Y QCTEL DE QUALCOMM.....	69
2.2.3	LOS ELEMENTOS DE RED DEL SISTEMA QCTEL.....	76
2.2.4	CARACTERISTICAS Y CAPACIDADES DE QCTEL.....	78
2.2.5	ARQUITECTURA Y DESCRIPCION DEL SISTEMA QCTEL.....	80
2.2.5.1	CONTROLADOR DE ESTACION BASE INTELIGENTE.....	82
2.2.5.1.1	ACCESORIO DE SERVICIOS SUPLEMENTARIOS.....	82
2.2.5.1.2	SUBSISTEMA DE BANCO SELECTOR.....	83
2.2.5.1.3	SUBSISTEMA DE INTERCONEXION CDMA.....	85
2.2.5.1.4	PROCESADOR DE CONTROL DE LLAMADAS.....	86
2.2.5.1.5	ADMINISTRADOR DE ESTACION BASE.....	89
2.2.5.1.6	ACCESO AL DETALLE DE LLAMADAS.....	90
2.2.5.1.7	UNIDAD DE TIEMPO Y FRECUENCIA.....	91

2.2.5.2	SUBSISTEMA TRANSCPTOR DE ESTACION BASE.....	91
2.2.5.2.1	UNIDAD DE INTERFAZ DE TRAYECTO DE RETORNO.....	93
2.2.5.2.2	UNIDAD DE REPISA DIGITAL.....	93
2.2.5.2.3	UNIDAD DE FRECUENCIA DE RADIO.....	94
2.2.5.3	ESTACION DE ABONADO.....	96
2.2.6	CALIDAD DE VOZ.....	97
2.2.7	CAPACIDAD Y COBERTURA.....	98
2.3	EL SISTEMA WLL CDMALINK DE SIEMENS.....	99
2.3.1	EQUIPOS DEL SISTEMA.....	101
2.4	TECNOLOGIA B-CDMA Y SISTEMA SWL-144 DE SAMSUNG.....	105
2.4.1	QUE ES B-CDMA.....	105
2.4.2	BENEFICIOS DEL B-CDMA.....	105
2.4.3	ATRIBUTOS DEL B-CDMA.....	106
2.4.4	BENEFICIOS PARA EL OPERADOR.....	106
2.4.5	ARQUITECTURA Y DESCRIPCION DEL SISTEMA SWL-144.....	107
2.4.6	APLICACIONES DEL B-CDMA.....	111
III.	SISTEMA TELEFONICO ACTUAL DEL AREA DE APLICACIÓN.....	112
3.1	PLANTA EXTERNA DE LA CIUDAD DE QUEVEDO.....	112
3.2	ANALISIS DE LA DEMANDA EN LA CIUDAD DE QUEVEDO.....	114
3.3	ESTUDIO DE LA ZONA RURAL DE QUEVEDO.....	115
3.3.1	DEMANDA EN LA ZONA RURAL DE QUEVEDO.....	116
3.3.2	CENTRALES TELEFONICAS EXISTENTES.....	119
3.3.3	DATOS ESTADISTICOS DEL TRAFICO DE QUEVEDO.....	121
IV.	ESTUDIO DE INGENIERIA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA WLL.....	123
4.1	UBICACION DE LAS ESTACIONES DEL SISTEMA.....	123
4.2	AREAS DE COBERTURA.....	124
4.3	CAPACIDAD DE LAS ESTACIONES.....	129
4.3.1	CALCULOS DE TRAFICO.....	129
4.3.2	SECTORIZACION DE CELDAS.....	131

4.3.3 CAPACIDAD DE LLAMADAS DE UNA RCS .....	133
4.4 CAPACIDAD DE LA CENTRAL.....	134
4.5 ESTUDIO DE PROPAGACION.....	135
V.DISEÑO DEL SISTEMA .....	153
5.1 DETERMINACION DEL SISTEMA DE WLL A EMPLEARSE .....	153
5.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	153
5.3 UBICACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EN LA CARTA TOPOGRAFICA.....	153
5.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS .....	155
5.4.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	155
5.4.2 ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO .....	156
5.4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.....	157
VI.ANALISIS DE COSTOS.....	159
6.1 COSTOS EN INFRAESTRUCTURA.....	159
6.2 COSTOS EN EL SISTEMA .....	160
VII.ASPECTO LEGAL.....	163
7.1 SERVICIOS FINALES.....	163
7.2 REGIMEN DE PRESTACION DE SERVICIOS FINALES .....	164
7.3 SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES O RADIOELECTRICOS ..	164
7.4 ASIGNACION Y AUTORIZACION DE FRECUENCIAS .....	164
7.5 ANALISIS LEGAL DEL PROYECTO.....	165
7.6 TRAMITES PARA LA APROBACION DEL PROYECTO.....	166
7.7 POSIBLES CAMBIOS EN LA LEY DE TELECOMUNICACIONES .....	167
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	168
BIBLIOGRAFIA.....	170

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO I

1.1	TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE .....	31
1.2	CONTRIBUCION DE INTERFERENCIA DE CELDAS VECINAS.....	42
1.3	SATURACION DE CELDAS DESIGUALES.....	46
1.4	CANALES DE TRAFICO DIRECTO.....	50
1.5	CODIFICADOR DE VOZ.....	51
1.6	CANALES DE SINCRONIZACION .....	55
1.7	CANALES DE TRAFICO INVERSO.....	57
1.8	CANALES DE ACCESO .....	58

### CAPITULO II

2.1	ELEMENTOS DE RED.....	77
2.2	ARQUITECTURA DE QCTEL.....	81
2.3	SECTORIZACION FLEXIBLE .....	96
2.4	ARQUITECTURA SIEMENS.....	104
2.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA SWL-144 .....	107

### CAPITULO IV

4.1	ZONA DE FRESNEL TANQUES DE AGUA-QUINSALOMA .....	148
4.2	ZONA DE FRESNEL TANQUES DE AGUA-PAILON.....	150
4.3	ZONA DE FRESNEL PAILON-ZAPOTAL NUEVO.....	152

### CAPITULO V

5.1	DISEÑO DEL SISTEMA WLL PARA QUEVEDO.....	154
-----	--	-----

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO I

1.1	CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE .....	30
-----	--	----

### CAPITULO II

2.1	TIPO DE VOCODER .....	72
2.2	OPERACIONES DE CANAL .....	94
2.3	CAPACIDAD DE UNA RCS OMNIDIRECCIONAL .....	109

### CAPITULO III

3.1	PLANTA EXTERNA DE QUEVEDO.....	114
3.2	DEMANDA EN ZONA RURAL QUEVEDO .....	119
3.3	CENTRALES TELEFONICAS .....	120
3.4	ERLANG POR ABONADO COMPARATIVO.....	121
3.5	TRAFICO EN QUEVEDO .....	122

### CAPITULO IV

4.1	UBICACION DE LAS ESTACIONES .....	124
4.2	AREA DE COBERTURA DE RCS1.....	125
4.3	AREA DE COBERTURA DE RCS2.....	126
4.4	AREA DE COBERTURA DE RCS3.....	127
4.5	AREA DE COBERTURA DE RCS4.....	128
4.6	AREA DE COBERTURA DE RCS5.....	129
4.7	NUMERO DE USUARIOS SIMULTANEOS .....	134
4.8	TRAYECTO TANQUES DE AGUA-QUINSALOMA.....	147
4.9	TRAYECTO TANQUES DE AGUA-PAILON.....	149
4.10	TRAYECTO PAILON-ZAPOTAL NUEVO.....	151

**CAPITULO VI**

6.1	PRESUPUESTO REFERENCIAL: RADIOENLACES .....	160
6.2	PRESUPUESTO REFERENCIAL: EQUIPOS CDMALINK.....	161
6.3	COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO.....	161

## INDICE DE ABREVIATURAS

AB	Abonado
ADPCM	Modulación por Codificación de Pulsos Diferencial Adaptiva
AIN	Red Inteligente Avanzada
ALR	Registro de Ubicación Auxiliar
AMPS	Sistema de Telefonía Móvil Avanzado
ATM	Modo de Transferencia Asíncronico
AuC	Centro de Autenticación
B-CDMA	Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha
BCN	Red de Comunicaciones de Estación Base
BER	Tasa de Error de Bit
BIU	Unidad de Interfaz de Trayecto de Retorno
BSM	Administrador de Estación Base
BTS	Subsistema Transceptor de Estación Base
CCP	Procesador de Control de Llamadas
CDA	Acceso al Detalle de Llamadas
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código
CDR	Registros del Detalle de Llamadas
CIS	Sistema de Interconexión CDMA
CO	Oficina Central
COT	Terminal de Oficina Central
DCS	Servicios de Comunicación Digital

DISCO	Distribución/Consolidación
DS	Repisa Digital
DTMF	Multifrecuencia de Tono Dual
ERLANG	Erlang
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
FM	Modulación de Frecuencia
FOB	Valor de mercadería franco a bordo
FRU	Unidad de Reemplazo de Campo
FSU	Unidad Subscriptora Fija
GOS	Grado de Servicio
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
HDLC	Control de Enlace de Datos de Alto Nivel
HLR	Registro de Ubicación Local
IBSC	Controlador de Estación Base Inteligente
IF	Frecuencia Intermedia
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados
LE	Central Local
LPD	Baja Probabilidad de Detección
LPI	Baja Probabilidad de Intercepción
MSC	Centro de Conmutación Móvil
MTSO	Oficina de Conmutación Telefónica Móvil

MTTR	Tiempo de Reparación Promedio
Mos	Tanteadores de opinión media
NEBS	Normas de Construcción de Equipo de Red
NLOS	Sin línea de vista
OA&M	Operación, Administración y Mantenimiento
PBX	Central Privada
PCO	Oficina de Llamada Pública
PCM	Modulación por Pulso Codificado
PCN	Red de Comunicación Personal
PCS	Servicios de Comunicación Personal
PN	Ruido Pseudoaleatorio
POTS	Servicios Telefónicos Básicos
PSTN	Red Telefónica Conmutada Pública
QCELP	Código Lineal de Predicción Excitada de Qualcomm
QPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura
RCS	Estación Portadora de Radio
RDU	Unidad de Distribución de Radio
RF	Radio Frecuencia
RFU	Unidad de Frecuencia de Radio
RNT	Terminación de Red de Radio
SAC	Control de Acceso de Abonados
SBS	Subsistema de Banco selector
SMR	Radio Móvil Especializado

SONET	Red Optica Sincrónica
SSA	Accesorio de Servicios Suplementarios
SS7	Sistema de Señalización Número 7
STM	Modo de Transferencia Sincrónico
SUBS	Subscriber
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
TFU	Unidad de Tiempo y Frecuencia
TIA	Asociación de Industrias de Telecomunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
US-PCS	Servicios de Comunicación Personal en los Estados Unidos
UTQ	Universidad Técnica de Quevedo
WLL	Lazo Local Inalámbrico

## INTRODUCCION

Actualmente la sección de la red que parte desde la central telefónica local hasta la oficina u hogar del abonado, conocida como lazo local o bucle del abonado, es donde las operadoras encuentran obstáculos al tratar de conectar a sus abonados.

Sin embargo existe una tecnología que podría ser una solución distinta al tradicional cable de cobre, coaxial o de fibra óptica.

El cable de cobre ha sido muy útil a la industria por muchas décadas para la conexión de los abonados a la central local, pero sus desventajas ahora son muy evidentes. La instalación de los cables hasta la localidad de los abonados genera obras civiles de gran magnitud y elevados costos de mano de obra. Las fallas son difíciles de identificar y los cables principales se pueden dañar con facilidad. En pocas palabras, el cable de cobre difícilmente es la mejor solución para el futuro, así como el cable coaxial, ni la fibra óptica, ésta última por los elevados costos que requiere su implementación.

Constituye un problema el que la operadora no sea capaz de conectar abonados suficientemente rápido al emplear una solución tradicional de cable de cobre para el bucle del abonado. Esto se traduce en largas listas de espera para el cliente y pérdidas de ingreso para el proveedor del servicio.

Muchas de las desventajas de una solución tradicional cableada pueden ser atribuidas a la conexión física requerida entre cada abonado y la central telefónica, lo que en nuestro medio representa "el problema de los tallarines".

Al eliminar estas limitantes se abren nuevas oportunidades para grandes mejoras.

El objetivo de este proyecto es presentar la tecnología que se convierte en la solución a los problemas ya mencionados, conocida como **WLL** (Wireless Local Loop) o Lazo Local Inalámbrico, con acceso CDMA.

# CAPITULO I

## TECNOLOGIA CDMA

### 1.1 HISTORIA DEL CDMA

CDMA fue introducido a la industria por Qualcomm, un portador satelital que experimentaba con la técnica en aplicaciones SMR (Radio móvil especializado) para sistemas de seguimiento vehicular. Mientras la industria desarrollaba TDMA para los sistemas celulares de la segunda generación, Qualcomm y la AT&T estuvieron prestos a sugerir que CDMA era superior a cualquier alternativa de acceso múltiple por encontrarse un paso adelante del posible fenómeno de crecimiento de servicios PCS/PCN, tal como había ocurrido con la telefonía celular en su momento.

La aplicación de CDMA en telefonía celular es relativamente nueva, pero no así su tecnología de espectro ensanchado que ha sido utilizado para aplicaciones militares.

## 1.2 EL CONCEPTO CDMA

El CDMA es un esquema de modulación y acceso múltiple basado en comunicaciones de espectro esparcido, una tecnología confiable que ha sido aplicada recientemente solo a comunicaciones de radio celular digital y tecnología inalámbrica avanzada. Esta tecnología soluciona las necesidades de mercados grandes, para considerar las comunicaciones económicas, eficientes y efectivas.

El problema de acceso múltiple puede ser abordado como un problema de filtración. Esto es que muchos usuarios hacen uso del mismo espectro electromagnético simultáneamente gracias a arreglos de filtros y técnicas de proceso, que permiten a diferentes señales ser recibidas separadamente y demoduladas sin interferencia mutua excesiva. Las técnicas usadas son : selección del modo de propagación, filtros espaciales con antenas directivas, filtración de frecuencia y compartición del tiempo.

Con CDMA cada señal consiste de una diferente secuencia binaria pseudo aleatoria que modula a la portadora, y de esta forma esparce el espectro de la forma de onda. Un gran número de dichas señales comparten el mismo espectro de frecuencia. Si CDMA fuera observado en el dominio de frecuencia y el tiempo, la señal de acceso múltiple aparece como estar una encima de la otra. Las señales son separadas en el receptor por el uso de un correlador, el cual solo

acepta la energía de la señal de la secuencia binaria seleccionada y después se desexpande su espectro. Las otras señales por no tener el código aceptado son consideradas como ruido por el sistema.

La relación señal a interferencia es determinada por la relación de potencia de la señal considerada con la suma de potencia de todas otras señales consideradas interferencia y ruido.

Los mayores parámetros que determinan la capacidad de sistema CDMA son: ganancia de proceso, relación señal a ruido requerido, ciclo útil de voz, eficiencia de re uso de frecuencia y el número de sectores en la celda. El sistema tiene una eficiencia espectral superior a 20 veces que el sistema FM sirviendo una misma área.

### 1.3 ESTANDAR CDMA

CDMA es una técnica de acceso múltiple por división de código especificada por la TIA (Telecommunications Industry Association) como IS-95 que empezó en Marzo de 1992 cuando se establece el subcomité TR-45.5 con una cartilla de desarrollo para un estándar celular digital de espectro expandido. En Julio de 1993, se desarrolla el estándar CDMA IS-95 que divide el espectro de radio en portadoras de 1250KHz (1.25MHz) de ancho. En Abril de 1995, se desarrolla el estándar IS-95A.

Un aspecto del CDMA es que aunque hay límites en el número de llamadas telefónicas que pueden ser llevada por la portadora, la capacidad del sistema dependerá de diferentes factores y todos los usuarios compartirán el mismo rango del espectro de radio. Una llamada CDMA empieza con una tasa promedio de 9600 bps, esta es luego ensanchada y transmite una tasa alrededor de 1.23 Mbits por segundo.

Ensachar significa que los códigos digitales son aplicados a los bits de datos asociados con usuarios en una celda; esos bits de datos son transmitidos con las señales de todos los usuarios de la celda y cuando la señal es recibida, los códigos son removidos de la señal descada, separando los usuarios y retornando a la llamada original.

### 1.3.1 INTERFACE IS-95

La capa de aplicación de la interface de aire IS-95 provee control de los sistemas telefónicos celulares, así en esta capa se originan y terminan mensajes de señalización.

El número de un canal CDMA es un número de 11 bits que identifican la frecuencia central CDMA asignada.

La etapa de enlace de interfaces de aire IS-95 contempla mensajes de señalización para la transmisión y recepción que incluye detección de errores, detección de duplicación y pérdidas.

La capa física de interfaces de aire IS-95 en el protocolo de comunicación entre la estación móvil y base es responsable por las transmisiones y recepciones de datos; en la estación de transmisiones es presentada a un frame por una subcapa múltiplex (envía y recibe) y transforma a una forma de onda sobre el aire.

La capa física es la estación de recepción que transforma la onda de nuevo a un frame y presenta a la subcapa múltiplex superior.

### **1.3.2 ESTANDAR IS-95A**

El Estándar IS-95A, define lo siguiente:

- Requerimientos RF para estaciones móviles y estaciones base.
- Implementación en modo-dual (CDMA/AMPS).
- Control de Acceso de Subscriptores (SAC).
- Describe funciones del nivel de redes

## 1.4 GENERALIDADES DEL CDMA

### 1.4.1 ESPECTRO ENSANCHADO (SPREAD SPECTRUM)

La potencia de la señal de radio convencional está concentrada en una sola frecuencia, por ello el canal es ocupado por una simple conversación de voz. El incremento y tiempo de fallo de la energía es modulada en el interior de la frecuencia portadora usada en el canal; en cambio en el espectro ensanchado, la energía de la conversación es expandida a través de múltiples frecuencias en un período de tiempo rápido, es decir que se esparce la energía de la señal sobre un amplio ancho de banda. En los sistemas militares esta característica es utilizada por su baja posibilidad de detección.

En el receptor se efectúa el proceso inverso al que expandió y difundió la señal; las interferencias presentes son expandidas y difundidas al azar cuando se comprimen (des-expanden) y restablece la señal original, por lo tanto debe cruzar un filtro para limpiarla de las interferencias de expansión. En los sistemas militares se utiliza este efecto para rechazar el bloqueo de las transmisiones (jamming).

Existen varios procedimientos para la expansión del espectro como la secuencia directa de codificación de las señales digitales que permite

múltiples conversaciones o ráfagas de datos sobre la misma frecuencia, ya que cada conversación tiene una secuencia de código única.

Este código usa 10 bits por cada bit de señal digital. Los militares han utilizado esta secuencia por muchos años para prevenir la interferencia de sus aviones de combate por el equipo de radio enemigo, la diferencia está en sus secuencias generada que tienen un patrón de 100 bits.

Entre las principales ventajas de la técnica spread spectrum se pueden anotar las siguientes:

- Supresión de interferencias
- Reducción de la densidad de potencia
- Acceso múltiple
- LPD (Baja probabilidad de detección)
- LPI (Baja probabilidad de interceptación)

#### **1.4.2 REUSO DE FRECUENCIAS**

Debido a que el CDMA distingue a los usuarios por códigos, la misma frecuencia puede ser usada en celdas y sectores adyacentes. Esta es una configuración preferida para proyectos pilotos. Los usuarios son identificados por sus códigos, mas no por la frecuencia.

La competencia para el reuso de frecuencia dada en AMPS/TDMA es eliminada. Una portadora RF CDMA tiene un ancho de 1.25MHz. Cada sitio de la celda puede usar la misma banda de 1.25MHz en todos los sectores: N=1 Reuso

### **1.4.3 HANDOFF SUAVE**

El Handoff en CDMA, se caracteriza por:

- La transferencia de un móvil de una celda a otra
- Se realiza antes de interrumpir la transmisión
- Lo realiza la estación móvil, no la estación base
- La comunicación se realiza simultáneamente a dos o más estaciones base.
- Reduce las fallas de Handoff, manteniendo la calidad de voz.

## **1.5 TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE: FDMA, TDMA Y CDMA**

### **1.5.1 FDMA**

Esta técnica de Acceso Múltiple por división de frecuencias, se caracteriza principalmente por lo siguiente:

- Diferente canal de frecuencia para cada usuario
- La capacidad es reducida por el alto factor de reuso de frecuencias

- El factor de reuso de frecuencias es normalmente 7
- Se requiere planeamiento de frecuencias
- Es la técnica de acceso utilizada por el sistema Celular AMPS (Advanced Movil Phone System)

### 1.5.2 TDMA

Esta técnica de Acceso múltiple por división de tiempos, se caracteriza por tener:

- Tres usuarios por canal de frecuencia usando diferentes ranuras de tiempo
- Igual ancho de banda y factor de reuso de frecuencias que en el AMPS
- Capacidad tres veces mayor que en el AMPS
- Se requiere planeamiento de frecuencias

### 1.5.3 CDMA

Se caracteriza principalmente por lo siguiente:

- Múltiples usuarios por canal de frecuencia usando diferentes códigos
- Canal de banda ancha (1.23MHz)
- Capacidad de hasta una llamada por espectro de 10KHz (1/20 veces que AMPS) al considerar el factor de reuso

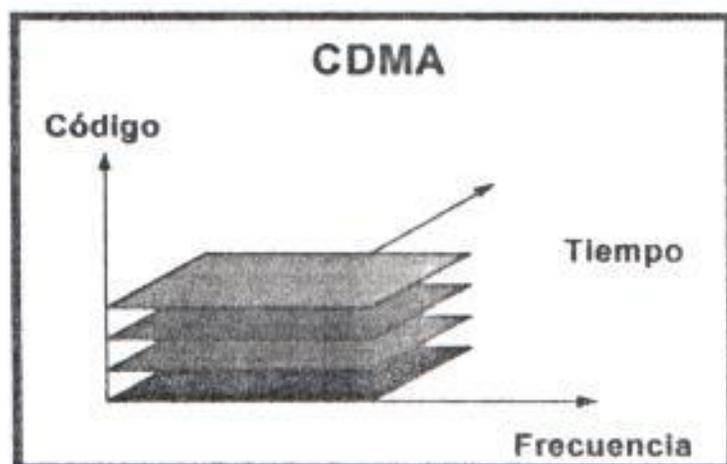
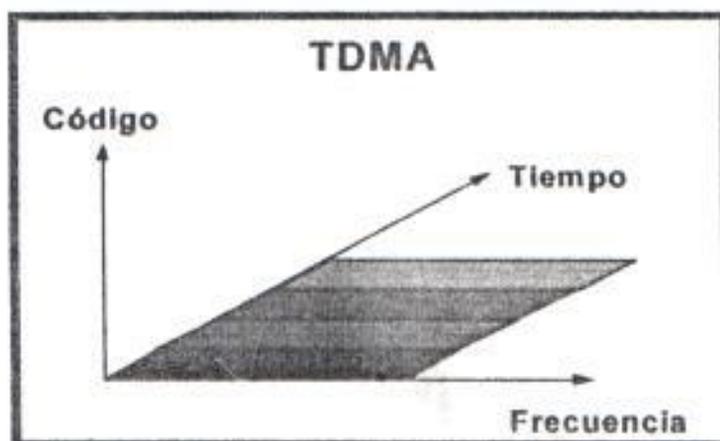
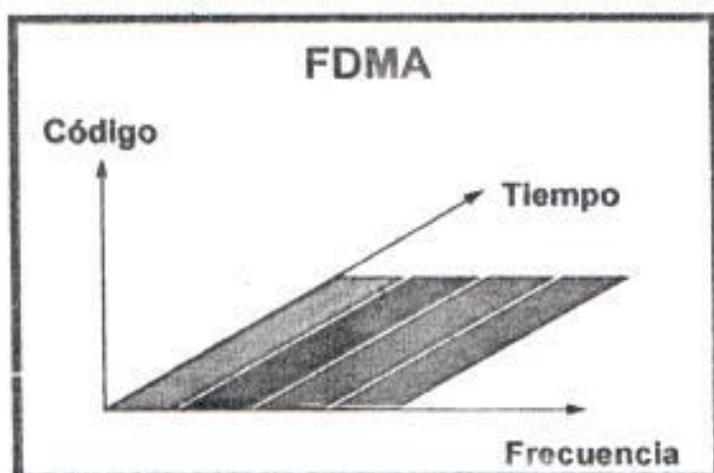
- Se pueden utilizar los mismos canales de frecuencia en todas las celdas (factor de reuso=1)
- No requiere planeación de frecuencias

#### 1.5.4 COMPARACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO:

##### FDMA, TDMA Y CDMA

ITEM	FDMA	TDMA	CDMA
Ancho de banda	12.5 MHz	12.5 MHz	12.5 MHz
Reuso de frecuencias	K=7	K=7	K=1
Canal RF	0.03MHz	0.03MHZ	1.25MHz
Número de canales RF	$12.5/0.03=416$	$12.5/0.03=416$	$12.5/1.25=10$
Canales por celda	$416/7=59$	$416/7=59$	$12.5/1.25=10$
Canales efectivos por celda	57	57	10
Llamadas por canal RF	1	3	38
Canales de voz por celda	$57 \times 1 = 57$	$57 \times 3 = 171$	$10 \times 38 = 380$
Sectores por celda	3	3	3
Llamadas de voz por sector	$57/3=19$	$171/3=57$	380
Capacidad vs. FDMA	---	3x	20x

**TABLA 1. 1** CARACTERISTICAS DE LAS TECNICAS DE ACCESO  
MULTIPLE



**FIG 1.1** TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

## 1.6 DISEÑO DEL SISTEMA CDMA

A continuación, daremos una descripción detallada de las características del sistema CDMA y haremos un estudio breve de la estructura del sistema.

### 1.6.1 CAPACIDAD

Para obtener la ecuación de la capacidad, empezaremos con la ecuación para  $C/I$  notando que  $C$ , la potencia de la señal recibida desde una estación móvil en la celda, es igual a  $R \cdot E_b$  donde  $R$  es la tasa de bit transmitido y  $E_b$  es la energía de la señal por bit; e  $I$  es igual a  $W \cdot N_0$ , donde  $W$  es el ancho de banda de transmisión del sistema, y  $N_0$  es la densidad espectral de potencia interferente. Por lo tanto la razón  $C/I$  es:

$$\frac{C}{I} = \frac{R \cdot E_b}{W \cdot N_0}$$

$E_b/N_0$  está definida como la razón entre la energía por bit y la densidad espectral de potencia de ruido que se requiere para el esquema de modulación y codificación particular utilizado. En la ecuación anterior, a  $R/W$  se la llama comúnmente la ganancia de procesamiento del sistema.

Aplicaremos la ecuación anterior a un sistema de acceso múltiple que utilice espectro de ensanchado CDMA, notando que la potencia interferente,  $I$ , es igual a  $C \cdot (N-1)$  donde  $N$  es el número de usuarios que están transmitiendo en la banda,  $W$ . Así,  $C/I$  es igual a  $1/(N-1)$ . Esto supone que todas las señales se transmiten a un nivel de potencia controlado para llegar al receptor con potencia  $C$ , y que otras fuentes de interferencia son insignificantes. (En la sección 1.6.1.6 se discutirán las modificaciones a esta suposición). Esto resulta en la ecuación (1) siguiente para la capacidad del CDMA:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \cdot \frac{1}{\frac{E_b}{N_0}} \quad (1)$$

Como, en una celda las estaciones móviles tienen alcances diferentes y experimentan pérdidas de trayectoria distintas, es necesario controlar la potencia de las señales entrantes para normalizar la potencia recibida en la celda desde todas las estaciones móviles que operen en su celda respectiva. Cada estación móvil mide el nivel de potencia recibido desde la celda. El mayor corresponde a la potencia recibida por una estación móvil desde la celda; el menor, es la pérdida de trayectoria hasta la celda y, por lo tanto, este es la potencia de transmisión requerida en la trayectoria entrante. Este proceso de control de potencia elimina las variaciones de la potencia recibida debido a los diferentes alcances desde

la estación móvil a la celda y al terreno diferente. Esto no elimina el desvanecimiento Rayleigh porque las relaciones de fase que lo causan no están correlacionadas por más de 45 MHz de diferencia entre las frecuencias saliente y entrante en el sistema celular de los Estados Unidos.

Un control de potencia de lazo cerrado de alta velocidad mide la potencia recibida desde cada estación móvil en los receptores de la celda y ordena un ajuste de potencia para normalizar todas las señales recibidas dentro de esta. Así, el sistema es capaz de compensar diferentes caminos múltiples entre las dos direcciones del enlace. La combinación de las técnicas de control de potencia de lazo abierto y lazo cerrado dan un margen dinámico muy amplio y un control de potencia de muy alta velocidad que compensa todos los efectos conocidos. El efecto de este control es dar resultados de capacidad muy cercanos a los predichos.

#### 1.6.1.1 DETECCION DE ACTIVIDAD DE VOZ

En una conversación full duplex típica, usualmente el ciclo útil de cada voz es menor al 40%. Debido al retardo de tiempo asociado con la reasignación del recurso de canal durante los silencios, no es económico explotar el factor de actividad de voz en los sistemas, ya sea, FDMA o TDMA. Con el CDMA, es

posible reducir la tasa de transmisión cuando no hay conversación y así reducir substancialmente la interferencia para otros usuarios. Ya que el nivel de la interferencia de otro usuario determina directamente la capacidad, ésta es aumentada por un factor de dos aproximadamente. Esto reduce también los requisitos de transmisión de la estación móvil casi por un factor de dos. Si definimos el ciclo útil de transmisión como  $d$ , entonces la potencia interferente recibida es igual ahora a  $N \cdot d$ . La ecuación (1) se hace:

$$N - 1 = \frac{W}{R} \cdot \frac{1}{\frac{E_b}{N_0}} \cdot \frac{1}{d} \quad (2)$$

### 1.6.1.2 CONTROL DE INTERFERENCIAS CO-CANAL

El concepto del reuso de frecuencias es un avance fundamental de los sistemas de radio celular analógico sobre sus predecesores. Este avance ha admitido mucha más capacidad que en los sistemas telefónicos móviles anteriores. El reuso de frecuencias introduce el principio de la admisión pero controlando la interferencia co-canal para aumentar la capacidad del sistema. Las frecuencias asignadas al sistema son reusadas dividiendo el espectro disponible en muchos grupos de frecuencias. Una celda

dada usa frecuencias de uno solo de los grupos. Las celdas más adyacentes a esta celda pueden no usar el mismo grupo de frecuencias. El sistema depende de la separación espacial proporcionada por la estructura de la celda y las antenas direccionales de esta para dar aislamiento adecuado entre dos terminales que usen la misma frecuencia. La modulación de voz FM analógica requiere 18 dB de aislamiento para proporcionar un funcionamiento aceptable. Las técnicas de modulación FDMA y TDMA digitales requieren un aislamiento parecido.

Inicialmente, el reuso de frecuencias prometió capacidad de sistema casi infinita para cualquier área geográfica dada ya que la tasa  $C/I$  estaba determinada por cocientes de distancias, en vez de distancias absolutas. Esto implicaba, que como era deseada una capacidad mayor, los tamaños de las celdas podían reducirse y se podían proporcionar más celdas para cubrir el área geográfica. Hay un límite práctico para la capacidad que está establecido para menos del diseño de celda ideal en la realidad y por la necesidad de un proceso de handoff muy rápido de acuerdo a como disminuyan los tamaños de celda. Comúnmente, muchas áreas densamente pobladas se están aproximando a la saturación e inspirando la búsqueda de técnicas de reuso de frecuencias aún más eficientes. La partición de la celda por

medio de antenas sectorizadas y el uso de celdas más pequeñas ha sido llevada al punto de disminuir los retornos. Se están proponiendo las técnicas de modulación digital para dar capacidad aumentada por medio de la eficiencia espectral mejorada.

En las ecuaciones (1) y (2), solo fue considerada la interferencia desde las estaciones móviles dentro de los límites de una celda. Ahora se considerará el caso de un sistema celular grande y se calculará la interferencia recibida en una celda desde las estaciones móviles que operan en celdas vecinas. Asumamos un número grande de celdas de igual tamaño, y una densidad uniforme de estaciones móviles. Es bien conocido que la pérdida de trayectoria sigue una ley de la cuarta potencia de la distancia si el sistema existe en un área de topografía plana uniforme con antenas relativamente bajas. Esto es afortunado (también para FDMA y TDMA) porque sin esta pérdida de trayectoria, se recibiría un nivel inaceptable de interferencia desde estaciones muy distantes en un área muy grande del sistema.

El análisis de un sistema celular FDMA está basado en la interferencia que proviene, no del promedio estadístico de interferencia recibida de todos los otros usuarios en el sistema,

sino más bien desde unidades particulares en las celdas cercanas que usan la misma frecuencia. La celda interferente debe estar suficientemente lejos de modo que la potencia de interferencia recibida resulte en un  $C/I$  de más de 18 dB. Argumentos geométricos simples para el caso de un grupo de siete frecuencias con antenas omni muestran que para estaciones móviles posicionadas en ubicaciones, en el peor de los casos, dentro de las dos celdas, resulta un  $C/I$  promedio de 22.3 dB. Sin embargo, gran parte del tiempo, la distribución log-normal de la pérdida de trayectoria resulta en un  $C/I$  menor que 18 dB. De hecho, 90% del tiempo, el  $C/I$  solo excede 16 dB. Esto ilustra la necesidad de más, que grupos de siete frecuencias cuando se usan antenas omni, o bien, el uso de antenas direccionales para proporcionar aislamiento adecuado. El uso de sectores de  $120^\circ$  mejora la  $C/I$  por cerca de 6 dB para FDMA. Con grupos de siete frecuencias, el FDMA/FM puede proporcionar alrededor de 57 llamadas simultáneas por celda (y dos canales de control) con asignaciones de frecuencia celular comunes.

En CDMA, la interferencia total en la celda, de una señal entrante dada de estación móvil consta de interferencia de otras estaciones móviles en la misma celda más interferencia de estaciones móviles en celdas vecinas. La contribución de todas

las celdas vecinas es aproximadamente igual a la mitad de la interferencia debida a las estaciones móviles dentro de la celda. La eficiencia del reuso de frecuencias de celdas omni-direccionales es la razón de la interferencia desde las estaciones móviles dentro de una celda a la interferencia total desde todas las celdas, o cerca de 65%.

La siguiente es una derivación del resultado de arriba. Primero, sólo considere los efectos del aislamiento espacial en el sistema celular (es decir, las celdas tienen antenas omni-direccionales). Entonces, se aumentan los resultados para incluir el efecto de antenas direccionales de celda.

En una celda que contiene  $N$  transmisores de estación móvil, el número de interferentes efectivos simplemente es  $N-1$  sin importar cómo estén distribuidos dentro de la celda ya que en las estaciones móviles se emplea el control de potencia. En la operación del control de potencia, la potencia incidente en el centro de la celda de cada estación móvil es la misma que la de cada una de estas en la celda, sin importar la distancia desde el centro de la celda.

En una estructura de celda hexagonal, seis celdas son vecinas inmediatas de la celda central. Las estaciones móviles dentro de estas celdas vecinas controlan su potencia, referidas a sus propios centros de celda. Asumamos que las pérdidas de trayectoria, para las estaciones móviles en las celdas vecinas, hasta sus propios centros de celda también siguen la ley de la cuarta potencia. La pérdida de trayectoria interferente de las estaciones móviles en celdas adyacentes en la celda central también sigue la ley de la cuarta potencia.

La razón total de señal a interferencia recibida en una celda es:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{N + 6Nk_1 + 12Nk_2 + 18Nk_3 + \dots} \quad (3)$$

que puede factorizarse para dar:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{N[1 + 6k_1 + 12k_2 + 18k_3 + \dots]} \quad (4)$$

donde N es el número de estaciones móviles por celda, y  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ , ... son las contribuciones de interferencia de las celdas

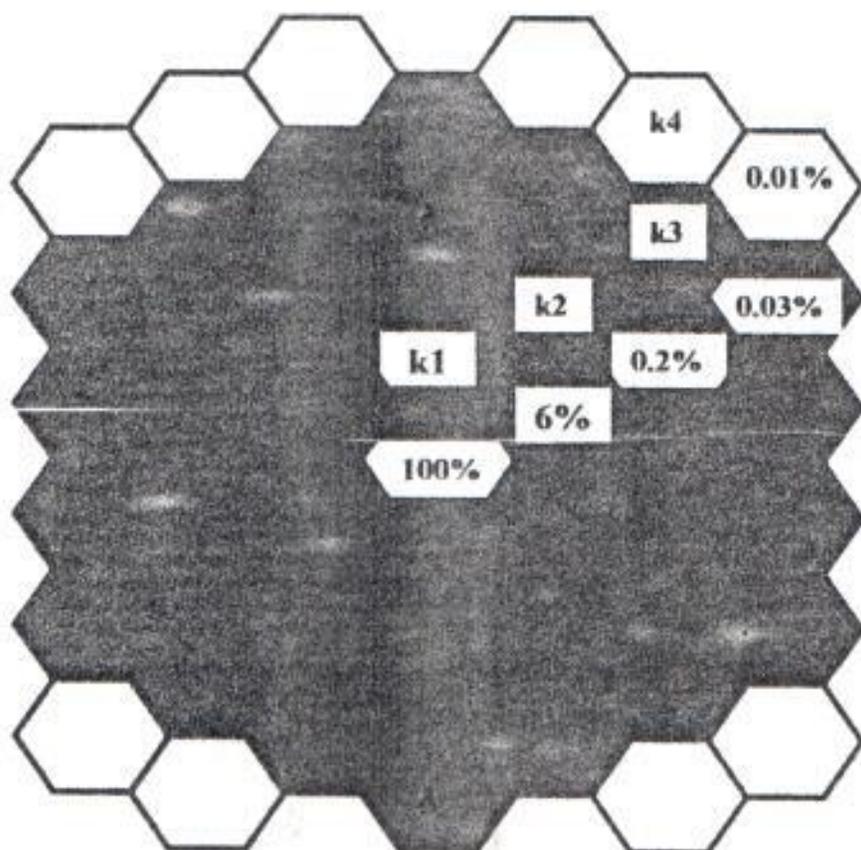
individuales en los anillos 1, 2, 3, etc, relativas a la interferencia de la celda central. Estas contribuciones de pérdida son una función de la pérdida de trayectoria de la celda central y la reducción de potencia debida al control de esta en una estación móvil interferente con su propio centro de celda.

Definamos una eficiencia de reuso de frecuencias,  $F$ , igual a la siguiente:

$$F = \frac{1}{1 + 6k_1 + 12k_2 + 18k_3 + \dots} \quad (5)$$

Para calcular  $F$  pueden usarse técnicas de integración numérica y/o técnicas de simulación. El resultado es que la eficiencia de reuso de frecuencias,  $F$ , es casi 0.65 para este modelo de propagación. La figura 1.6.1 muestra las contribuciones de interferencia relativa de cada celda alrededor de la celda central.

Para determinar cuál mitad saliente de la capacidad del sistema CDMA se compara con la entrante o canal inverso, puede usarse un conjunto parecido de simulaciones. Varias simulaciones de software y pruebas de campo han verificado estos resultados.



**FIG 1.2** CONTRIBUCION DE INTERFERENCIA DE LAS CELDAS VECINAS.  
 La contribución de interferencia vista por una celda como resultado de la actividad en otras, está limitada a la primera fila que la rodea.

### **1.6.1.3 GANANCIA DE CAPACIDAD DE SECTORIZACION**

Cuando se usan antenas de celda direccionales (por ejemplo, las antenas sectorizadas de 120° típicas), la interferencia vista está dividida simplemente para tres, porque la antena recibe sólo en la dirección de una tercera parte de las estaciones móviles. La capacidad soportable por el sistema total por lo tanto es aumentada por un factor de casi tres. Considerando los lóbulos laterales, esto significa aproximadamente un 85% de eficiencia para una ganancia efectiva de 2.55.

### **1.6.1.4 SATURACION DE CELDAS DESIGUALES**

En la discusión del reuso de frecuencias CDMA, se asumió una distribución igual de estaciones móviles por toda el área de servicio. Sin embargo, en la realidad, la saturación de celdas desiguales ocurre frecuentemente porque muchos carros están en las autopistas durante la hora de aglomeración. Con sistemas basados en FDMA y TDMA, sólo hay un número fijo de canales disponibles y están divididos y repartidos en las celdas en una vecindad según un plan fijo, inflexible. Con el sistema CDMA, el número de canales disponibles en una celda depende de la saturación de las celdas vecinas. Si estas están por debajo de la

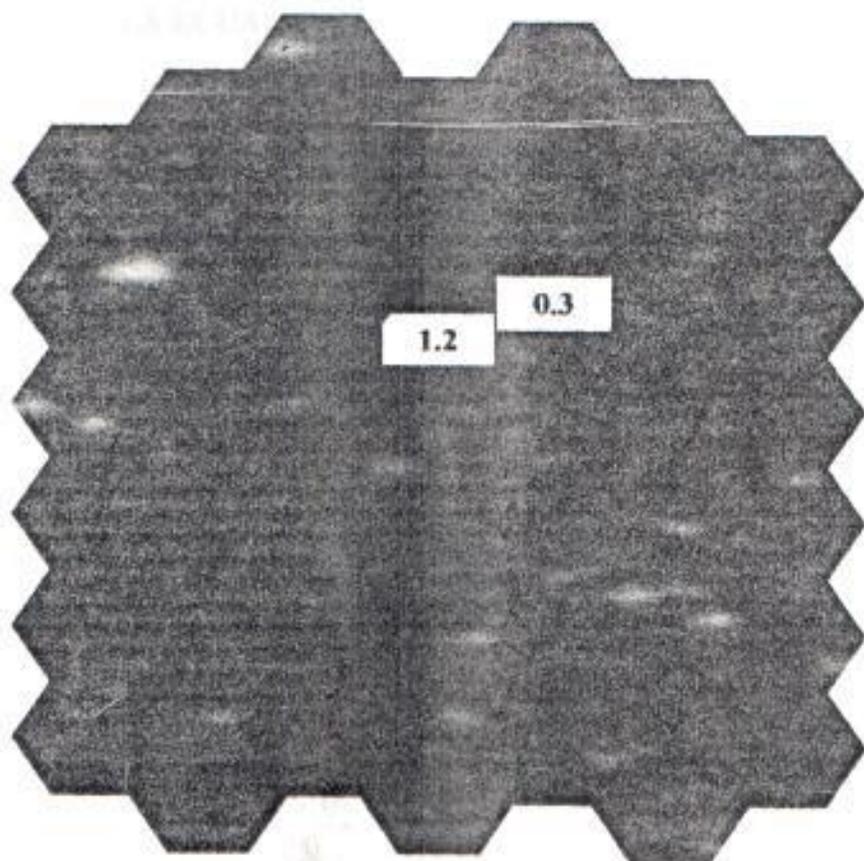
saturación total, entonces la capacidad de una celda muy saturada puede aumentarse.

Con CDMA, la capacidad puede aumentar de 10 a 50%, dependiendo de la distribución actual de estaciones móviles. Si algunas celdas están mucho más saturadas que otras, entonces las celdas restantes deben estarlo un poco más que el promedio. Las celdas saturadas ligeramente contribuyen con menos interferencia que sus vecinas y admiten más estaciones móviles para operar en estas celdas. Un ejemplo de esto es a lo largo de una autopista donde una línea de celdas tiene una demanda mayor que el promedio, mientras las celdas que rodean a estas tienen sólo la mitad de la demanda de las que están a lo largo de la autopista.

En el ejemplo descrito en la figura 1.3, un área de celdas ligeramente saturadas, a 30% de la capacidad normal, rodea una línea de estas, más saturadas. La capacidad normal de una celda asume que todas las que la rodean están saturadas a esta misma capacidad. Cuando esto no es así, como en este caso, la interferencia introducida en la celda saturada por las celdas circundantes se reduce. Esta reducción conduce a un aumento en la capacidad de la celda saturada. Cuando las celdas

circundantes están a 30% de la capacidad normal, las celdas saturadas están a 120% de su capacidad.

Esta asignación flexible de capacidad es completamente transparente para los radios en las estaciones de celda y en las estaciones móviles. La única previsión que debe hacerse para tal operación es que debe proporcionarse un número adecuado de modems en los sitios de las celdas que están más saturadas. El equipo de computación que administra el sistema debe estar programado para coordinar la asignación de capacidad variable. Note que no se requiere ninguna otra coordinación para mecanizar esta función. Esto ocurre naturalmente.



**FIG. 1.3 SATURACIÓN DE CELDAS DESIGUALES.**

Cuando las celdas de los alrededores están saturadas, puede aumentar la capacidad de las que están más saturadas. Para el 30% de la capacidad circundante mostrada, las celdas saturadas están a 120% de la capacidad.

### 1.6.1.5 LA ECUACION DE LA CAPACIDAD TOTAL CDMA

La ecuación para la determinación de la capacidad en un sistema celular CDMA de QUALCOMM está dada por la ecuación (1) y está aumentada para tomar en cuenta las capacidades de sistemas adicionales, para proporcionar la ecuación siguiente:

$$N = \frac{W}{R} \cdot \frac{1}{\frac{E_b}{N_0}} \cdot \frac{1}{d} \cdot F \cdot G \quad (6)$$

Donde:

N= Llamadas por celda (Asumiendo desvanecimiento Rayleigh en el enlace inverso)

W= Ancho de banda de espectro de ensanchado (Valor asumido: 1.25 MHz)

R= Tasa de datos en Kbps (Valor asumido: 9600 bps)

$E_b/N_0$ = Energía de bit + Densidad espectral de potencia de ruido (Valor asumido: 7.0 dB)

D= Ciclo útil de la voz (Valor asumido: 40%)

F= Eficiencia de reuso de frecuencias (Valor asumido: 60%)

G= Ganancia de Sectorización (Valor asumido: 3 sectores  
(120°): 2.55)

Capacidad de radio por celda igual a 98 canales CDMA en 1.25  
MHz.

Capacidad de Erlang por celda con 2% de bloqueo igual a 72  
Erlangs en 1.25 MHz.

El ejemplo del cálculo de la capacidad en Erlangs se hizo  
asumiendo que la característica del límite de capacidad flexible  
descrita abajo no se usó (es decir, cuando llega la siguiente  
llamada a un sector particular que ya está recibiendo N llamadas,  
este servicio es rechazado, y no se intenta de nuevo). El límite  
de capacidad flexible puede admitir tal llamada para proceder,  
con el conocimiento de que podrían resultar tasas de error de bit  
ligeramente altas para todos los usuarios del sistema. Para el  
mismo grado de servicio, una celda análoga de tres sectores

ofrecerá 36 Erlangs y usa el ancho de banda operativo completo. Para este mismo ancho de banda el cálculo de arriba muestra que el CDMA ofrece 720 Erlangs; una razón de 20:1.

## **1.6.2 CARACTERISTICAS**

### **1.6.2.1 CANALES DE TRAFICO DIRECTO CDMA**

- Usados para la transmisión de información de los usuarios y señalización a una estación móvil específica durante una llamada.
- Número máximo de canales de tráfico: 64 menos un canal piloto, un canal de sincronización, y de 1 a 7 canales de paging.

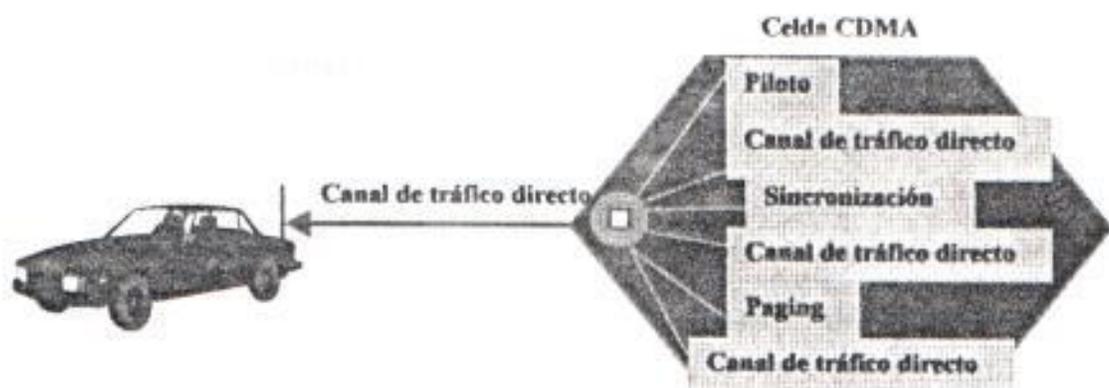


FIG. 1.4 CANALES DE TRAFICO DIRECTO

- Esto deja a cada frecuencia CDMA con al menos 55 canales de tráfico.
- Los canales de paging que no se usan pueden proporcionar hasta 6 canales adicionales.
- La saturación, típicamente estaría cerca de los 17 abonados cuando están usando el codificador de voz de 13 Kb (22 cuando usan el codificador de voz de 8 Kb).

### 1.6.2.2 CODIFICADOR DE VOZ DE TASA VARIABLE

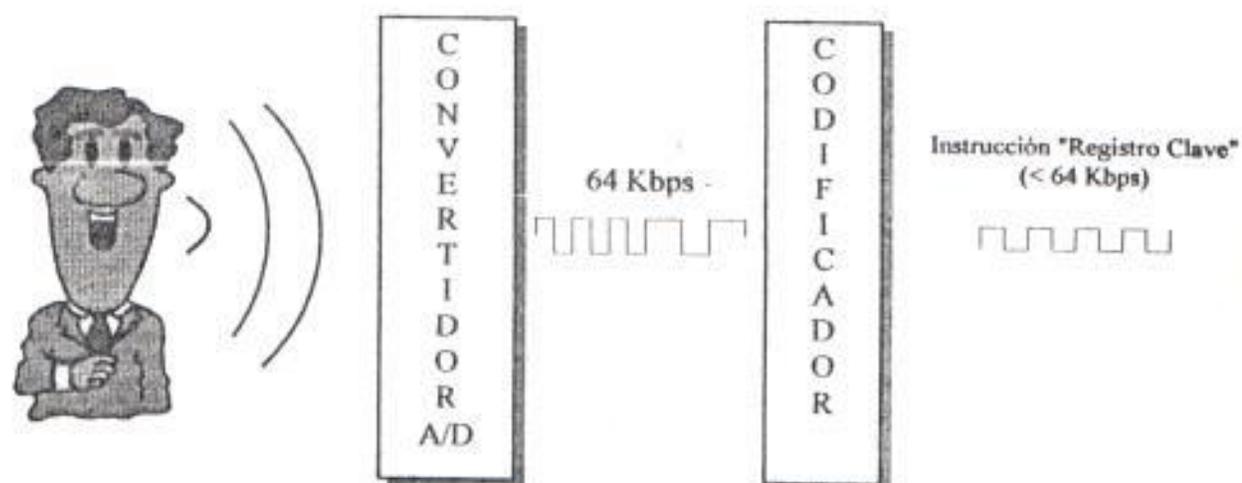


FIG. 1.5 CODIFICADOR DE VOZ

- Para aumentar la capacidad del sistema celular se necesitan los algoritmos de codificación de voz (compresión digital).
- La codificación también debe asegurar fidelidad razonable, es decir, un nivel mínimo de calidad como el percibido por el usuario.

- La codificación puede realizarse en una variedad de formas (por ejemplo, una forma de onda, en el dominio del tiempo o la frecuencia).
- Los codificadores de voz transmiten parámetros que controlan la "reproducción" de voz en vez de la descripción de la forma de onda punto por punto, explícita.

La codificación de voz toma ventaja del hecho de que las conversaciones más típicas consisten de más del 40 a 50% de tiempo muerto (o desocupado). Así, es lógico comprimir el tráfico de voz y sólo enviar la información, aumentando con eso la capacidad.

### 1.6.2.3 CANAL PILOTO

- Usado por la estación móvil para la adquisición inicial del sistema.
- Constantemente transmitido por la estación base.
- Las mismas secuencias PN cortas son compartidas por todas las estaciones base.

- Cada estación base se diferencia por una compensación de las secuencias PN cortas.
- Proporciona seguimiento de
  - Referencia de temporización
  - Referencia de fase
- La separación por fase proporciona un gran reuso dentro de una frecuencia de canal CDMA.
- La adquisición para estaciones móviles está realizada por:
  - Duración corta de la secuencia PN piloto.
  - Origen no codificado de la señal piloto.
- Facilidades de los handoffs asistidos por estación móvil.
  - Usados para identificar candidatos para handoff.
  - Factor clave en ejecutar handoffs flexibles.

El canal piloto es un canal de referencia que usa la estación móvil para adquisición, temporización, y como una referencia de fase para demodulación coherente. Este se transmite todas las

veces para cada estación base en cada frecuencia CDMA activa. Esta señal es continuamente rastreada por cada estación móvil.

A diferencia de la secuencia de código largo, que tiene un intervalo muy largo entre repeticiones, la secuencia PN corta de piloto se repite 75 veces cada 2 segundos. Esto no sólo ayuda en una adquisición inicial cuando la estación móvil (por ejemplo) se energiza, sino también asegura la detección rápida de candidatos de handoff.

#### **1.6.2.4 CANAL DE SINCRONIZACION**

- Usado para proporcionar parámetros esenciales del sistema.
- Usado durante la etapa de adquisición del sistema.
- La razón de bit es 1200 bps.
- El canal de sincronización tiene una duración de trama de 26 2/3 ms.

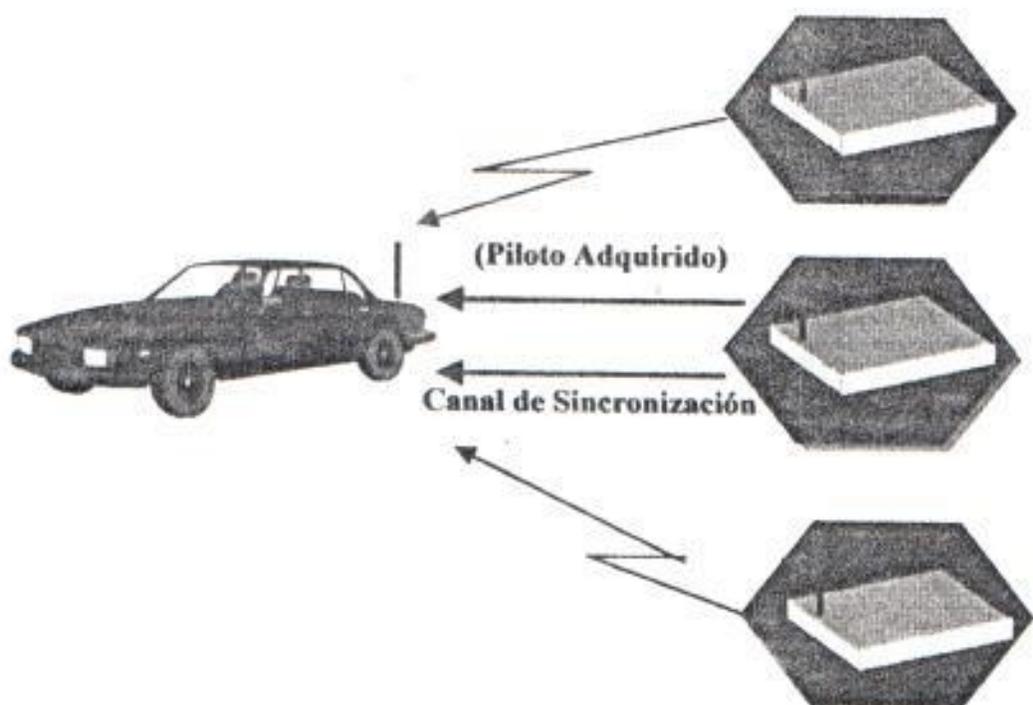


FIG. 1.6 CANAL DE SINCRONIZACION

- Esta duración de trama se acopla al período de repetición de las secuencias PN cortas.
- Esta simplifica la adquisición del canal de sincronización una vez que se adquirió el canal piloto.
- La estación móvil se resincroniza al final de cada llamada.

El canal **piloto** no lleva datos, por lo tanto no tiene tramas.

El canal de **sincronización** usa tramas de  $26 \frac{2}{3}$  ms.

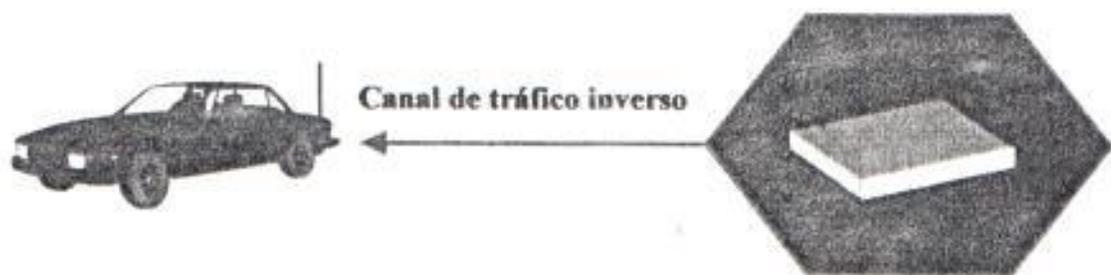
Todos los otros canales de código directo e inverso usan tramas de 20 ms.

Una vez que se ha ubicado un canal piloto intenso, la estación móvil escucha el canal de sincronización correspondiente para información del sistema. Esta información, transmitida a una razón de 1200 bps, está contenida en el mensaje del canal de sincronización la cual es dividida en tramas de 26.666... ms.

Note que la duración de las tramas del canal de sincronización coinciden con el período de las secuencias PN cortas transmitidas por el canal piloto. Por lo tanto una vez que la estación móvil se sincroniza con el canal piloto, la sincronización con el canal de sincronización es conocida inmediatamente. Esto facilita la adquisición de este canal para la estación móvil.

#### **1.6.2.5 CANALES DE TRAFICO INVERSO CDMA**

- Usados cuando una llamada está en progreso para enviarse.
  - Tráfico de voz desde el abonado.



**FIG. 1.7 CANALES DE TRAFICO INVERSO**

- Respuesta a comandos/preguntas desde la estación base.
- Peticiones a la estación base.
  
- Soporta operación de tasa de datos variable para
  - Codificador de voz de 8 Kbps.
  - Conjunto de tasas 1-9600, 4800, 2400 y 1200 bps.
  - Codificador de voz de 13 Kbps.
  - Conjunto de tasas 2-14400, 7200, 3600, 1800 bps.

La duración de la trama es 20 ms.

Una estación móvil que use el codificador de voz de 8 Kb transmite información por el canal de tráfico inverso a tasas de datos variables de 9600, 4800, 2400 y 1200 bps.

Una estación móvil que use el codificador de voz de 13 Kb transmite información por el canal de tráfico inverso a tasas de datos variables de 14400, 7200, 3600 y 1800 bps.

#### 1.6.2.6 CANALES DE ACCESO

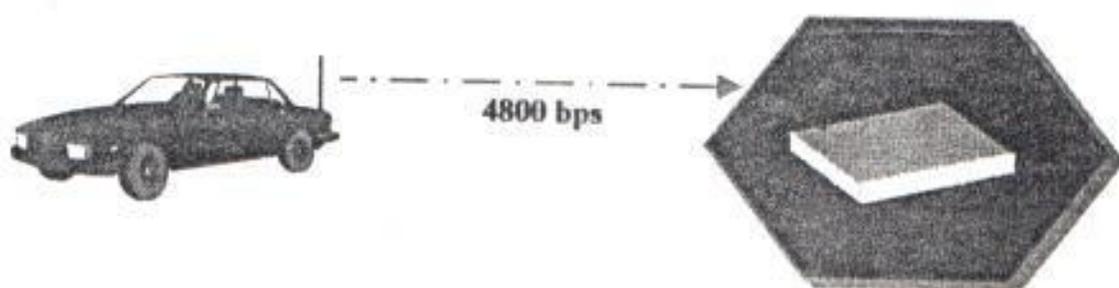


FIG. 1.8 CANALES DE ACCESO

- Usados por la estación móvil para:
  - Iniciar comunicación con la estación base.
  - Responder a mensajes de canal de paging.

- Tienen una tasa de datos fija de 4800 bps.
- Cada canal de acceso está asociado con un solo canal de paging.
- Por cada canal de paging se soportan hasta 32 canales de acceso (0-31).

Una estación móvil usa un canal de acceso para iniciar comunicación con la estación base y responder a un mensaje de canal paging.

Una transmisión de canal de acceso es codificada, interfoliada, y la señal de espectro de ensanchado es modulada. Los canales de acceso usan un protocolo de acceso aleatorio. Los canales de acceso se identifican únicamente por estos códigos largos.

#### **1.6.2.7 CONTROL DE POTENCIA CDMA**

- CDMA es un sistema que limita la interferencia basado en el número de usuarios.
- A diferencia de AMPS/TDMA, CDMA tiene un límite de capacidad flexible.

- Cada usuario es una fuente de ruido en el canal compartido.
  - El ruido contribuido por los usuarios es acumulativo.
  - Esto crea un límite práctico a como muchos usuarios sostendrían un sistema.
- 
- El control de potencia de las estaciones móviles es crítico si queremos
    - Maximizar la capacidad del sistema.
    - Incrementar la vida de la alimentación de las estaciones móviles.
- 
- El objetivo es mantener cada estación móvil en el nivel de potencia mínimo absoluto necesario para asegurar calidad de servicio aceptable.
    - Idealmente la potencia recibida en la estación base desde cada estación móvil será la misma (señal a interferencia mínima).
    - Las estaciones móviles que transmiten potencia excesiva aumentan la interferencia para otras estaciones móviles.

Todos los canales de código transmitidos en la dirección directa viajan junto a la estación móvil; por lo tanto, al mismo tiempo todos ellos experimentan desvanecimiento. Este no es el caso en la dirección inversa donde cada canal viaja por una trayectoria diferente desde la estación móvil que lo transmite a la estación base. Esta es la razón de porqué en la dirección directa es posible el uso de una señal piloto y "demodulación coherente" y no en la dirección inversa donde las estaciones móviles tienen que recurrir a la transmisión de "preámbulos" de un modo a otro.

Algunas estaciones móviles pueden estar cerca de la estación base mientras otras pueden estar ubicadas lejos de esta. Como resultado, las pérdidas de trayectoria y ambientes multitrayectoria que afectan a las señales de diferentes estaciones móviles muestran una gran variabilidad. Como las pérdidas de trayectoria pueden diferir por hasta 80 dB, si cada estación móvil transmite al mismo nivel de potencia, la estación base podría recibir una señal muy fuerte desde una estación móvil cercana, junto con otra señal, 80 veces debilitada, desde una distante; y la señal debilitada podría ser ahogada por la más fuerte.

El propósito de control de potencia es asegurar que todas las señales lleguen a la estación base al mismo nivel

aproximadamente. Este requisito hace al control de potencia en la dirección inversa extremadamente crítico y exigente.

## **1.7 VENTAJAS DEL SISTEMA CDMA**

Los muchos beneficios del CDMA han cautivado el mundo de las telecomunicaciones, resultando en una rápida aceptación y en un avanzado desarrollo de esta tecnología.

Entre las principales ventajas del CDMA, se pueden citar las siguientes:

### **Incremento de la capacidad**

La Técnica Spread Spectrum de CDMA desarrolla una capacidad tres veces mayor que cualquier otra tecnología digital, y una capacidad de 10 a 20 veces mayor que las tecnologías analógicas. Todo esto se traduce en un mejoramiento dramático del tráfico telefónico, siendo el principal beneficiado el abonado ya que tiene mayor probabilidad de que sus llamadas sean exitosas; además de las ventajas que representa para la operadora en lo referente a la menor cantidad de equipo requerido para satisfacer a una mayor cantidad de abonados.

### **Mejoramiento dramático de la calidad de voz**

Debido a que CDMA utiliza la codificación digital de voz, proporciona claridad y calidad de voz, eliminando ruido aún en áreas urbanas congestionadas.

### **Reducción de las fallas de Handoff y de interferencias**

CDMA es la primera tecnología en usar una técnica llamada **soft handoff**. El Handoff ocurre cuando una llamada es transferida de una celda a otra dependiendo de como el usuario se mueve entre ellas. En un tradicional **hard handoff** la comunicación primero es interrumpida y después es conectada a la nueva celda; en cambio en el **soft handoff** como todas las celdas usan la misma frecuencia es posible realizar primero la conexión a la nueva celda es realizada antes de la transferencia entre celdas simultáneamente a dos o más estaciones base para escoger la mejor señal y mantener al usuario conectado todo el tiempo. Este avance significa menor cantidad de llamadas perdidas para usuarios y mejor calidad de servicio para la operadora. Además el **soft handoff** requiere menos potencia y reduce las interferencias.

### **Seguridad y Privacidad**

CDMA utiliza un codificador digital para cada llamada telefónica o transmisión de datos proporcionando así mayor privacidad a través de su sofisticada unidad

de seguridad. Uno de aproximadamente 4 trillones de códigos irrepetibles son asignados a cada comunicación, el cual la distingue de las múltiples llamadas transmitidas simultáneamente sobre todo el ancho de banda asignado del espectro.

### **Mínimo Consumo de Potencia**

En el soft handoff típicamente se transmite en una fracción de los niveles de potencia usados por otras tecnologías. Esto implica baterías pequeñas, terminales portátiles livianos, extendido dramático de la vida de la batería y por consiguiente incremento de la demanda por parte de los subscriptores.

### **Reducción del número de estaciones**

Las redes CDMA requieren menos infraestructura para la misma zona de cobertura si se la compara con otras tecnologías, lo cual resulta en una inversión inicial menor y por consiguiente reducción de los gastos de mantenimiento

### **Expansión a multimedia**

Los subscriptores pueden utilizar varios servicios además del de telefonía inalámbrica fija y móvil, como son: transferencias de archivos, fax, PBX, Internet y la transmisión simultánea de voz y datos.

## 1.8 APLICACIONES DEL SISTEMA CDMA

Aunque al principio el CDMA era únicamente utilizado en aplicaciones militares, en la actualidad gracias a la técnica spread spectrum (espectro ensanchado) tiene muchos campos de aplicación.

El sistema CDMA se puede utilizar como:

- Solución en Sistemas de gran movilidad, tal es el caso de la Telefonía Celular y de los PCS (Personal Communication Services).
- Alternativa de telefonía inalámbrica fija, como es el caso del WLL (Wireless Local Loop) o Lazo Local Inalámbrico.
- Alternativa de Redes inalámbricas, en el intercambio de información o de transmisión de datos, tal es el caso de las PCN (Personal Communication Network).

## CAPITULO II

### WLL: LAZO LOCAL INALAMBRICO

#### 2.1 SISTEMA WLL

El Lazo Local Inalámbrico (WLL) es una red de telecomunicaciones que proporciona un servicio de telefonía usando radio como un sustituto para el lazo local más tradicional basado en cable. El WLL se usa cuando hay una red existente en un área de servicio que tiene la infraestructura de conmutación necesaria y es caro proporcionar fibra o cable al usuario. Un lazo local inalámbrico puede proporcionar una alternativa útil en estos casos. La tecnología del lazo local variará pero es más comúnmente una variación de los sistemas móviles digitales o celulares analógicos basados en GSM.

Su aplicación es la provisión de servicios de telecomunicaciones modernas a áreas rurales y en desarrollo.

El Lazo Local Inalámbrico es una aplicación ideal para proporcionar servicio telefónico a un área rural remota.

El sistema está basado en una red de radio full-duplex que proporciona servicio telefónico local entre un grupo de usuarios en áreas remotas. Estas áreas podrían

conectarse a través de enlaces de radio a la red telefónica nacional, permitiendo, sin embargo, al abonado WLL llamar o ser alcanzado por cualquier teléfono en el mundo.

La unidad WLL consta de un transceptor de radio y la interfaz WLL montada en una caja metálica. Las únicas salidas de la caja son dos cables y un conector telefónico; un cable conecta a una antena direccional Yagi y un receptáculo telefónico conecta a un equipo telefónico. Para comunicación por fax o computadora también podría conectarse un fax o un modem.

## **2.2 EL SISTEMA WLL QCTEL (QUALCOMM)**

### **2.2.1 EL SISTEMA DE LAZO LOCAL INALAMBRICO QCTEL**

El sistema de lazo local inalámbrico QCTel de Qualcomm proporciona una red de acceso inalámbrico de alta calidad y económica para compañías telefónicas regionales o nacionales. El sistema QCTel basado en la tecnología CDMA, ofrece beneficios substanciales en comparación con las tecnologías alámbrica e inalámbrica competidoras. Las ventajas del sistema QCTel de Qualcomm para el operador incluyen:

- Despliegue flexible y rápido del servicio telefónico.
- Gran área de cobertura por celda.

- Gran capacidad por MHz de espectro.
- Facilidad de expansión del sistema.
- Costo de tiempo de vida más bajo.

El sistema QCTel ofrece también varias ventajas a los abonados, en comparación con las tecnologías competidoras, en términos de:

- Características avanzadas.
- Calidad de voz superior.
- Privacidad inherente.

Muchos países desarrollados han reconocido la fuerte correlación positiva entre telecomunicaciones y prosperidad económica, estos países han expandido dramáticamente el área de cobertura y capacidad del servicio telefónico básico. El sistema QCTel ofrece muchas veces tasas de despliegue más rápidas, costos más bajos y beneficios tempranos para los operadores que desplieguen servicios fijos en los países desarrollados.

En los países desarrollados, las operadoras están desplegando lazo local inalámbrico para reemplazar a las instalaciones de planta externa alámbrica antigua y llegar a puntos difíciles de servir tales como áreas urbanas, con tubería de cables limitada o no, regiones montañosas remotas e islas. QCTel ofrece a estas operadoras calidad de voz, características avanzadas y compatibilidad con infraestructura existente.

Totalmente compatible con las normas celulares digitales CDMA internacionales EIA/TIA IS-95 e IS-96, el sistema QCTel proporciona a las operadoras despliegue rápido y flexible, gran área de cobertura por celda, gran capacidad por MHz, facilidad de ampliación del sistema, bajos costos de inversión de capital, bajos costos operativos y facilidad de emigrar a servicios móviles avanzados. Los abonados también pueden disfrutar de voz de buena calidad, gran privacidad y muchas otras ventajas de QCTel.

### **2.2.2 BENEFICIOS DEL CDMA Y QCTEL DE QUALCOMM**

El sistema QCTel ofrece los beneficios substanciales de la tecnología CDMA con un producto comercialmente viable para el ambiente de lazo local.

La tecnología CDMA ha sido adoptada por numerosas operadoras de red, y también ha sido autorizada para los grandes vendedores de equipos. Esto garantiza apoyo continuo para los productos CDMA y el adelanto de la tecnología. El CDMA ofrece los siguientes grandes beneficios:

- Con CDMA, el enlace aéreo puede soportar hasta 45 llamadas simultáneas por sector, por 1.25 MHz, con flexibilidad para crecimiento.

- A diferencia de otros sistemas, la capacidad sectorial de un sistema basado en CDMA no está fuertemente limitada. Durante las anormalmente grandes horas de uso, el sistema puede asignar recursos dinámicos automáticamente para acomodar la creciente carga de tráfico en sectores específicos con pérdida mínima de calidad de voz.
- Comparado con otras tecnologías inalámbricas, el CDMA proporciona un enlace superior para áreas de cobertura de celda, substancialmente, de mayor capacidad y más grandes en medios de propagación idénticos. La gran área de cobertura de celda se traduce en menos sitios de celda, baja inversión de capital, bajos gastos operativos y despliegue de cobertura más rápido en áreas nuevas.
- El CDMA está diseñado para un factor de reuso de frecuencia igual a uno. Así, no se necesita planeamiento de frecuencias o coordinación entre celdas individuales. Esta característica importante del CDMA facilita bastante el mantenimiento y toma en cuenta la facilidad de expansión de la red.
- La calidad de la voz está afectada por las características aéreas de la interfaz como además por el diseño del codificador de voz. El CDMA

usa receptores múltiples en los microteléfonos y estaciones base para demodular las señales de los caminos múltiples. Ya que los desvanecimientos de las señales individuales son independientes, el resultado es calidad de voz excelente con desvanecimiento mínimo, aún, en ambientes extremos.

- El codificador de voz CDMA de 13.2 Kbps de QUALCOMM asegura claridad alámbrica aún bajo condiciones tensionantes. Voz pura de QUALCOMM ofrece calidad de voz alámbrica que ha sido confirmada en pruebas realizadas en el Laboratorio de Estimación de la Calidad de Voz en los Laboratorios Bell AT&T como se ve abajo. El CDMA de QUALCOMM reduce el ruido de fondo no deseado a través del esquema de codificación de voz de tasa variable registrado (QCELP-13) implementado en el sistema QCTel.

Tipo de codificador de voz	Tasa de error	Mos
64 Kbps	0%	4.06
QCELP-13	0%	4.02
QCELP-13	1%	3.94
32 Kbps	0%	3.55

**TABLA 2.1 TIPO DE VOCODER**

- El CDMA proporciona inherentemente un nivel alto de privacidad y protección del fraude. El proceso de codificación digital CDMA descompone la información en trillones de bits codificados lo cual hace que la interferencia o interceptación sea muy difícil. QCTel soporta también procedimientos de autenticación y otras medidas de prevención del fraude.
- El sistema de lazo local inalámbrico CDMA de QCTel es compatible con la infraestructura de telecomunicaciones existente. El Controlador de Estación Base Inteligente (IBSC) de QCTel puede conectarse como interfaz con múltiples oficinas de conmutación tales como oficinas terminales e interurbanas. QCTel es flexible y puede proporcionar un margen comprensible de apoyo a la interfaz troncal para el control y envío de llamadas.

- Ya que QCTel interactúa y se comunica con el resto de la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN) como una "oficina terminal", se requiere un mínimo esfuerzo de los conmutadores adyacentes para acomodar sistemas QCTel nuevos o adicionales. QCTel mantiene y se aficióna con su propia clientela, resaltando y enrutando bases de datos.
- El manejo de la unidad de abonado, procesamiento de llamada y enrutamiento entre sistemas son realizados autónomamente por el QCTel sin la necesidad de una Oficina de Conmutación Telefónica Móvil (MTSO) u otro sistema externo.
- Las especificaciones QCTel cumplen las normas de Oficina Central (CO) de acuerdo con las Normas de Construcción de Equipo de Red (NEBS).
- La interfaz de usuario, en la Estación de Abonado, parece y funciona como un teléfono alámbrico con características QCTel realizadas.
- QCTel ofrece una solución innovadora para el enlace rápido y eficiente de los abonados con la PSTN. Las características de capacidad y cobertura del CDMA admiten la introducción del sistema

QCTel con menos celdas que las usadas en otros productos inalámbricos. El sistema admite también más de 100, o aproximadamente cuatro veces el número de canales de tráfico, a ser soportados en un recorrido de regreso T1 que con otros sistemas inalámbricos. Esto es posible porque la llamada ha sido codificada y comprimida sin pérdida de calidad de voz antes de que esta sea transmitida desde la celda a la estación base. Ya que se requieren pocas celdas y por los mismos circuitos T1 o E1 pueden llevarse más llamadas, el costo total del trayecto de retorno para interconectar el Subsistema Transceptor de Estación Base de la celda (BTS) con el IBSC se reduce dramáticamente.

- La arquitectura QCTel deja espacio para el crecimiento del sistema sin degradar la disponibilidad de este. El sistema puede expandirse fácilmente en capacidad, disponibilidad y características:
- **Expansión del Sistema:** El diseñador del sistema puede aumentar el número de subsistemas en la red e incrementar la conectividad entre subsistemas.

- **Expansión del Subsistema:** La capacidad de expansión del subsistema admite la adición de recursos dentro de los subsistemas individuales.
- **Capacidades Agregadas:** La arquitectura del sistema deja espacio para la adición de características y servicios sin impactar al equipo comúnmente ofrecido.
- **QCTel está diseñado para lograr la más alta confiabilidad.** El equipo del sistema puede funcionar mientras se le está dando mantenimiento. QUALCOMM creó el sistema para funcionar con interrupciones en el servicio y períodos de inactividad mínimos. Ya que los abonados pueden comunicarse a menudo con más de una celda, la falla de una celda no significa necesariamente que se ha negado el servicio. Por otra parte, el Tiempo Medio de Reparación promedio (MTTR) estimado para las Unidades de Reemplazo de Campo (FRUs) es menor a dos horas. Para reducir los costos de mantenimiento, QCTel destaca los componentes comunes de hardware y software, capacidad de intercambio cálido, acceso fácil de equipo, manejo completo de fallas y requisitos mínimos para herramientas especiales y equipo de prueba.

### 2.2.3 LOS ELEMENTOS DE RED DEL SISTEMA QCTEL

El producto QCTel es un sistema de lazo local inalámbrico compuesto de tres elementos de red; el Controlador de Estación Base Inteligente (IBSC), el Subsistema Transceptor de Estación Base (BTS) y la Estación de Abonado.

Usualmente ubicado en un ambiente de oficina central, el IBSC controla y administra las operaciones completas de los sistemas. El IBSC se conecta en interfaz con la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN) y con múltiples celdas que estén conteniendo múltiples BTSs, como se describe en la figura 2.1.

El establecimiento de conexiones aéreas CDMA IS-95A está apoyado con las Estaciones de Abonado QCTel. En cada celda pueden desplegarse múltiples BTSs, dependiendo de la configuración de celda deseada.

La estación de abonado WLL, parece y funciona como un teléfono alámbrico. Con el WLL, una llamada telefónica típica originada en la estación de abonado se transmitirá por la interfaz aérea al BTS de la celda más cercana, y entonces será llevada por las facilidades T1/E1 hacia el IBSC donde además se procesa y enruta la llamada.

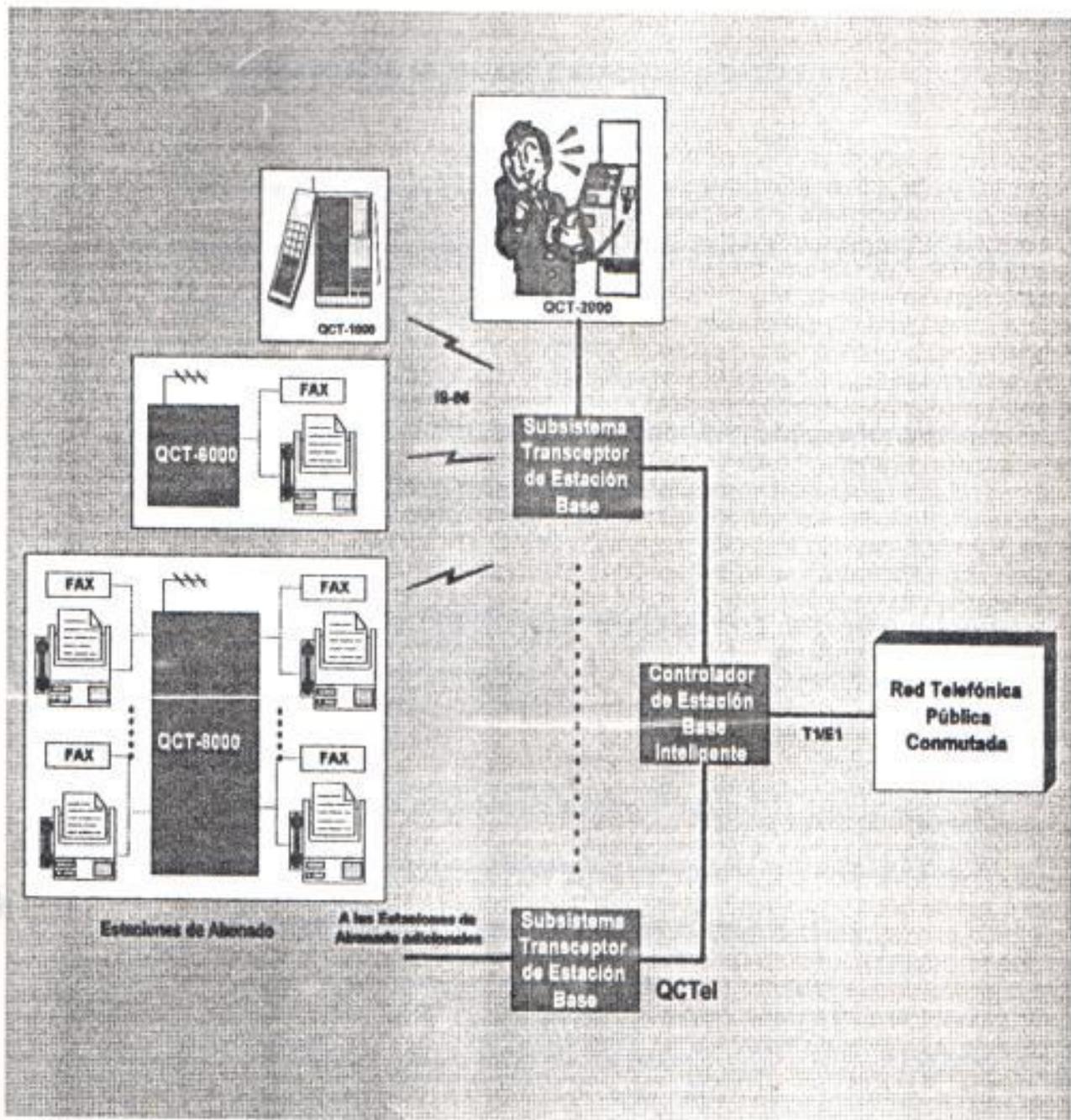


FIG. 2.1 ELEMENTOS DE RED

## 2.2.4 CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDADES DE QCTEL

En conjunción con los beneficios únicos del CDMA y las ventajas de un sistema entallado especialmente en el ambiente WLL, el sistema QCTel posee otras características notables.

Abajo se enlistan y se discuten en la sección Descripción de los Sistemas algunas de las características y capacidades generales del sistema:

- Capacidad y cobertura incrementadas con tecnología CDMA resultando en pocas celdas
- Requisitos de recorrido de regreso reducidos ya que se requieren menos celdas que en cualquier otra tecnología inalámbrica y pueden llevarse más llamadas por los trayectos de retorno T1/E1
- Calidad de voz superior comparada con otras soluciones inalámbricas
- Soporta 800 MHz, 1.9 GHz y otras bandas de frecuencias

- Soporta múltiples canales de frecuencias CDMA (cada uno de 1.25 MHz)
- Opciones de tres, seis y nueve sectores por celda
- Compatible con EIA/TIA IS-95A, la norma celular digital CDMA
- Soporta voz de tasa variable (IS-96A)
- Redundancia inherente, con facilidad de sobreconmutación automática
- Capacidad de reparaciones del servicio mientras se está en la línea para minimizar las interrupciones del mismo
- Soporta voz, datos (ruta de desarrollo hacia 64 Kbps), fax Grupo III a 14.4 Kbps
- Apto para SS7 y AIN en el futuro
- Interfaces normalizadas entre el sistema y la PSTN

- Inversión de capital y costos operativos significativamente más bajos debido a pocas celdas.

### 2.2.5 ARQUITECTURA Y DESCRIPCION DEL SISTEMA QCTEL

Como se muestra en el Diagrama Arquitectónico de QCTel (FIG.2.2), el sistema WLL de QCTel está jerárquica y modularmente organizado. El sistema está compuesto por: (1) el Controlador de Estación Base Inteligente, que incluye el Subsistema de Interconexión CDMA, Subsistema de Banco Selector, Administrador de Estación Base, Acceso a Detalle de Llamadas, Unidad de Tiempo y Frecuencia, Procesador de Control de Llamadas, Accesorio de Servicios Suplementarios; (2) el Subsistema Transceptor de Estación Base; y (3) las Estaciones de Abonado.

La sección siguiente describe al Controlador de Estación Base Inteligente (IBSC), equipo de celda, y estaciones de abonado junto con los subsistemas más importantes que comprenden cada uno. Se da una descripción funcional breve de cada subsistema.

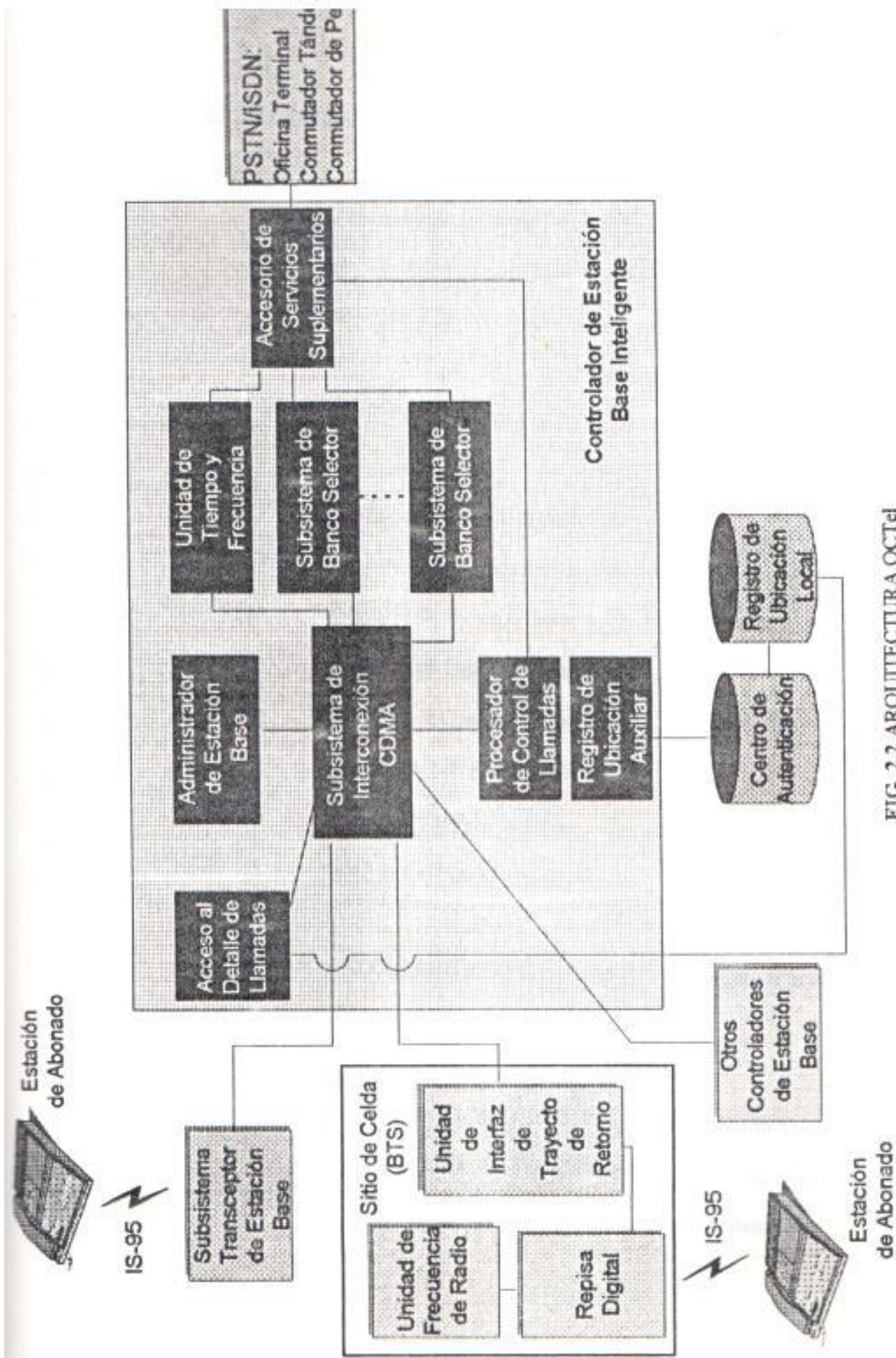


FIG. 2.2 ARQUITECTURA QCTel

## **2.2.5.1 CONTROLADOR DE ESTACION BASE INTELIGENTE**

El IBSC contiene los recursos y control para el procesamiento de llamadas, manejo de canales, señalización e interfaz con la PSTN, invocación de características, contabilidad del historial de llamadas y operaciones completas de los sistemas, administración y mantenimiento.

El IBSC comprende los subsistemas siguientes:

- Accesorio de Servicios Suplementarios
- Subsistema de Banco selector
- Subsistema de Interconexión CDMA
- Procesador de Control de Llamadas
- Administrador de Estación Base
- Acceso al Detalle de Llamadas
- Unidad de Tiempo y Frecuencia

### **2.2.5.1.1 ACCESORIO DE SERVICIOS SUPLEMENTARIOS**

El Accesorio de Servicios Suplementarios (SSA) es la interfaz del QCTel con la PSTN. Como tal, es un punto de terminación para transmisión y señalización

de red. El SSA proporciona señalización a la PSTN a través de una variedad de protocolos de señalización troncal como el Wink Start, Ground Start, E&M, Direccionamiento multifrecuencia, DID y DOD con DTMF, R1, R2 y SS7 ISUP y TUP. El SSA puede también actuar como interfaz con entradas de línea en el conmutador local y troncales analógicos usando bancos de canal para convertir analógico a digital.

El SSA es un elemento conmutador probado por la industria, programable, que proporciona muchas características al usuario, incluyendo puentes de conferencia, espera y envío de llamadas. El SSA proporciona también un punto de acceso para servicios tales como correo de voz y almacenamiento y envío de mensajes.

#### **2.2.5.1.2 SUBSISTEMA DE BANCO SELECTOR**

A través del SSA se envía Modulación por Código de Pulsos (PCM) y otra información de tráfico desde la PSTN hacia el Subsistema de Banco Selector (SBS). El SBS y el BTS establecen un enlace a través del

ruteador de paquete del sistema llamado el Sistema de Interconexión CDMA (CIS). A través de este enlace se envían los datos y la señalización. Cuando se transmite la información desde los abonados a la estación base (enlace inverso), el SBS procesa los datos del BTS, los convierte al formato propio - dependiendo de la opción de servicio - y los envía al SSA. Luego, el SSA enruta la información de tráfico a la PSTN.

### **QCELP-13**

El SBS soporta el último esquema de codificación de QUALCOMM, QCELP-13, para proporcionar calidad alámbrica superior para voz. QCELP-13 soporta codificación de voz de tasa variable hasta 13 Kbps y posibilita tasas más altas de datos para transmisiones de datos y fax.

### **Derivación del Codificador de voz**

Las llamadas entre los sistemas se enrutan a través del SBS sin codificación y decodificación adicional

de los codificadores de voz del SBS. Esto elimina la codificación de voz tándem y evita que se utilicen recursos valiosos del sistema.

### **2.2.5.1.3 SUBSISTEMA DE INTERCONEXION CDMA**

El Subsistema de Interconexión CDMA (CIS) es el ruteador dentro del IBSC que manda paquetes, de voz y datos, a sus destinos propuestos. Al CIS se mandan voz codificada, datos y fax procesados por el SBS, para enviar a los Subsistemas Transceptores Base (BTS o celdas). A través del CIS se enruta toda la comunicación del BTS hacia el IBSC.

El CIS proporciona la conectividad, señalización y enrutamiento de datos entre los distintos subsistemas del QCTel, incluyendo el BTS, SBS, CCP, BSM, CDA y TFU. Los diferentes subsistemas intercambian paquetes con el formato de Control de Enlace de Datos de alto nivel (HDLC) por las interfaces de Red de Comunicaciones de Estación Base (BCN). Dentro del CIS, mediante una arquitectura basada en el Modo de Transferencia Asíncronico (ATM), se enruta internamente la

información. Para implementar grandes sistemas se usa un ruteador ATM para ampliar la capacidad IBSC modularmente.

El CIS puede proporcionar también conectividad ATM con otros IBSCs de QCTel, junto con una conexión directa a entradas ATM y redes ATM externas o anillos de fibra SONET/STM. El uso de IBSCs interconectadas mediante ATM admite un proveedor de sistema, con operaciones regionales o nacionales, para utilizar los recursos del sistema QCTel exclusivamente para todas las llamadas entre sistemas. Una ventaja de hacer esto es que se utilizan mejor los enlaces entre los IBSCs. Las llamadas que se enrutan a través de la PSTN están en el nivel DS0 (64 Kbps), típicamente. Esto no es de cerca tan eficiente como el enrutamiento entre IBSCs por una red ATM o un anillo de fibra STM.

#### **2.2.5.1.4 PROCESADOR DE CONTROL DE LLAMADAS**

El Procesador de Control de Llamadas (CCP) controla la funcionalidad de todo el procesamiento de

llamadas incluyendo establecimiento de llamadas, interrupción, administración de la estación de abonado y el control de servicios suplementarios. La señalización de red asociada con las llamadas manejadas por el IBSC es traducida por el formato de señalización de CCP a IS-95A y distribuida a los componentes de red relevantes para una acción apropiada en la llamada. Los mensajes que pudieran dirigirse a un Centro de Conmutación Móvil (MSC) en un sistema celular convencional son enviados al CCP y procesados. Entonces, la llamada es traducida en el formato de interfaz apropiado, y enviada hacia la PSTN. El CCP genera también información detallada de las llamadas para propósitos de facturación, interfaces con el Registro de Ubicación Local (HLR), y actúa como un caché para la información de abonado.

Aunque no son parte del CCP, las unidades siguientes asisten al CCP durante el procesamiento y control de las llamadas.

### **Registro de Ubicación Auxiliar**

El Registro de Ubicación Auxiliar (ALR) es una memoria de acceso aleatorio (RAM), la imagen caché del HLR, y es utilizada con funciones en línea, tales como autenticación, donde el acceso al HLR basado en disco es muy lento. Las llamadas por primera vez del abonado se registran en el HLR y se autentican desde el HLR. Entonces se carga al ALR una imagen automática y se utiliza de allí en adelante. Al HLR sólo necesitan ser ingresados los datos iniciales.

### **Centro de Autenticación**

El Centro de Autenticación (AuC) sirve como una cámara de compensación para autenticar, o verificar, la validez del equipo de abonado que intenta ganar acceso a la red inalámbrica.

### **Registro de Ubicación Local**

El Registro de Ubicación Local (HLR) es una base de datos que contiene información sobre los abonados en este sistema. Este registro contiene información sobre la ubicación del sector del abonado. El HLR soporta características de administración de llamadas. Para una red de gran escala, el HLR puede ser una facilidad compartida localizada en cualquier lugar con acceso proporcionado por un enlace SS7/IS-41.

#### **2.2.5.1.5 ADMINISTRADOR DE ESTACION BASE**

El Administrador de Estación Base (BSM) realiza el manejo de la configuración, manejo del funcionamiento, manejo de la seguridad, manejo de fallas y otras operaciones esenciales, incluyendo administración y mantenimiento (OA&M), funciones relativas del QCTel.

El BSM proporciona la interfaz humana para acceder al sistema QCTel para actividades de configuración y

mantenimiento. El BSM puede operarse desde una localidad remota a través de conexiones entre un servidor terminal localizado en el BSM y una terminal remota. El BSM permite iniciar al usuario una secuencia de operaciones automáticas para procesamiento inmediato o para procesamiento en un tiempo predeterminado o intervalo de tiempo.

El BSM también actúa como interfaz con sistemas de soporte OA&M en los Centros de Mantenimiento regional con emisiones de software futuras. Las interfaces de máquina posibilitarán oportunidades adicionales para automatización, vigilancia centralizada y análisis.

#### **2.2.5.1.6 ACCESO AL DETALLE DE LLAMADAS**

El Acceso al Detalle de Llamadas (CDA) maneja la contabilidad del sistema QCTel. Específicamente, el CDA recoge y distribuye los Registros del Detalle de Llamadas (CDR) para propósitos de facturación. El CDA recoge la información del CCP y el SBS a través del CIS, y del HLR a través de un enlace

Ethernet directo. Entonces, el CDA envía la información hacia una aplicación de facturación en la Oficina de Contabilidad de Ingresos a través de un enlace de datos directo o cinta magnética.

#### **2.2.5.1.7 UNIDAD DE TIEMPO Y FRECUENCIA**

La Unidad de Tiempo y Frecuencia (TFU) proporciona señales de referencia de cronometraje y frecuencia para otros componentes en el BTS y el IBSC, y cumple funciones de alarma/monitoreo y control para estos. Las TFUs están desplegadas en el IBSC y las celdas. En el último caso, la TFU hospeda al controlador del BTS además de proporcionar temporización al sistema.

#### **2.2.5.2 SUBSISTEMA TRANSECTOR DE ESTACION BASE**

El Subsistema Transceptor de Estación Base (BTS) proporciona el enlace entre el IBSC y las unidades de abonado. La información procesada por el SBS es retransmitida por el CIS a través de los trayectos de retorno del sistema hacia el BTS en las celdas individuales. La información se modula en trenes de datos

CDMA, se combina y convierte a las frecuencias de radio apropiadas, antes de que esta se transmita por vía aérea hacia el abonado. Invertiendo el flujo, el BTS recibe la información que proviene desde las estaciones de abonado, la convierte, demodula y envía al Controlador de Estación Base Inteligente.

El BTS consta de las antenas, transmisor, receptores, amplificadores de potencia, elementos de canal y hardware de interfaz. Para acomodar escenarios de frecuencia multi-sectorizados y multi-CDMA pueden desplegarse múltiples BTSS por celda.

Cada sitio QCTel contiene uno o más BTSS. Cada BTS contiene los submontajes siguientes:

- Unidad de Interfaz de Trayecto de Retorno
- Repisa Digital
- Unidad de Frecuencia de Radio
- Unidad de Tiempo y Frecuencia

#### **2.2.5.2.1 UNIDAD DE INTERFAZ DE TRAYECTO DE RETORNO**

La Unidad de Interfaz de Trayecto de Retorno (BIU) proporciona la interfaz para el BTS con el IBSC. La BIU consiste de unidades de DISTRIBUCIÓN/CONSOLIDACIÓN (DISCO) para enrutamiento de paquetes y DSUs para terminación TI/EI. Así como los otros subsistemas y módulos en QCTel, la BIU está diseñada para ser fácilmente ampliable para el crecimiento del sistema. Para acomodar crecientes números de asignaciones de frecuencia CDMA, se pueden agregar DISCOs y DSUs adicionales.

#### **2.2.5.2.2 UNIDAD DE REPISA DIGITAL**

La unidad de Repisa Digital (DS) realiza el procesamiento necesario de la señal CDMA para transformar datos codificados del IBSC a las señales IF combinadas apropiadamente para la RFU. En la dirección inversa, la DS recibe las señales IF de la RFU y decodifica las señales CDMA en información

que pueda procesar el SBS. De la Central a la DS son elementos de canal que realizan modulación CDMA, demodulación y manejo de canales. Cada elemento de canal puede configurarse para realizar cualquiera de las operaciones de canal siguientes:

<b>Enlace Directo (BTS a estación de abonado)</b>	<b>Enlace Inverso (Estación de abonado a BTS)</b>
• Piloto	• Acceso
• Sincronización	• Tráfico
• Paging	
• Tráfico	

**TABLA 2.2 OPERACIONES DE CANAL**

### **2.2.5.2.3 UNIDAD DE FRECUENCIA DE RADIO**

La Unidad de Frecuencia de Radio (RFU) soporta primeramente las comunicaciones entre las Repisas Digitales y las Estaciones de Abonado WLL a través de los enlaces directos e inversos. La RFU realiza conversión de frecuencia de IF a frecuencias UHF (800 MHz y 1.9 GHz), diversidad de señal para

reducir los efectos del desvanecimiento, control de ganancia automático para salida consistente, amplificación de potencia y seguimiento.

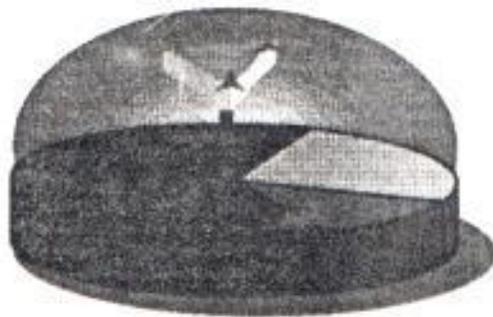
### **Arreglos de Antenas Direccionales**

Para reducir la cantidad de interferencia de celdas adyacentes y de los abonados así como también el ruido de otras fuentes, pueden usarse antenas direccionales en la estación de abonado para realzar la cobertura y aumentar la capacidad de la celda. Las antenas direccionales se usan para proporcionar un gran alcance a los transceptores de estación base para sectorizar las celdas.

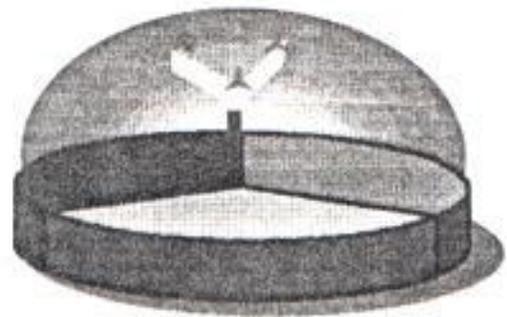
### **Sectorización flexible**

Pueden disponerse varias configuraciones de antenas para servir sectores de distintos tamaños con diferentes demandas de tráfico, dependiendo del número de abonados a ser servidos y el medio en el cual se va a instalar el QCTel. Haciéndolo así, la cobertura se ajusta para poblaciones desigualmente

distribuidas de abonados que están en los alrededores del BTS como vemos en la ilustración de Sectorización Flexible (FIG.2.3).



Arreglo de antenas con sectores de diferentes tamaños



Arreglo de antenas con sectores de tamaños uniformes

**FIG. 2.3** SECTORIZACION FLEXIBLE

### **2.2.5.3 ESTACION DE ABONADO**

Los productos de abonado QCTel se acomodan a las diferentes necesidades y ambientes de los usuarios finales. Comúnmente, QUALCOMM ofrece las estaciones de abonado siguientes:

- QCT-1000 Estación de Abonado Individual
- QCT-6000 Estación de Abonado de Características Completas

- QCT-8000 Estación de Abonado Concentrada
- Teléfonos Monederos
- Unidad de Oficina de Llamada Pública (PCO)

Los productos de abonado QCTel se acomodan a las necesidades de muchos ambientes de usuarios finales diferentes. El QCT-1000 es un teléfono completo de escritorio para ambientes residenciales y de pequeños negocios. El QCT-2000 es un teléfono monedero y oficina de llamada pública (PCO). El QCT-6000 proporciona una interfaz para equipo de abonado existente (voz, datos y fax). Y el QCT-8000 proporciona una solución innovadora, económica, como el PBX para áreas de servicio concentradas tales como oficinas y edificios de departamentos. Todas estas unidades también emplean un codificador de voz de 13 Kbps de Qualcomm. Ellas pueden configurarse para operar a 800 MHz, 900 MHz o 1900 MHz.

## **2.2.6 CALIDAD DE VOZ**

Los dos factores determinantes de la calidad de voz en un sistema de lazo local inalámbrico son (1) las características de la interfaz aérea y (2) el diseño del codificador de voz. QCTel tiene un desempeño inmensamente superior en ambas áreas.

Usando receptores múltiples en los microteléfonos y estaciones base, el sistema QCTel "combina" señales de caminos múltiples para reducir el desvanecimiento, aún en ambientes extremos. Además, el sistema emplea el codificador de voz de 13 Kbps exclusivo de Qualcomm para enviar voz de gran calidad. El resultado es un nivel de claridad que no puede igualar ningún otro sistema.

### **2.2.7 CAPACIDAD Y COBERTURA**

El enlace aéreo QCTel puede soportar hasta 45 llamadas simultáneas por sector, por 1.25 MHz, con flexibilidad para expansión. Una celda de una sola portadora RF de 9 sectores puede soportar aproximadamente 3200 abonados a 0.1 Erlangs por abonado. Así mismo, una celda de 9 portadoras RF de 9 sectores, puede soportar aproximadamente 35000 abonados a 0.1 Erlangs por abonado. Además, como la capacidad sectorial del sistema QCTel no está rígidamente limitada, esta permite al sistema asignar recursos dinámicamente para acomodar el tráfico creciente en sectores específicos.

Comparado con otras tecnologías alámbricas en medios de propagación idénticos, el CDMA proporciona un enlace superior para áreas de cobertura de celda substancialmente más grandes. La capacidad superior y

funcionamiento de cobertura del producto QCTel se traduce en muy pocas celdas, menor inversión de capital, menores costos operativos y despliegue más rápido.

### 2.3 EL SISTEMA WLL CDMALINK DE SIEMENS

La tecnología de Siemens en lazo local inalámbrico es un sistema de comunicación vía radio para atender las necesidades telefónicas de un determinado sector. Puesto que el propósito es estudiar la tecnología CDMA y su aplicación en el sector de Quevedo, entonces CDMALINK de Siemens es el adecuado para nuestro trabajo.

El CDMALINK nos puede proporcionar un lazo local inalámbrico que puede trabajar en áreas grandes, el cual nos puede proporcionar celdas con un radio de hasta 25 Km., y las aplicaciones pueden ser:

- Dar atención a zonas urbanas, suburbanas, residenciales y rurales.
- Suministra servicio de voz y datos con igual calidad que la telefonía alámbrica.
- Fácil de ser adaptado a las necesidades y condiciones del medio.

El CDMALINK nos puede suministrar los mismos servicios que la tradicional red fija alámbrica, es decir voz, fax/datos, línea dedicada, canal de datos, y

dependiendo de estos servicios su enlace con la unidad de distribución de radio (RCS) nos genera señales de comunicación digitales que van desde los 14.4 Kbit/s hasta los 64 Kbit/s.

El equipo que genera el lazo local inalámbrico es el RCS, y para ello utiliza una interfaz B-CDMA, es decir acceso múltiple por división de código de banda ancha. Los anchos de banda del B-CDMA en los cuales puede trabajar son de 7, 10, 10.5, 14, y 15 MHz, dependiendo de las aplicaciones específicas necesarias.

La banda de frecuencia con la que pueden trabajar las RCS empieza desde 1.7 GHz, y para nuestro caso es necesario considerar la banda de frecuencia 3.4-3.5/3.5-3.6 GHz, que son las bandas de frecuencia permitidas para las comunicaciones radioeléctricas con acceso múltiple por división de códigos (CDMA).

Una de las ventajas de nuestro sistema B-CDMA es el reuso de frecuencia igual a uno, y por esta razón no hay necesidad para la planificación de frecuencias, y se pueden introducir nuevas celdas o sectores sin volver a planificar las celdas o sectores existentes.

Una de las características más importantes de considerar en nuestro estudio de WLL en CDMA es que nuestro sistema de comunicación proporciona líneas digitales. Puesto que nuestro sistema telefónico nacional tradicional corresponde solamente a líneas analógicas, para enlazar la unidad de distribución de radio con

la Central Local es necesario considerar un dispositivo de acople como lo es el Central Office Termination (COT).

Las líneas digitales en la comunicación de nuestro sistema, son generadas por cada uno de los usuarios, esto quiere decir que dependiendo de la necesidad de tráfico generada así también se dimensionan los enlaces de radio, esto quiere decir que:

Abonado de voz	ADPCM	32 Kbit/seg.
Abonado de datos	ISDN	64 Kbit/seg.
Abonado línea alquilada	ISDN	$n \times 64$ Kbit/seg. ( $n=1,2$ )
Abonado de canal de datos	ISDN	$n \times 64$ Kbit/seg. ( $n=1,2,\dots,6$ )

Las facilidades que nos proporciona el B-CDMA de Siemens son en todos los aspectos técnicos y económicos.

La arquitectura del sistema CDMALINK de Siemens está mostrada en la figura 2.4, y se pueden apreciar los distintos equipos representados como bloques y las distintas interfaces que usa el sistema que van desde la Central local hasta el abonado.

### 2.3.1 EQUIPOS DEL SISTEMA

El sistema consta de tres equipos, que son:

Radio distribution unit (RDU), Radio carrier station (RCS) y Radio network termination (RNT).

El equipo que conmuta y centraliza los procesos es el RDU, y su enlace con el sistema es a través de dos interfaces. Con la Central local o local exchange (LE), vamos a considerar la interfaz V5.1/V5.2, o en su defecto podemos considerar E1/T1 ya que la central local es una AXE-10 de la Ericsson. Y con la RCS utilizamos la interfaz G.703 la cual puede acceder a cualquier medio como microondas, fibra óptica y cobre con enlaces de canal de 2 Mbit/s.

La RDU es el equipo que realiza la conmutación y control de las comunicaciones, y cada RDU tiene una capacidad de hasta 3840 abonados para cuatro RCSs, tomando en cuenta que sean todos abonados de voz.

La radio carrier station es la que efectivamente genera el lazo local inalámbrico que lo hace a través de una antena omnidireccional o sectorial dependiendo de la necesidad. La comunicación la hace enlazándose en el aire a través de una interfaz de radio B-CDMA con una antena direccional que posee la Radio network termination (RNT).

Puesto que los abonados de cada RCS acceden al mismo canal B-CDMA, esta identifica a cada abonado mediante un código. Dicho código es generado en el mismo proceso de la modulación.

La RCS para la comunicación con la RNT necesita de una antena punto a multipunto, una característica que depende del diseño propio de WLL.

Cada RCS nos permite trabajar con 60 canales ADPCM para anchos de banda de 10 MHz y dependiendo del tráfico existente en el área pueden soportar una capacidad aproximada de 1172 abonados.

La Radio network termination RNT es el equipo con el cual funciona un teléfono sencillo en la residencia del abonado. Este equipo es el que posee el decodificador de las señales digitales generadas en la comunicación, para de esta forma poder utilizar los teléfonos o recursos estándar de abonados para líneas analógicas.

Nuestro sistema CDMA de Siemens puede enlazarse con cualquier red de comunicación de Siemens, a través de una computadora que funciona como Integrador de Acceso.

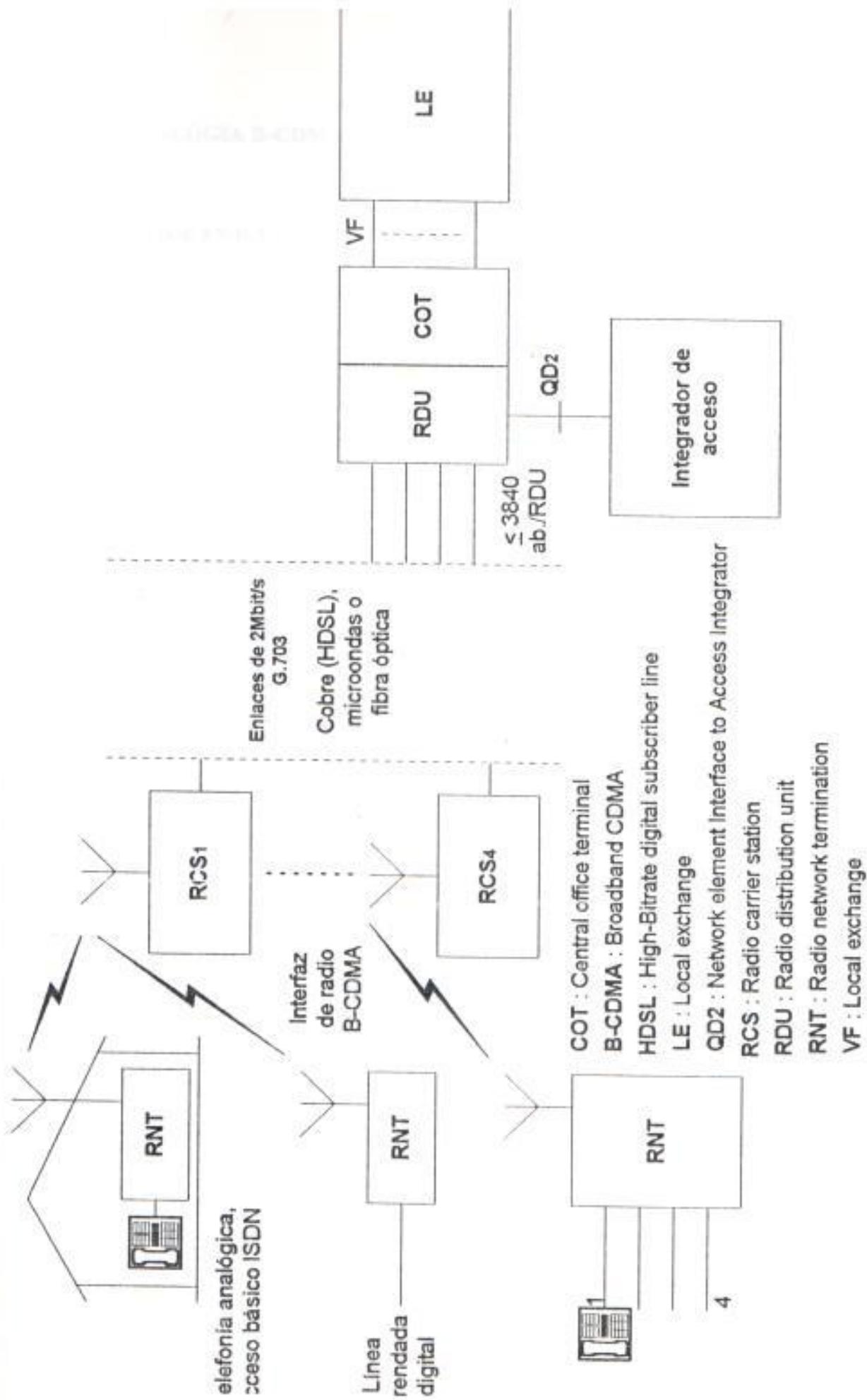


FIG. 2.4 ARQUITECTURA SIEMENS

## **2.4 TECNOLOGIA B-CDMA Y SISTEMA SWI-144 DE SAMSUNG**

### **2.4.1 QUE ES B-CDMA**

La Tecnología B-CDMA de Samsung, es una nueva versión de CDMA que utiliza un ancho de banda amplio, 7-15 MHz, que varía de acuerdo a las aplicaciones específicas requeridas. La tecnología CDMA utiliza códigos únicos para diferenciar a cada usuario en lugar de divisiones de frecuencia o de tiempo

### **2.4.2 BENEFICIOS DEL B-CDMA**

- Características de servicio avanzado incluyendo ISDN (Red Digital de Servicios Integrados)
- Reducción de susceptibilidad a desvanecimientos de señal
- Simplificación en la planeación de la red
- Mayor cobertura
- Mayor eficiencia en términos de capacidad
- Calidad superior de voz
- Facilita la migración hacia PCS.

### **2.4.3 ATRIBUTOS DEL B-CDMA**

#### **Servicios de Usuario:**

- Datos sincrónicos a  $n \times 64$  Kbps
- ISDN, voz PCM, ADPCM
- Ancho de banda en demanda
- Capacidad dinámica

#### **Rendimiento de radio enlace:**

- No susceptible a desvanecimientos
- Mayor cubrimiento
- Mayor Capacidad

### **2.4.4 BENEFICIOS PARA EL OPERADOR**

- Rápida provisión del servicio
- Reconfiguración rápida y flexible
- Bajos costos de instalación y mantenimiento
- Fácil expansión de capacidad
- Acceso óptimo en áreas remotas o de difícil acceso
- Mayor fortaleza frente a condiciones ambientales y de vandalismo.

## 2.4.5 ARQUITECTURA Y DESCRIPCION DEL SISTEMA SWL-144

El Sistema SWL-144 de Samsung es un Sistema de Lazo Local Inalámbrico con acceso B-CDMA, cuya arquitectura se muestra en la figura 2.5.

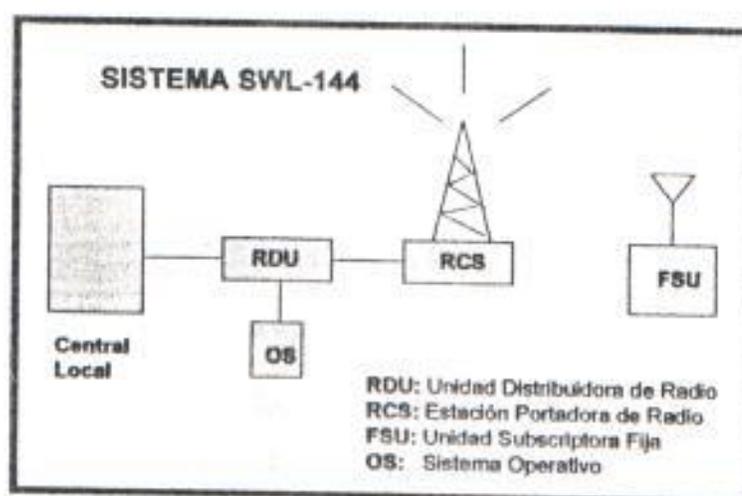


FIG. 2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SWL-144

### UNIDAD DE DISTRIBUCION DE RADIO: RDU(Radio Distribution Unit)

Esta Unidad realiza la interfaz con la central local. Concentra el tráfico desde la central local hacia la unidad RCS. Se caracteriza por lo siguiente:

- Interfaz estándar V5.1 hacia la central local
- Maneja 3840 suscriptores
- Soporta hasta 8 RCSs

- Interfaz con la RCS via cobre, fibra o microondas de acuerdo con el estándar G.703
- Trascodificación entre ADPCM y PCM (Usuarios análogos)
- Autenticación y control de encriptación

### **ESTACION PORTADORA DE RADIO: RCS (RADIO CARRIER STATION)**

Se caracteriza por:

- Hasta 89 POTSS simultáneos con un único sector (omni)
- Hasta 18 llamadas simultáneas ISDN (2B+D)
- Flexible mezcla de servicios
- Hasta 6 sectores (Aumento de Capacidad)
- Encriptamiento para mantener la confidencialidad
- Respaldo de baterías para autonomía de operación temporal

<i>Escenario</i>	<i>Rango (Km)</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>30</i>
<b>POTS a 15 MHz</b>		89	89	88	75
<b>ISDN (2B+D) 15 MHz</b>		18	18	17	12
<b>POTS a 10 MHz</b>		59	59	58	50
<b>ISDN (2B+D) 10 MHz</b>		12	12	11	8
<b>POTS a 7 MHz</b>		42	42	41	35
<b>ISDN (2B+D) 7MHz</b>		8	8	8	6

**TABLA 2.3 CAPACIDAD DE UNA RCS OMNIDIRECCIONAL**

### **UNIDAD SUBSCRIPTORA FIJA: FSU(FIXED SUBSCRIBER UNIT)**

Se caracteriza por proveer:

- Soporte de POTS y servicios avanzados
- Soporte de pares dedicados
- Soporte de servicios ISDN
- Varias opciones de Antena (Costo, Cubrimiento)
- Respaldo de baterías para operación autónoma

Capacidades de POTS:

- Fax de grupo III

- Banda de voz y datos mayor a 28.8Kbps
- POTS estándar (Pulsos y DTMF)
- Tasa del codificador de voz: 32 Kbps ADPCM
- Tono de 12/16 KHz para teléfonos monederos

## ESPECIFICACIONES TECNICAS

### Bandas de frecuencia:

- DCS 1800 (1.71-1.785Ghz, 1.805-1.880 GHz)
- US-PCS (1.85-1.9GHz,1.93-1.99GHz)
- CEPT (2.0-2.7 GHz)

### Ancho de banda:

- 10, 10.5, 14 y 15 MHz
- Capacidades del RCS:
- Hasta 8 RCSs por RDU
- Hasta 3840 FSUs por RDU

### Rango máximo del RCS:

- 30Km

#### **2.4.6 APLICACIONES DEL B-CDMA**

- Desde telefonía básica hasta 2Mbps en datos
- Telefonía fija y móvil, residencial y comercial en áreas rurales y urbanas.
- FAX, E-MAIL, acceso a Internet de alta velocidad
- Establecimiento de Redes de Area Local
- Velocidad estándar de módem de 28.8 Kbps.

## CAPITULO III

### SISTEMA TELEFONICO ACTUAL DEL AREA DE APLICACIÓN

#### 3.1 PLANTA EXTERNA DE LA CIUDAD DE QUEVEDO

En la Ciudad de Quevedo se da servicio telefónico mediante una central telefónica Ericsson AXE-10 con capacidad para 15000 abonados de los cuales esta habilitado aproximadamente 10000 abonados, lo cual constituye la demanda de abonados satisfecha en el sector urbano, ya que su planta externa formada por 9 cables de 1200 pares da la alimentación limitada para dichos abonados. Su limitada planta externa esta constituido por redes telefónicas primarios y secundarios con su respectivos armarios, que alimenta las respectivas ciudadelas de la urbe, tal como lo demuestra en el Tabla 3.1

ARMARIO	RUTA	TIPO	PRIMARIO	SECUNDARIO
001	3	DIRECTA	78-108	
002	1	QUANTE	31-36,193,194	A-H
003	5	QUANTE	157-164	A-I

004-a-b-c	2,6,9,9	QUANTE	52-57,181-189,297- 300,293-296	A-K
005,006	2	ATT	062-072,047- 051,205,206	A-G
007	1,7	QUANTE	17-23,205,206, 215,216	A-I
008	1,6	QUANTE	24-28,195,196,201	A-L
009	1,6,7	QUANTE	11-16,203,204, 212-214	A-J
010	1	QUANTE	4-10,197	A-J
011	1,6,7	QUANTE	1-3,198,199,200, 202,205-208	A-I
012	5	ATT	145-156	A-M
014,015,016	8	QUANTE	253-258,247- 252,241-246	A-H
017	2,6	ATT	040-046,058,190	A-K
018	2,6	QUANTE	37-39,59,192	A-H
019,020,021	4	QUANTE	136-144,129- 135,120-126	A-J,A-J,A-K
022	4	QUANTE	112-118	A-I
023,024	5	QUANTE	175-180,166-172	A-I,A-H
025,026	8	QUANTE	259-264,265-270	A-H,A-H
027,028,029	7	QUANTE	235-240,232,233,227-	A-J,A-H,A-J
231				
030,031,032	7	QUANTE	223,224,220,221,217-	

			219
033,034,035	9	QUANTE	301-306,277-281,282-286
036	9	QUANTE	287-292

**TABLA 3.1 PLANTA EXTERNA DE QUEVEDO**

### **3.2 ANALISIS DE LA DEMANDA EN LA CIUDAD DE QUEVEDO**

El rápido crecimiento poblacional de la ciudad genera un mayor crecimiento de la demanda no satisfecha de abonados, ya que los limitados recursos económicos de Pacifictel no pueden cubrir las necesidades de planta externa y planta interna.

De igual forma las mismas necesidades deben ser atendidas en los distintos cantones de la zona rural de Quevedo. De ahí que se debe implementar un sistema telefónico inalámbrico de gran cobertura para la parte urbana y rural, razón por la cual es nuestro análisis y estudio de lazo local inalámbrico para la zona Quevedo.

### 3.3 ESTUDIO DE LA ZONA RURAL DE QUEVEDO

#### 3.3.1 DEMANDA EN LA ZONA RURAL DE QUEVEDO

##### Areas Rurales

El sector de La Esperanza ubicado aproximadamente a 15 Km de Quevedo se alimenta actualmente con un cable multipar 10 x 2 x 0.8 dando servicio a una cabina telefónica y otros abonados. El requerimiento en esa población es de aproximadamente 130 abonados. El cable que alimenta a La Esperanza actualmente viene desde Quevedo y es propenso a dañarse debido a factores externos tales como accidentes de tránsito, exposición a la intemperie, incendios forestales, que se arranque, etc., lo que hace que la señal se dañe.

Una solución sería montar un cable de 150 pares, de la misma capacidad (mismo diámetro), igual a la demanda actual, pero debemos considerar el hecho de una expansión futura de aquí a diez años por lo cual debemos buscar otra alternativa. Poner un cable aéreo de 200 pares sería una solución antitécnica. Algo mejor sería colocar un cable de ducto subterráneo pero este es muy costoso. La opción más eficiente es utilizar, ya sea, una central o concentrador de 500 números o emplear medios de transmisión.

La Esperanza queda en la vía Quevedo – Valencia.

El requerimiento en el sector de Maculillo, ubicado a unos 6 km de la Central Quevedo, es de aproximadamente 30 familias.

En el sector de Cuatro Mangas, ubicado a unos 8 km de la Central Quevedo, el requerimiento es de 20 familias.

La Puntilla y La Alegría del Congo, ubicadas ambas a unos 10 km de la central Quevedo, también tienen cada una un requerimiento de 20 familias.

En el km 8 de la vía Guayaquil – El Empalme se tiene un requerimiento de 30 familias. En esta misma vía a 6 km de la Central Quevedo, el requerimiento es de 50 familias.

En el km 1 de la vía a Mocache, el requerimiento es de 10 familias. En la Universidad Técnica de Quevedo (UTQ) hay alrededor de 30 familias.

La Central Quevedo en primer lugar, junto con la Central Ventanas son las que más capacidad de abonados tienen. La Central Quevedo está conectada solo con la Central de Tránsito Internacional de Guayaquil.

Los remotos de la Central Máster Quevedo son Buena Fe, Valencia y Ventanas. Aunque geográficamente se halla en la provincia del Guayas, El Empalme también es un remoto de Quevedo.

Un estudio de la demanda real para la zona urbana y rural de Quevedo fue realizada y se obtuvo los siguientes datos, como lo muestra la tabla 3.2.

<b>POBLADO</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DISTANCIA (KM)</b>
La Bomba (s)	30	9
Ifeia (s)	25	10
Pichilingue (s)	50	9
El Pajarito (s)	20	14
Hda. La Virgen(s)	6	24
Hda. Virginia(s)	6	22
El Tropezón (s)	10	20
La Reforma (s)	8	20
Santa Rita (s)	40	5
El Cruce (s)	30	7
Agua Blanca (n)	10	2.5
El Achiote (n)	8	4
La Estrella (n)	15	5
4 Mangas (n)	30	9
Maculillo (n)	30	8
Buena Fe (R-n)	300	15
Río Lulu (n)	10	20
Aguate de Pise (n)	20	23

Guampe (n)	25	24
La Esperanza (n)	250	8
Valencia (R-n)	150	15
Mocache(s)	120	19
San carlos (s)	80	11
La virginia (s)	30	4.25
Quevedo Rural(s)	800	3
Lechugal	10	7
Coop. La Laguna Brito Mendoza	15	10
Coop. Yolanda	20	12
Aguacatal	15	7.5
H. Ventanilla N.	8	8.6
Ventanas	500	11
H. Ventanilla S.	8	13.75
Los Angeles	20	3.6
Gramalote Grande	50	9.75
Gramalote Chico	30	9.75
Piedra Grande	10	11.4
El Paraíso	50	2
Calabí	10	10
Lechugal	15	12.5
Las 4 Mangas	20	18
San Eduardo	25	14.5
Balsería	15	3
San Miguel De Los Ríos	15	6
Estero de Piedra	10	8.75
Coop. Cumandá de Suquibi	8	11.25
San Pedro de Cumandá	15	9.75
Las Mercedes	30	7.25
San Luis de las 10 Mercedes	20	6.25

Catazacón	10	5
Quinsaloma(r)	100	0.5
Zapotál	30	2
Chacarita	10	4.5
Cristal	8	5
La Industria	15	9
Las Yucas	15	10.25
América	10	3.5
Aguas Fías	10	6.25
El Descanso	20	11.75
Zapotál Nuevo	12	0.5

**TABLA 3.2 DEMANDA EN ZONA RURAL QUEVEDO**

### 3.3.2 CENTRALES TELEFONICAS EXISTENTES

Localmente en Quevedo, el servicio telefónico es suministrado por la central local. En forma similar, la zona rural Quevedo que corresponde a una gran parte del norte de la provincia de Los Ríos y formado por distintos cantonales de gran desarrollo poblacional, son suministrados el servicio telefónico por las distintas centrales locales existentes, y por la planta externa, tal como se observa en la tabla 3.3

CANTON	CENTRAL	CAP.	CIRCUIT.	R. ENLACE	PRIM.	SEC.
QUEVEDO	AXE-10	15000	401	34 (D)	15400	11050
BUENA FE	AXE-10	1000	186	16 (D)	1200	900
VALENCIA	AXE-10	500	124	16 (D)	850	800
SAN CARLOS	SIEMENS CPR-30	200			100	100
MOCACHE	CPR-30	300	12	24/12 (A)	750	750
QUINSALOMA	SAMSUNG SDX-RB	500	30	2 (D)	700	1020
VENTANAS	AXE-10	5000	217	16 (D)	3900	1200

**TABLA 3.3 CENTRALES TELEFONICAS**

Para dar servicio telefónico a los distintos pueblos y sectores de mayor importancia, en la zona rural esta implementado dos formas de enlace inalámbrico para los abonados, considerando a estos como abonados remotos. Las dos formas de enlace inalámbrico son:

- Utilizando multiplexores, se enlaza vía micro ondas la conseguir enviar la señal a 2 Mbit/s (ADPCM).
- Utilizando una frecuencia de radio para solo un abonado.

### 3.3.3 DATOS ESTADISTICOS DEL TRAFICO DE QUEVEDO

El estudio del trafico telefónico de Quevedo, nos permite hacer un análisis de interés, pues nos informa que tanto esta creciendo los abonados en el sector y como incide aquello en la ocupación de los circuitos existentes en la central. De igual forma se analiza el trafico que la central genera, realizando una comparación entre tráficos de las centrales de Quevedo y Centro de Guayaquil, según se muestra en la tabla 3.4

CENTRAL	E./AB. ENT.	E./AB. ORIG.	E./AB. SALIEN	E./AB. TERMIN.	E./AB. CONM.	ERLANG POR AB.
CENTRO (G)	0.0483	0.0550	0.0438	0.0572	0.1033	0.0927
QUEVEDO	0.0109	0.0214	0.0113	0.0201	0.0323	0.0230

TABLA 3.4 ERLANG POR ABONADO COMPARATIVO

Como lo muestra la tabla 3.4, el tráfico de Erlang por abonado es pequeño para la central Quevedo, que incluso es menor que el valor estimado para las zonas rurales (50 m.erlang por abonado).

Los datos de tráfico de la central Quevedo son:

TRAF.ENTR.	TRAF.ORIG.	TRAF.SALIEN.	TRAF.TERMIN.
156.4 E.	296.5 E.	161.9 E.	278.5 E.

TABLA 3.5 TRAFICO EN QUEVEDO

## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE INGENIERIA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA WLL

#### 4.1 UBICACION DE LAS ESTACIONES DEL SISTEMA

De acuerdo a la distribución geográfica que presenta la zona objeto de nuestro estudio y obedeciendo a cómo están ubicados los futuros abonados, hemos considerado partir de la central telefónica de Quevedo Centro hacia el Sector Tanques de Agua vía fibra óptica (ya existente); y desde allí vía radio a Quinsaloma y a Pailón, considerando que entre éstos hay línea de vista; y para Zapotal Nuevo hemos considerado transmitir desde Pailón.

Por lo tanto las estaciones de este proyecto, que para el sistema seleccionado se denominan RCS (Radio Carrier Station) o Unidad Portadora de Radio, son cinco, a ubicarse en lugares estratégico, tal como se indica en la tabla 4.1.

Estación	Localidad	Longitud	Latitud	Altura
RCS1	Quevedo Tanques de Agua (hacia el Norte)	79° 27' 58"	1° 1' 8"	80 m
RCS2	Quevedo Tanques de Agua (hacia el Sur)	79° 27' 58"	1° 1' 8"	80 m
RCS3	Quinsaloma	79° 18' 41"	1° 12' 11"	150 m
RCS4	Pailón	79° 22' 23"	1° 23' 31"	300 m
RCS5	Zapotal Nuevo	79° 24' 51"	1° 21' 24"	50 m

**TABLA 4.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES**

Estos lugares han sido preferidos por su ubicación, altura, accesibilidad y porque nos permiten tener línea de vista con los pueblos que queremos cubrir.

El número de celdas en que hemos dividido toda la región a cubrir hace necesario colocar dos RDU considerando el hecho de que cada RDU (Radio Distribution Unit) puede tener hasta 4 RCS. La ubicación exacta de las estaciones la podemos apreciar en el mapa geográfico adjunto.

#### **4.2 AREAS DE COBERTURA**

Este proyecto plantea dar servicio a las áreas suburbanas y rurales de los cantones: Quevedo, Buena Fe, Valencia, Mocache; Quinsaloma y el Norte de Ventanas, pertenecientes a la provincia de los Ríos.

En total se espera satisfacer la demanda aproximada de un total de 3272 abonados, que para efecto de nuestro estudio han sido distribuidos de la siguiente manera:

**Celda Quevedo Tanques de Agua Norte (RCSI):**

Radio de Cobertura: R1= 25Km

<b>POBLADOS</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DIST. A RCSI ( Km )</b>
Agua Blanca	10	2.5
El Achiote	8	4
La Estrella	15	5
Las Cuatro Mangas	30	9
Maculillo	30	8
Buena Fe (Suburbano)	300	15
Río Lulú	10	20
Aguacate de Pise	20	23
Guampe	25	24
La Esperanza	250	8
Valencia (Suburbano)	150	15
Quevedo Norte (Suburbano)	200	3
<b>TOTAL ABONADOS</b>	<b>1048</b>	

**TABLA 4.2 AREA DE COBERTURA DE RCSI**

**Celda Quevedo Tanques de Agua Sur (RCS2):**

Radio de Cobertura: R2= 25Km

<b>POBLADOS</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DIST. A RCS2 ( Km )</b>
La Bomba	30	9
Ifeia	25	10
Pichilingue	50	9
El Pajarito	20	14
Hcda. La virgen	6	24
Hcda. Virginia	6	22
El Tropezón	10	18
La Reforma	8	20
Santa Rita	40	5
El Cruce	30	7
Mocache (Suburbano)	120	19
San Carlos	80	11
La Virginia	30	4.25
Quevedo Sur (Suburbano)	600	3
<b>TOTAL ABONADOS</b>	<b>1055</b>	

**TABLA 4.3 AREA DE COBERTURA DE RCS2**

**Celda Quinsaloma (RCS3):**

Radio de Cobertura: R4= 20Km

<b>POBLADOS</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DIST. A RCS3 ( Km )</b>
El Paraíso	50	2
Calabí	10	10
Lechugal	15	12.5
Las Cuatro Mangas (Quinsaloma)	20	18
San Eduardo	25	14.5
Balseria	15	3
San Miguel de los Ríos	15	6
Estero de Piedra	10	8.75
Coop. Cumandá de Suquibí	8	11.25
San Pedro de Cumandá	15	9.75
Las Mercedes	30	7.25
San Luis de las Mercedes	20	6.25
Catazacón	10	5
Quinsaloma (Suburbano)	100	0.5
<b>TOTAL ABONADOS</b>	<b>343</b>	

**TABLA 4.4** AREA DE COBERTURA DE RCS3

Sector Pailón:

Radio de Cobertura: R4= 15Km

<b>POBLADOS</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DIST. A RCS4 ( Km )</b>
Lechugal	20	7
Coop. La Laguna Brito Mendoza	15	10
Coop. Yolanda	2	12
Aguacatal	15	7.5
Hcda. Ventanilla Norte	8	8.6
Ventanas (Suburbano)	500	11
Hcda. Ventanilla Sur	8	13.75
Los Angeles	20	3.6
Gramalote Grande	50	9.75
Gramalote Chico	30	9.75
Piedra Grande	10	11.4
<b>TOTAL ABONADOS</b>	<b>696</b>	

**TABLA 4.5** AREA DE COBERTURA DE RCS4

## Sector Zapotal Nuevo:

Radio de Cobertura:  $R5=15\text{Km}$

<b>POBLADOS</b>	<b>ABONADOS</b>	<b>DIST. A RCS5 ( Km )</b>
Zapotal	30	2
Chacarita	10	4.5
Cristal	8	5
La Industria	15	9
Las Yucas	15	10.25
América	10	3.5
Aguas Frías	10	6.25
El Descanso	20	11.75
Zapotal Nuevo	12	0.5
<b>TOTAL ABONADOS</b>	<b>130</b>	

**TABLA 4.6** AREA DE COBERTURA DE RCS5

## 4.3 CAPACIDAD DE LAS ESTACIONES

### 4.3.1 CALCULOS DE TRAFICO

De acuerdo a las especificaciones de los equipos, a cada RCS llega un enlace de 2 Mbps, lo que implica 30 canales de 64 Kbps o 60 canales de 32 Kbps.

Para el caso de 60 canales de 32 Kbps, la tabla de intensidad de tráfico, nos indica que cada RCS puede soportar un tráfico de 46,9 Erlang con un grado de servicio (GOS) del 1%.

Considerando los datos estadísticos referentes al tráfico rural en Quevedo mostrados en el capítulo III y pensando en horas pico en que el tráfico se incrementa, hemos estimado un tráfico por abonado de 40 mErlang/abonado.

Con estos datos, determinamos el número de abonados que pueden conectarse a una RCS con un solo sector, de la siguiente manera:

$$\text{Número de abonados} = \frac{\text{Tráfico por celda en Erlang}}{\text{Intensidad de Tráfico por abonado en E/abon.}}$$

$$\text{Número de abonados} = \frac{46.9 \text{ Erlang}}{40E-3 \text{ Erlang/abonado}}$$

$$\text{Número de abonados} = 1172 \text{ abonados}$$

De acuerdo a los cálculos de tráfico anteriores, determinamos que una RCS con un solo sector puede tener hasta 1172 abonados.

#### 4.3.2 SECTORIZACION DE CELDAS

Los sistemas estudiados permiten sectorizar la celda cubierta por la RCS en 2, 3 y hasta 6 sectores con el objeto de ampliar la capacidad. Así, para una celda con dos sectores, la RCS puede tener el doble de abonados que para una RCS con un solo sector. El sistema de Qualcomm además del arreglo de antena típico con sectores de tamaños uniformes, permite además tener arreglos de antena con sectores de diferentes tamaños dependiendo de la demanda de tráfico que se tenga. Pero en nuestro medio este tipo de sectorización flexible no es posible por la limitación que nos presenta el enlace por el cual enrutamos los canales de tráfico, que en nuestro país es de 2 Mbps.

Por lo tanto en nuestro proyecto el arreglo de antenas lo realizamos con con sectores de tamaño uniforme dependiendo de la distribución que se tiene de los abonados.

De tal forma nuestra sectorización de celdas queda de la siguiente manera:

**Celda Quevedo Tanques de Agua Norte:**

Los 1048 abonados de esta celda están comprendidos en un sector de 180 grados lo que hace necesario una antena direccional de 180 grados.

**Celda Quevedo Tanques de Agua Sur:**

Esta celda tiene 1055 abonados, también comprendidos en un sector de 180 grados, lo que implica una antena direccional de 180 grados.

**Celda Quinsaloma:**

Esta celda tiene 343 abonados, dispersos alrededor de la estación por lo que determinamos colocar una antena omnidireccional.

**Celda Pailón:**

Esta celda tiene 696 abonados, concentrados en un sector de 120 grados, por lo que utilizamos una antena direccional de 120 grados.

### **Celda Zapotal Nuevo:**

Esta celda tiene 130 abonados, dispersos alrededor de la estación por lo determinamos colocar una antena omnidireccional.

### **4.3.3 CAPACIDAD DE LLAMADAS DE UNA RCS**

La comunicación de la RCS a las RNT (Radio Network Termination) de los abonados es a través de la técnica de Acceso Múltiple por división de Códigos (CDMA), ya descrita en el Capítulo 1. El número de llamadas simultáneas que se pueden realizar a través de una RCS consta en las especificaciones del equipo. En el caso de nuestro proyecto el equipo indica máximo 89 llamadas simultáneas. Pero esto es algo teórico y variable, ya que en la realidad existen ciertas limitaciones y el número de llamadas simultáneas que se pueden transferir de las RCS hacia los abonados y viceversa, varía según el radio de cobertura de la RCS. Así, mientras más alejados se encuentren los pueblos de la RCS, menor será el número de llamadas que se podrán realizar simultáneamente. Otro factor determinante es el ancho de banda que consideremos para la frecuencia portadora. En la siguiente tabla, podemos observar las variaciones que sufre este dato que proporcionan los equipos de los diversos sistemas.

<i>Rango (Km)</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>30</i>
<i>Escenario</i>				
<b>POTS a 15 MHz</b>	89	89	88	75
<b>POTS a 10 MHz</b>	59	59	58	50
<b>POTS a 7 MHz</b>	42	42	41	35

**TABLA 4.7** NUMERO DE USUARIOS SIMULTANEOS

En nuestro proyecto, en el cual hemos considerado un ancho de banda de 10 MHz, tendremos entre 50 y 60 llamadas simultáneas a través de la RCS, las cuales son enrutadas hacia la central por canales de 32 Kbps.

#### **4.4 CAPACIDAD DE LA CENTRAL**

La central que inicialmente la hemos diseñado para satisfacer una demanda de 3272 abonados y que por la distribución dispersa de éstos ha sido necesaria implementarla con dos RDU (Radio Distribution Unit), en realidad tiene una capacidad para 7680 abonados (3840 por RDU), si consideramos solamente POTS ( Servicio de telefonía básica), que es lo que considera nuestro proyecto

Es importante anotar que este sistema también permite servicios ISDN (Red digital de Servicios Integrados) con lo cual la capacidad por RDU sería de: 1920 abonados de voz y 960 abonados de ISDN.

## 4.5 ESTUDIO DE PROPAGACION

### TRAYECTO TANQUES DE AGUA – QUINSALOMA

Frecuencia de operación (f)	2.4 GHz, $\lambda = 12.5 \text{ cm}$ $\rightarrow$ 7G16
Distancia del enlace (d)	27 Km
Altura antena 1 ( $h_1$ )	60 m
Altura antena 2 ( $h_2$ )	30 m
Ganancia antena 1 ( $G_1$ ) (direccional)	36.11 dBi
Ganancia antena 2 ( $G_2$ ) (direccional)	36.11 dBi
Potencia de transmisión ( $P_{Tx}$ )	30 dBm
Pérdidas de espacio libre ( $P_0$ )	128.67 dB
Pérdidas en los conectores ( $P_{\text{conectores}}$ )	0.8 dB (0.2 dB/conector)
Pérdidas en las líneas de Tx ( $P_L$ )	6.75 dB (7.5 dB/100 m)
Antena 1	4.5 dB
Antena 2	2.25 dB
Margen de seguridad (M)	6 dB
Pérdidas totales ( $P_t$ )	142.22 dB
Potencia de recepción ( $P_{Rx}$ )	-40 dBm

#### **POTENCIA DE TRANSMISION ( $P_{Tx}$ ):**

Para establecer comunicación con el receptor, emplearemos un transmisor que emita una potencia efectiva de 1 W. Entonces:

$$P_{Tx}(\text{dBm}) = 10 \log \frac{P(\text{mW})}{1\text{mW}}$$

$$P_{Tx}(\text{dBm}) = 10 \log \frac{1000\text{mW}}{1\text{mW}}$$

$$P_{Tx}(\text{dBm}) = 30\text{dBm}$$

### POTENCIA DE RECEPCION ( $P_{R_s}$ ):

$$P_{R_s}(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW}$$

$$P_{R_s}(dBm) = 10 \log \frac{0.0001mW}{1mW}$$

$$P_{R_s}(dBm) = -40dBm$$

### PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE ( $P_0$ ):

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log(d) / Km + 20 \log(f) / GHz$$

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log 27 + 20 \log 2.4$$

$$P_0(dB) = 128.67dB$$

$$c = \lambda \times f$$
$$f = \frac{c}{\lambda}$$

### PERDIDAS EN LAS LINEAS DE Tx ( $P_L$ ):

Para la conexión entre los equipos de radio y las antenas de los enlaces punto a punto, se ha escogido un cable coaxial de las siguientes características:

Cable CELLFLEX: LCF 7/8" Cu2Y 50  $\Omega$

Atenuación 2.4 GHz: 7.5 dB/100m

$$P_L = \frac{7.5dB}{100m} \times (60 + 30)m$$

$$P_L = 6.75dB$$

**PERDIDAS EN LOS CONECTORES ( $P_{\text{conectores}}$ ):**

$$P_{\text{conectores}} = 0.2 \frac{\text{dB}}{\text{conector}} \times 4 \text{conectores}$$

$$P_{\text{conectores}} = 0.8 \text{dB}$$

**MARGEN DE SEGURIDAD (M):**

$$M = 6 \text{ dB}$$

**PERDIDAS TOTALES ( $P_t$ ):**

$$P_t = P_0 + P_L + P_{\text{conectores}} + M$$

$$P_t = 128.67 + 6.75 + 0.8 + 6$$

$$P_t = 142.22 \text{ dB}$$

**GANANCIA DE LAS ANTENAS ( $G_1, G_2$ ):**

$$G_A = P_{\text{Rx}} + P_t - P_{\text{Tx}} \quad G_A = -40 + 142.22 - 30$$

$$G_A = 72.22 \text{ dB}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{GA}{2}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{72.22 \text{ dB}}{2}$$

$$G_1 = G_2 = 36.11 \text{ dB}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \times 10^9 \text{ 1/s}}$$

$$\lambda = 0.125 \text{ m}$$

**DIAMETRO DE LAS ANTENAS (D):**

$$G = 10 \log \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

$$D = \frac{\lambda}{\pi} \left( \frac{G}{\eta} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\eta = 0.55$$

$$D = \frac{0.125}{\pi} \left( \frac{36.11}{0.55} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 3.43 \text{ m}$$

## TRAYECTO TANQUES DE AGUA-PAILON

<b>Frecuencia de operación (f)</b>	2.4 GHz, $\lambda = 12.5$ cm
<b>Distancia del enlace (d)</b>	42.5 Km
<b>Altura antena 1 (<math>h_1</math>)</b>	60 m
<b>Altura antena 2 (<math>h_2</math>)</b>	60 m
<b>Ganancia antena 1 (<math>G_1</math>) (direccional)</b>	39.2 dBi
<b>Ganancia antena 2 (<math>G_2</math>) (direccional)</b>	39.2 dBi
<b>Potencia de transmisión (<math>P_{Tx}</math>)</b>	30 dBm
<b>Pérdidas de espacio libre (<math>P_0</math>)</b>	132.61 dB
<b>Pérdidas en los conectores (<math>P_{conectores}</math>)</b>	0.8 dB (0.2 dB/conector)
<b>Antena 1</b>	4.5 dB
<b>Antena 2</b>	4.5 dB
<b>Margen de seguridad (M)</b>	6 dB
<b>Pérdidas totales (<math>P_t</math>)</b>	148.41 dB
<b>Potencia de recepción (<math>P_{Rx}</math>)</b>	-40 dBm
<b>Pérdidas en las líneas de Tx (<math>P_L</math>)</b>	9 dB (7.5 dB/100 m)

### **POTENCIA DE TRANSMISION ( $P_{Tx}$ ):**

$$P_{Tx}(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW}$$

$$P_{Tx}(dBm) = 10 \log \frac{1000mW}{1mW}$$

$$P_{Tx}(dBm) = 30dBm$$

### POTENCIA DE RECEPCION ( $P_{Rx}$ ):

$$P_{Rx}(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW} \qquad P_{Rx}(dBm) = 10 \log \frac{0.0001mW}{1mW}$$

$$P_{Rx}(dBm) = -40dBm$$

### PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE ( $P_0$ ):

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log(d) / Km + 20 \log(f) / GHz$$

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log 42.5 + 20 \log 2.4$$

$$P_0(dB) = 132.61dB$$

### PERDIDAS EN LAS LINEAS DE Tx ( $P_L$ ):

$$P_L = \frac{7.5dB}{100m} \times (60 + 60)m \qquad P_L = 9dB$$

### PERDIDAS EN LOS CONECTORES ( $P_{conectores}$ ):

$$P_{conectores} = 0.2 \frac{dB}{conector} \times 4conectores \qquad P_{conectores} = 0.8dB$$

**MARGEN DE SEGURIDAD (M):**

$$M = 6 \text{ dB}$$

**PERDIDAS TOTALES (P<sub>t</sub>):**

$$P_t = P_0 + P_L + P_{\text{conectores}} + M$$

$$P_t = 132.61 + 9 + 0.8 + 6$$

$$P_t = 148.41 \text{ dB}$$

**GANANCIA DE LAS ANTENAS (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>):**

$$G_A = P_{Rx} + P_t - P_{Tx}$$

$$G_A = -40 + 148.41 - 30$$

$$G_A = 78.41 \text{ dB}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{G_A}{2}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{78.41 \text{ dB}}{2}$$

$$G_1 = G_2 = 39.2 \text{ dB}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \times 10^9 \text{ 1/s}}$$

$$\lambda = 0.125 \text{ m}$$

**DIAMETRO DE LAS ANTENAS (D):**

$$G = 10 \log \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

$$D = \frac{\lambda}{\pi} \left( \frac{G}{\eta} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\eta = 0.55$$

$$D = \frac{0.125}{\pi} \left( \frac{39.2}{0.55} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 4.9 \text{ m}$$

## TRAYECTO PAILON – ZAPOTAL NUEVO

<b>Frecuencia de operación (f)</b>	2.4 GHz, $\lambda = 12.5$ cm
<b>Distancia del enlace (d)</b>	6 Km
<b>Altura antena 1 (h<sub>1</sub>)</b>	60 m
<b>Altura antena 2 (h<sub>2</sub>)</b>	10 m
<b>Ganancia antena 1 (G<sub>1</sub>) (direccional)</b>	28.83 dBi
<b>Ganancia antena 2 (G<sub>2</sub>) (direccional)</b>	28.83 dBi
<b>Potencia de transmisión (P<sub>Tx</sub>)</b>	30 dBm
<b>Pérdidas de espacio libre (P<sub>o</sub>)</b>	115.61 dB
<b>Pérdidas en los conectores (P<sub>conectores</sub>)</b>	0.8 dB (0.2 dB/conector)
<b>Pérdidas en las líneas de Tx (P<sub>L</sub>)</b>	5.25 dB (7.5 dB/100 m)
<b>Antena 1</b>	4.5 dB
<b>Antena 2</b>	0.75 dB
<b>Margen de seguridad (M)</b>	6 Db
<b>Pérdidas totales (P<sub>i</sub>)</b>	127.66 dB
<b>Potencia de recepción (P<sub>Rx</sub>)</b>	-40 dBm

### **POTENCIA DE TRANSMISION (P<sub>Tx</sub>):**

$$P_{Tx}(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW}$$

$$P_{Tx}(dBm) = 10 \log \frac{1000mW}{1mW}$$

$$P_{Tx}(dBm) = 30dBm$$

### POTENCIA DE RECEPCION ( $P_{Rx}$ ):

$$P_{Rx}(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW} \qquad P_{Rx}(dBm) = 10 \log \frac{0.0001mW}{1mW}$$

$$P_{Rx}(dBm) = -40dBm$$

### PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE ( $P_0$ ):

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log(d) / Km + 20 \log(f) / GHz$$

$$P_0(dB) = 92.44 + 20 \log 6 + 20 \log 2.4$$

$$P_0(dB) = 115.61dB$$

### PERDIDAS EN LAS LINEAS DE Tx ( $P_L$ ):

$$P_L = \frac{7.5dB}{100m} \times (60+10)m \qquad P_L = 5.25dB$$

### PERDIDAS EN LOS CONECTORES ( $P_{conectores}$ ):

$$P_{conectores} = 0.2 \frac{dB}{conector} \times 4conectores \qquad P_{conectores} = 0.8dB$$

**MARGEN DE SEGURIDAD (M):**

$$M = 6 \text{ dB}$$

**PERDIDAS TOTALES (P<sub>t</sub>):**

$$P_t = P_0 + P_L + P_{\text{conectores}} + M$$

$$P_t = 115.61 + 5.25 + 0.8 + 6$$

$$P_t = 127.66 \text{ dB}$$

**GANANCIA DE LAS ANTENAS (G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>):**

$$G_A = P_{Rx} + P_t - P_{Tx}$$

$$G_A = -40 + 127.66 - 30$$

$$G_A = 57.66 \text{ dB}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{G_A}{2}$$

$$G_1 = G_2 = \frac{57.66 \text{ dB}}{2}$$

$$G_1 = G_2 = 28.83 \text{ dB}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.4 \times 10^9 \text{ 1/s}}$$

$$\lambda = 0.125 \text{ m}$$

**DIAMETRO DE LAS ANTENAS (D):**

$$G = 10 \log \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

$$D = \frac{\lambda}{\pi} \left( \frac{10^{G/10}}{\eta} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\eta = 0.55$$

$$D = \frac{0.125}{\pi} \left( \frac{10^{28.83}}{0.55} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 1.48 \text{ m}$$

# Zona de Fresnel N° 1

## TABLA 4.8 TRAYECTO TANQUES DE AGUA - QUINSALOMA

f (frecuencia)	2,40 GHz.
Lj (longitud del tramo)	27,00 Km.
n	1,00
Alt. Ant.(h1)	60,00 mts.
Alt. Ant.(h2)	30,00 mts.

λ (long. de onda)	12,5 cm.
HA	140,00 mts.
HB	180,00 mts.
Dz (incremento)	1,50 Km.
Nr (n° total de divisiones)	18

K (factor de curvatura) 1,333333

c (velocidad de la luz) 300.000,00 Km/seg

No. Div.	Lx (Km.)	x = Lu/Lj	Hn(x) Radio (m)	Lineas de Vista (m)	Lin. Vist. + H(x) (m)	Lin. Vist. - H(x) (m)	Margen de apertura (m)	Y(x) (m)	Nombre del Sitio	Altitud (m)	Latitud (S)	Longitud (W)	Perfil (m)
0	0,00	0,0000	0,00	140,00	140,00	140,00	60,00	0,00	Tanques de Agua	60,00			60,00
1	1,50	0,0556	4,21	142,22	146,43	138,01	120,78	2,25		15,00			17,25
2	3,00	0,1111	5,77	144,44	150,22	138,67	129,43	4,24		5,00			9,24
3	4,50	0,1667	6,85	146,67	153,51	139,82	129,86	5,96		5,00			10,96
4	6,00	0,2222	7,84	148,89	156,53	141,25	129,86	7,42		60,00			67,42
5	7,50	0,2778	8,23	151,11	159,34	142,88	129,86	8,61		100,00			108,61
6	9,00	0,3333	8,86	153,33	161,99	144,67	129,86	9,54		68,00			77,54
7	10,50	0,3889	8,96	155,56	164,51	146,60	129,86	10,20		100,00			110,20
8	12,00	0,4444	9,13	157,78	166,91	148,65	129,86	10,60		90,00			100,60
9	13,50	0,5000	9,19	160,00	169,19	150,81	129,86	10,73		90,00			100,73
10	15,00	0,5556	9,13	162,22	171,35	153,09	129,86	10,60		5,00			15,60
11	16,50	0,6111	8,96	164,44	173,40	155,49	129,86	10,20		60,00			70,20
12	18,00	0,6667	8,68	166,67	175,33	158,01	129,86	9,54		90,00			96,54
13	19,50	0,7222	8,23	168,89	177,12	160,66	129,86	8,61		80,00			88,61
14	21,00	0,7778	7,84	171,11	178,75	163,47	129,86	7,42		90,00			97,42
15	22,50	0,8333	6,85	173,33	180,18	166,49	129,86	5,96		90,00			95,96
16	24,00	0,8889	5,77	175,56	181,33	169,78	129,86	4,24		100,00			104,24
17	25,50	0,9444	4,21	177,78	181,99	173,57	129,86	2,25		110,00			112,25
18	27,00	1,0000	0,00	180,00	180,00	180,00	129,86	0,00	Quinsaloma	150,00			150,00

$$Y(x) = \frac{Li^2 x(1-x)}{12,74K}$$

$$Hn(x) = \sqrt{nLix(1-x)}$$

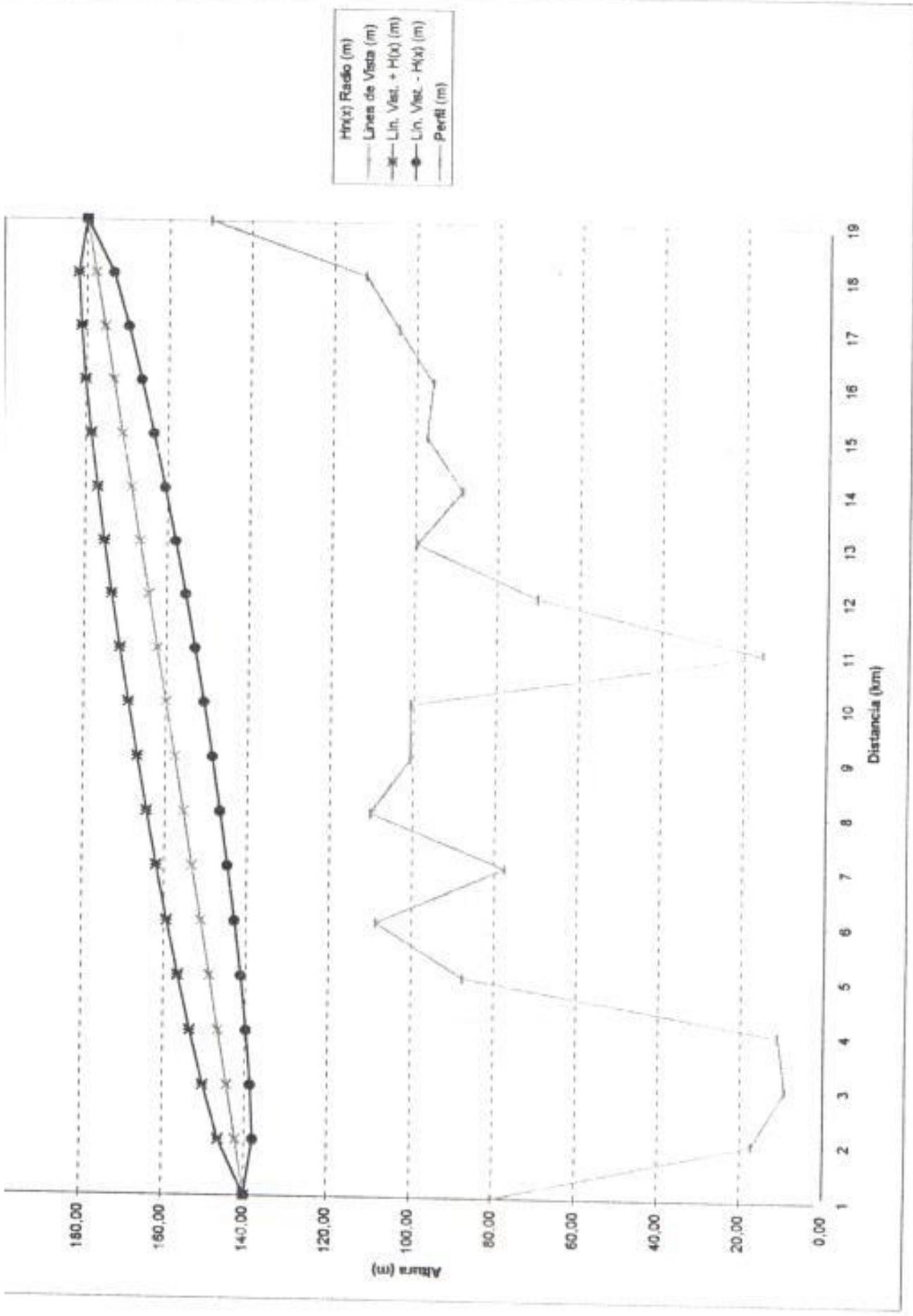
$$Perfil = Y(x) + Altitud$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$HA = AltitudTanquesdeAgua + h1$$

$$HB = AltitudQuinsaloma + h2$$

$$(Lineadevista)_N = (Lineadevista)_{N-1} - \frac{HA-HB}{Nr}$$



# Zona de Fresnel N° 4

## TABLA 4.9 TRAYECTO TANQUES DE AGUA - PAILÓN

f (frecuencia)	2,40 GHz.
L (longitud del tramo)	42,50 Km.
n	1,00
Alt. Ant.(h1)	80,00 mts.
Alt. Ant.(h2)	80,00 mts.

λ (long. onda)	12,5 cm.
HA	140,00 mts.
HB	380,00 mts.
Dx (Incremento)	2,50 Km.
N <sub>r</sub> (# total de divisiones)	17

c (velocidad de la luz) 300.000,00 Km/seg      K (factor de curvatura) 1,333333

No. Div.	Lx (Km.)	x = Lx/L	Hr(x) Radio (m)	Lineas de Vista (m)	Ln. Vist. + H(x) (m)	Ln. Vist. - H(x) (m)	Margen de apertura (m)	Y(x) (m)	Nombre del sitio	Altitud (m)	Latitud (S)	Longitud (W)	Perfil (m)
0	0,00	0,0000	0,00	140,00	140,00	140,00	60,00	0,00	Tanques de Agua	80,00			80,00
1	2,50	0,0588	5,42	152,94	158,36	147,52	136,63	5,89		5,00			10,89
2	5,00	0,1176	7,43	165,88	173,31	158,46	47,42	11,04	El Rudi	100,00			111,04
3	7,50	0,1765	8,79	178,82	187,82	170,04	149,58	15,45		5,00			20,45
4	10,00	0,2353	9,78	191,76	201,54	181,90	142,86	19,13		20,00			39,13
5	12,50	0,2941	10,50	204,71	215,21	194,20	157,13	22,08		15,00			37,08
6	15,00	0,3529	11,01	217,95	228,66	206,63	142,35	24,28		40,00			64,28
7	17,50	0,4118	11,34	230,59	241,93	219,24	188,49	25,76		5,00			30,76
8	20,00	0,4706	11,50	243,53	255,03	232,02	185,53	26,49	Lechugal	20,00			46,49
9	22,50	0,5294	11,50	256,47	267,98	244,97	188,47	26,49	Tarra de Medio	30,00			56,49
10	25,00	0,5882	11,34	269,41	280,78	258,07	182,31	25,76		70,00			95,76
11	27,50	0,6471	11,01	282,35	293,37	271,34	207,05	24,28		40,00			64,28
12	30,00	0,7059	10,50	295,29	305,80	284,79	232,72	22,08		30,00			52,08
13	32,50	0,7647	9,78	308,24	318,01	298,46	269,33	19,13		10,00			29,13
14	35,00	0,8235	8,79	321,18	329,66	312,39	269,94	15,45		27,00			42,45
15	37,50	0,8824	7,43	334,12	341,54	326,69	292,65	11,04		23,00			34,04
16	40,00	0,9412	5,42	347,06	352,48	341,84	283,75	5,89		52,00			57,89
17	42,50	1,0000	0,00	360,00	360,00	360,00	60,00	0,00	El Pailón	300,00			300,00

$$Y(x) = \frac{Lx^2 x(1-x)}{12,74 K}$$

$$Hr(x) = \sqrt{n \lambda L x(1-x)}$$

$$Perfil = Y(x) + Altitud$$

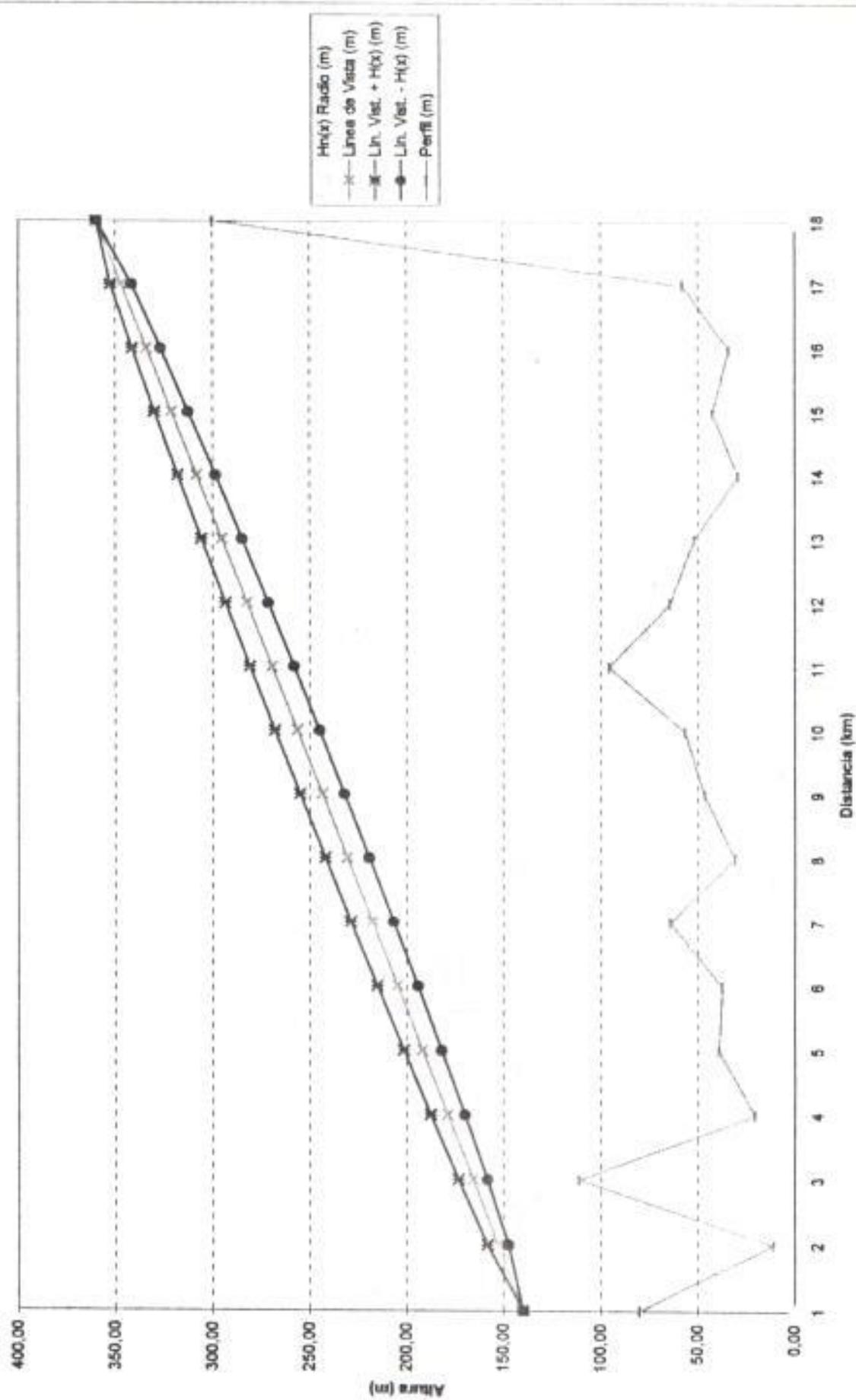
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$HA = Altitud Tanques de Agua + h1$$

$$(Lineadevista)_v = (Lineadevista)_{N_r} - \frac{HA - HB}{N_r}$$

$$HB = Altitud Pailón + h2$$

FIG. 4.2 Zona de Fresnel  
Tanques de Agua - Pailón



# Zona de Fresnel N ° 3

TABLA 4.10 TRAYECTO PAILÓN-ZAPOTAL NUEVO

f (frecuencia)	2,40 GHz
Lj (longitud del tramo)	6,00 Km.
n	1,00
Alt. Ant.(h1)	60,00 mts.
Alt. Ant.(h2)	10,00 mts.

λ (long. de onda)	12,5 cm.
HA	360,00 mts.
HB	60,00 mts.
Dx (Incremento)	0,50 Km.
Nr. (# total de div.)	12

c (velocidad de la luz) 300.000,00 Km/seg

K (factor de curvatura) 1,333333

No. Div.	Lx (Km.)	x = Lx/Lj	Hn(x) Radio (m)	Línea de Vista (m)	Lin. Vist. + H(x) (m)	Lin. Vist. - H(x) (m)	Margen de apertura (m)	Y(x) (m)	Nombre del Sitio	Altitud (m)	Latitud (S)	Longitud (W)	Perfil (m)
0	0,00	0,0000	0,00	360,00	360,00	360,00	60,00	0,00	El Pailón	300,00			300,00
1	0,50	0,0833	2,39	335,00	337,39	332,61	132,44	0,16		200,00			200,16
2	1,00	0,1667	3,23	310,00	313,23	306,77	168,48	0,29		138,00			138,29
3	1,50	0,2500	3,75	285,00	288,75	281,25	220,85	0,40		60,00			60,40
4	2,00	0,3333	4,08	260,00	264,08	255,92	205,45	0,47		50,00			50,47
5	2,50	0,4167	4,27	235,00	239,27	230,73	220,22	0,52		10,00			10,52
6	3,00	0,5000	4,33	210,00	214,33	205,67	195,14	0,53		10,00			10,53
7	3,50	0,5833	4,27	185,00	189,27	180,73	160,22	0,52		20,00			20,52
8	4,00	0,6667	4,08	160,00	164,08	155,92	140,45	0,47		15,00			15,47
9	4,50	0,7500	3,75	135,00	138,75	131,25	115,85	0,40		15,00			15,40
10	5,00	0,8333	3,23	110,00	113,23	106,77	75,48	0,29		31,00			31,29
11	5,50	0,9167	2,39	85,00	87,39	82,61	62,44	0,16		20,00			20,16
12	6,00	1,0000	0,00	60,00	60,00	60,00	10,00	0,00	Zapotal Nuevo	50,00			50,00

$$Y(x) = \frac{Lj^2 x(1-x)}{12,74K}$$

$$Hm(x) = \sqrt{nLj|x| - x}$$

$$Perfil = Y(x) + Altitud$$

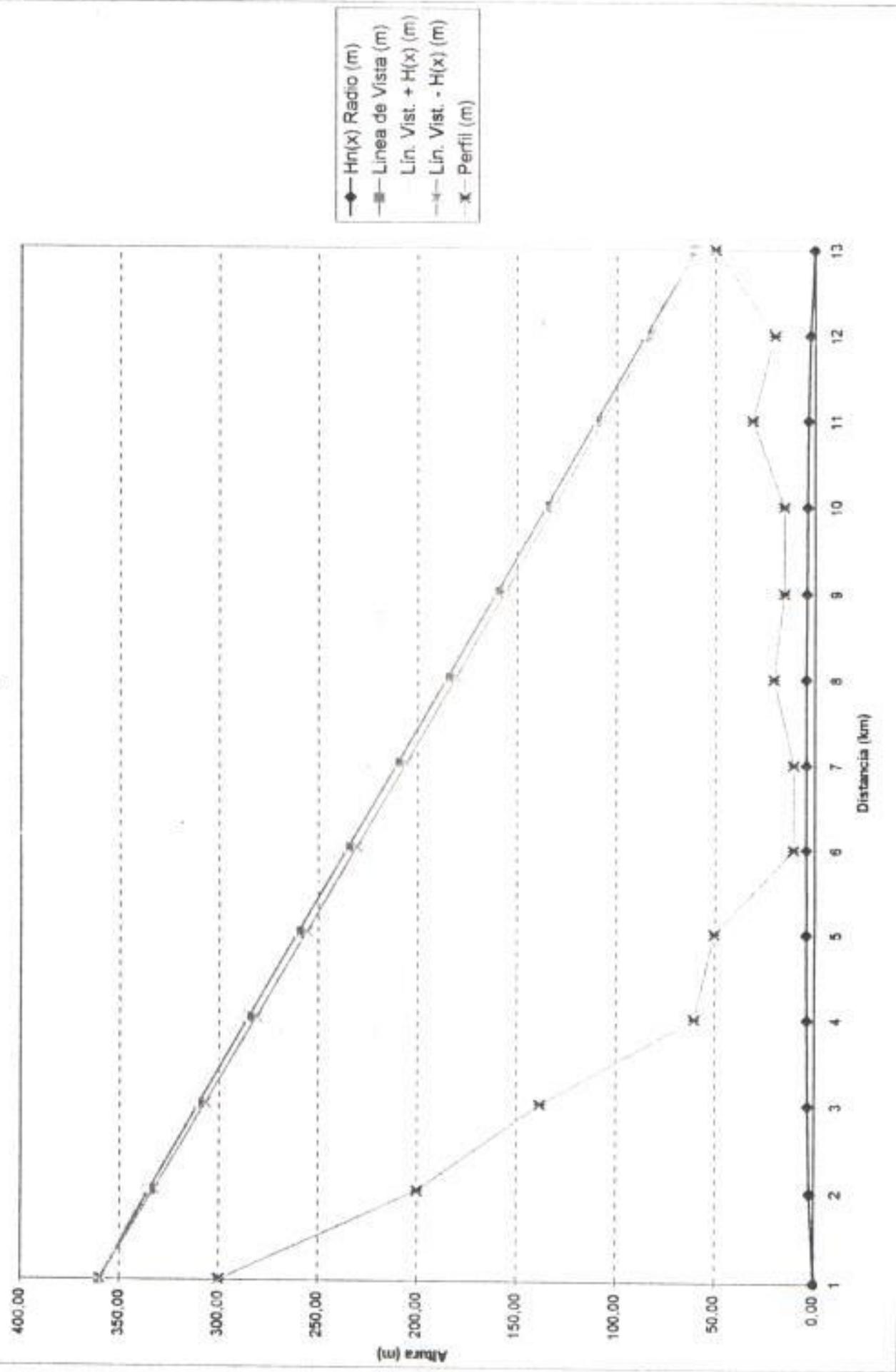
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$HA = Altitud\ P\ al\ lón + h1$$

$$(Lineadevista)_{n-1} = \frac{HA - HB}{Nr}$$

$$HB = Altitud\ Zapotal\ Nuevo + h2$$

RAJON - Zapotal Nuevo



## **CAPITULO V**

### **DISEÑO DEL SISTEMA**

#### **5.1 DETERMINACION DEL SISTEMA DE WLL A EMPLEARSE**

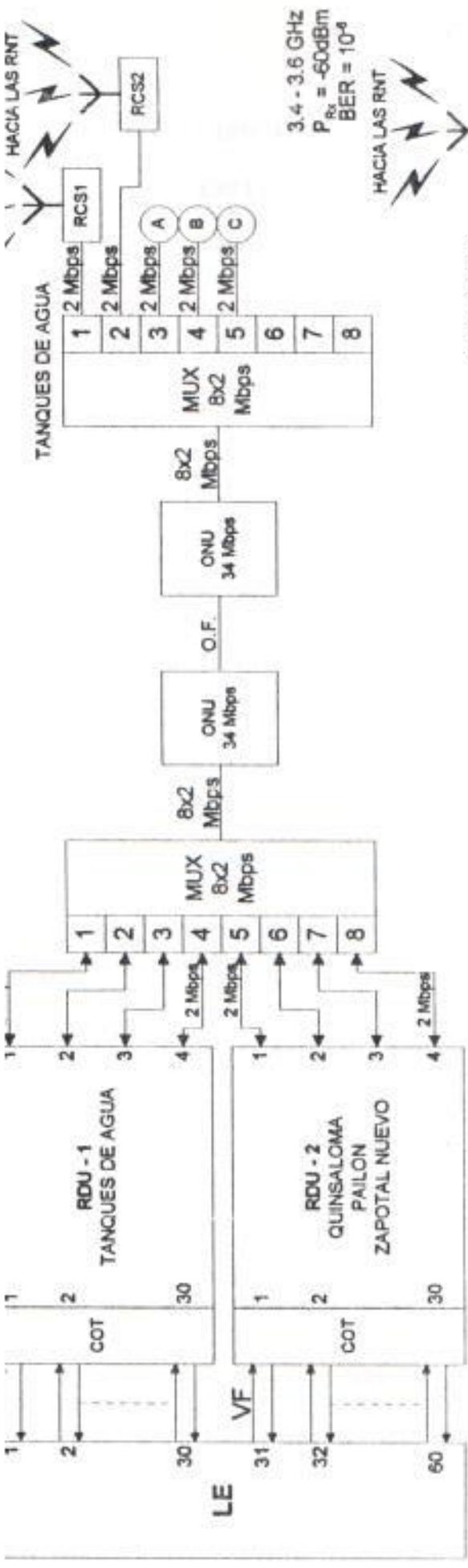
Después de analizar en el capítulo 2 los diversos sistemas WLL de los proveedores más conocidos en el mercado, y de realizar un estudio de ingeniería en el capítulo 4, proponemos a continuación un diseño de WLL implementado con el sistema **CDMAlink de Siemens**.

#### **5.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

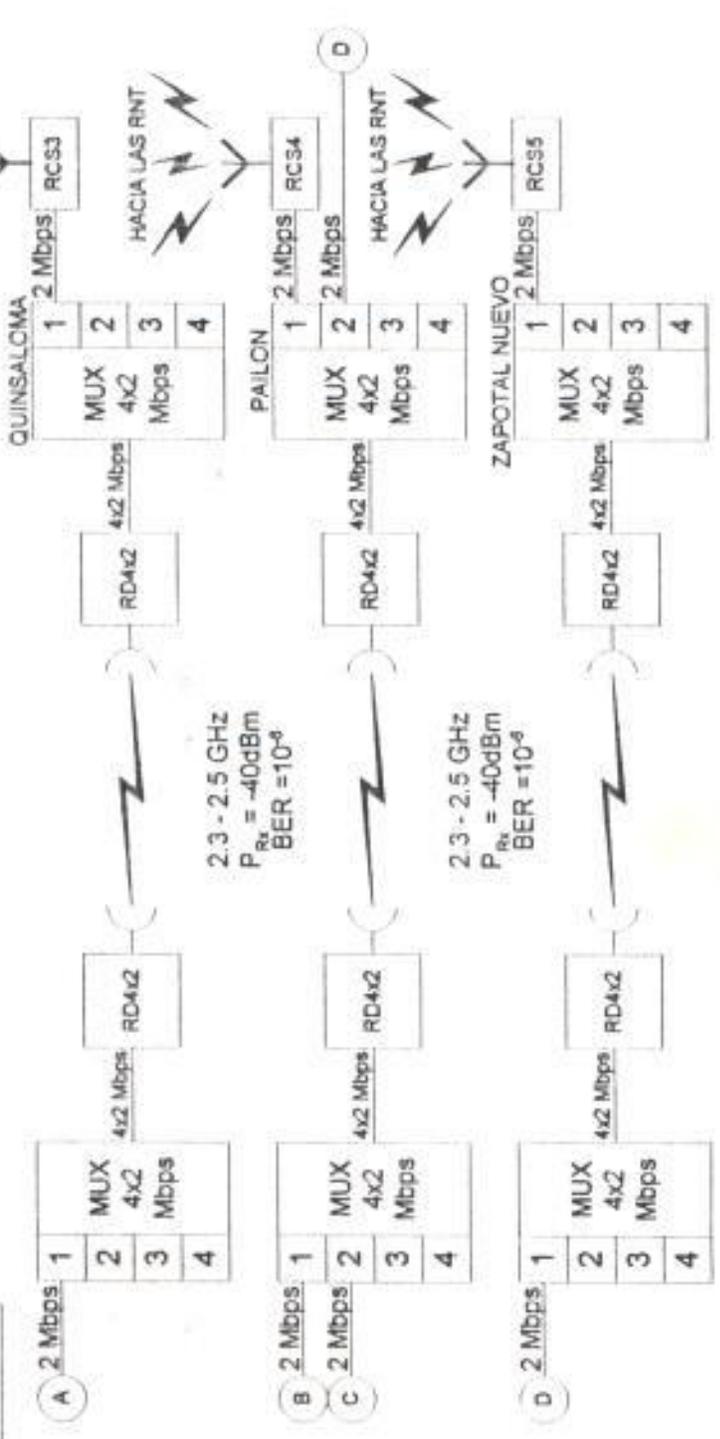
Ver FIG. 5.1

#### **5.3 UBICACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EN LA CARTA TOPOGRAFICA**

Ver carta topográfica adjunta



3.4 - 3.6 GHz  
 $P_{Rx} = -60\text{dBm}$   
 $BER = 10^{-6}$



2.3 - 2.5 GHz  
 $P_{Rx} = -40\text{dBm}$   
 $BER = 10^{-6}$

2.3 - 2.5 GHz  
 $P_{Rx} = -40\text{dBm}$   
 $BER = 10^{-6}$

- LE : Local exchange
- RDU : Radio distribution unit
- ONU : Optical network unit
- O.F. : Optical fiber
- RCS : Radio carrier station
- RNT : Radio network termination
- COT : Central office terminal
- VF : Voice frequency
- RD4x2 : Terminal de radio, 4x2 Mbps

## 5.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

### 5.4.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

<b>Técnica de Acceso:</b>	Acceso Múltiple por división de Códigos en Banda ancha
<b>Duplexación:</b>	División de frecuencia dúplex
<b>Banda de Frecuencia:</b>	3.4 - 3.5 / 3.5 - 3.6 GHz
<b>Ancho de Banda:</b>	10 MHz
<b>Modulación spreading:</b>	QPSK compleja
<b>Control de Potencia:</b>	Rango de 70 dB (enlace inverso) Rango de 12 dB (enlace directo)
<b>Veloc. datos servicio:</b>	32 Kbits/s ADPCM (POTS)
<b>Pot. Transmisión RNT:</b>	+27 dBm
<b>Ganancia de Ant. RNT:</b>	8 dB a 14 dB
<b>Pot. Transmisión RCS:</b>	+46 dBm ( máximo promedio)
<b>Figura de ruido:</b>	7 dB (RNT) 3 dB (RCS)
<b>Seguridad:</b>	Autenticación para llamadas
<b>Veloc. datos canal tráfico:</b>	32 Kbps (POTS)
<b>RCS por RDU:</b>	Hasta 4
<b>RNT por RDU</b>	Hasta 3840
<b>Llamadas POTS simultáneas por RCS:</b>	Hasta 60 llamadas en un ancho de banda de 10 MHz

<b>Cobertura Nominal:</b>	2 Km NLOS (Urbana) 5 Km NLOS (Suburbana) 15 Km LOS (Rural)
<b>Radio Cobertura Máx.:</b>	30 Km
<b>interfaces del Sistema:</b>	Central Local a RDU: 64 V5.1 E1 RDU a RCS: G.703 RCS a RNT: interfaz aérea B-CDMA RCS, RNT y RDU al Integrador de Acceso usando QD2
<b>Servicios soportados:</b>	POTS

#### 5.4.2 ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO

##### SERVICIO POTS

<b>Equipo terminal:</b>	Cualquier terminal POTS estándar vía RJ-11
<b>Métodos de marcado:</b>	Pulso, DTMF
<b>Codificación de voz:</b>	32 Kbit/s ADPCM a $BER=10^{-4}$
<b>Duración tono de marcado:</b>	Menos de 250 mseg.
<b>Origen de tono de marcado:</b>	Central local
<b>Retardo del Audio:</b>	Menos de 5 mseg. (una vía)
<b>Transparencia DTMF:</b>	Transparencia total (ambas direcciones)
<b>Transparencia datos:</b>	Transparencia total $\leq$ a 28.8 Kbit/s
<b>Capacidad de Facsímil:</b>	Facsímil Grupo 3 hasta 14.4 Kbit/s

### 5.4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

#### RDU

<b>Interfaz con la Central Local:</b>	Analógica con COT
<b>Interfaz a RCS:</b>	Estándar G.703 (Microondas, Fibra o Cobre)
<b>Poder:</b>	-48V / -60V (voltaje de la batería)
<b>Tamaño:</b>	(465 ancho x 400 alto x 210 largo) mm
<b>Peso</b>	11Kg por módulo
<b>Condiciones Climáticas:</b>	+5 a 40 grados centígrados
<b>Humedad Relativa:</b>	Máx. 95%

#### RCS

<b>Tamaño:</b>	Interior: (0.61 ancho x 2.17 alto x 0.87 largo) m
<b>Peso:</b>	Interior: menor a 182 Kg. Exterior: menor a 363 Kg.
<b>Conectores de antena:</b>	Tipo N
<b>Temperatura:</b>	Interior: -5 a +50 grados centígrados Exterior: -40 a +45 grados centígrados
<b>Humedad Relativa:</b>	5 - 95%
<b>Poder:</b>	-48V / -60V (voltaje de la batería)
<b>Consumo de Potencia:</b>	2.0 Kw típico, 2.8 Kw máximo

## RNT

<b>Tamaño:</b>	Interior: 21.1 cm ancho x 37.6 cm alto x 8.3 cm largo
<b>Peso:</b>	4 Kg
<b>Accesorios:</b>	Batería interna o externa Fuente de poder externa
<b>Consumo de Potencia:</b>	4 W en standby 18 W durante el tiempo de conversación
<b>Fuente de poder:</b>	85-275 VAC entrada universal 45-66 Hz
<b>Duración de la batería:</b>	8 horas de standby o ½ hora de conversación
<b>Vida útil de la batería:</b>	5 años
<b>Antena:</b>	Interior: omni Exterior: ruta direccional
<b>Condiciones climáticas:</b>	Interior: -5 a +50 grados centígrados
<b>Humedad Relativa:</b>	5 - 95 %
<b>Conector:</b>	RJ-11 conector para voz

## CAPITULO VI

### ANALISIS DE COSTOS

Las inversiones económicas en el proyecto pueden ser divididas en dos, dependiendo del tipo de gastos en la infraestructura necesaria para implementar el sistema.

#### 6.1 COSTOS EN INFRAESTRUCTURA

Son todos los valores necesarios a invertir, para poder conectar las Unidades de Distribución de Radio (RDU) con cada una de las Estaciones Portadoras de Radio (RCS), es decir, todos los enlaces de radio necesarios para el sistema.

Considerando el aprovechamiento de ciertos recursos ya instalados en el sector como son las estructuras de las torres, fibra óptica, accesorios de la fibra óptica y equipo de soporte, podemos decir que para los 4 radio enlaces necesarios, debemos tomar en consideración el siguiente presupuesto referencial, como se muestra en la tabla 6.1.

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
1	Terminales de radio, configuración 1+1, 4x 2 MB/S (incluidos antenas, guía de onda, materiales de instalación y mantenimiento.	6	\$ 39.306	\$ 235.836
2	Repuestos (10 % del valor FOB) Equipo de radio	6	\$ 6.610	\$ 39.660
3	Equipo de mux	8	\$ 650	\$ 5.200
TOTAL EQUIPOS RADIO ENLACES				\$ 280.696

**TABLA 6.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL:**  
Sistema de 3 enlaces de radio de 4x 2 Mbps para Quevedo.

## 6.2 COSTOS EN EL SISTEMA

Son todos los valores invertidos en el sistema de lazo local inalámbrico, es decir todos los equipos como unidad de distribución de radio (RDU), estación portadora de radio (RCS), terminal de oficina central (COT), programación, equipo de apoyo, conectores, instalaciones y las terminales de red de radio (RNT) necesarias para cada abonado.

Por contacto vía telefónica con la empresa SIEMENS DEL ECUADOR en Quito nos proporcionaron valores aproximados para nuestro presupuesto referencial, según se muestra en la siguiente tabla 6.2 (tomando en consideración equipo completo).

EQUIPOS	COSTO
Total equipos CDMALINK de Siemens	\$ 2.500.000

**TABLA 6.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE EQUIPOS CDMALINK DE SIEMENS.**

De la suma total de los costos de infraestructura y del sistema, podemos estimar valores correspondientes a línea telefónica por cada abonado del sistema, esto es según la tabla 6.3

CONCEPTO	VALOR
Total equipos radio enlaces	\$ 280.696
Total equipos CDMALINK Siemens	\$ 2.500.000
Gran total	\$ 2.780.696
Valor de Línea Telefónica	\$ 724

**TABLA 6.3 COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO**

Considerando que en nuestro Proyecto podemos dar servicio aproximadamente a 3840 abonados de voz, entonces si dividimos el costo total del proyecto para el número de abonados, tendremos el valor de cada línea para el abonado, esto es:

VALOR LINEA TELEFONICA = COSTO TOTAL / # ABONADO

VALOR LINEA TELEFONICA = 2.780.696/3840 = 724.14

VALOR LINEA TELEFONICA = \$ 724.

## CAPITULO VII

### ASPECTO LEGAL

Es importante que los servicios de telecomunicaciones se encuentren dentro del marco legal vigente en el país donde se proveen, de ahí la importancia de conocer los principales aspectos de la Ley Especial de Telecomunicaciones de nuestro país relacionados con la prestación de Servicios de Telefonía Pública Básica.

#### 7.1 SERVICIOS FINALES

Los servicios finales de telecomunicaciones son aquellos servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios, inicialmente, los siguientes: telefónico rural, urbano, interurbano e internacional; video telefónico, telefax, burofax, datafax; videotex, telefónico móvil automático, telefónico móvil marítimo o aeronáutico de correspondencia pública; radiotelegráfico; de télex y de teletextos.

## **7.2 REGIMEN DE PRESTACION DE SERVICIOS FINALES**

El Art. 8 literal (a) de la Ley Especial de Telecomunicaciones indica que los servicios finales de telecomunicaciones y el de alquiler de circuitos se prestan a través de las compañías escindidas de Ematel: Andinatel y Pacifictel, en régimen de exclusividad regulada. A excepción de ETAPA que opera en la ciudad de Cuenca.

El servicio telefónico móvil sí puede ser prestado por operadores privados.

## **7.3 SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES O RADIOELECTRICOS**

Son aquellos que implican la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación y que están determinadas en el Reglamento Internacional de Radiocomunicaciones de la UIT.

## **7.4 ASIGNACION Y AUTORIZACION DE FRECUENCIAS**

La Superintendencia de Telecomunicaciones es el único organismo que puede otorgar autorizaciones para la utilización del espectro radioeléctrico.

La Superintendencia de Telecomunicaciones tiene el plan de Atribución Nacional de Bandas de Frecuencias para la utilización del espectro radioeléctrico sobre la

base de las necesidades y prioridades nacionales. En este plan se indican los servicios de radiocomunicación que pueden operar en cada una de las bandas.

Un proyecto de explotación de un servicio de radiocomunicación debe contener entre otros aspectos los siguientes: objeto del proyecto, horario de funcionamiento, frecuencias o canales autorizados, áreas de operación y características del sistema.

## **7.5 ANALISIS LEGAL DEL PROYECTO**

De acuerdo a lo establecido en la Ley Especial de Telecomunicaciones como actualmente nos encontramos en el régimen de exclusividad regulada, la única empresa autorizada para prestar este servicio de telefonía fija pública en la Provincia de los Ríos es Pacifictel.

Por ser éste un servicio de Radiocomunicación se requiere que la banda de frecuencia utilizada del espectro radioeléctrico esté disponible.

Nuestro sistema requiere la banda de frecuencias de 3.5 - 3.6 GHz, la cual por información de la Superintendencia de Telecomunicaciones está actualmente disponible en nuestro país para los sistemas que involucren CDMA.

El estudio de Ingeniería y el Diseño del Sistema de este proyecto presentados en los capítulos previos, abarcan los aspectos técnicos que debe incluir un proyecto tal como se indica en el Reglamento de la Ley Especial de Telecomunicaciones.

## **7.6 TRAMITES PARA LA APROBACION DEL PROYECTO**

Como ya se analizó previamente, Pacifictel es la única compañía autorizada para prestar el servicio de telefonía pública fija. Por tanto los trámites para la aprobación de este proyecto se deberían realizar en el interior de la entidad y estar enmarcados dentro del orden regular que siguen todos los proyectos que realiza Pacifictel.

Esto es, surgir como un plan piloto propuesto por la Gerencia Técnica en coordinación con la Vicepresidencia de Operaciones, para después pasar al Departamento de Planificación de Proyectos y finalmente ser aprobado por el Presidente Ejecutivo de Pacifictel.

Lo referente a la autorización de las frecuencias por la Superintendencia de Telecomunicaciones está establecido en el Convenio de Concesión y de Autorización que existe entre Pacifictel y la Superintendencia de Telecomunicaciones. Si hubiere necesidad de algún cambio o ampliación Pacifictel está en la obligación de notificarlo.

## 7.7 POSIBLES CAMBIOS EN LA LEY DE TELECOMUNICACIONES

Como el desarrollo en el área de las telecomunicaciones es inminente y además importante para el progreso de nuestro país; y considerando que Pacifictel no está en capacidad de ejecutar todos los proyectos necesarios, lo más probable es que dentro de poco se contemple en la Ley de Telecomunicaciones el Período de Libre Competencia para el Servicio de Telefonía Pública Fija, sea ésta alámbrica o inalámbrica. En este caso este proyecto podría ser presentado por una compañía solvente, la cual debería cumplir con los siguientes requisitos para la explotación del servicio:

- Solicitud Dirigida a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para solicitar la explotación del Servicio de Telefonía Inalámbrica Pública Fija con acceso CDMA y en la que además manifiesta conocer el Plan de Distribución de Frecuencias, el Reglamento de Tarifas y todo lo establecido en los Reglamentos de la Ley Especial de Telecomunicaciones.
- Información Técnica del Proyecto
- Información Económica del Proyecto
- Documentos Legales que la acrediten como persona jurídica
- Garantía Bancarias, Recibos de pagos por tasas
- Estudio de Ingeniería.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al realizar este estudio para la implementación de un Sistema de Lazo Local Inalámbrico con acceso CDMA para la ciudad de Quevedo, podemos concluir que la aplicación de este proyecto presenta las siguientes ventajas:

- Ir a la vanguardia de las Telecomunicaciones en el Campo de la Telefonía Pública Fija Inalámbrica con la técnica de acceso CDMA
- Que áreas rurales inaccesibles vía cable, tengan servicio telefónico
- Que utilizando poca infraestructura se tenga mayor capacidad
- Que con las estaciones utilizadas se tenga mayor radio de cobertura
- Que el sistema utilizado permita varios servicios ya que además de transmitir voz, puede transmitir datos e interconectarse a la Red Digital de Servicios Integrados.

Si comparamos estas ventajas con los inconvenientes que se pueden presentar y que podrían ser los siguientes:

- Hay que buscar a los proveedores en otros países, ya que en el nuestro no se comercializan estos equipos.
- Actualmente no hay personal capacitado para manejar esta tecnología, puesto que aún no ha sido aplicada en nuestro país, ya que actualmente todos los sistemas están trabajando con TDMA y ninguno con CDMA, nos damos cuenta que los inconvenientes son fácilmente superables y que las ventajas que se pueden obtener de la aplicación del Proyecto, compensan las inversiones y el trabajo que se realice.

Por lo tanto recomendamos la revisión de este proyecto a las entidades encargadas de prestar este servicio ya que el sistema que proponemos permite mejorar la calidad y seguridad del Servicio de Telefonía que reciben los abonados.

## BIBLIOGRAFIA

1. Qualcomm, Estudio de la Aplicación del Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) a los Sistemas Celulares Digitales y a las Redes Celulares Personales, 1992
2. Qualcomm, La Solución Completa CDMA, 1998
3. InterDigital, Descripción del Sistema TrueLink, 1998
4. Nortel, Introducción al CDMA, 1998
5. Samsung, Sistemas Inalámbricos, 1998
6. Siemens CDMAlink, Redes de Acceso, 1998
7. Siemens CDMAlink, Catálogo de Productos de Lazo Local Inalámbrico, 1998
8. CEP, Ley de Telecomunicaciones, 1997
9. Internet : [http:// www.qualcomm.com](http://www.qualcomm.com)

10. Internet : [http:// www.samsungelectronics.com](http://www.samsungelectronics.com)

11. Internet : [http:// www.siemens.com/oen](http://www.siemens.com/oen)