

T
621.3851
PIN



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



D-18775

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION

PROYECTO DE TOPICO DE GRADUACION

TEMA:

**"CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA EL DISEÑO DE
UN ENLACE LOCAL INALAMBRICO"**

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: ELECTRONICA

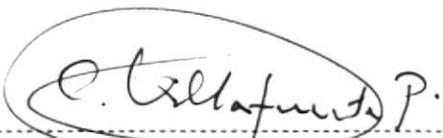
AUTOR:

GONZALO E. PINO NIETO

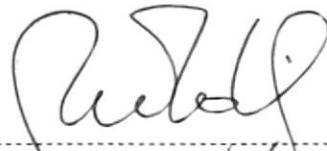
GUAYAQUIL - ECUADOR

1998

TRIBUNAL DE GRADUACION



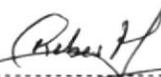
Ing. Carlos Villafuerte P.
Presidente del Tribunal



Ing. Washington Medina M.
Director del Tópico



Ing. Boris Ramos S.
Miembro del Tribunal



Ing. Rebeca Estrada P.
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me 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)

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	Página
1.1	EL CRECIMIENTO ECONOMICO Y LAS TELECOMUNICACIONES.....	1
1.2	COMPENDIO DE LAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA EL DISEÑO DE UN ENLACE LOCAL INALAMBRICO.....	3
II.	RESUMEN DE LA TECNOLOGIA DEL ENLACE LOCAL.....	5
2.1	ARQUITECTURA DE LA RED ALAMBRICA.....	7
2.1.1	El Alimentador.....	9
2.1.2	El Distribuidor.....	9
2.1.3	La Acometida.....	11
2.1.4	La Conmutación.....	11
2.1.5	El Centro de Operaciones.....	12
2.2	ARQUITECTURA DE LA RED DE ENLACE LOCAL INALAMBRICO (WLL).....	13
2.3	ARQUITECTURA DE LA RED DECT.....	14
2.3.1	El Nodo de Acceso del DECT (DAN).....	17
2.3.2	El Controlador del Nodo de Radio (RNC).....	17
2.3.3	La Unidad Suscriptora.....	18
2.3.4	El Conmutador.....	18
2.4	ARQUITECTURA DE LA RED CDMA WLL.....	19
2.4.1	El Interface de Radio CDMA WLL.....	20
2.4.2	Susbsistema de la Estación Base Transceptora (BTS).....	22
2.4.3	La Estación Base Controladora (BSC).....	23
2.4.4	La Unidad Suscriptora.....	23

2.5	FACILIDADES DE UN SISTEMA CDMA WLL REAL.....	24
2.6	ARQUITECTURA DE UNA RED HIBRIDA.....	25
2.7	SELECCION DE LA TECNOLOGIA DE UNA RED.....	25
2.8	VENTAJAS DEL CDMA WLL SOBRE LAS REDES ALAMBRICAS TRADICIONALES	26
2.8.1	Costo de Capital más Bajo.....	26
2.8.2	Red de Desarrollo.....	29
2.8.3	Mejor Flexibilidad en la Cobertura del Sistema.....	31
2.8.4	Un Sistema Más Confiable.....	33
2.8.5	Costos de Operación más Bajos.....	34
2.8.6	Fácil Transición a los Servicios Móviles.....	37
2.9	VENTAJAS DEL CDMA WLL SOBRE EL DECT.....	37
2.9.1	Un Radio de Alcance Mayor.....	38
2.9.2	Costos de Capital y de Operación más Bajos.....	39
2.9.3	Una Mayor Capacidad de Celdas.....	41
III.	EL MODELO ECONOMICO DEL ENLACE LOCAL.....	43
3.1	EL MODELO DE SIMULACION.....	44
3.2	DESCRIPCION DEL MODELO.....	46
3.3	ESTRUCTURA Y LOGICA DEL MODELO.....	47
3.3.1	Nivel de Servicio.....	49
3.3.2	Plan Lógico de la Red.....	50
3.4	SUPOSICIONES - RED ALAMBRICA.....	52
3.4.1	Las Conmutaciones	52
3.4.2	El Alimentador y el Distribuidor	55
3.4.3	La Acometida.....	57

3.4.4	Las Conmutaciones Remotas.....	58
3.4.5	El Conmutador Tandem e Interconexion de Conmutaciones.....	58
3.5	SUPOSICIONES - ENLACE LOCAL INALAMBRICO (WLL).....	59
3.5.1	Celda Tipo.....	60
3.5.2	Capacidad de la Ceda.....	61
3.5.3	Optimización del Enlace.....	63
3.5.4	Radio de la Celda.....	64
3.5.5	Porcentaje de Descuento, Impuesto y Depreciación.....	67
3.6	CAPACIDADES DE SENSIBILIDAD.....	67
3.7	CAPACIDADES DE LOS RESULTADOS.....	68
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
	BIBLIOGRAFIA.....	72

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 EL CRECIMIENTO ECONOMICO Y LAS TELECOMUNICACIONES

La expansión de la infraestructura de las telecomunicaciones de una nación y su crecimiento económico están íntimamente relacionadas. En efecto, hay una fuerte correlación entre la penetración del mercado telefónico y el Producto Interno Bruto (PIB), una meta comúnmente usada en la productividad económica. Muchos países reconocen este hecho, y están haciendo inversiones sin precedente en sus sistemas de telecomunicaciones.

La oportunidad existe para los gobiernos, los proveedores de los servicios de telecomunicaciones, los fabricantes de equipos y los consumidores. Los gobiernos que hacen un compromiso para proveer las telecomunicaciones, beneficiarán a los ciudadanos mejorando su calidad de vida y aumentando la participación de su país en la economía global. Los proveedores de servicios y los fabricantes de equipos tienen un enorme mercado potencial donde solamente existen 600 millones de teléfonos para 5,6 mil millones de personas

que habitan en la tierra (menos del 12% del mercado global).

Los proveedores de los servicios de telecomunicaciones tienen una elección crítica para determinar que tecnología emplear para servir a sus mercados. Los tradicionales teléfonos alámbricos, los teléfonos alámbricos basados en fibras, y tecnologías de enlace local inalámbrico (WLL) como el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y el de Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Europeas (DECT) son algunas de las alternativas que pueden ser consideradas. La elección es crítica porque impacta la calidad del servicio, los gastos de activos fijos de la empresa, gastos de capital y finalmente el valor del negocio y su éxito.

Este trabajo compara las tecnologías basadas en alambres de fibra, IS-95A CDMA WLL y DECT basadas en el funcionamiento, confiabilidad, y costo de la red. La comparación de operaciones, incluyendo consideraciones tales como el tiempo para obtener ganancias, requerimientos de mantenimiento, y los gastos asociados con el mejoramiento del sistema.

1.2 COMPENDIO DE LAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA EL DISEÑO DE UN ENLACE LOCAL INALAMBRICO

El propósito de este trabajo es el de establecer una serie de consideraciones técnicas, económicas y de mercado en el campo de las comunicaciones inalámbricas con la finalidad de encontrar un prototipo que ayude a seleccionar la tecnología más adecuada y a minimizar los costos para satisfacer las necesidades de los usuarios. Este trabajo esta organizado en cuatro capítulos a saber:

El capítulo I contiene una introducción al crecimiento económico de una nación y su relación con sus sistemas de telecomunicaciones.

El capítulo II se analizan las tecnologías de enlace local, alámbrico e inalámbrico. En especial dentro de las tecnologías inalámbricas se describen y se comparan las arquitecturas de las redes inalámbricas IS-95A CDMA WLL y DECT. Características de funcionamiento, ventajas y desventajas para cada tecnología son también analizadas. Se establecen además la superioridad que tiene la tecnología CDMA WLL tanto sobre las redes alámbricas tradicionales como sobre la tecnología DECT.

En el capítulo III se hace una descripción detallada del modelo económico usado en este análisis. Las discusiones se centran en la metodología del modelo, suposiciones, capacidades sensitivas y capacidad de rendimiento.

En el capítulo IV se concluye con lo analizado en los primeros tres capítulos. Se recomienda al CDMA WLL como la tecnología más efectiva para redes de enlace local por sus ventajas considerables sobre las otras tecnologías, ya sea en el campo técnico, financiero o de mercado.

CAPITULO II

RESUMEN DE LA TECNOLOGIA DEL ENLACE LOCAL

Se estableció el término “enlace local” para describir una porción de las redes telefónicas tradicionales en las que un par determinado de alambres de cobre conecta el teléfono suscriptor al conmutador de la oficina central, formando un enlace. Este par de alambres transmite voces desde el suscriptor al conmutador y viceversa. Las redes de líneas telefónicas a menudo usan concentración para reducir el número de pares que debe ser desarrollados, pero la estructura básica no ha cambiado sustancialmente desde la invención del teléfono.

Las tecnologías inalámbricas, inicialmente desarrolladas para proveer movilidad a los usuarios, están llegando a ser rápidamente una alternativa preferible para los operadores quienes proveen servicio fijo. La elección entre una red alámbrica e inalámbrica es crítica y requiere de la consideración de muchos factores, incluyendo el costo de capital de los equipos, la velocidad de desarrollo o el potencial de un servicio futuro, la flexibilidad de la red y los costos de operación.

Un número de tecnologías están disponibles para un proveedor de servicio que selecciona una alternativa inalámbrica al enlace local. Los dos estándares

inalámbricos discutidos en este documento son el IS-95A CDMA WLL y el DECT. El IS-95A CDMA, es un estándar digital ITU (International Telecommunications Union) reconocido alrededor del mundo por la calidad de voz y su alta capacidad de canales. IS-95A CDMA le da al operador de la red el potencial para cambiar desde el servicio fijo al móvil usando la misma infraestructura. El DECT es un estándar digital basado en la tecnología de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y específicamente adaptado para los ambientes de alta densidad de población y tráfico frecuente. Otras tecnologías digitales tales como los Sistemas de Comunicaciones de Acceso Personal (PCS), TDMA, E-TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo-Mejorado) fueron examinados pero no están incluidos en este análisis porque no tienen la capacidad de alta calidad de voz requeridas para las aplicaciones de enlace local.

Las soluciones no estandarizadas del CDMA no fueron consideradas porque sus fuentes de abastecimiento están limitadas. El equipo no estandarizado está probablemente disponible por solamente un fabricante. Habiendo fuentes limitadas para equipos de la red, usualmente representa costos mucho más altos para los proveedores del servicio. Puesto que ellos no tienen el beneficio de competencia bien en el precio o en las renovaciones. Adicionalmente, sus suscriptores tendrán una selección limitada de aparatos telefónicos, lo que da como resultado un alto costo del equipo suscriptor y una pobre calidad.

Las siguientes partes describen las estructuras de la red para las aplicaciones de líneas tradicionales, DECT, y CDMA WLL.

2.1 ARQUITECTURA DE LA RED ALAMBRICA

Las redes alámbricas tradicionales consisten de un equipo de conmutación, plantas de distribución, armarios de distribución, ductos de acceso subterráneos, cajas de distribución y plantas de acceso que conectan la red al suscriptor en su domicilio o en su negocio. También incluyen transportes inter-redes para encaminar llamadas entre conmutadores y redes nacionales e internacionales.

Los sistemas alámbricos transportan las llamadas desde el conmutador al suscriptor a través una estructura con más y más bifurcaciones, como se muestra en la Figura 2-1. El conmutador de la oficina central actúa como el centro de actividad de la red, donde los alimentadores de alta capacidad se conectan para empezar el proceso de difusión. Las llamadas se llevan desde el conmutador a través de los alimentadores a un armario de distribución, donde ellas son re-encaminadas a través de uno de los muchos distribuidores. Los distribuidores transportan el tráfico de llamadas a otro centro de actividad, llamado caja de distribución, donde cada llamada es separada y transportada individualmente a través de una acometida.

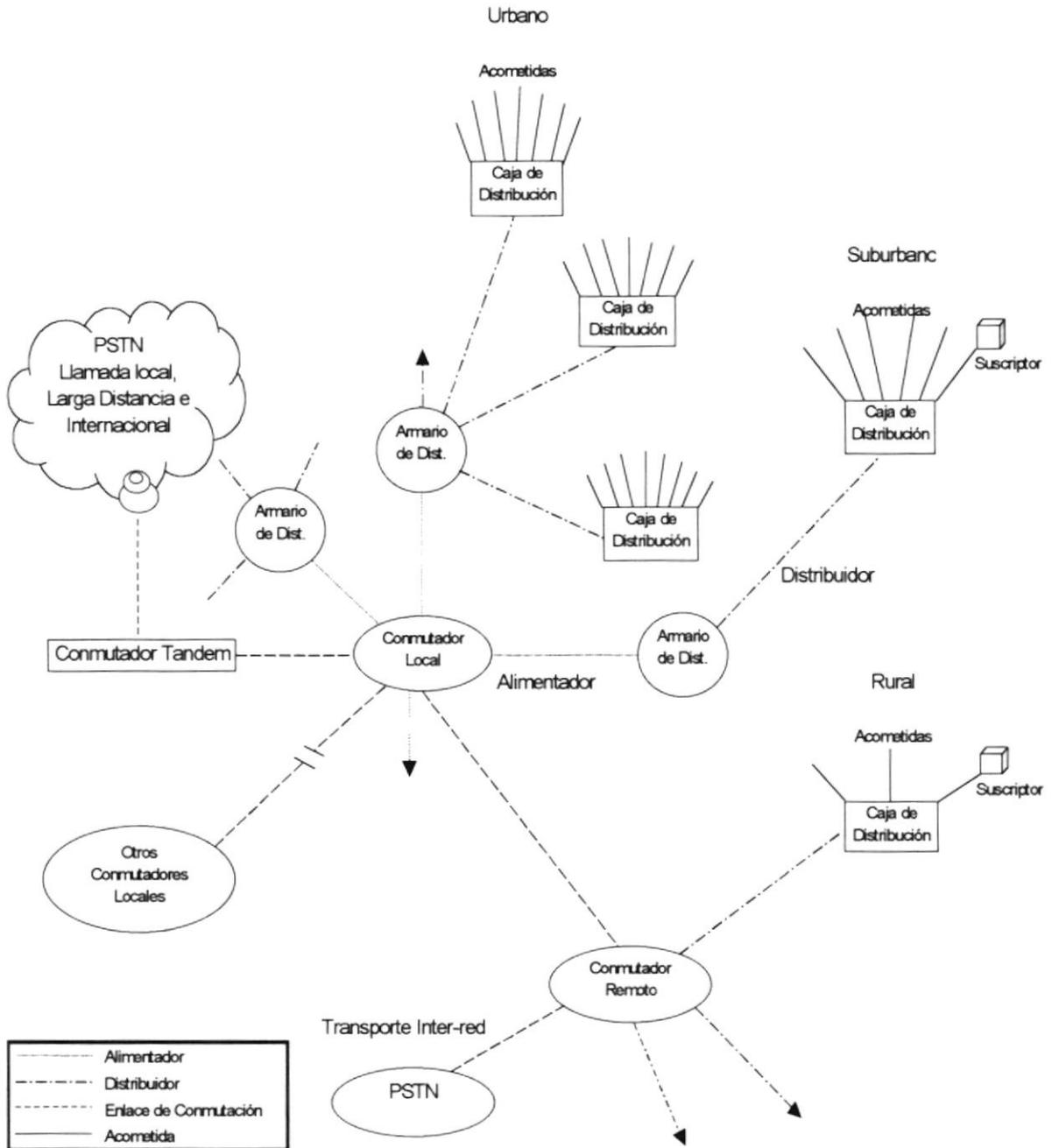


Figura 2-1 Arquitectura de la Red Alámbrica

En el sistema alámbrico, cada casa y negocio con servicio telefónico está conectado físicamente a un conmutador a través de un enlace local.

La acometida es un enlace individual que transporta la llamada a la residencia o al negocio del suscriptor. La estructura de la red puede variar dependiendo de la longitud del enlace o la concentración de suscriptores en un área particular, pero la bifurcación repetida es similar sin importar el número de enlaces que tome para llegar al suscriptor.

2.1.1 El Alimentador

El alimentador, a veces se lo compara como el tronco de un árbol. Es el mayor de los árboles que enlaza y requiere de un alto potencial de capacidad para llevar muchas llamadas simultáneamente. En las redes de cobre tradicionales, el alimentador está compuesto de pares de alambres de cobre atados en cables de varios tamaños, usualmente sirviendo entre 800 y 2.500 suscriptores. En la mayoría de las redes de hoy, la fibra óptica se difunde por el segmento alimentador del enlace local.

2.1.2 El Distribuidor

Los distribuidores llevan el tráfico de llamadas entre el armario de distribución y la caja de distribución, sirviendo así típicamente desde 25 hasta 400 suscriptores. Como los alimentadores, los cables

distribuidores tradicionales están compuestos de cables de cobre torcidos y atados en pares. Hoy en día, tanto la fibra como el cobre pueden ser difundidos por el segmento distribuidor del enlace. Los cables distribuidores están unidos con los terminales de los alimentadores a un armario de distribución, bifurcándose en muchas direcciones.

El uso de la fibra óptica en las redes de acceso fijo se ha incrementado en las últimas décadas, especialmente por la alta capacidad de enlazar centrales. Aunque un simple filamento de fibra es más caro que un par de cables de cobre, provee una capacidad mucho más alta. La electrónica convierte las señales de voces análogas a luz, la cual transporta 2.000 o más llamadas telefónicas simultáneas. Este alto potencial de capacidad conecta las centrales con las redes principales y hace que la fibra sea apta para el uso de enlaces en áreas de alta actividad. Debido al alto costo de la fibra y su electrónica asociada, la fibra no se usaba en los puntos de distribución de la red hasta muy recientemente, al declinarse los costos, finalmente lo hizo competitivo en enlaces de menor actividad.

2.1.3 La Acometida

La acometida es la porción del enlace que conecta la ubicación del suscriptor al distribuidor y le provee acceso al resto de la red alámbrica. Este enlace es tradicionalmente un simple par de alambres de cobre, según lo que se asume en este análisis. Los proveedores de "última milla" proponen el uso de la fibra en este enlace, permitiendo un mayor ancho de banda que incluya una señal de video. Las acometidas coaxiales o de cobre pueden también proveer un mayor ancho de banda en este enlace, pero siempre y cuando la distancia sea relativamente corta, de aproximadamente 500 metros. Las acometidas de cobre o coaxiales son más baratas que las de fibra.

2.1.4 La Conmutación

Dependiendo del tamaño de una red, se requiere de una jerarquía de conmutación de niveles múltiples. En vez de difundir muchas conmutaciones con cada una completamente conectada entre sí, un número de bajo nivel de conmutaciones puede conectarse a un conmutador tandem que provee concatenamiento (directa o indirectamente) a todos los conmutadores de alto nivel dentro de la jerarquía de la red. Esta arquitectura reduce el número de enlaces

requeridos entre los conmutadores.

El conmutador más cercano a los suscriptores en cualquier área dada es conocido como su conmutador de la oficina central. Esta central recibe llamadas hacia y desde sus suscriptores conectados y los enruta apropiadamente. Algunas llamadas pueden ser enrutadas al área local a través del mismo conmutador o al próximo nivel más alto de conmutación. Otras llamadas son enrutadas a diferentes áreas dentro del mismo estado o país a través de conexiones directas o indirectas entre la oficina central y niveles más altos de conmutadores. Las llamadas internacionales son enrutadas a niveles aún más altos de conmutadores para transmitir las a otras redes internacionales de conmutadores.

La red alámbrica puede tener también un número de pequeños conmutadores remotos, generalmente ubicados en áreas rurales.

2.1.5 El Centro de Operaciones

El centro de operaciones usualmente está ubicado en el mismo lugar donde está la conmutación, lugar en el que también se encuentra la información para la facturación, servicio al cliente, gerencia de la red y otras funciones requeridas para operar la red.

2.2 ARQUITECTURA DE LA RED DE ENLACE LOCAL INALAMBRICO (WLL)

El enlace local inalámbrico es un clase de servicio de acceso inalámbrico que permite a los proveedores de servicio usar el espectro de radio y equipos basados en radio, en lugar de cables como en el enlace local alámbrico. El enlace local inalámbrico es diferente a las otras tecnologías inalámbricas tales como el celular, el satelital, o microondas en que específicamente se diseña y se optimiza para las aplicaciones de los accesos de enlace local. El WLL puede proveer más capacidad que éstos servicios móviles a costos más bajos. Si un proveedor de servicios desea brindar servicios móviles en el futuro, la transmisión desde el CDMA WLL a una red mezclada entre servicios fijos y móviles es relativamente fácil.

En áreas donde el servicio de acceso fijo es insuficiente e inexistente, las redes de los enlaces inalámbricos locales pueden ser las más apropiadas. Esta sección introduce las arquitecturas de la red y las características de ejecución de los sistemas principales de enlaces locales inalámbricos: DECT y CDMA WLL.

2.3 ARQUITECTURA DE LA RED DECT

El DECT es un sistema inalámbrico picocelular que provee una interface de radio entre el suscriptor y la red fija para mantener servicios digitales inalámbricos en aplicaciones de acceso fijo de alta densidad. Los estándares DECT fueron establecidos en coordinación con el Instituto Europeo de los Estándares de Telecomunicaciones (IET) y varios fabricantes europeos de equipo de telecomunicación. La arquitectura del DECT comparte calidades tanto con sistemas de enlace local inalámbrico como con sistemas alámbricos. Es similar a otros sistemas de enlace local inalámbrico en que otras centrales se sitúan cerca de los suscriptores para proveer acceso a la red y en el que se usan controladores para dirigir el tráfico de las llamadas, controlar actividades de la estación base y encaminar las llamadas al conmutador. La arquitectura del DECT es similar a la de los sistema alámbricos en que depende de una planta de distribución de enlaces, para llevar las llamadas desde el conmutador a la porción de radio de la red. Los numerosos enlaces que se requieren para conectar muchas pequeñas celdas de un sistema DECT son similares a las porciones del alimentador y del distribuidor que portan tráfico a armarios de distribución y cajas de distribución en una red alámbrica.

El DECT fue diseñado para proveer un servicio de acceso fijo en las áreas de alta demanda. Aplicaciones típicas incluyen edificios de oficinas y otros

ambientes donde los suscriptores están concentrados en un área pequeña, y donde la demanda por kilómetro es alta y el área que cubre la celda no es un requerimiento crítico. En la Figura 2-2 se muestra un esquemático del sistema DECT.

El “interface” de radio del DECT es basado en TDMA. Este opera sobre 10 portadoras de radio en los 1.880 a 1.900 MHz. Cada portadora tiene 12 canales de doble acceso por división de tiempo para un total de 120 canales sobre los 20 MHz. El DECT usa una selección canal dinámico, un mecanismo de planificación de frecuencia automático, para seleccionar el canal con la menor interferencia de celdas adyacentes. Aunque esto permite el acceso a los 120 canales por una celda dada, no elimina el reuso de frecuencia, común a todos los sistemas TDMA.

Cuando un canal esta siendo usado por una estación base, puede resultar que ese canal no este disponible en un sector adyacente o estación base vecina. En la práctica, el máximo número de canales de voz disponible para una celda en un ambiente multi-celda es de 60. Para proveer una alta capacidad por unidad de área, el sistema DECT transmite a baja potencia utilizando antenas de baja altura, permitiendo que pequeñas celdas usen los 60 canales y reduzcan la interferencia de todas las celdas adyacentes.

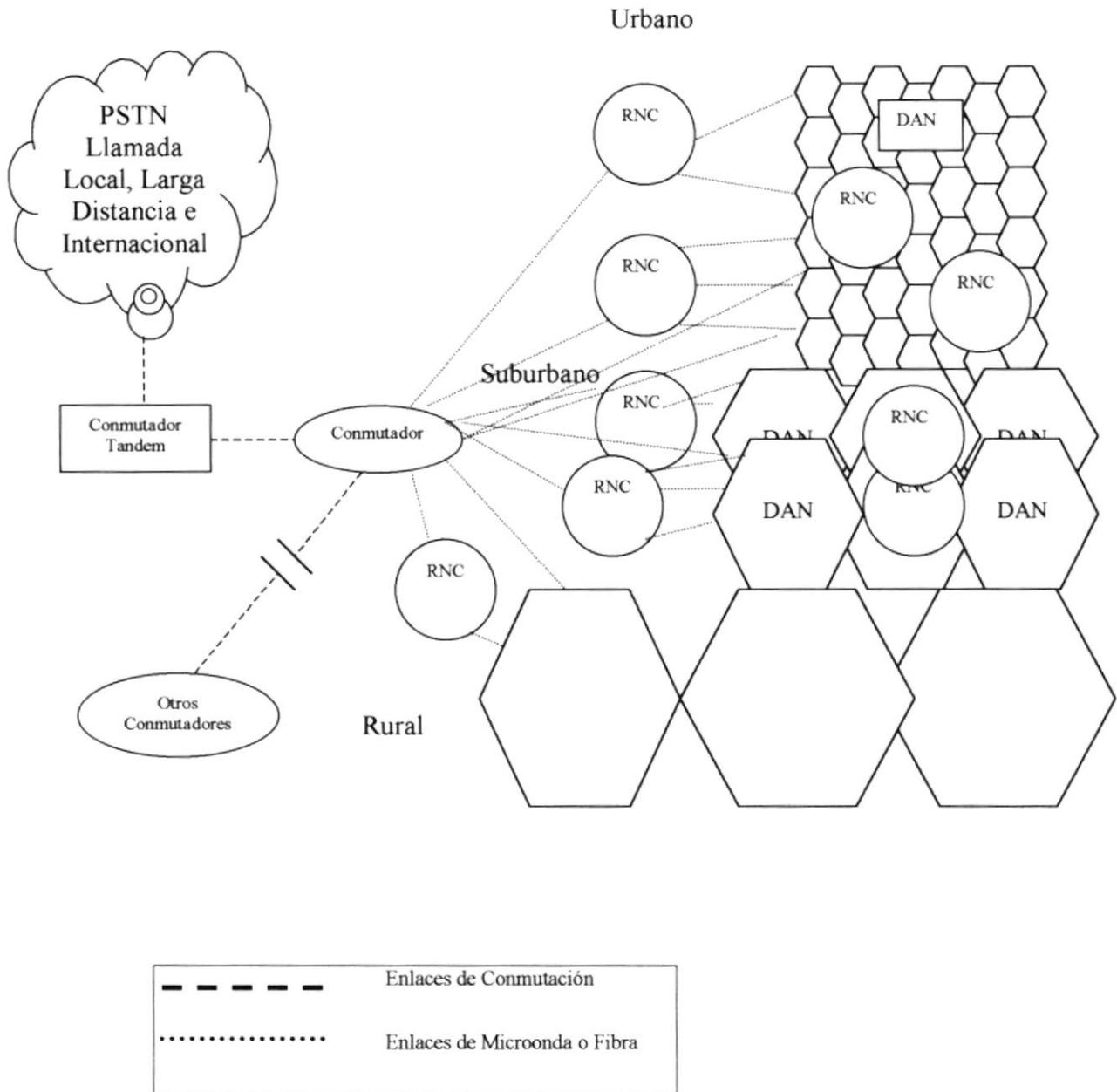


Figura 2-2. Arquitectura de la red DECT

El sistema de enlace local inalámbrico DECT emplea una concentración de pequeñas celdas llamadas Nodos de Acceso DECT (DAN), cada una de las cuales está enlazada a un Controlador de Nodo de Radio (RNC), el cual está enlazado a su vez a un conmutador.

Los componentes integrales de un sistema DECT tales como: El Nodo de Acceso DECT (DAN), el Controlador de Nodos de Radio (RNC) y la Unidad Suscriptora, serán descritos en los siguientes párrafos.

2.3.1 El Nodo de Acceso del DECT (DAN)

El Nodo de Acceso del DECT contiene el Componente de Frecuencia de Radio (RFP), el mismo que esta integrado por una antena y un equipo de radio que provee hasta 12 ventanas de tiempo por tráfico de voz. El RFP permite la comunicación vía radio al suscriptor y provee acceso a la red. Un diseño típico DAN de tres sectores contiene uno o dos RFPs por sector, lo que significa un total de tres a seis RFPs por celdas. Esta configuración provee un máximo de capacidad de alrededor de 40 Erlangs de tráfico por celda. Los radios de las celdas y el área de cobertura, los cuáles son muy pequeños comparados con otros sistemas de enlace local inalámbrico, serán discutidos en el Capítulo III, el cual compara al DECT con el CDMA WLL.

2.3.2 El Controlador del Nodo de Radio (RNC)

El RNC controla las funciones DAN, concentra el tráfico de llamadas, y provee la interface a la oficina central. Comparado con el

conmutador del IS-54 TDMA o el controlador de la estación base CDMA, el RNC del DECT es muy pequeño, soporta solamente 60 llamadas simultáneamente o 45 Erlangs de tráfico. Este diseño tiene una proporción de uno a uno entre los DANs y los RNCs, especialmente en áreas urbanas o en otros lugares donde se hacen muchas llamadas. Para un sistema de menor tráfico de llamadas, un RNC puede controlar hasta 8 DANs. El RNC está conectado a través de un enlace a la central Public Switched Telephone Network - Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).

2.3.3 La Unidad Suscriptora

La unidad suscriptora del DECT consiste de un terminal de radio, una antena y una fuente de poder. La antena puede ser instalada interna o externamente, pero en la mayoría de los casos la estación base pequeña requiere que su antena este instalada exteriormente.

2.3.4 El Conmutador

El conmutador de la oficina central en un sistema DECT es el mismo que en un sistema alámbrico con una excepción: un sistema alámbrico

usa tarjetas de línea que proveen un punto de entrada en el conmutador a cada suscriptor en el enlace local. Para un sistema DECT, las llamadas están concentradas a los DANs y los RNCs, de manera que hayan menos líneas entrando al conmutador. Sin embargo, la capacidad total de llamadas sigue siendo igual. Suponiendo que para cada sistema el uso es igual, el número total de minutos y de llamadas simultáneas serán iguales para un sistema alámbrico y un sistema inalámbrico. El sistema DECT tendría simplemente más tráfico que el sistema alámbrico porque cada línea llevaría llamadas desde algunos suscriptores. Todas las otras funciones del conmutador de la oficina central para el sistema DECT son las mismas que en el sistema alámbrico.

2.4 ARQUITECTURA DE LA RED CDMA WLL

El IS-95A CDMA es una tecnología digital que transmite múltiples conversaciones independientes a través de bandas simples o múltiples de 1,25 MHz en el espectro radial. A cada transmisión de voz, datos o fax se le asigna un código digital que le permite que sea distinguido de otras llamadas que comparten el mismo espectro. Puesto que los receptores también tienen el código, éstos pueden distinguir una conversación o datos de otro.

La capacidad del IS-95A de transferir llamadas (handoff), permite que haya menos llamadas perdidas y un área de cobertura más amplia. El hecho de que las centrales y aparatos telefónicos controlen la potencia asegura que la señal es constante y que la interferencia sea mínima. El CDMA usa receptores de rastreo en las estaciones base para demodular señales de caminos múltiples.

2.4.1 El Interface de Radio CDMA WLL

El interface inalámbrico CDMA WLL está basado en el estándar IS-95A CDMA ITU optimizado para aplicaciones de enlace local. A través de una banda de 20 MHz, el CDMA WLL esta disponible para acomodar siete portadoras de radio por sector. Mientras aumentan los sectores, el número total de canales simultáneos para llamadas también aumenta, resultando celdas de muy alta capacidad.

La Figura 2-3 es un diagrama esquemático de un sistema CDMA WLL.

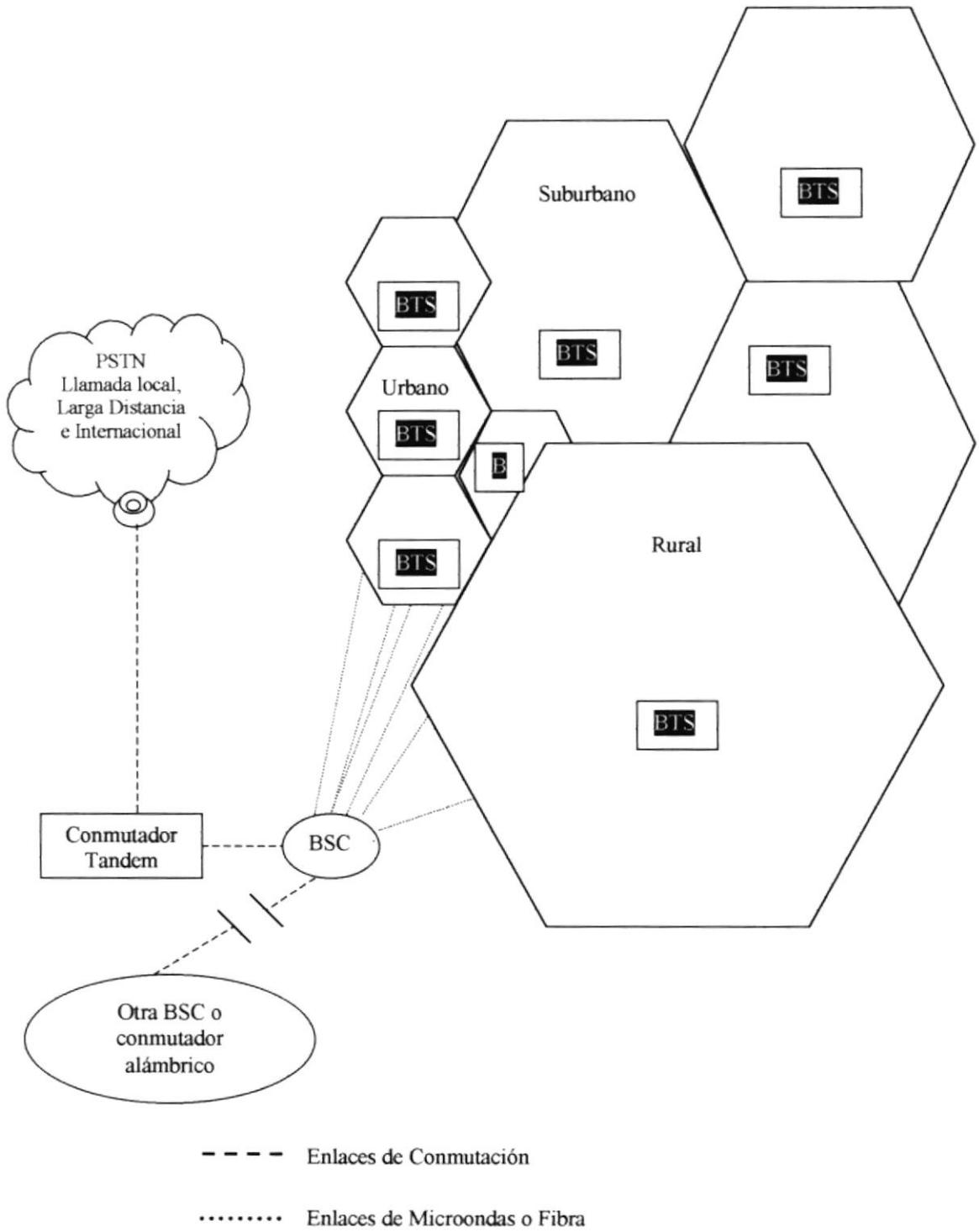


Figura 2-3. Arquitectura de la red CDMA de Enlace Local Inalámbrico.

La arquitectura CDMA WLL se asemeja a celdas de alta capacidad que se interconectan vía aire con la unidad suscriptor y enlazan a ella a la red a través de la Estación Base Controladora.

2.4.2 Subsistema de la Estación Base Transceptora (BTS)

Las estaciones bases transceptoras proveen un enlace inalámbrico a los teléfonos de los suscriptores en sus casas o negocios. La estación base transceptora consiste de una unidad de radio frecuencia (RF), antenas, transmisores, receptores, amplificadores, elementos de canal y equipos de enlace hacia la estación base controladora (BSC), los cuales funcionan juntos para enviar y recibir señales de radio hacia y desde los suscriptores.

Cada estación base transceptora contiene uno o más portadoras de RF que proveen 45 canales de voz por sector dentro de un espectro de 1,25 MHz (1,25 MHz para enviar + 1,25 MHz para recibir = 2,5 MHz por cada portadora). Cada portadora de RF puede ser dividida en sectores que concentren capacidad en una dirección determinada. Por una celda de tres sectores, una portadora RF puede proveer $45 \times 3 = 135$ canales de voz. En un mercado donde existe una distribución de espectro de 20 MHz permite que operen bandas de frecuencia de $7 \times 1,25$ MHz, una celda de tres sectores provee aproximadamente $7 \times 3 \times 45 = 945$ canales de voz. El incremento de los sectores de seis o nueve incrementa los canales de voz de las celdas por aproximadamente dos y tres veces respectivamente.

2.4.3 La Estación Base Controladora (BSC)

La BSC, ubicado usualmente en la oficina central, controla y maneja las operaciones del sistema. Contiene los recursos y controles electrónicos para procesar llamadas, administrar los canales y las señales e interfaces de la PSTN. Como se muestra en la figura 2-3, cada BSC se conecta con la PSTN y con varias BTSs. En este modelo, un enlace adicional se provee a la BSC otra BSC o conmutador alámbrico adyacente para llevar llamadas desde suscriptores que tienen un sistema inalámbrico a otros con sistema alámbrico en la misma área. La comunicación entre la estación base y el BSC puede ser hecho a través de los enlaces ya existen, como las líneas E1 o T1, o a través de las facilidades de sistemas de microondas. En áreas donde se necesitan nuevas facilidades para los enlaces, muchos operadores escogen microondas para desarrollar más rápido.

2.4.4 La Unidad Suscriptora

Los productos de CDMA WLL de los suscriptores tienen las mismas funciones que los teléfonos alámbricos. Las unidades suscriptoras exhiben todas las apariencias de un teléfono tradicional. Dependiendo

del tipo de producto del suscriptor, la conexión inalámbrica se mantiene por el uso de una pequeña antena direccional instalada interiormente o en el techo.

2.5 FACILIDADES DE UN SISTEMA CDMA WLL REAL

El sistema QCTel de QUALCOMM provee la capacidad del IS-95A CDMA WLL a los proveedores de servicios de acceso fijo. QUALCOMM desarrolló el QCTel para utilizar todas las ventajas que ofrece el CDMA. El sistema QCTel está compuesto de los tres elementos de la red descritos anteriormente: la Estación Base Controladora, el Subsistema de la Estación Base Transceptora y la Estación Suscriptor. La BSC, diseñada para el sistema QCTel, es completamente modular con capacidad de expansión de 80 hasta 5.000 Erlangs, dando servicio a más de 150.000 suscriptores. El sistema QCTel también ofrece un surtido amplio de teléfonos para acomodar al suscriptor a sus necesidades. Las unidades concentradas de los suscriptores permite que haya un servicio eficiente para las áreas de alta densidad tales como las oficinas de los edificios o los apartamentos y las unidades de los suscriptores individuales que abastecen el área con densidades más bajas.

El sistema QCTel cumple con los estándares EIA/TIA IS-95A e IS-96, ofreciendo una arquitectura abierta y permitiendo una máxima flexibilidad a

los proveedores del servicio.

2.6 ARQUITECTURA DE UNA RED HIBRIDA

Algunos operadores consideran que las redes híbridas, compuestas de los elementos de las redes alámbricas e inalámbricas, sean una alternativa competitiva. Los sistemas alámbricos ofrecen una alta capacidad para todas las morfologías, y un precio competitivo en morfologías urbanas u otras áreas cerca de la central donde las longitudes de los enlaces cortos reducen el costo. Las redes de enlace local inalámbrico ofrecen una difusión más rápida y baja sensibilidad a la longitud de los enlaces y la densidad de los suscriptores. El CDMA WLL se usa en las morfologías rurales y suburbanas de la red híbrida debido a su alta capacidad y a su cobertura potencial. El sistema alámbrico es usado en las áreas urbanas, ya que los requerimientos de capital del sistema alámbrico son altamente sensibles a la longitud de los enlaces. Este documento también compara las tecnologías del CDMA WLL con las tecnologías alámbricas.

2.7. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA DE UNA RED

Al escoger entre una tecnología alámbrica e inalámbrica, el proveedor del servicio debe considerar un número de factores críticos que impactan el éxito económico del negocio. Como en cualquier evaluación económica, se

comparan las ganancias potenciales con los gastos anticipados para determinar si la decisión mejora la utilidad del negocio. En el mercado de las telecomunicaciones, la calidad y confiabilidad del servicio, el tiempo necesario para desarrollar y vender el mismo entre otros factores determinan las ganancias. Los gastos son divididos en dos categorías, gastos de capital y gastos de operación, ambos son controlados de acuerdo a la tecnología empleada, cobertura, capacidad, confiabilidad del sistema, gastos de mantenimiento, gastos de venta y costos en la expansión de la red.

2.8 VENTAJAS DEL CDMA WLL SOBRE LAS REDES ALÁMBRICAS TRADICIONALES

2.8.1 Costo de Capital más Bajo

La inversión de capital del equipo es una de las consideraciones más importantes que los proveedores de servicio tienen que enfrentar al decidir que tecnología escoger. El modelo económico demuestra claramente que los costos de capital para el CDMA WLL son sustancialmente más bajos que para una red alámbrica cubriendo la misma área geográfica y el mismo número de suscriptores.

Debido a los altos costos de enterrar y modificar las líneas telefónicas

tradicionales, es necesario que los proveedores de servicio que usan las redes alámbricas anticipen la capacidad que necesitarán en cuatro o seis años. Esto crea dos problemas principales: (1) la necesidad de construir en exceso y (2) los costos iniciales altos.

Puesto que la red es difundida para muchos años en forma anticipada para futuros usuarios, la variabilidad tanto en el número de suscriptores eventuales como en la ubicación puede crear ya sea una sobredimensión o baja dimensión de la red. Si la demanda de los eventuales es menos que la demanda anticipada para futuros usuarios, muchas líneas no serán usadas. Si la demanda es más alta que la anticipada inicialmente, los proveedores de servicios probablemente tendrán que desarrollar más líneas de lo que inicialmente planificaron. Dependiendo del desarrollo original de la red principal, esto puede significar instalaciones subterráneas para nuevos enlaces de fibra o cobre para aumentar la capacidad de la red. Ya que este proceso es muy costoso y requiere de mucho tiempo, la mayoría de los proveedores de servicios instalan del 20% al 40% más de capacidad durante la instalación inicial.

Considere, por ejemplo, un proveedor de servicio que planea poner los cables para una subdivisión residencial nueva. La proyección de

llamadas para 200 suscriptores dentro de un año y 2.500 al final de los cinco años. El alto costo de la instalación probablemente causaría al proveedor del servicio instalar suficiente cable para abastecer los 2.500 abonados, por consiguiente, elimina la necesidad de instalar más cables dentro de un periodo preestablecido de seis años. De hecho, el proveedor del servicio puede instalar de 3.000 a 3.500 líneas para abastecer esa posibilidad que una demanda eventual pueda ser más alta que la esperada. Como resultado, la capacidad por servicio telefónico no se usará durante los primeros cinco años y de entre 500 hasta 1.000 líneas probablemente no podrán ser usadas.

Para el CDMA WLL, el impacto de la inversión del capital del pronóstico de incertidumbre se reduce grandemente debido a que no hay necesidad de planificar para tantos años. La modularidad del sistema CDMA WLL permite tarjetas con canales adicionales o portadores de RF para ser difundidos rápidamente de manera que abastezca la demanda a medida que se desarrolla. Como resultado se conserva los recursos y los requerimientos de financiación inicial son considerablemente reducidos. Además, si la demanda cambia de un área a otra, la infraestructura del CDMA WLL puede ser reubicada hacia una nueva área.

Se esperan que la infraestructura de la red CDMA WLL y los costos del teléfono descieran rápidamente a medida que la tecnología avanza. Las economías de fabricación se incrementan por el celular y los productos PCSs, los cuales usan mucho de los mismos componentes y tecnologías. En cambio, la telefonía de cable es una tecnología más vieja con una curva de costo horizontal si no se incrementa con la inflación. Aún las fibras ópticas, cuyo precio ha disminuido recientemente, no es probable que en el futuro el precio siga bajando tal como lo experimentará el equipo de CDMA WLL.

2.8.2 Red de Desarrollo

La velocidad del desarrollo es muy importante para la mayoría de los proveedores de servicios porque el tiempo requerido desde la instalación hasta la venta es un factor clave al momento de establecer los negocios en servicios de telecomunicaciones. La capacidad para establecer una base de clientes y generar ganancias permitirá rápidamente el aumento del mercado y financiar la expansión de la red hacia otras regiones.

Existe un poco de controversia en lo que se refiere a la velocidad de

desarrollo de la red al comparar las tecnologías de línea física y del CDMA WLL. La poca velocidad de desarrollo es uno de los mayores problemas con las tecnologías alámbricas, mientras que la rapidez de desarrollo es una ventaja inherente del CDMA WLL.

Para los sistemas alámbricos, el desarrollo de la red consiste de dos pasos: (1) obtener la aprobación para instalar líneas subterráneas y (2) instalar el sistema. Antes de que un simple cable sea puesto en el suelo, se desperdician cientos de horas obteniendo la aprobación de varias entidades públicas para instalar los cables. En las áreas urbanas especialmente, la idea de interrumpir el tráfico para cavar las calles es difícil tanto para planificar como para obtener la autorización. Las agencias gubernamentales a menudo requieren que el trabajo se realice en la noche para minimizar el impacto de las ya congestionadas calles. Una vez que el desarrollo empieza, la tarea es asimismo desafiante. Un ejemplo nos ayudará a ilustrar este punto. Se estima que un grupo de dos personas podrían instalar los cables a diez casas por día, asumiendo que las conexiones de la oficina central a una caja de distribución están completos. Por consiguiente, para conectar 1.000 suscriptores se requieren cien días.

Por otro lado, un sector CDMA WLL BTS puede ser instalado por dos

personas en cinco días. Asumiendo que un BTS tiene 100 Erlangs de capacidad y considerando que cada suscriptor tiene una capacidad de tráfico de 0,1 Erlangs, el acceso del CDMA WLL puede ser desarrollado por dos personas aproximadamente 1.000 suscriptores cada cinco días.

Diferente a los sistemas alámbricos, la comunicación para la estación base del CDMA WLL requiere solamente un enlace, sin considerar que sean microondas, fibra o cable de cobre, desde el sitio de la celda a la BSC.

Por estas razones, los expertos en este campo reconocen que el CDMA WLL provee una clara ventaja a aquellos proveedores de servicio que consideran que el tiempo requerido desde la instalación hasta la venta es un factor clave.

2.8.3 Mejor Flexibilidad en la Cobertura del Sistema

El CDMA WLL ofrece al proveedor del servicio más control sobre donde puede ser ofrecida la cobertura y la capacidad permitida en ciertas áreas. Los tamaños de las celdas pueden ser ajustados para colocar más capacidad en áreas donde hay más demanda y menos

capacidad en áreas de menor demanda. Esto permite a los proveedor del servicio abastecer cobertura y capacidad donde y cuando se las necesite.

En los sistemas alámbricos, es muy difícil transferir la capacidad a otras áreas. En vez de movilizar los cables telefónicos existentes, el operador probablemente agregaría más capacidad donde se necesite. Otro aspecto valioso del WLL es su capacidad dinámica de ajuste. Durante las horas de trabajo la demanda de tráfico es generalmente alto en centros comerciales y bajo en los suburbios. Con las aplicaciones del WLL, la capacidad puede aumentarse durante las horas laborales para satisfacer a los usuarios de las oficinas, y luego el reajuste para satisfacer la demanda de tráfico por parte de los hogares después de las horas de trabajo.

El CDMA WLL tiene también ventaja en los terrenos difíciles. Una simple celda CDMA puede abastecer a muchos usuarios ubicados en regiones montañosas, y enlaces de microondas pueden ser usados para transmitir las llamadas que regresan a la BSC. El CDMA WLL es también conveniente para la cobertura sobre el agua. Cerca de la orillas de las islas por ejemplo se puede obtener el servicio telefónico inalámbrico fácilmente sin la necesidad de instalar cables a prueba de

agua. Estas redes inalámbricas también pueden abarcar los botes en los puertos. Los sistemas alámbricos, por otro lado, requieren que cada casa sea físicamente conectada a la central sin importar el terreno entre el suscriptor y el conmutador. Esta diferencia básica de desarrollo resulta significativamente más rápida y menos costosa para las redes inalámbricas.

2.8.4 Un Sistema Más Confiable

Los clientes esperan un servicio de telecomunicaciones responsable. Para los operadores en países desarrollados, el CDMA WLL puede ofrecer más responsabilidad a más bajo costo que los típicos sistemas alámbricos.

De acuerdo con el ITU, los sistemas alámbricos en la India experimentan 218 fallas por año por 100 líneas, un promedio de más de dos fallas por suscriptor por año.

En contraste con el CDMA WLL, ellos experimentan un equivalente de 13.4 fallas por 100 líneas por año, aproximadamente el 6% de un sistema alámbrico. El equipo de la red CDMA WLL es centralizado y, por consiguiente, mejor protegido que el equipo alámbrico, esto

significa que menos desastres naturales y accidentes pueden dañar el cable. En el caso de que los problemas ocurran, encontrar y solucionarlos es más rápido y más fácil para los sistemas del CDMA WLL que para los sistemas alámbricos, resultando una acción correctiva más rápida. El informe del ITU indica que solamente el 84% de las fallas en los sistemas alámbricos son reparadas dentro de las 24 horas. Para un sistema CDMA WLL, más del 99% de las fallas son reparadas dentro de las 24 horas. Además, las instalaciones centralizadas permiten que se use la energía en reserva y las medidas rápidas de corrección en caso de una emergencia. Así, la comunicación basada en el CDMA WLL puede ser más rápidamente restaurada luego de un desastre natural.

2.8.5 Costos de Operación más Bajos

Los costos de operación incluyen: El costo de mantenimiento de la red misma, costos de publicidad, costos de interconexión requeridos para enrutar las llamadas a otras redes, costos de facturación, y otros costos generales y administrativos relacionados con los servicios. La tecnología CDMA WLL tiene una ventaja clara: los costos de operación totales son significativamente más bajos que los de las redes

alámbricas. Puesto que los costos generales y administrativos, de facturación, de publicidad y de servicios al cliente son en su mayoría, independientes de la tecnología, la comparación entre los gastos de operación alámbrico e inalámbrico llega a ser más bajo que los gastos de mantenimiento.

Las redes alámbricas requieren de mantenimiento frecuente para diagnosticar y reparar las fallas en el sistema. Las estadísticas indican que muchas interrupciones ocurren en el servicio como resultado de la intervención natural o humana. Los cables subterráneos pueden ser cortados accidentalmente durante el mantenimiento o en la actividad de construcción. El robo es también, una razón para preocuparse. El cobre vale mucho y es imposible vigilar una red entera de cable. Los roedores pueden masticar hasta dañar el cable. Las líneas no subterráneas están expuestas a las fuerzas de la naturaleza. El clima, terremotos e incendios también pueden causarles daño a los cables y a los postes. Así que un sistema de cables puede fallar justo cuando más lo necesiten los usuarios—en momentos de catástrofes.

Además, el proceso de diagnosticar y arreglar una falla en el sistema alámbrico requiere de más tiempo y es más difícil que en un sistema CDMA WLL. En un sistema alámbrico, cada línea desde la casa o el

negocio del suscriptor a la oficina central es un lugar donde puede ocurrir una falla. Cuando un suscriptor reporta algún problema, los equipos de mantenimiento deben probar el enlace en algunos lugares para descubrir donde se encuentra la falla. Dependiendo de la localización de la falla, se tendrá que empalmar líneas o instalar otra acometida hacia el suscriptor. Deben documentar bien estos cambios para poder detectar fallas en el futuro.

En comparación, un sistema CDMA WLL es, relativamente, fácil de mantener. Las facilidades centralizadas lo hacen fácil de detectar problemas potenciales, y debido a que las llamadas están concentradas en los puntos centrales, existen menos lugares que pueden fallar. Las facilidades del WLL pueden ser ubicadas internamente, lo que las protege de la degeneración y del daño físico. Se puede diagnosticar y muy a menudo corregir las fallas en un sistema CDMA WLL desde la BSC o desde el centro de operaciones. En lugar de despachar los equipos a sitios remotos, el operador puede solucionar los problemas desde un lugar central. Estos factores disminuyen los costos variables tal como retrasos en el tráfico, información errónea, posibilidad de accidentes, etc.

2.8.6 Fácil Transición a los Servicios Móviles

El CDMA WLL ha sido diseñado para permitir la transición a una red híbrida (fija-móvil) inalámbrica cumpliendo con el estándar IS-95A. La experiencia del operador indica que eventualmente los consumidores de acceso fijo demandarán de servicios móviles. Muchos proveedores de servicio creen, que la clave para un futuro rentable esta en la habilidad de ofrecer todas las opciones de comunicaciones al suscriptor, incluyendo servicios fijos y móviles. Se puede convertir una celda CDMA WLL que ya existe para soportar aplicaciones de alta y baja movilidad.

2.9 VENTAJAS DEL CDMA WLL SOBRE EL DECT

El DECT que es un sistema inalámbrico pico celular, fue diseñado para proveer servicios fijos y de acceso móvil en áreas de alta demanda. El DECT es apto para aplicaciones tal como en edificios de oficinas y ambientes urbanos densamente poblados donde la demanda por kilómetro cuadrado es alta, los requerimientos de potencia son bajos, y el área de cobertura no es un factor importante. Esta es la ventaja más significativa del CDMA WLL sobre el DECT.

2.9.1 Un Radio de Alcance Mayor

El CDMA WLL tiene un alcance mayor que el DECT. En los centros urbanos, por ejemplo, CDMA WLL tiene un radio de cobertura de aproximadamente 7,8 Km, en comparación con 0,5 Km para un sistema DECT. Esto significa una proporción de área cubierta de 243 a 1 en favor del CDMA WLL. Un área urbana de 191 kilómetros cuadrados puede ser cubierta por una celda de un CDMA WLL, mientras que el DECT requeriría de una instalación de 243 DANs. En la práctica, el área cubierta por el CDMA WLL en los sitios urbanos es limitada por su capacidad, pero en las primeras etapas de la instalación de la red, donde probablemente existan pocos suscriptores, el área grande permite al operador minimizar los costos de capital. El operador que escoge el DECT tendría que difundir un gran número de celdas para cubrir la región. La tabla II-I muestra el radio de la celda, la cobertura del área celular y la proporción de la cobertura entre el CDMA WLL y el DECT para las morfologías urbanas, suburbanas y rurales.

Morfología	CDMA		DECT		Relación de Cobertura
	Radio de la Celda (Km)	Area de Cobertura de la Celda (Km ²)	Radio de la Celda (Km)	Area de Cobertura de la Celda	
Urbano	7,8	191	0,51	0,82	243 a 1
Suburbano	10,6	353	0,76	1,81	195 a 1
Rural	34,5	3.739	2,76	23,9	156 a 1

Tabla II-I.Comparación de Cobertura de Celda para el CDMA WLL y DECT

2.9.2 Costos de Capital y de Operación más Bajos

El gran número de las estaciones bases requeridas por la red DECT lleva a un costo de capital elevado no solamente por la adquisición, sino por la compra de los sitios en donde van a ser instaladas las estaciones bases. Aunque el costo unitario de las estaciones bases del DECT es más bajo que el costo unitario de las estaciones bases del CDMA WLL, las proporciones de los lugares celulares están en relación de 50:1 a 100:1 entre el CDMA y el DECT. Esto hace que el DECT sea más costoso.

La cobertura limitada del DECT también significa que requiere de más enlaces que el CDMA WLL. La arquitectura de la red DECT hace que las diferencias entre los enlaces sean mayores todavía. Para el DECT, dos enlaces son requeridos desde la estación base al conmutador: uno desde el DAN al RNC y otro desde el RNC al conmutador. El sistema CDMA WLL requiere un solo enlace desde la estación base a la oficina central.

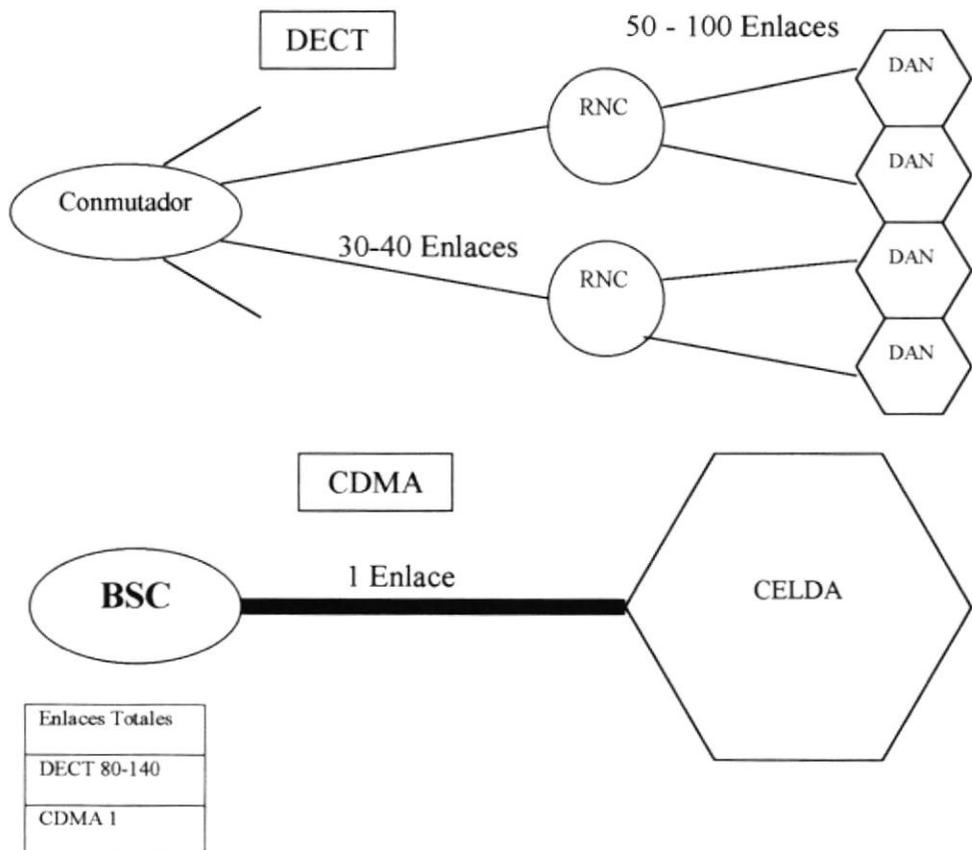


Figura 2-5. Enlaces en el Sistema DECT versus CDMA WLL
 Debido a que el sistema DECT está compuesto de muchas celdas de radios pequeños, cada una con dos enlaces desde la celda al conmutador, el DECT requiere significativamente más enlaces que el CDMA WLL.

La Figura 2-5 compara los requerimientos de enlaces para los sistemas CDMA y DECT. En este ejemplo, el DECT requiere entre 80 y 140 enlaces mientras el CDMA WLL requiere un solo enlace para servir al mismo número de suscriptores.

La comparación entre los costos del CDMA y el DECT depende también del número de celdas que cada tecnología requiere. Los gastos de mantenimiento son significativamente más altos para los sistemas DECT, ya que ellos requieren de más celdas y más enlaces.

2.9.3 Una Mayor Capacidad de Celdas

La mejor forma de comparar la capacidad del CDMA WLL y del DECT está en evaluar la eficiencia del espectro de ambos sistemas. Diferente del CDMA WLL, el sistema DECT no puede aprovecharse de todos los espectros disponibles debido a su característica de reusar frecuencias. Los sistemas tradicionales TDMA tienen un factor de reuso de frecuencia del 25% para una celda típica. Los sistemas DECT usan la selección dinámica de canales la cual mejora este factor en aproximadamente el 50%. Aún con este mejoramiento, un análisis de la disponibilidad de los canales demuestra que el CDMA WLL tiene una capacidad celular de 15 veces mayor que la del DECT para una

celda de tres sectores. En el mejor de los casos usando una celda de tres sectores con dos RFPs por sector, el DECT tiene una capacidad de 60 canales para 20 MHz de espectro (120 canales disponibles \times 0,5 factor de reuso = 60 canales). Por comparación, una celda típica de tres sectores en un sistema CDMA WLL tiene una capacidad de 945 canales para 20 MHz. Usando una celda con seis o nueve sectores en un sistema CDMA WLL aumenta la relación de capacidad entre 30 y 45 veces más que la capacidad de una celda en el sistema DECT.

CAPITULO III

EL MODELO ECONOMICO DEL ENLACE LOCAL

Para evaluar efectivamente las distintas tecnologías de una red, un operador de telecomunicaciones debe entender como las ventajas y desventajas inciden en el costo total y rendimiento de una red. Evaluar las alternativas tecnológicas en las primeras etapas, permiten tomar decisiones que ahorran tiempo y dinero tanto para desarrollar como para operar una red. Esta evaluación es extremadamente difícil, requiriendo de avanzadas herramientas para manejar sus numerosas variables.

El hacer un modelo económico es una forma ideal para analizar un problema tan complejo. Se usa frecuentemente para resolver problemas con respuestas no intuitivas tales como:

¿Cuál es la forma menos costosa de instalar y operar una red de enlace local inalámbrico?

¿Rendirá la red ganancias? ¿Cuándo?

¿Cuáles son los requerimientos de fondo durante los primeros años?

¿Cuál es la tecnología más económica para desarrollar en cada caso específico?

¿Cómo se debe configurar la red para permitir un futuro crecimiento?

¿Cómo se comparan las redes de enlace local inalámbrico y las redes alámbricas?

Los objetivos del Modelo Económico de Enlace Local son los de considerar todos los aspectos del desarrollo de una red para permitir al proveedor de servicio comparar tecnologías en un mercado dado. Se realizaron investigaciones y análisis extensos durante el desarrollo del modelo para capturar cada detalle importante. La lógica del desarrollo de una red y los costos del equipo han sido contribuidos por la industria para cada tecnología. Se ha usado el modelo para analizar varios desarrollos de red alrededor del mundo, permitiendo un mejoramiento continuo de la lógica del modelo y las suposiciones de las entradas.

3.1 EL MODELO DE SIMULACIÓN

El Modelo Económico del Enlace Local permite al usuario especificar las condiciones del mercado para una difusión dada, introducir los parámetros del mercado y crear reportes que detallen los requerimientos de la red y los resultados financieros en cada caso.

El usuario del Modelo introduce a éste los parámetros de la demanda del mercado tales como la población, penetración del servicio y el área de cobertura de la red. Esta información constituye la situación fija del mercado contra varias opciones analizadas de la red. Entonces el usuario introduce las suposiciones de la tecnología tales como la clase de red, la optimización del enlace, la frecuencia, la distribución del espectro y otros parámetros técnicos

pertinentes. Además, el usuario introduce información financiera tales como el costo de cada unidad del equipo, los costos de operación, los impuestos, y la tasa de descuento.

Utilizando el Modelo, se puede comparar todas las distintas tecnologías y estrategias de desarrollo. El Modelo permite que cada caso modelado sea analizado con cualquiera de los cuatro tipos de red mencionados a continuación:

- Red Alámbrica
- Red de Enlace Local Inalámbrico CDMA
- Red de Enlace Local Inalámbrico DECT
- Red Híbrida Alámbrica/CDMA WLL

El Modelo provee información para ayudar al operador cual de las tecnologías de acceso fijo optimiza los costos, la calidad, y la flexibilidad. El Modelo también provee información de rendimiento que le permite al operador determinar como las varias tecnologías de acceso inalámbrico se comparan con las redes alámbricas.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El Modelo Económico de Enlace Local Consiste de tres secciones funcionales, cada una de las cuáles contiene varios módulos menores, como se muestra en la Figura 3-1. Las tres secciones son: Datos de Entrada, Cálculos y Resultados de Salida. Toda información en los módulos de Entrada de Datos eventualmente pasa a los módulos de Cálculos para determinar las configuraciones del sistema, los gastos de capital, los requerimientos de gastos, y otros resúmenes financieros.

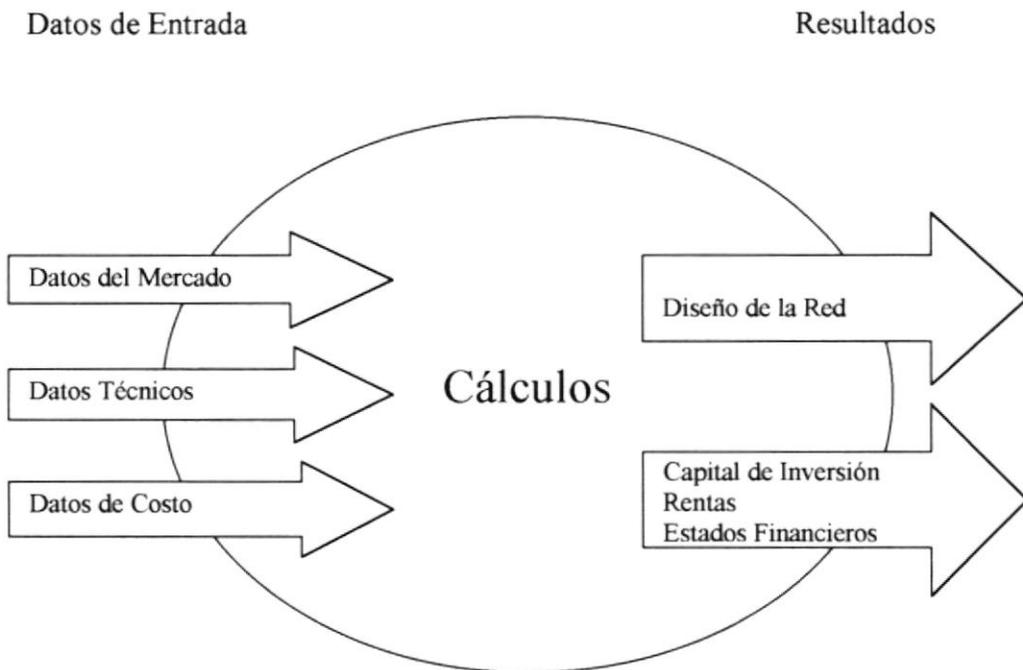


Figura 3-1. Resumen del Modelo Económico del Enlace Local. El Modelo determina los requerimientos de la red y los resultados financieros basados en el mercado, requerimientos técnicos y costos de entrada

3.3 ESTRUCTURA Y LÓGICA DEL MODELO

El Modelo Económico de Enlace Local supone una estructura jerárquica de la red, tal como se muestra en la Figura 3-2. Cada elemento y enlace de la red mostrados en esta figura han sido considerados en el desarrollo del Modelo. La arquitectura de esta red muestra una situación en la cual una red alámbrica, que ya existe, se une a una red CDMA WLL recién desarrollada. La red de enlace local alámbrico es conectada a conmutaciones Clase-5, las cuales están conectadas a conmutaciones tandem de niveles más altos a través de troncales. Para una red CDMA WLL, la Estación Base Controladora (BSC) que tiene la función de conmutación, está conectada a conmutaciones tandem. Estas a su vez están conectadas a conmutaciones de niveles aún más altos hasta que la red completa sea construida a través de varias regiones.

Las llamadas hechas por los suscriptores dentro de la red de enlace local inalámbrico son manejadas por la BSC 1 en la Figura 3-2. Un enlace entre la BSC y el centro de conmutación local de la red alámbrica conecta las llamadas entre los suscriptores de las redes alámbrica e inalámbrica en la misma área. Un conmutador tandem provee el enlace entre la BSC 1 y la red "backbone" para llamadas de larga distancia e internacionales originadas dentro de la red de enlace local inalámbrico.

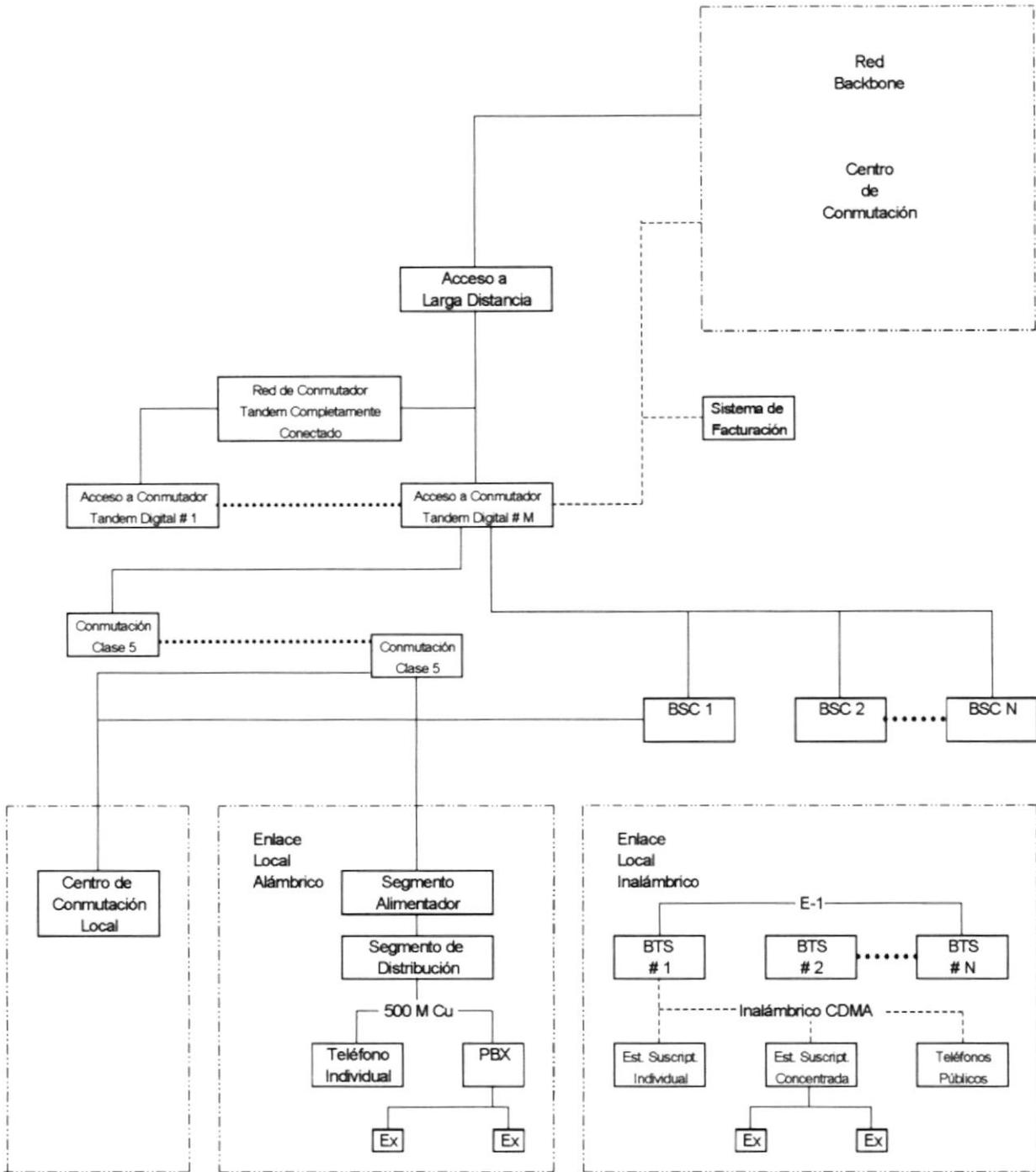


Figura 3-2 Arquitectura Jerárquica de la Red

El Modelo está basado en una estructura jerárquica de la red enlazando un segundo proveedor de servicio con un proveedor de servicio alámbrico ya existente.

3.3.1 Nivel de Servicio

El Modelo Económico de Enlace Local planifica las redes basado en un nivel de servicio definido por el operador para los usuarios. El nivel de servicio está relacionada con la cantidad de llamadas dentro de varias etapas del sistema medidas durante las horas de mayor demanda del día. Las dos principales desventajas de la congestión de llamadas son las llamadas perdidas y las demoradas. Típicamente, los proveedores del servicio determinan el nivel aceptable de bloquear llamadas y diseñan la red para soportar este nivel de servicio durante las horas de mayor congestión.

Para redes alámbricas, el grado de servicio está determinado por la capacidad de conmutación. Suponiendo que el enlace del suscriptor está intacto, las llamadas serán completadas si hay suficiente capacidad en la conmutación durante las horas de mayor congestión. Para el enlace local inalámbrico, el nivel de servicio se determina tanto en la central como en la BSC, RNC, o conmutador, donde la concentración de llamadas tienen lugar.

3.3.2 Plan Lógico de la Red

El Plan Lógico de la Red se usa para determinar la configuración del sistema, mostrado en la Figura 3-3. En general, el modelo cumple la secuencia de lógica que sigue:

1. Identificar los requerimientos del mercado
2. Establecer el aprovisionamiento adecuado de aparatos telefónicos
3. Determinar las provisiones de enlace local para redes alámbricas e inalámbricas
4. Determinar las provisiones de conmutaciones locales para redes alámbricas e inalámbricas necesarias para soportar las provisiones del enlace
5. Identificar redes de conmutaciones tandem necesarias para proveer mayor eficiencia entre conmutaciones locales
6. Determinar los requerimientos de interconexión entre las conmutaciones

Las siguientes secciones describen en más detalle las suposiciones y el modelo lógico usado en el desarrollo de la red para redes alámbricas y de enlace local inalámbrico.

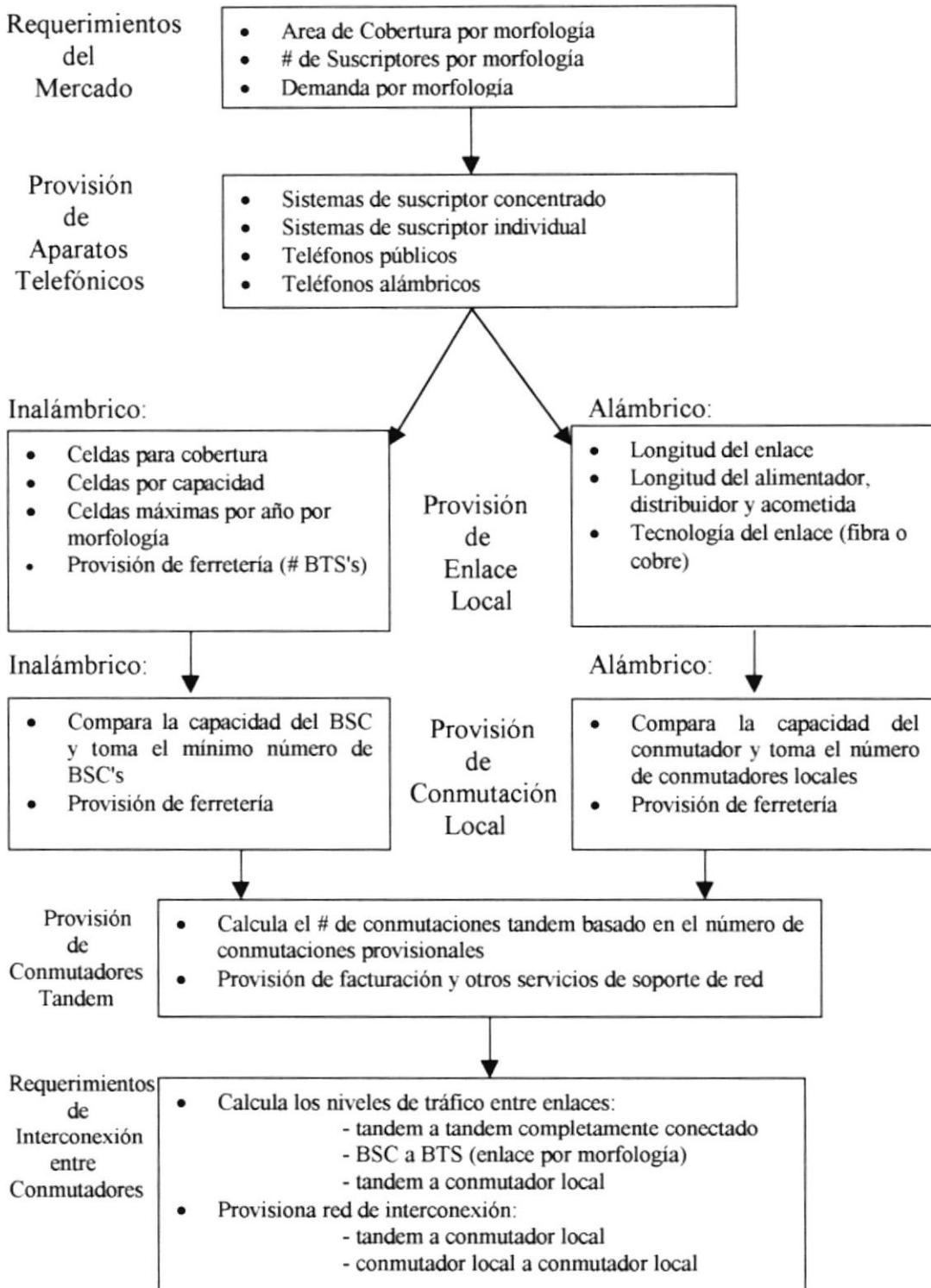


Figura 3-3. Plan Lógico de la Red

3.4 SUPOSICIONES - RED ALAMBRICA

Cuando se selecciona una red alámbrica en un caso específico, el Modelo provee el equipo alámbrico para conectar a todos los suscriptores dentro del área de cobertura. Conmutadores, alimentadores, distribuidores, acometidas, transportes inter-redes, y teléfonos alámbricos se desarrollan como se requiere.

3.4.1 Las Conmutaciones

Se asume que las conmutaciones tengan una capacidad máxima de 5.000 Erlangs o 40.000 suscriptores, y se adiciona una conmutación a la red cuando la demanda aumente al próximo factor de Erlangs o suscriptores.

Para determinar el área de cobertura para cada conmutación, el modelo divide el área entera de cada morfología para el número de conmutaciones, resultando un área de cobertura por conmutación para cada morfología. Ya que la mayoría de las conmutaciones están localizadas en áreas concentradas cerca de los suscriptores, el Modelo presume que cada conmutación es colocada en el centro de un área urbana, con áreas rurales y suburbanas alrededor del área urbana en

círculos concéntricos (Figura 3-4). Si diez conmutaciones son requeridas, por ejemplo, el área es dividida en 10 juegos de círculos concéntricos en las áreas urbanas, suburbanas, y rurales que en total igualan el área entera de cobertura de la red.

La longitud del enlace promedio del largo es entonces calculado para cada morfología basado en los radios de los círculos concéntricos. La longitud del enlace promedio en el área suburbana, por ejemplo, es el radio del área urbana más la distancia desde el borde del área urbana al centro de gravedad del área suburbana. El centro de gravedad es el punto o círculo en este caso, el cuál exactamente divide el área de la morfología suburbana en la mitad. Puesto que el Modelo supone que la tierra es plana y que la población está dispersa equitativamente dentro de una morfología, la distancia desde la conmutación hasta este círculo es la longitud del enlace promedio para la morfología suburbana. Similarmente, en la morfología rural, la longitud del enlace promedio es el radio hasta el borde de la morfología suburbana más la distancia hasta el centro de la gravedad del área rural. La Figura 3-4 muestra las longitudes del enlace y cobertura descritas. En la figura, el LL_s denota la longitud del enlace promedio suburbano, y LL_r denota la longitud del enlace promedio rural.

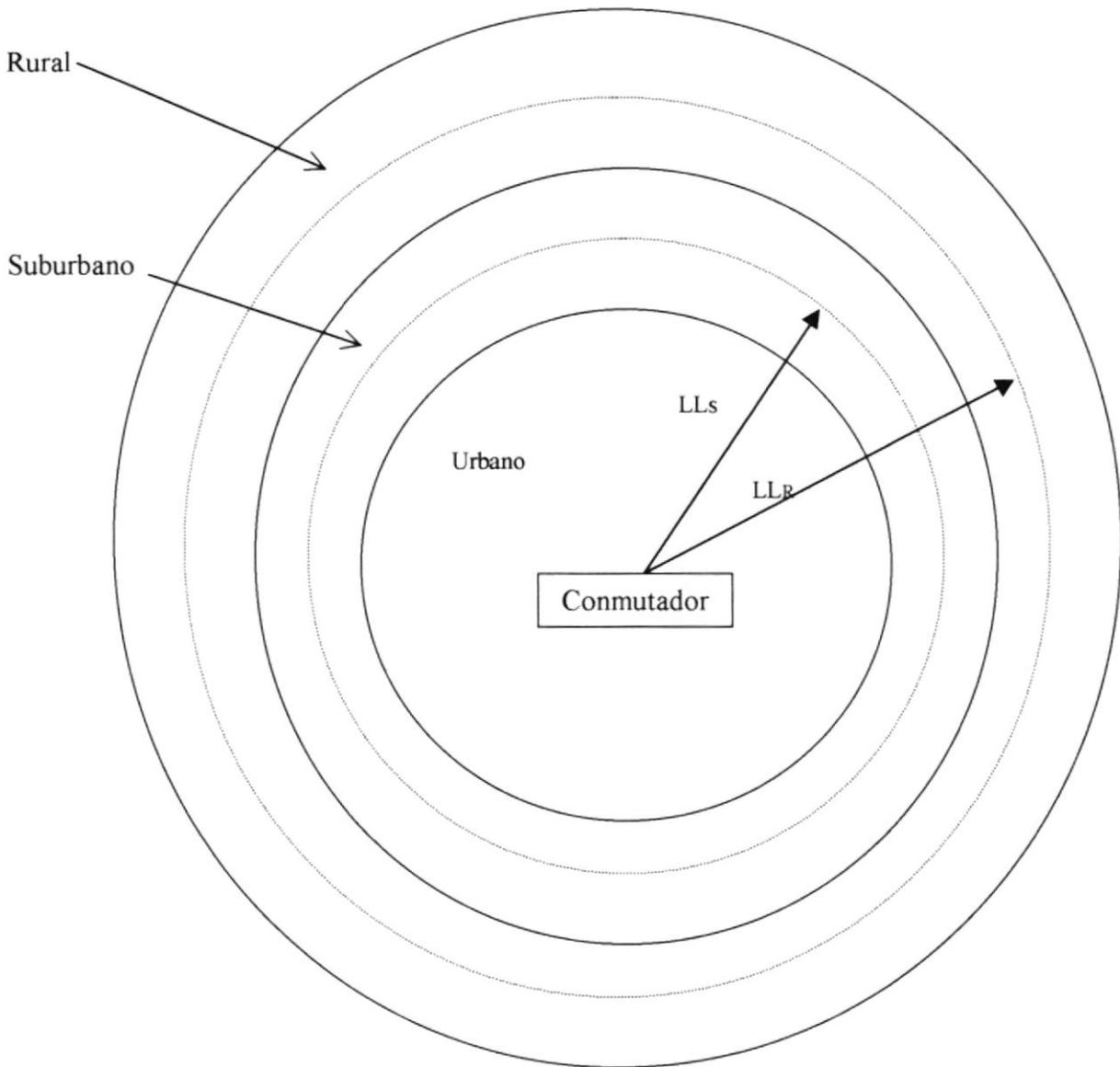


Figura 3-4 Diagrama Lógico de Cobertura Alámbrica.

El Modelo asume que cada conmutación es colocada en el centro de un área urbana y que cada área urbana está rodeada por un área suburbana, la misma que es a su vez rodeada por un área rural.

Para las áreas grandes con pocos suscriptores, se requieren muy pocas conmutaciones para manipular la capacidad de la demanda, y los círculos concéntricos son mayores, resultando longitudes de enlaces mayores. Para lugares con distribución de suscriptores muy densos, se requieren más conmutaciones, resultando longitudes de enlace promedio más cortos. En cualquier caso, las longitudes de los enlaces rurales son más largas que las de los enlaces urbanos y suburbanos, resultando un costo de capital más alto.

3.4.2 El Alimentador y el Distribuidor

Para este Modelo, el enlace se compone de tres secciones: El alimentador, el distribuidor y la acometida. El alimentador se asume que es un cable de fibra óptica de seis pares, enterrado dentro de un ducto debidamente protegido. La electrónica al final de cada fibra dispone de 155 Mbps de transferencia de información, suficiente para manejar 1.920 llamadas telefónicas simultáneamente. Con seis fibras por cable, éste puede manejar más de 11.000 llamadas simultáneas. Los distribuidores, también con seis fibras por cable, se bifurcan desde cada alimentador. La misma electrónica que está instalada a uno de los

extremos del alimentador para convertir las señales de voz a luz está instalada al otro extremo del distribuidor para convertir las señales de luz a voz análoga para la transmisión hacia el suscriptor. La Figura 3-5 muestra la configuración de los cables telefónicos.

El número de los alimentadores y distribuidores requeridos para servir un área dada es crítico para la economía de la red alámbrica. Puesto que los costos fijos de la electrónica son muy altos, el operador debe tratar de servir a muchos suscriptores a través de cada alimentador o distribuidor como sea posible. En las áreas urbanas, donde la densidad de los suscriptores es normalmente muy alta, esto es factible debido a que un gran número de suscriptores pueden ser pasados con un distribuidor. En áreas rurales, las bajas densidades pueden permitir mucha capacidad de la fibra sin usar, creando un costo promedio alto por suscriptor. En este Modelo, el número de distribuidores es calculado como el máximo de (1) el número de distribuidores requerido para servir a todos los suscriptores desde el punto de vista de la capacidad ó (2) el número de distribuidores requerido para llegar a todos los suscriptores desde el punto de vista de la cobertura. Puesto que el cable de fibra tiene un alto potencial de capacidad, el número de distribuidores es casi siempre limitado por la cobertura, dando como resultado una capacidad desperdiciada.

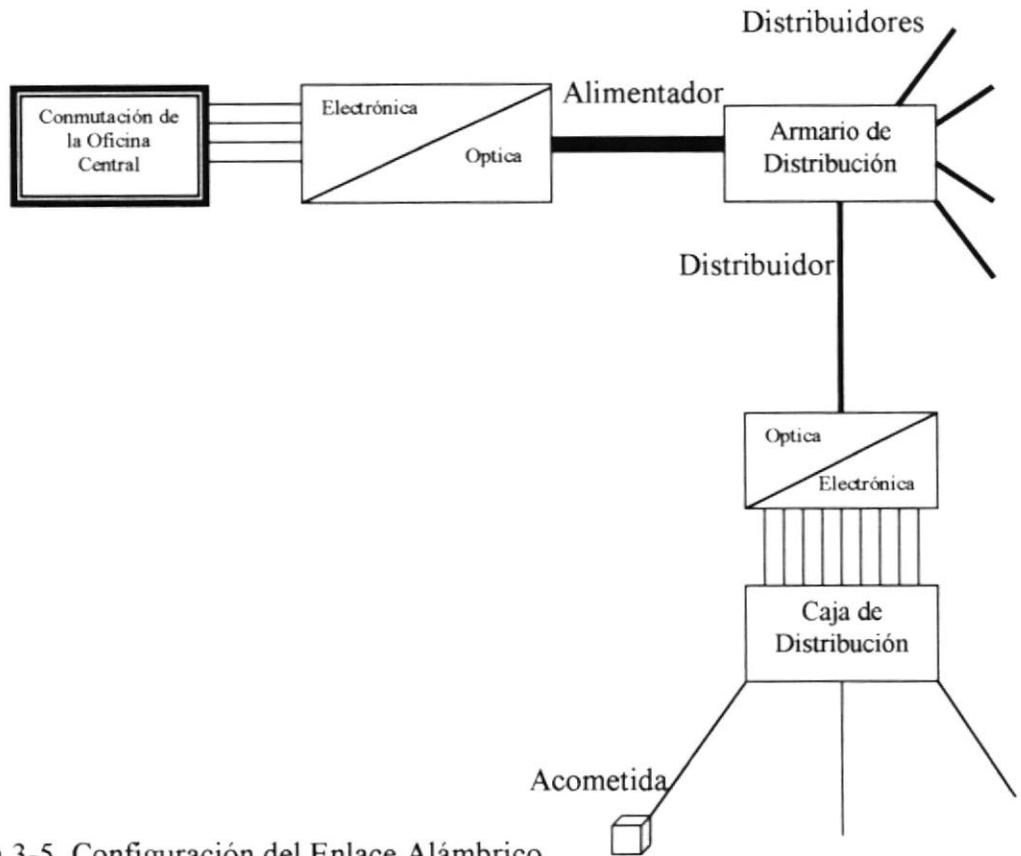


Figura 3-5. Configuración del Enlace Alámbrico
Para el sistema alámbrico, el Modelo usa fibra óptica para el alimentador y el distribuidor y alambre de cobre para la acometida.

3.4.3 La Acometida

La acometida provee acceso a la red enlazando el suscriptor al distribuidor, con una sola acometida para cada suscriptor. En este Modelo, se asume que las caídas son enlaces convencionales de cobre y no de fibra óptica. La acometida está conectada a la caja de distribución, y se considera que mide 300 metros en áreas urbanas y

suburbanas, y 500 metros en áreas rurales.

3.4.4 Las Conmutaciones Remotas

Para reducir el problema de los enlaces largos a las áreas rurales, los operadores usan conmutaciones en áreas remotas para abastecer a una gran cantidad de suscriptores rurales. Este modelo, asume que las conmutaciones en áreas remotas cubran todos los suscriptores de las áreas rurales. El costo de la capacidad de conmutación adicional necesaria para las áreas rurales es transferido a las conmutaciones remotas, reduciendo el número de llamadas en la conmutación principal. Esto también reduce el tamaño del enlace necesario desde el conmutador remoto al conmutador principal.

3.4.5 El Conmutador Tandem e Interconexión de Conmutaciones

El conmutador tandem y los enlaces interconectados son desarrollados por medio del Modelo para completar la red. Para reducir el número de interconexiones entre las conmutaciones, las conmutaciones tandem son difundidas y proveen un punto central para que un número de conmutaciones se conecten. Una conmutación tandem es desarrollada para cada 15 conmutaciones principales. Los enlaces de fibra óptica, similar a aquellos usados en los enlaces de alimentador y distribuidor,

son usados para conectar conmutaciones simples, conmutaciones remotas y conmutaciones tandem.

3.5 SUPOSICIONES - ENLACE LOCAL INALAMBRICO (WLL)

El Modelo asume que los suscriptores, y por lo tanto el tráfico, serán distribuidos uniformemente sobre la morfología. Para una red inalámbrica, el número de celdas cubierta en una morfología se presume ser igual al área de la morfología dividida para el área máxima de cubierta para una celda, sin tomar en cuenta las irregularidades del terreno tales como colinas o valles. A este método se le llama modelación en tierra plana. Con esta propuesta, los suscriptores en una morfología dada son distribuidos igualmente entre las celdas de esa morfología.

El área de cobertura total dividida por el área de cobertura de un solo sitio celular resulta el número de sitios celulares requeridos por cobertura.

El número de celdas requerido por capacidad es el mínimo número de celdas completamente utilizadas (por ejemplo, celdas con el máximo número de canales de voz por celda) que será suficiente para la demanda de tráfico. En las horas de mayor demanda, el tráfico total en Erlangs dividido por los Erlangs máximos por sitio celular da como resultado el número de sitios

celulares requeridos por capacidad.

El Modelo Económico de Enlace Local compara el número de celdas requerido por cobertura al número de celdas requerido por capacidad y selecciona el mayor de los dos como el número de celdas requerido para ser desarrollado. Usando este método, la red siempre tiene suficiente capacidad para soportar la demanda máxima de llamadas.

3.5.1 Celda Tipo

Para las tecnologías de acceso inalámbrico, el Modelo Económico de Enlace Local puede acoplarse al modelar celdas de tres sectores, seis sectores, y nueve sectores para enlace local inalámbrico CDMA. El DECT, el cual es diseñado para un máximo de tres sectores por celda, utiliza solamente una configuración de tres sectores. La Tabla III-I muestra los modos de sectorización modelados para cada morfología, tanto para el CDMA como para el DECT. El tamaño de cobertura de una celda se incrementa mientras se usen celdas de ubicación más altas con ganancias de antena más altas usadas para ciertas morfologías. Las celdas de ubicación más altas tienen radios celulares mayores y capacidades mayores.

Morfología	CDMA	DECT
Central	9	3
Urbano	9	3
Suburbano	6	3
Rural	3	3

Tabla III-I. - Sectores por celda por Morfología

3.5.2 Capacidad de la Celda

Para las tecnologías de acceso inalámbrico, el Modelo calcula el número de canales de voz por celda desde la entrada de datos tal como la frecuencia de operación, distribución del espectro, número de sectores por celda, margen de interferencia, porcentaje de datos, porcentaje de "handoff", y el factor de actividad de voz.

Para el sistema de acceso inalámbrico CDMA, se asume que la red operará a un 75% de carga. Esto significa en 45 canales de voz por portadora por sector para cada celda. Con una distribución de 20 MHz, esto implica que habrá un total de siete portadoras, o un máximo de 315 canales de voz por sector.

Para el sistema de acceso inalámbrico DECT, hay 12 canales de voz por portadora o un total de 120 canales de voz por cada celda. Esto

implica un máximo de 60 canales de voz por celda en un ambiente multicelular debido a las consideraciones de reuso de frecuencia.

3.5.3 Optimización del Enlace

Un factor crítico en determinar el máximo número de sitios celulares requeridos en una red es la optimización del enlace para cada tecnología. La optimización del enlace determina directamente la máxima área celular en cada ambiente de propagación y así el mínimo número de sitios celulares requeridos para cubrir el área geográfica. Ambos costos de capital y de operación están directamente manejados por el número de los sitios celulares requeridos en la red. Debido a la alta capacidad de las tecnologías digitales inalámbricas, la mayoría de las aplicaciones móviles tienen cobertura inicialmente restringida para las proporciones típicas de penetración y minutos de uso. El impacto de la optimización del enlace bajo condiciones de cobertura restringida es especialmente significativo. Para las redes de enlace local inalámbrico, las cuales tienen mayores radios celulares acompañados por densidades de suscriptores generalmente más altas en los casos móviles, las redes probablemente tendrán una capacidad restringida. En este caso la red WLL puede tener más celdas que lo pronosticado tomando en cuenta sólo consideraciones de cobertura.

Las cifras de ganancias en antena y la tolerancia de pérdidas de llamadas del CDMA y del DECT usadas en el modelo son mostradas en la Tabla III-II. La cifra de tolerancia de pérdidas de llamadas encaminadas para el DECT se deriva de fuentes del DECT disponibles al público. El único cambio en las suposiciones de la optimización del enlace en ir desde celdas de tres sectores o nueve sectores es un cambio en la ganancia de la antena. Dos enlaces diferentes del CDMA están dados. Ellos corresponden a (1) teléfonos interiores de Estación Suscriptores Integrados (ISS) de la QUALCOMM y (2) teléfonos exteriores de Estación de Suscriptores Concentrados (CSS) de la QUALCOMM.

El ISS es un sistema telefónico para un solo suscriptor destinado a uso residencial. Viene en dos versiones, uno con la antena armada para ambiente interior y la otra con la antena armada para el exterior. El CSS es un teléfono de suscriptores concentrados destinado para aplicaciones de usos múltiples y tiene una antena para ambiente exterior. La estación suscriptora del DECT también usa la antena armada en el ambiente exterior.

	Modo de Sector	CDMA ISS - Exterior o CSS	CDMA ISS - Interior	DECT
Ganancia Antena (dBi)	Tres sectores	17,6	17,6	14,0
Ganancia Antena (dBi)	Seis sectores	20,0	20,0	N/A
Ganancia Antena (dBi)	Nueve sectores	23,0	23,0	N/A
Pérdida Máxima (dB)	Tres sectores	163,0	152,2	123,0
Pérdida Máxima (dB)	Seis sectores	165,4	154,6	N/A
Pérdida Máxima (dB)	Nueve sectores	168,4	157,6	N/A

Tabla III-II. Optimización del Enlace de Red de Acceso Inalámbrico
El CDMA WLL tiene una ventaja de optimización de enlace muy significativa sobre el DECT para ambos tipos de suscriptores con antenas en estaciones interiores y exteriores.

3.5.4 Radio de la Celda

La Tabla III-III da la altura de la antena de la estación base para las cuatro morfologías. El DECT ha sido diseñado para operar con una antena en la estación base más baja que el CDMA WLL. La altura de la antena de la estación base es de 30 metros en todas las morfologías excepto en la rural, donde es de 75 metros. La altura de la antena de la estación base del DECT es de 15 metros en todas las morfologías. Las

alturas de las antenas de las unidades suscriptoras tanto del CDMA WLL como del DECT son las mismas para una morfología dada.

Morfologías	CDMA	DECT	CDMA	DECT
	Antena de la Estación Base Altura (m)	Antena de la Estación Base Altura (m)	Antena de la Unidad Suscriptora Altura (m)	Antena de la Unidad Suscriptora Altura (m)
Central	30	15	4	4
Urbana	30	15	4	4
Suburbana	30	15	2	2
Rural	75	15	4	4

Tabla III-III. Alturas aproximadas de las Antenas. Las alturas de las antenas de la estación base del DECT son más bajas que las antenas CDMA WLL para reducir las interferencias entre las celdas.

La Tabla III-IV muestra la máxima pérdida de llamadas y los radios de cobertura del CDMA para tres, seis y nueve sectores y para tres sectores del DECT. Los radios de las celdas corresponden a los máximos radios celulares basados en la cobertura. Para una red CDMA WLL, el Modelo Económico de Enlace Local selecciona el radio celular para teléfonos interiores ISS.

		CDMA- CSS o ISS Exterior Pérdida Máxima (dB)	CDMA- CSS o ISS Exterior Radios de Celda Máximo (Km)	CDMA- ISS Interior Pérdida Máxima (dB)	CDMA- ISS Interior Radio de Celda Máximo (Km)	DECT Pérdida Máxima (dB)	DECT Radio de Celda Máxima (Km)
--	--	--	---	---	--	-----------------------------------	--

3- sectores

	Centro	163,0	13,1	152,2	6,4	123,0	0,43
	Urbano	163,0	15,9	152,2	7,8	123,0	0,51
	Suburbano	163,0	21,6	152,2	10,6	123,0	0,76
	Rural	163,0	34,5*	152,2	34,5*	123,0	2,76

6 sectores

	Centro	165,4	15,3	154,6	7,5	N/A	N/A
	Urbano	165,4	18,6	154,6	9,1	N/A	N/A
	Suburbano	165,4	21,8*	154,6	12,4	N/A	N/A
	Rural	165,4	34,5*	154,6	34,5*	N/A	N/A

9 sectores

	Centro	168,4	18,6	157,6	9,1	N/A	N/A
	Urbano	168,4	21,8*	157,6	11,1	N/A	N/A
	Suburbano	168,4	21,8*	157,6	15,1	N/A	N/A
	Rural	168,4	34,5*	157,6	34,5*	N/A	N/A

* Limitado a la máxima línea de vista debido a la curvatura de la tierra

Tabla III-IV Pérdidas y Radios de Cobertura de las Celdas

3.5.5 Porcentaje de Descuento, Impuesto y Depreciación

El porcentaje de descuento refleja el nivel esperado de riesgo del proyecto y el costo del préstamo. El porcentaje del impuesto se aplica a los ingresos para determinar la utilidad neta. El modelo asume un porcentaje de descuento del $D\%$ y un porcentaje de impuesto del $I\%$. El modelo asume también la depreciación del periodo de vida en 8 años para los equipos electrónicos de la red y 22 años para las infraestructuras de edificios y redes alámbricas.

3.6 CAPACIDADES DE SENSIBILIDAD

Una vez que se determinen los resultados para las varias tecnologías, se puede realizar un análisis de sensibilidad al cambiar los parámetros claves para observar como afectan los resultados. Usando el modelo para realizar una análisis de sensibilidad se da a los operadores conocimientos de los factores que afectan financieramente a su negocio.

Los resultados del Modelo Económico de Enlace Local han sido usados interactivamente para afinar las entradas y suposiciones del Modelo.

3.7 CAPACIDADES DE LOS RESULTADOS

Los resultados del Modelo se estructuran para proveer y estimar los valores para nuevas empresas, tomando en consideración los costos de capital, costos de operación, ingresos, y la estructura de la deuda. El Modelo genera informes de inversión de capital, balances y flujos de caja, valor presente neto, etc. Con esta información, el usuario puede licitar licencias para redes fijas, producir resultados financieros para la red en cada caso simulado, evaluar opciones tecnológicas definidas y desarrollar planes de negocios.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El CDMA WLL requiere menos del 5% de los sitios celulares requeridos por el DECT. Esto da como resultado menos gastos para sitios celulares y para enlaces. También, los gastos de operación y mantenimiento son más bajos para el CDMA WLL.

Una red CDMA WLL puede ser desarrollada más rápido, ya que se requiere de menos tiempo para empezar a brindar servicio y por ende a obtener ingresos muy pronto. Por ello, los operadores pueden financiar más de sus redes CDMA WLL con los ingresos de operación en vez de deudas o costos de capital.

Las redes CDMA WLL son más confiables que las otras tecnologías en competencia. La estructura del manejo de estas redes está centralizada, esto permite reducir su complejidad y minimizar el tiempo durante el cual la red está fuera de servicio.

Las estructuras de las redes alámbricas y DECT están descentralizadas, requiriendo que las reparaciones sean hechas desde ubicaciones múltiples.

Las redes CDMA WLL son más flexibles que otras tecnologías porque pueden ser fácilmente incorporados otros equipos donde sea necesario para proveer capacidad adicional, o puede ser desplazada dicha capacidad desde una ubicación en donde haya exceso a otra donde la requiere. A las redes CDMA WLL se las puede convertir para permitir una alta movilidad, la cual no es posible con las redes inalámbricas o DECT.

Las telecomunicaciones y otras tecnologías de información son esenciales para ayudar a las personas de todas las regiones a mejorar la productividad y a crear riqueza. Un proveedor de servicio de enlace local desea un sistema que sea fácil de desarrollar, flexible, y que tenga costos bajos para ser adquirido y luego mantenido. La tecnología CDMA WLL es la única que ofrece todas estas ventajas.

Los resultados han demostrado que los requerimientos de capital por suscriptor para el DECT y para la red alámbrica son sustancialmente más altos que para el CDMA WLL. Las redes del DECT requieren de un inversión significativa en equipos de red y en unidades suscriptoras. El alto costo de la red alámbrica está manejado por las altas inversiones en los equipos de enlace local.

Las longitudes de los enlaces y las densidades altas de los suscriptores en una morfología urbana hace que la tecnología alámbrica sea una solución competitiva. Sin embargo, esta ligera ventaja del costo de capital está compensada por los más altos

costos de operación y por la habilidad del CDMA WLL para adicionar rápidamente nuevos suscriptores en las morfologías urbanas.

El CDMA WLL es la solución más efectiva siempre, en lo que respecta al costo para la morfología urbana. El DECT y las tecnologías alámbricas en esta morfología tienen longitudes de enlace más largos y densidad de suscriptores más baja haciendo que dichas tecnologías sean más costosas que el CDMA WLL.

El CDMA WLL tiene una tecnología más barata que la red alámbrica y el DECT, especialmente en los primeros años debido a una densidad más baja de los suscriptores y a la longitud de los enlaces. Esto en lo que respecta a la morfología rural.

Los altos costos de mantenimiento y operación técnica causan gastos a la red alámbrica y al DECT que exceden los del CDMA WLL. Para este análisis los gastos operacionales incluyen todo lo concerniente a administrativo, mercadeo, facturación y costos de mantenimiento de la red, excluyendo la depreciación. Como es observado en el Capítulo II los sistemas alámbricos requieren de una labor más intensa en el proceso de mantenimiento, dando como resultado costos más altos por línea y mayores gastos operacionales.

Por lo concluido anteriormente se recomienda a la tecnología IS-95A CDMA WLL como la más efectiva para redes de enlace local ya sea alámbrico o inalámbrico.

BIBLIOGRAFIA

1. **Mobile and Wireless Networks** by Wiless Black (Prentice Hall Series) p 91-125; p 216-218
2. **ERC**, Teledata Wireless Access Connection to Every Single Subscriber. p 7-22; p 31-35
3. **ERC**, Teledata. System Description. p 5-17
4. **Wireless Communications** by Teodore Rappaport (Prentice Hall Series) p 67-92; p 115-120



A.F. 142490